UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Modelado del Centro de Innovación y Tecnología de la Universidad del Valle de Guatemala con metodología BIM

Trabajo de megaproyecto presentado por Javier Alejandro Alvarez Molina, Julio Roberto Argueta Luna, Andrea Noemi Barrientos Peña, César Augusto Pérez Barrios, Esteban Souza Pinillos, María Alejandra Suchini Morales, Carlos Alberto Tang Paredes y Bryan Fernando Vásquez Alvarado para optar al grado académico de Licenciatura en Ingeniería Civil

Guatemala

2017

Modelado del Centro de Innovación y Tecnología de la Universidad del Valle de Guatemala con metodología BIM

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Modelado del Centro de Innovación y Tecnología de la Universidad del Valle de Guatemala con tecnología BIM

Trabajo de megaproyecto presentado por Javier Alejandro Alvarez Molina, Julio Roberto Argueta Luna, Andrea Noemi Barrientos Peña, César Augusto Pérez Barrios, Esteban Souza Pinillos, María Alejandra Suchini Morales, Carlos Alberto Tang Paredes y Bryan Fernando Vásquez Alvarado para optar al grado académico de Licenciatura en Ingeniería Civil

Guatemala

2017

Vo. Bo.:



(f) _____

Arq. Al Moshe Asturias

Tribunal Examinador:



(f) _____

Ing. Roberto Godo Levensen



(f) _____

Arq. Al Moshe Asturias

Fecha de aprobación: Guatemala, 28 de noviembre 2017

ÍNDICE

ÍNDICE IX
LISTA DE CUADROS XII
LISTA DE ILUSTRACIONES XVII
I. INTRODUCCIÓN 1
II. JUSTIFICACIÓN 5
III. OBJETIVOS 7
A. Objetivo general 7
B. Objetivos específicos 7
IV. MARCO TEÓRICO 9
A. Análisis estructural 9
1. Mecánica de suelos 9
2. Anclajes y sistemas de anclajes 19
3. Muros de concreto lanzado 24
4. Pantalla de pilotes 46
5. Concreto armado como material de construcción 52
6. Ingeniería Estructural 64
7. Modelo BIM. 69
8. Programas de diseño 71
9. Ventajas del acero como material estructural 72
10. Desventajas del acero como material estructural 74
11. Lámina troquelada. 76
12. Manuales para el diseño de estructuras metálicas. 77
13. Comparación acero y concreto. 79
14. Cimentaciones. 83
B. Análisis hidráulico 83
1. Contexto y el agua. 83
2. Impacto ambiental y problemática del agua potable en la Ciudad de Guatemala 84
3. Ahorro y eficiencia en el uso del agua en los edificios y su entorno. 89
4. Promedio de lluvia 91
5. Sistemas para recolección y aprovechamiento de agua de lluvia. 101
6. Diseño de la red hidrosanitaria 104
7. Diseño hidráulico para drenajes 131
8. Definiciones y conceptos. 136
9. Causas de incendios y accidentes. 138
10. Componentes de los sistemas de combate contra incendios. 141
C. Análisis eléctrico 162
1. Instalaciones eléctricas 162
2. Iluminación. 172
D. Inmótica 181
1. Metodología BIM. 181
2. Historia y definiciones. 182
3. Características y aplicaciones 184
4. Pasos para aplicar un sistema inmótico. 188
5. Inmótica en la actualidad. 190
6. Cámaras de video vigilancia. 192
7. Sistema guiado de estacionamiento 195

E. Aire acondicionado 197
1. Desarrollo histórico del acondicionamiento de aire. 197
2. ASHRAE 198
3. Comodidad humana y acondicionamiento de aire 199
4. Filtros 201
5. Funcionamiento de un sistema de aire acondicionado. C 202
6. Sistemas de ventilación.. 204
V. Diagnóstico del proyecto 241
A. Diagnóstico estructural 241
1. Descripción del proyecto. 241
2. Caracterización del suelo 241
3. Geología. 242
4. Colindancias 244
5. Perfil del suelo. 245
6. Consideraciones sísmicas 248
7. Simetría. 248
8. Proporción 250
9. Códigos de diseño. 250
10. Aplicación del modelaje de la estructura. 250
11. Diseño y aplicación de cargas al modelo 254
12. Pre-diseño estructural en concreto reforzado con ETABS 258
13. Pre-diseño de muros en concreto reforzado con ETABS 272
14. Pre-diseño de vigas y columnas en ETABS.. 275
15. Estructura en acero 278
16. Integración de cargas axiales.. 281
17. Combinación de carga por Método de Resistencia 282
18. Modelación e integración de cargas de sismo. 285
19. Respuesta modal 288
20. Análisis dinámico 292
21. Revisión de derivas 296
22. Modelo estructural en ETABS. 299
23. Vinculación ETABS a REVIT 301
B. Diagnóstico hidráulico 302
1. Uso de manuales para diseño de sistemas contra incendios 302
2. Características del modelo 303
3. Análisis de espacios 303
C. Diagnóstico eléctrico 311
1. Descripción del Centro de Innovación y Tecnología CIT 311
2. Análisis de espacios 312
3. Simulación energética en Revit. 316
4. Resultados del análisis energético de nivel. 321
D. Diagnóstico de inmótica 325
1. Características del modelo 325
2. Diseño del sistema de video vigilancia 327
3. Diseño del sistema guiado de estacionamiento 335
VI. Propuesta de diseño 341
A. Propuesta estructural 341
1. Cálculo Soil Nailing. 341
2. Cálculo pilotes. 354

3. Modelo de los muros de contención con base en tecnología BIM 363
4. Diseño final 365
5. Resultados del pre-diseño estructural en concreto reforzado. 367
6. Documentación. 382
7. Edificio de acero. 383
8. Chequeo de derivas 383
9. Diseño de lámina troquelada. 384
10. Diseño de viga secundaria 387
11. Diseño de conexión placa simple (viga a viga) 393
12. Conexión viga a columna 396
13. Diseño de cimentación profunda 397
14. Compacidad sísmica de columnas 405
15. Discusión. 406
B. Propuesta hidráulica 407
1. Caracterización del edificio 407
2. Elaboración de modelo arquitectónico en Revit. 408
3. Diseño hidráulico para abastecimiento de agua 411
4. Diseño hidráulico para captación de agua de lluvia. 423
5. Diseño hidráulico para abastecimiento de agua lluvia a baños. 427
6. Resultados 434
7. Diseño del sistema contra incendios pasivo 435
8. Diseño del sistema contra incendios activo. 447
9. Análisis de accesos para circulación vertical 463
10. Costos de implementar el sistema 469
11. Discusión de resultados. 477
C. Propuesta eléctrica 479
1. Diseño iluminación. 479
2. Diseño de instalación eléctrica de iluminación. 488
3. Diseño de instalación eléctrica de fuerza. 490
D. Propuesta de inmótica 504
1. Diseño del sistema de cámaras de video vigilancia 504
2. Análisis del sistema de cámaras de video vigilancia. 507
3. Costo de implementar el sistema 511
4. Diseño del sistema guiado de estacionamiento para el Centro de Innovación y Tecnología.. .514
5. Análisis del sistema guiado de estacionamiento. 514
E. Propuesta de aire acondicionado 517
1. Descripción del recinto 517
2. Ganancia de calor por transmisión (techo, piso y muros). 518
3. Ganancia de calor por ocupantes 523
4. Ganancia de calor por iluminación 524
5. Ganancia de calor por maquinaria o aparatos electrónicos 525
6. Costos 530
VII. Conclusiones 532
VIII. Recomendaciones 534
IX. Bibliografía 538
X. GLOSARIO 546
XI. Anexos 552

LISTA DE CUADROS

Cuadro Página

Cuadro No. 1. Ángulo de fricción en suelo seco y húmedo. 11
Cuadro No. 2. Símbolos para clasificación de suelos según sistema unificado....16
Cuadro No. 3. Descripción general de la diferencia entre gravas y arenas según Valcárcel. 17
Cuadro No. 4. Descripción general de la diferencia entre arenas y limos según Valcárcel.....17
Cuadro No. 5. Descripción general de la diferencia entre limos y arcillas según Valcárcel. 17
Cuadro No. 6. Criterio de aceptación para suministro de aguas de calidad dudosa. 29
Cuadro No. 7. Requerimientos de protección contra la corrosión en anclajes provisionales. 30
Cuadro No. 8. Factores de seguridad mínimos recomendados para muros anclados de concreto lanzado. ..44
Cuadro No. 9. Construcciones de concreto armado en Guatemala durante el período de 1900 a 1950. 55
Cuadro No. 10. Construcciones más importantes que se realizaron de concreto armado en Guatemala.....57
Cuadro No. 11. Cuadro comparativo acero y concreto. 79
Cuadro No. 12. Promedio histórico de lluvia en mm. 93
Cuadro No. 13. Promedio de lluvia anual para la Ciudad de Guatemala. 100
Cuadro No. 14. Distancias mínimas recomendables para instalación de cisternas.....109
Cuadro No. 15. Dotación de agua. 110
Cuadro No. 16. Diámetros de subramale.....113
Cuadro No. 17. Método según uso de edificación.....114
Cuadro No. 18. Tabla de referencias para equivalencias en los ramales. 114
Cuadro No. 19. Probabilidades de uso de aparatos sanitarios. 115
Cuadro No. 20. Unidades gasto para aparatos de uso público.....116
Cuadro No. 21. Caudal probable en función de la sumatoria de Unidades Consumo. 117
Cuadro No. 22. Factor de demanda 122
Cuadro No. 23. Número de bombas según tipo de edificio. 122
Cuadro No. 24. Selección de tubería de succión y descarga. 123
Cuadro No. 25. Selección de tubería de recirculación y válvula de alivio. 123
Cuadro No. 26. Presión mínima de operación para aparatos sanitarios.....125
Cuadro No. 27. Factor de seguridad para la potencia del motor. 126
Cuadro No. 28. Diámetro de tubería de drenaje pluvial. 127
Cuadro No. 29. Diámetro de tubería de desagüe pluvial método de área.....128
Cuadro No. 30. Coeficiente de escorrentía según superficie. 129
Cuadro No. 31. Fórmulas de intensidad de lluvia en t (min) tiempo de concentración, mm/hr. 129
Cuadro No. 32. Dimensiones para circuitos horizontales de ventilación. 133
Cuadro No. 33. Diámetro y Longitud de ventilación. 134
Cuadro No. 34. Continuación Cuadro de diámetro y Longitud de ventilación. 134
Cuadro No. 35. Unidades de descarga y diámetro mínimo en derivaciones simples y sifones 135
Cuadro No. 36. Diámetro de las derivaciones en colector.....135
Cuadro No. 37. Caudales base de los aparatos sanitarios. 136
Cuadro No. 38. Clasificación de temperaturas máximas en incendios. 137
Cuadro No. 39. Clasificación de riesgo según la NFPA-10-2013. 138
Cuadro No. 40. Tipos de incendios. 139
Cuadro No. 41. Consideraciones para una buena evacuación en caso de una catástrofe. 140
Cuadro No. 42. Clasificación de extintores según el medio de transporte que tengan. 142
Cuadro No. 43. Clasificación de extintores según el agente de contenido. 143
Cuadro No. 44. Clasificación de gases usados en extinción de incendios de gran valor. 148
Cuadro No. 45. Edificaciones con sistemas de rociadores para el combate de incendios. 149
Cuadro No. 46. Clasificación de rociadores. 150
Cuadro No. 47. Instalaciones de rociadores en las áreas internas. 150
Cuadro No. 48. Clasificación de rociadores según el color del bulbo. 151
Cuadro No. 49. Separación de rociadores en los sistemas contra incendios. 152
Cuadro No. 50. Características de la bomba principal de sistema contra incendios. 157
Cuadro No. 51. Características de caudal y presión en bombas de turbina vertical. 160

Cuadro No. 53. Reflectancias recomendadas para superficies internas de diferentes espacios 174
Cuadro No. 54. Reflectancias de materiales comunes en edificios 175
Cuadro No. 55. Reflectancias aproximadas de colores típicos de pintura 175
Cuadro No. 56. Categorías de iluminancia 176
Cuadro No. 57. Iluminancia recomendada con base al tipo de espacio según IESNA 177
Cuadro No. 58. Características de lámparas utilizadas comúnmente para iluminación general. 181
Cuadro No. 59. Diferencias de temperatura para cargas de enfriamiento (DTCE) 210
Cuadro No. 60. Descripción de grupos de construcción de paredes. 211
Cuadro No. 61. Radiación solar a través de vidrio y factores de ganancia máxima de calor solar 212
Cuadro No. 62. Coeficientes de sombreado para sidrio con o sin sombreado Interior 212
Cuadro No. 63. Factores de carga de enfriamiento para vidrio sin sombreado interior 213
Cuadro No. 64. Ganancia de calor por ocupantes en espacios acondicionados. 213
Cuadro No. 65. Rangos más comunes de niveles de iluminación para áreas, tareas y actividades. 214
Cuadro No. 66. Ganancias de calor según potencias de motores eléctricos 214
Cuadro No. 67. Velocidad máxima recomendada en el cuello del difusor (ft/min) 217
Cuadro No. 68. Niveles de sonido "Noise Criteria" para difusores aceptables para diversas actividades .217
Cuadro No. 69. Selección de difusores (extracto) 218
Cuadro No. 70. Velocidades sugeridas en sistemas de acondicionamiento de aire con baja velocidad 221
Cuadro No. 71. Capacidades y medidas del sistema tipo ventana. 232
Cuadro No. 72. Medidas de un sistema tipo Split 235
Cuadro No. 73.Capacidades y medidas de unidad evaporadora de sistema central separado. 236
Cuadro No. 74. Capacidades y medidas de unidad condensadora. 237
Cuadro No. 75. Capacidades y medidas de unidad tipo paquete 238
Cuadro No. 76. Capacidades y medidas de unidad tipo chiller. 240
Cuadro No. 77. Áreas según lindero. 241
Cuadro No. 78. Cargas muertas y vivas NSE 2, tablas C3-1 254
Cuadro No. 79. Cargas muertas y cargas vivas que se aplican a los niveles 1 y 2 según el código NSE-2.254
Cuadro No. 80. Cargas muertas y vivas que se aplican a los niveles 3 al 7 según el código NSE-2. 255
Cuadro No. 81. Cargas muertas y vivas que se aplican al techo según el código NSE-2. 255
Cuadro No. 82. Cargas lineales proporcionadas por las escaleras y distribuida en las vigas secundarias. ..256
Cuadro No. 83. Cargas proporcionadas por las rampas de los sótanos 1-4. 257
Cuadro No. 84. Cargas lineales promedio para techo y niveles típicos 257
Cuadro No. 85. Momentos de inercia para las columnas, vigas y muros. 259
Cuadro No. 86. Datos generales de la estructura 263
Cuadro No. 87. Parámetros de diseño según la ubicación 263
Cuadro No. 88. Características del nivel mínimo de protección sísmica 263
Cuadro No. 89. Período de transición 264
Cuadro No. 90. Definición del sistema estructural 264
Cuadro No. 91. Período de vibración empírico 264
Cuadro No. 92. Espectro calibrado al nivel de diseño requerido. 265
Cuadro No. 93. Cortantes y pesos sísmicos obtenidos en ETABS. 270
Cuadro No. 94. Análisis estático determinado por la NSE 3-10 270
Cuadro No. 95. Factores de calibración para el sismo de diseño en X y Y 271
Cuadro No. 96. Factor de calibración para derivas en X 271
Cuadro No. 97. Factor de calibración para derivas en Y 272
Cuadro No. 98. Cortante último del concreto 6,000 Psi 274
Cuadro No. 99. Iteración del espesor de los muros a través del cortante último 275
Cuadro No. 100. Cargas muertas y vivas del edificio según el código ASCE 7-10 281
Cuadro No. 101. Sismicidad y nivel de Protección. 285
Cuadro No. 102. Guía para clasificación de sitio 286
Cuadro No. 103. Nivel mínimo de protección sísmica y probabilidad del sismo de diseño 286
Cuadro No. 104. Ajuste por clase de sitio 287
Cuadro No. 105. Parámetros de aceleración espectral de diseño 287
Cuadro No. 106. Coeficientes y factores para diseño de sistemas sismorresistentes 287
Cuadro No. 107. Tabla de factores de proporción de masa participante modal generados por ETABS 288
Cuadro No. 108. Parámetros del período a utilizar 289

Cuadro No. 109. Coeficiente sísmico 289
Cuadro No. 110. Peso sísmico (Ws) generado por ETABS 292
Cuadro No. 111. Cálculo y distribución del corte basal, dirección X y Y 292
Cuadro No. 112. Cálculo para el factor de escala inicial 293
Cuadro No. 113. Valor de corte dinámico inicial basal generado por ETABS 294
Cuadro No. 114. Validación del análisis dinámico inicial 294
Cuadro No. 115. Cálculo para el factor de escala final 294
Cuadro No. 116. Valor de corte dinámico inicial basal generado por ETABS 296
Cuadro No. 117. Validación para el análisis dinámico final 296
Cuadro No. 118. Deriva por nivel permisible, Δa 297
Cuadro No. 119. Distribución de estacionamientos de sótanos del CIT. 304
Cuadro No. 120. Distribución de área de primer nivel del CIT. 304
Cuadro No. 121. Distribución de área del segundo nivel del CIT. 305
Cuadro No. 122. Distribución de área del tercer nivel CIT. 305
Cuadro No. 123. Distribución de área del cuarto nivel del CIT. 306
Cuadro No. 124. Distribución de área del quinto nivel del CIT. 306
Cuadro No. 125. Distribución de área del sexto nivel del CIT. 307
Cuadro No. 126. Distribución de área del séptimo nivel del CIT. 307
Cuadro No. 127. Resumen de áreas del CIT. 308
Cuadro No. 128. Distribución de estacionamientos en cada nivel de sótanos 312
Cuadro No. 129. Descripción de áreas del Nivel 1 312
Cuadro No. 130. Descripción de áreas del Nivel 2 313
Cuadro No. 131. Descripción de áreas del Nivel 3 313
Cuadro No. 132. Descripción de áreas del Nivel 4 314
Cuadro No. 133. Descripción de áreas Nivel 5 314
Cuadro No. 134. Descripción de áreas Nivel 6 315
Cuadro No. 135. Descripción de áreas del Nivel 7 315
Cuadro No. 136. Áreas del CIT 316
Cuadro No. 137. Resumen de los factores que más influyen en el consumo energético del edificio 322
Cuadro No. 138. Intensidad de uso de energía del CIT 322
Cuadro No. 139. Consumo energético/costo durante el ciclo de vida 322
Cuadro No. 140. Potencial de energía fotovoltaica y renovable 323
Cuadro No. 141. Ejemplo de distintos niveles de iluminación. 329
Cuadro No. 142. Área y cantidad de parqueos del edificio. 335
Cuadro No. 143. Descripción de sobrecargas Edificio C. 343
Cuadro No. 144. Rigidez axil de los anclajes pasivos. 344
Cuadro No. 145. Descripción del terreno. 345
Cuadro No. 146. Sobrecargas aplicadas en talud protegido. 345
Cuadro No. 147. Desplazamiento, corte, momento máximo para diseño y factores de seguridad. 351
Cuadro No. 148. Descripción del terreno. 356
Cuadro No. 149. Descripción del terreno. 358
Cuadro No. 150. Sobrecargas aplicadas en talud protegido. 358
Cuadro No. 151. Desplazamiento, corte, momento máximo para diseño y factores de seguridad. 362
Cuadro No. 152. Cortes de entrepiso del centro de masa 367
Cuadro No. 153. Deformaciones de entrepiso en el centro de masa 368
Cuadro No. 154. Deformación de la esquina 48 en dirección X y Y 369
Cuadro No. 155. Deformación de la esquina 73 en dirección X y Y 370
Cuadro No. 156. Deformación de la esquina 49 en dirección X y Y 371
Cuadro No. 157. Deformación de la esquina 38 en dirección X y Y 372
Cuadro No. 158. Determinación de las derivas últimas ΔU máximas tolerables 373
Cuadro No. 159. Condición de derivas en X y Y 373
Cuadro No. 160. Resumen de los pesos sísmicos y cortantes X, Y y Z de los casos de carga 374
Cuadro No. 161. Resumen de los momentos en X, Y y Z de los casos de carga. 374
Cuadro No. 162. Resumen del diseño de muros 375
Cuadro No. 163. Resultado del pre-diseño de las columnas a través de ETABS 377
Cuadro No. 164. Resumen del tipo de secciones utilizados para las columnas 379

Cuadro No. 165. Resultado del pre-diseño de áreas de acero para las vigas principales de Techo. 380
Cuadro No. 166. Resumen del tipo de secciones para los diferentes tipos de vigas en todos los niveles. .382
Cuadro No. 167. Derivas dynx factor mayorado 383
Cuadro No. 168. Derivas dyny factor mayorado 383
Cuadro No. 169. Derivas dynx sismo inicial 384
Cuadro No. 170. Derivas dyny sismo inicial 384
Cuadro No. 171. Cuadro de resumen de la viga de acero 392
Cuadro No. 172. Cuadro de compacidad 405
Cuadro No. 173. Comparativo de consumo y ahorro de agua del CIT. 434
Cuadro No. 174. Comparativos de consumo y ahorro de agua durante un día. 435
Cuadro No. 175. Clasificación de temperatura y codificación por color para detectores de incendio. 437
Cuadro No. 176. Número de detectores de humo en base a cobertura de detectores de humo. 439
Cuadro No. 177. Espaciamiento en salas para aparatos de notificación visible montados sobre muros. 446
Cuadro No. 178. Tamaño y localización de extintores de incendio para riesgo de Clase A. 449
Cuadro No. 179. El número mínimo de los extintores a instalar. 450
Cuadro No. 180. Número de extintores por nivel del edificio. 450
Cuadro No. 181. Datos de rociador para diseño. 451
Cuadro No. 182. Caudales de áreas primer nivel. 452
Cuadro No. 183. Caudal mayorado en los diferentes espacios del edificio. 453
Cuadro No. 184. Requisitos para la asignación de chorros de mangueras y duración de suministro. 453
Cuadro No. 185. Requisitos para la asignación de chorros de mangueras y duracion de suministro 454
Cuadro No. 186. Número de rociadores del primer nivel CIT. 454
Cuadro No. 187. Tabla de tuberías para riesgo leve. 455
Cuadro No. 188. Hoja de cálculo de las pérdidas de carga de los ramales. 456
Cuadro No. 189. Hoja de cálculo de las pérdidas de carga de los ramales. 457
Cuadro No. 190. Tabla longitudes equivalentes de la tubería de acero cédula 40. 458
Cuadro No. 191. Memoria de cálculo de las presiones del sistema. 460
Cuadro No. 192. Memoria de cálculo de las presiones del sistema. 461
Cuadro No. 193. Presión mínima del sistema. 462
Cuadro No. 194. Cargas ocupacionales máximas proporcionadas por la CONRED en la norma NRD2. ..464
Cuadro No. 195. Cargas máximas de ocupación CONRED NRD 2. 465
Cuadro No. 196. Cantidad mínima de salidas de emergencia según norma NRD2-CONRED. 465
Cuadro No. 197. Presupuesto del sistema contra incendios primer nivel. 470
Cuadro No. 198. Presupuesto del sistema contra incendios segundo nivel. 471
Cuadro No. 199. Presupuesto del sistema contra incendios tercer nivel. 472
Cuadro No. 200. Presupuesto del sistema contra incendios cuarto nivel. 473
Cuadro No. 201. Presupuesto del sistema contra incendios quinto nivel. 474
Cuadro No. 202. Presupuesto del sistema contra incendios sexto nivel. 475
Cuadro No. 203. Presupuesto del sistema contra incendios séptimo nivel. 476
Cuadro No. 204. Costo total de implementación del sistema contra incendios en el CIT. 477
Cuadro No. 205. Reflectancia de los materiales 479
Cuadro No. 206. Lámpara de sótanos 480
Cuadro No. 207. Lámpara de niveles 480
Cuadro No. 208. Cantidad de luminarias para sótanos 481
Cuadro No. 209. Cantidad de luminarias para cada nivel 481
Cuadro No. 210. Iluminancia requerida por espacio generada por Revit 482
Cuadro No. 211. Niveles de iluminancia requerida 483
Cuadro No. 212. Cuantificación de lámparas por espacio 486
Cuadro No. 213. Resumen cantidad de lámparas fluorescentes por nivel 487
Cuadro No. 214. Resumen cantidad de lámparas LED por nivel 487
Cuadro No. 215. Carga de Iluminación según NEC 489
Cuadro No. 216. Carga de iluminación fluorescente real 489
Cuadro No. 217. Carga de iluminación LED 489
Cuadro No. 218. Corriente de lámparas de sótanos y niveles 490
Cuadro No. 219. Conductor y protección del circuito de iluminación 490

Cuadro No. 220. Ampacidad de los conductores de los circuitos derivados y dispositivo de protección contra sobrecorrientes....492
Cuadro No. 221. Resumen de la carga de tomacorrientes por nivel....501
Cuadro No. 222. Cargas de iluminación y fuerza del CIT....502
Cuadro No. 223. Cargas totales del CIT....502
Cuadro No. 224. Comparación resultados de carga del CIT....503
Cuadro No. 225. Cable a utilizar para cámaras de Nivel Ejemplo Switch A....505
Cuadro No. 226. Cable a utilizar para cámaras de Nivel Ejmplo Switch B....505
Cuadro No. 227. Ancho de banda y almacenamiento necesarias para cámaras....506
Cuadro No. 227. Información de las cámaras Nivel Ejemplo....506
Cuadro No. 228. Materiales a utilizar en sistema de cámaras....511
Cuadro No. 229. Cantidad de cable requerido para conexiones....511
Cuadro No. 230. Cuantificación de cámaras por nivel....512
Cuadro No. 231. Fibra óptica para conexión de switch....513
Cuadro No. 232. Integración de precios....514
Cuadro No. 233. Condiciones internas y externas de diseño....518
Cuadro No. 234. Corrección de temperatura por el efecto solar....519
Cuadro No. 235. Cambios de temperatura para los muros, techo y piso....519
Cuadro No. 236. Áreas de muros, techo y piso....519
Cuadro No. 237. Ecuaciones de coeficiente de película....520
Cuadro No. 238 Cálculo de coeficientes de película....520
Cuadro No. 239. Conductividad térmica “K” de materiales de construcción a 20°C....521
Cuadro No. 240. Capas muro....522
Cuadro No. 241. Capa techo....522
Cuadro No. 242. Capa piso....522
Cuadro No. 243. Calor total por transmisión de muros, techo y piso....523
Cuadro No. 245. Ciento ocho personas de público (sentadas en reposo)....523
Cuadro No. 246. Veinte personas en vestíbulo (caminando lento)....523
Cuadro No. 247. Tres personas de limpieza (trabajo ligero)....523
Cuadro No. 248.Ganancia de calor por ocupantes....524
Cuadro No. 249. Escenario (Tareas con requerimientos visuales muy exigentes o de alta precisión)....524
Cuadro No. 250. Auditorio (Tareas con requerimientos visuales sencillos)....524
Cuadro No. 251. Lobby (Tareas con requerimientos visuales elevados)....524
Cuadro No. 252. Backstage (Tareas con requerimientos visuales elevados)....524
Cuadro No. 253. Área de Utilería (Tareas con requerimientos visuales sencillos)....525
Cuadro No. 254. Ganancia de calor por iluminación....525
Cuadro No. 255. Carga térmica total para auditorio....525
Cuadro No. 256. Cálculo de presión para el sistema del auditorio....527
Cuadro No. 257. Cálculo de aceleración máxima del suelo y componente vertical del sismo de diseño....552
Cuadro No. 258. Carga de ocupación por nivel, para determinar que el ancho mínimo de las gradas....573
Cuadro No. 259. Tamaño y localización de extintores de incendio para riesgo de Clase B....573

LISTA DE FIGURAS

Ilustraciones Página

Figura No. 1. Esquema de las fases del suelo. 9
Figura No. 2. Esquema de la presión de tierra en reposo. 12
Figura No. 3. Esquema de la presión activa. 12
Figura No. 4. Esquema de la presión pasiva. 13
Figura No. 5. Mapa geológico de San José Pinula. 18
Figura No. 6. Partes características de un anclaje provisional. 19
Figura No. 7. Anclaje inyectado a gravedad. 22
Figura No. 8. Anclaje inyectado a presión. 22
Figura No. 9. Anclaje post-inyectado. 23
Figura No. 10. Anclaje por adherencia. 23
Figura No. 11. Anclaje por fricción. 24
Figura No. 12. Tipos de anclajes. 25
Figura No. 13. Partes de un muro anclado de concreto lanzado. 31
Figura No. 14. Longitud e inclinación de los anclajes. 33
Figura No. 15. Centralizadores de PVC para Anclajes. 33
Figura No. 16. Anclaje pasivo inyectado a gravedad. 34
Figura No. 17. Armado de la pantalla del muro. 34
Figura No. 18. Posición y su consecuencia de rebote. 35
Figura No. 19. Angulo vertical de 45° para minimizar el rebote. 35
Figura No. 20. Posiciones correctas de lanzado. 36
Figura No. 21. Partes de un muro anclado de concreto lanzado. 36
Figura No. 22. Lanzado de concreto húmedo. 37
Figura No. 23. Lanzado de concreto seco. 37
Figura No. 24. Falla global. 39
Figura No. 25. Falla por deslizamiento. 39
Figura No. 26. Falla por deslizamiento rotacional. 40
Figura No. 27. Falla por arrancamiento del anclaje. 40
Figura No. 28. Falla por deslizamiento de la interface varilla – lechada. 41
Figura No. 29. Falla por tensión del anclaje. 41
Figura No. 30. Falla por flexión y cortante de los anclajes. 41
Figura No. 31. Falla por flexión del muro. 42
Figura No. 32. Falla por corte del muro. 42
Figura No. 33. Falla de la cabeza del anclaje. 42
Figura No. 34. Detalle de los modos de falla de la pantalla del muro. 43
Figura No. 35. Deformación del muro anclado de concreto lanzado. 44
Figura No. 36. Drenajes en muros anclados. 45
Figura No. 37. Detalles de un drenaje típico. 46
Figura No. 38. Pantalla de pilotes discontinuos. 47
Figura No. 39. Pantalla de pilotes tangentes. 47
Figura No. 40. Pantalla de pilotes duro/blando y duro/firme. 48
Figura No. 41. Pantalla de pilotes duro/duro. 48
Figura No. 42. Proceso constructivo utilizando hélice continúa. 50
Figura No. 43. Zapata en concreto reforzado generada en Revit 52
Figura No. 44. Leland Stanford Jr. Museum 54
Figura No. 45. Vista del Palacio Municipal meses después de su inauguración 56
Figura No. 46. Puente Martín Prado Vélez 56
Figura No. 47. Curva esfuerzo-deformación unitaria típica del concreto. 59
Figura No. 48. Diagrama con los pasos para realizar el diseño y modelación. 68
Figura No. 49. Esquema de integración BIM 69
Figura No. 50. Diagrama Esfuerzo Deformación. 73
Figura No. 51. Visualización gráfica de la fuerza de pandeo. 75

Figura No. 52. Visualización gráfica del comportamiento de la fatiga. 76
Figura No. 53. Imagen ilustrativa e descriptiva de la lámina troquelada 77
Figura No. 54. Sistemas de producción y plantas de tratamiento, zonas que beneficia. 85
Figura No. 55. Mapa de cobertura Municipal 86
Figura No. 56. Distribución del uso del agua. 89
Figura No. 57. Inundaciones en las calles de Ciudad de Guatemala. 91
Figura No. 58. Deslave en El Cambray II. 92
Figura No. 59. Mapa de precipitación promedio anual de la República de Guatemala. 94
Figura No. 60. Promedio mensual de lluvia en mm de enero. 94
Figura No. 61. Promedio mensual de lluvia en mm de febrero. 95
Figura No. 62. Promedio mensual de lluvia en mm de marzo. 95
Figura No. 63. Promedio mensual de lluvia en mm de abril. 96
Figura No. 64. Promedio mensual de lluvia en mm de mayo. 96
Figura No. 65. Promedio mensual de lluvia en mm de junio. 97
Figura No. 66. Promedio mensual de lluvia en mm de julio. 97
Figura No. 67. Promedio mensual de lluvia en mm de agosto. 98
Figura No. 68. Promedio mensual de lluvia en mm de septiembre. 98
Figura No. 69. Promedio mensual de lluvia en mm de octubre. 99
Figura No. 70. Promedio mensual de lluvia en mm de noviembre. 99
Figura No. 71. Promedio mensual de lluvia en mm diciembre. 100
Figura No. 72. Componentes de un sistema básico de recolección de agua pluvial. 103
Figura No. 73. Tanques de agua distribuida por gravedad. 103
Figura No. 74. Anatomía de un sistema hidrosanitario. 104
Figura No. 75. Accesorio TEE horizontal 90° 105
Figura No. 76. Accesorio codo a 90° 106
Figura No. 77. Codo a 45° 106
Figura No. 78. Válvula de control de bola 106
Figura No. 79. Medidor de agua 107
Figura No. 80. Válvula anti-retorno 107
Figura No. 81. Chorro o grifo común 107
Figura No. 82. Grifo temporizado para lavamanos 108
Figura No. 83. Inodoro de fluxómetro 108
Figura No. 84. Mingitorio seco con filtro para orina 108
Figura No. 85. Asignación de diámetros al subramal según aparatos sanitarios. 113
Figura No. 86. Ejemplo de equivalencias para dimensionar ramales. 115
Figura No. 87. Ejemplo de cálculo de gastos desde el punto más alejado. 119
Figura No. 88. Sistema de bombeo hidroneumático. 121
Figura No. 89. Altura dinámica total de la bomba. 124
Figura No. 90. Curva características a 3,500 rpm de 10 HP y 15 HP. 126
Figura No. 91. Criterios para diseño de un canal. 128
Figura No. 92. Ábaco para cálculo hidráulico de sistemas por gravedad (Amanco). 130
Figura No. 93. Curva de elementos hidráulicos (Amanco). 131
Figura No. 94. Muestras de trampas. 132
Figura No. 95. Componentes del fuego. 137
Figura No. 96. Tetraedo de fuego. 138
Figura No. 97. Elementos principales de evacuación en edificios. 141
Figura No. 98. Alturas de instalación en extintores. 144
Figura No. 99. Cobertura de detectores de humo en áreas cuadradas. 146
Figura No. 100. Cobertura de detectores de humo en áreas rectangulares. 146
Figura No. 101. Muestra gráfico de la curva típica de una bomba. 159
Figura No. 102. Bomba Jockey. 161
Figura No. 103. Diagrama elemental 162
Figura No. 104. Diagrama de la resistencia total en un circuito en serie 165
Figura No. 105. Circuito en serie con sus respectivas caídas de voltaje 165
Figura No. 106. Características de un circuito en paralelo 166
Figura No. 107. Circuito en serie-paralelo 166

Figura No. 108. Conductores sin forro con designación AWG 167
Figura No. 109. Calibrador de conductores eléctricos 167
Figura No. 110. Apagador de una vía 170
Figura No. 111. Apagador de tres vías 170
Figura No. 112. Contactos dobles 171
Figura No. 113. Eficacias luminosa de lámparas eléctricas comunes 178
Figura No. 114. Tipos de lámparas eléctricas 178
Figura No. 115. Algunos bombillos incandescentes. 179
Figura No. 116. Bombillo fluorescente con balastro 180
Figura No. 117. Bombillo fluorescente sin balastro 180
Figura No. 118. Aplicaciones de la domótica e inmótica. 184
Figura No. 119. Distribución típica de un sistema domótico. 186
Figura No. 120. Componentes de un sistema de cámaras IP. 193
Figura No. 121. Conexión de una cámara de red 194
Figura No. 122. Siglas de ASHRAE 198
Figura No. 123. Filtro tipo HEPA 202
Figura No. 124. Sistema convencional de aire acondicionado 203
Figura No. 125. Modos de transferencia de calor 209
Figura No. 126. Difusor de 4 vías 215
Figura No. 127. Velocidad en el cuello según alcance medio del difusor 216
Figura No. 128. Pérdida por presión según el número de vías 216
Figura No. 129. Tipos de conductos de ventilación 220
Figura No. 130. Pérdidas por fricción para flujo de aire en ductos redondos de lámina galvanizada 222
Figura No. 131. Diámetros de ductos redondos equivalentes 222
Figura No. 132. Coeficientes de pérdida codos 223
Figura No. 133. Coeficientes de pérdida codos (Continuación 223
Figura No. 134. Coeficientes de pérdida para transiciones (flujos divergentes) 224
Figura No. 135. Coeficientes de pérdida para transiciones (flujos convegentes) 225
Figura No. 136. Coeficientes de pérdida para uniones convegentes 226
Figura No. 137. Coeficientes de pérdida para uniones convegentes 226
Figura No. 138. Coeficientes de pérdida para uniones divegentes 227
Figura No. 139. Coeficientes de pérdida para uniones divegentes (Continuación) 228
Figura No. 140. Coeficientes de pérdida para uniones divegentes (Continuación) 229
Figura No. 141. Conexión con y sin ducto recto largo en la succión del ventilador 229
Figura No. 142. Coeficientes de pérdida “C” para conexiones 230
Figura No. 143. Partes de un sistema tipo ventana 231
Figura No. 144. Funcionamiento interno del sistema tipo ventana 232
Figura No. 145. Tipos de evaporadoras 233
Figura No. 146. Instalación sistemas Split 234
Figura No. 147. Esquema sistema Split 234
Figura No. 148. Sistema central separado 236
Figura No. 149. Sistema tipo paquete 237
Figura No. 150. Sistema tipo chiller 239
Figura No. 151. Ubicación de nuevo edificio “CIT”. 242
Figura No. 152. Mapa geológico de San José Pinula. 243
Figura No. 153. Explicación de suelo. 243
Figura No. 154. Mapa geológico de Guatemala. 243
Figura No. 155. Mapa de vista de Planta de ubicación de nuevo edificio CIT. 244
Figura No. 156. Mapa de ubicación de Edificio de referencia y Edificio CIT. 247
Figura No. 157. Mapa de ubicación de Edificio de referencia y Edificio CIT. 247
Figura No. 158. Planta sótano 4 del CIT 249
Figura No. 159. Elevación Sur del Edificio del edificio 249
Figura No. 160. Vista 1 del modelo arquitectónico del CIT 251
Figura No. 161. Vista 2 del modelo arquitectónico del CIT 252
Figura No. 162. Vista 3 del modelo arquitectónico del CIT 252
Figura No. 163. Elementos estructurales del CIT 252

Figura No. 164. Vinculación de modelo en Revit 253
Figura No. 165. Modelo estructural en Revit 253
Figura No. 166. Modelo analítico en Revit 253
Figura No. 167. Dimensiones de las escaleras 256
Figura No. 168. Asignación de cargas muertas y vivas al modelo de Revit....258
Figura No. 169. Aplicación de propiedades del concreto....258
Figura No. 170. Momentos de inercia agrietados....259
Figura No. 172. Asignación del diafragma rígido a las losas de la estructura....260
Figura No. 173. Aplicación de auto-mesh o mallado de EF a las losas....261
Figura No. 174. Aplicación de auto-mesh o mallado de EF a los muros 261
Figura No. 175. Aplicación de la Excentricidad a los nodos de la estructura 262
Figura No. 176. Creación de la masa de análisis para la estructura....262
Figura No. 177. Definición del espectro de diseño para el CIT 265
Figura No. 178. Creación del espectro de diseño para el análisis símico 266
Figura No. 179. Casos de diseño sísmico y derivas para X y Y. 266
Figura No. 180. Asignación del espectro para combinaciones....267
Figura No. 181. Aplicación de excentricidad....268
Figura No. 182. Definición de los modos de vibración por el método de Eagenvalores....269
Figura No. 183. Definición de los modos de vibración por el método de Ritz....269
Figura No. 184. Aplicación de empotramiento a la base de la estructura 270
Figura No. 185. Combinaciones de cargas a utilizar según el Capítulo 9 de la NSE 2 273
Figura No. 186. Creación de Pier Labels en ETABS 273
Figura No. 187. Asignación de Pier Labels en a cada muro....273
Figura No. 188. Asignación de las cargas críticas para el diseño de vigas y columnas 276
Figura No. 189. Asignación para trabajar en base a las normativas del código ACI 318-14 276
Figura No. 190. Área de refuerzo con el cual están trabajando algunas columnas y vigas. 277
Figura No. 191. Sección 8: visualización de los rangos en que cumplen o no las columnas 277
Figura No. 193. Chequeo de columnas y vigas Nivel 4 278
Figura No. 194. Visualización de la estructura en REVIT. 279
Figura No. 195. Visualización de la estructura en ETABS recién exportada de REVIT. 280
Figura No. 196. Visualización de la estructura en ETABS ya corregida. 280
Figura No. 197. Asignación de cargas en ETABS 282
Figura No. 198. Asignación de combinaciones....283
Figura No. 199. Imagen de propiedades de la lámina troquelada....284
Figura No. 200. Imagen de propiedades de vigas....284
Figura No. 201. Imagen de propiedades de columna 285
Figura No. 202. Patrón de carga sísmica con excentricidad en eje X positivo....290
Figura No. 203. Patrón de carga sísmica con excentricidad en eje X negativo....290
Figura No. 204. Patrón de carga sísmica con excentricidad en eje Y positivo....290
Figura No. 206. Patrones de cargas de viento 291
Figura No. 207. Imagen ingresando factor de escala en análisis dinámico inicial eje X....293
Figura No. 208. Imagen ingresando factor de escala en análisis dinámico inicial eje Y....293
Figura No. 209. Imagen ingresando factor de escala en análisis dinámico inicial eje X....295
Figura No. 210. Imagen ingresando factor de escala en análisis dinámico inicial eje Y....295
Figura No. 212. Ilustración de la planta de techo ubicando las esquinas a analizar....298
Figura No. 213. Elevación de la esquina superior derecha de la Figura No. 32.....298
Figura No. 214. Elevación de la esquina inferior derecha de la Figura No. 32. 299
Figura No. 215. Chequeo de columnas y vigas principales....300
Figura No. 216. Información del diseño y chequeo de columnas en ETABS 300
Figura No. 217. Chequeo de vigas secundarias....301
Figura No. 218. Modelo de la estructura vinculada al edificio original en REVIT....301
Figura No. 219. Ubicación del CIT. 303
Figura No. 220. Distribución de espacios nivel 2 del CIT. 309
Figura No. 221. Distribución de espacios nivel 3 del CIT. 310
Figura No. 222. Render del CIT. 311
Figura No. 223. Ubicación del CIT en el actual edificio “B” en el campus de la Universidad. 311

Figura No. 224. Niveles de masa....317
Figura No. 225. Modelo de energía....317
Figura No. 226. Configuración de energía....317
Figura No. 227. Íconos mostrados en el mapa....318
Figura No. 228. Ubicación del CIT y estaciones meteorológicas cercanas....318
Figura No. 229. Comparación de planos de suelo....319
Figura No. 230. Ejecutar simulación de energía....320
Figura No. 231. Masas conceptuales del CIT....320
Figura No. 232. Reporte de análisis energético del CIT....321
Figura No. 233. Consumo y costo anual de energía....323
Figura No. 234. Carga de calefacción mensual del CIT....324
Figura No. 235. Carga de refrigeración mensual del CIT....324
Figura No. 236. Consumo mensual de electricidad....325
Figura No. 237. Pico de demanda mensual....325
Figura No. 238. Vista en planta segundo nivel.....326
Figura No. 239. Página de Axis para descargar cámaras IP....331
Figura No. 240. Pasos para cargar familia de cámaras Axis en Autodesk Revit.....331
Figura No. 241. Pasos para cargar familia de cámaras Axis en Autodesk Revit.....332
Figura No. 242. Pasos para cargar familia de cámaras Axis en Autodesk Revit.....332
Figura No. 244. Vista en 3D desde Axis Camera View.....333
Figura No. 245. Render edificio Centro de Innovación y Tecnología.....334
Figura No. 246. Ingreso de datos para cada cámara.....335
Figura No. 247. Altura de cada uno de los niveles de sótanos. (S1: 4.10m. S2, S3 Y S4: 3.5m)....338
Figura No. 248. Colocación de los ductos y sensores en Revit. Vista en planta.....339
Figura No. 249. Colocación de los ductos y sensores. Vista en elevación.....339
Figura No. 250. Mapa de vista de Planta de ubicación de nuevo edificio CIT.....341
Figura No. 251. Colocación de la sobrecarga.....343
Figura No. 252. Proceso constructivo recomendado de soil nailing.....346
Figura No. 253. Proceso constructivo recomendado de soil nailing.....347
Figura No. 254. Proceso constructivo recomendado de soil nailing.....348
Figura No. 255. Gráfica de desplazamientos.....349
Figura No. 256. Gráfica de corte.....349
Figura No. 257. Gráfica de momento flector.....350
Figura No. 258. Gráfica de ley de axiles.....350
Figura No. 259. Comprobación de estabilidad global con combinaciones sin sismo.....351
Figura No. 260. Comprobación de estabilidad global con combinaciones con sismo.....352
Figura No. 261. Geometría utilizada para el modo de falla por flexión.....353
Figura No. 262. Especificaciones de geometría de malla electrosoldada de Monolit.....353
Figura No. 263. Vista frontal del armado para inclusiones de Soil Nailing.....354
Figura No. 264. Mapa de vista de planta de ubicación de nuevo edificio CIT.....355
Figura No. 265. Colocación de la sobrecarga.....357
Figura No. 266. Detalle de espaciamiento y dimensiones de pilotes.....358
Figura No. 267. Proceso constructivo de pilotes y losas de sótanos.....359
Figura No. 268. Proceso constructivo de pilotes y losas de sótanos.....360
Figura No. 269. Gráfica de desplazamientos.....360
Figura No. 270. Gráfica de corte.....361
Figura No. 271. Gráfica de momento flector.....361
Figura No. 272. Gráfica de empujes.....362
Figura No. 273. Detalle de armado de pilote y viga de amarre.....363
Figura No. 274. Vista tridimensional de los muros de contención clasificados por lindero....364
Figura No. 275. Vista tridimensional de la familia de anclajes pasivos creada.....364
Figura No. 276. Diseño final muro soil nailing.....365
Figura No. 277. Diseño final muro pantalla de pilotes.....366
Figura No. 278. Cortantes de entrepiso del centro de masa....367
Figura No. 279. Deformación de entrepiso del centro de masa....368
Figura No. 280. Deformación de la esquina 48 en dirección X y Y.....369

Figura No. 281. Deformación de la esquina 73 en dirección X y Y 370
Figura No. 282. Deformación de la esquina 49 en dirección X y Y. 371
Figura No. 283. Deformación de la esquina 38 en dirección X y Y 372
Figura No. 284. Condición de derivas máximas....374
Figura No. 285. Ilustración de la viga compuesta 392
Figura No. 286. Conexión vista en sección 396
Figura No. 287. Conexión vista en planta 396
Figura No. 288. Conexión vista en planta 397
Figura No. 289. Conexión vista en sección 397
Figura No. 290. Planta del edificio para identificar el eje A-6....398
Figura No. 291. Reacción en la base según la carga muerta 398
Figura No. 292. Reacción en la base según la carga viva....399
Figura No. 293. Reacción en la base según sismo dinámico en eje Y....399
Figura No. 294. Detalle del pilote 404
Figura No. 295. Planta del pilote....405
Figura No. 296. Ubicación del CIT. 407
Figura No. 297. Espaciamiento del detector en superficies rectangulares. 437
Figura No. 298. Matriz de distribución de detectores de humo. 438
Figura No. 299. Área de monitoreo máxima de detector de humo marca Bosch. 439
Figura No. 300. Cobertura del detector de humo en pasillo en el nuevo edificio del campus....440
Figura No. 301. Cobertura del detector de humo en aula 300 ubicada en el tercer nivel 440
Figura No. 302. Disposición del espaciamiento del detector de humo o calor, cielorrasos con pendiente. 441
Figura No. 303. Elevación de la familia del pulsador manual empleado en el modelo. 442
Figura No. 304. Puntos de instalación de pulsadores manuales. 443
Figura No. 305. Familia empleada para aparatos audibles en el nuevo edificio. 444
Figura No. 306. Instalación de aparatos audibles en pasillos. 445
Figura No. 307. Espaciamiento en salas para aparatos visibles montados en muros. 447
Figura No. 308. Clases de incendio definidos para el CIT. 447
Figura No. 309. Extintor ubicado en pasillo ubicado en el quinto nivel del CIT 448
Figura No. 310. Curvas densidad/área....452
Figura No. 311. Cuadrilla para definir ubicación de rociadores según cobertura. 455
Figura No. 312. Muestra armario para carrete de manguera para sistema contra incendios del CIT. 463
Figura No. 313. Muestra una planta típica del CIT. 466
Figura No. 314. Muestra el ancho que tiene el módulo de gradas del CIT. 467
Figura No. 315. Bosquejo de gradas según lo solicita la norma NRD 2 de la CONRED. 468
Figura No. 316. Cota de la huella de las gradas del CIT. 468
Figura No. 317. Simbología empleada para los planos de evacuación del CIT. 469
Figura No. 318. Iluminación de un aula 488
Figura No. 319. Informe del tablero de distribución del sótano. 503
Figura No. 320. Vista 3D cámara sótano....504
Figura No. 321. Paso vehicular y acceso a rampa. 505
Figura No. 322. Vista cámara, vestíbulo 508
Figura No. 323. Vista cámara, gradas exterior 509
Figura No. 324. Vista cámara, exterior y rampa 509
Figura No. 325. Vista cámara, terraza 510
Figura No. 326. Vista cámara, cafetería principal 510
Figura No. 327. Sistema guiado de estacionamiento....515
Figura No. 328. Sistema guiado de estacionamiento. 516
Figura No. 329. Planta auditorio CIT 517
Figura No. 330. Vista 3D del auditorio 518
Figura No. 326. Ecuación de coeficiente global de transferencia de calor....520
Figura No. 331. Sistema Central Separado TRANE Odyssey....526
Figura No. 332. Sistema de cámara plena 527
Figura No. 333. Disposición en 3D del sistema terminado 529
Figura No. 334. Vista del sistema de A/A dentro del auditorio....529
Figura No. 335. INMELEC S.A. 530

Figura No. 336. Proceso constructivo. 553
Figura No. 337. Isoyetas medias anuales. 554
Figura No. 338. Niveles de humedad relativa. 555
Figura No. 339. Sumatoria de días con lluvia promedio anual.....556

RESUMEN

La metodología *Building Information Modeling* (BIM) consiste en una tecnología y proceso innovador de abordar el ciclo de vida de una edificación, permitiendo analizar las fases de diseño, construcción, operación, mantenimiento y demolición. El siguiente proyecto colaborativo busca efectuar un diseño integrado del Centro de Innovación y Tecnología de la Universidad del Valle de Guatemala implementando la metodología mencionada con la plataforma Revit. Se efectuó una propuesta de diseño estructural y de instalaciones (hidráulicas, eléctricas, aire acondicionado e inmótica) para el CIT.

I. INTRODUCCIÓN

Building Information Modeling o BIM, por sus siglas en inglés, consiste en una tecnología y proceso innovador de abordar el ciclo de vida de una edificación, permitiendo analizar las fases de diseño, construcción, operación, mantenimiento y demolición. El modelado mediante el proceso BIM permite contar con la estructura tridimensional y con la base de datos de la edificación, optimizando los flujos de trabajo y el intercambio de información entre los agentes involucrados. A pesar de sus muchas ventajas, la implementación de la tecnología BIM en Guatemala sigue siendo poco común. Por lo que el proyecto busca innovar al efectuar el modelo del CIT en Revit, plataforma utilizada para proyectos BIM.

Desde el año 2001 a la fecha el Sector Construcción ha sufrido altas y bajas en su crecimiento, sin embargo, se ha visto un alza en la construcción de vivienda vertical, especialmente en la Capital debido al crecimiento de la población y la escasez de espacio. Esto ha hecho que los ingenieros y arquitectos recurran a métodos de diseño especiales para proteger las construcciones aledañas. Un ejemplo de estos son los muros anclados de concreto lanzado. En este documento se propondrá un diseño de muros de protección de taludes para el nuevo edificio de la Universidad del Valle de Guatemala, haciendo uso de información regional para los suelos y, normas nacionales y extranjeras por medio del modelado en BIM.

Este también se aplica en el diseño estructural al momento que se diseña únicamente en planta, se dibuja automáticamente todas las otras vistas y elevaciones paramétricamente. Esto permite el ahorro de tiempo para los profesionales arquitectos e ingenieros, al crear y modificar sus proyectos; y así facilitar el trabajo al incorporar elementos arquitectónicos, estructurales, mecánicas, sanitarios, eléctricos, gestión y ambientalistas del proyecto. Luego con estos parámetros se realizará la estructura del edificio en el programa ETABS, este programa permite analizar estructuralmente el edificio, asimismo incorporándole todos los materiales que se desean utilizar, en este caso estructura metálica, las cargas ocupacionales y todos los factores que se requieran necesarios para realizar el análisis estructural.

Guatemala es un país en donde más del 90% de sus construcciones son en concreto reforzado y por ende es una de las áreas en donde hay que poner más empeño, para lograr una mejor economía y un mejor desarrollo. Según BIMValladolid, la construcción está teniendo un giro en cuanto a la metodología BIM, ya que esta genera beneficios económicos en comparación a la forma convencional de construcción que van desde un 15% hasta un 30%. Siendo esto un factor beneficioso, es importante que nuestro país se dote de estas nuevas tendencias y prácticas constructivas, para que los procesos sean mucho más cortos y con un rendimiento mayor. Con esto se pretende que el análisis estructural tenga un cambio de perspectiva al ser apoyada por la metodología BIM, los cuales hacen que todo se encuentre en una sola base de datos evitando así, errores de diseño.

Otra consideración que debe tomarse en cuenta para beneficio económico es la implementación de sistemas contra incendio. Este forma parte importante para asegurar una gran inversión como es la construcción de un edificio. En las últimas décadas, tanto en la ciudad de Guatemala como en el interior del país, se ha generado un incremento económico, social y poblacional, dando como resultado un incito en las construcciones de nuevos bienes inmuebles e infraestructura de gran tamaño. Por lo general estas nuevas estructuras tienen como objetivo alojar personas efectuando diversas actividades. Por lo tanto, este fenómeno se ha llegado a la adopción de medidas de protección por fenómenos causados por la humanidad o naturaleza, ya que es uno de los grandes riesgos latentes hoy en día -fuego-.

El presente estudio pretende aplicar los conocimientos adquiridos durante la carrera, en el diseño de un sistema contra incendios en el -CIT-. El esquema se basará por los criterios que se establecen en la norma NFPA. Posteriormente serán modelados por medio de la tecnología BIM para realizar los chequeos necesarios y determinar el sistema que se empleará dependiendo del uso de los salones. Además, se establecerán los lugares adecuados para su instalación y en el caso de los extintores se darán recomendaciones del manejo adecuado de los mismos.

Por otra parte, a este trabajo se integra la problemática del agua en el Valle de la Ciudad de Guatemala. El agua es el recurso más importante para la sobrevivencia del ser humano. Utilizamos el agua en casi todas las labores y actividades que se realizan. Su uso desmedido e irresponsable está haciendo cada vez más evidente los escases de agua para consumo humano y la contaminación de la misma deja menos hechos hídricos con aguas limpias y adecuadas para ser empleadas diferentes usos. En la ciudad de Guatemala, los mantos freáticos cada vez se encuentran más por debajo de la superficie, es decir que la sobreexplotación de los pozos de agua está causando su disminución. Este es el caso de la zona 15 en donde se encuentra ubicada la Universidad del Valle de Guatemala y donde próximamente se ubicará el Centro de Innovación y Tecnología de esta casa de estudios. Pero debido al incremento de la población en esta zona y las aledañas, existe un riesgo de que en algunos años la problemática del agua los alcance.

Es por esta razón que el diseño e implementación de sistemas y tecnologías que permitan disminuir el consumo de agua potable cada vez tiene más importancia para las edificaciones y sobre todo con la responsabilidad ambiental que la Universidad del Valle practica. También, existen maneras de obtener agua. El agua de lluvia es una alternativa para evitar el desperdicio de agua potable. Se sabe muy bien que no es recomendable su consumo por diversos contaminantes en la atmósfera, pero es una solución cuando se utiliza agua en actividades donde el agua potable no es necesaria. La descarga de los sanitarios no necesita de agua potable para realizar su función, por lo que esa agua utilizada bien puede ser reemplazada por agua de lluvia. Ahorrando así cantidades de agua potable.

Otro de los sistemas más importantes en la consolidación de un edifico es el sistema eléctrico. El siguiente trabajo se enfocó también, en el diseño preliminar de instalaciones eléctricas de iluminación y fuerza. Para el cálculo de la carga, se diseñó el sistema de iluminación para cada espacio en todos los niveles. Teniendo la cuantificación de las lámparas conectadas al sistema, se determinó los circuitos derivados con su respectiva protección contra

sobrecorrientes. El programa Revit se utilizó para efectuar un diseño realista de iluminación que cumpliera con los requisitos mínimos de *Illuminating Engineering Sociey.*

Además, se calculó la carga por tomacorrientes no residenciales de acuerdo a *National Electric Code.* Se determinaron los calibres de los conductores de los circuitos derivados y los dispositivos de protección contra sobrecorrientes. Finalmente, se propuso un panel de distribución de circuitos de iluminación y fuerza para cada nivel con la ayuda de Revit. La carga total del CIT es de 839 053.31 Volts-Amperios. Del total de la carga, el 17.83% corresponde a iluminación y el 82.17% a tomacorrientes.

La innovación en el diseño del CIT está representada también en la parte de inmótica. Que son todos aquellos sistemas que automatizan muchos de los procesos que se tienen dentro de la instalación. Un ejemplo de la inmótica aplicada a un edificio son los sensores de presencia para encender la luz, encendido y apagado de los sistemas de aire acondicionado para que los espacios estén a cierta temperatura, control de acceso, entre otros. Este trabajo se enfoca en dos temas: el sistema guiado de estacionamiento y el sistema de video vigilancia para el edificio.

La finalidad del trabajo es realizar el diseño de estos dos sistemas y aplicar la metodología BIM para mostrar la eficiencia de un sistema inmótico. Como se ha venido trabajando en nuestro país en la mayoría de los casos es instalar y diseñar estos sistemas cuando la obra ya está terminada, o tan sólo hacer un diseño en 2D convencional. Uno de loss propósito de este trabajo es innovar este proceso en Guatemala y trabajar con nuevas tecnologías para mostrar los beneficios de cada uno de ellos.

Según BIM Community, se proyecta que para el 2020, un 50% de los proyectos en el mundo se realizarán con BIM. El uso de BIM facilita la optimización de operaciones en donde se incluye un control y regularización de las mismas y así se le facilite la información al operador que monitorea el elemento en cuestión. Un ejemplo común de esto es cuando se tiene la información de las características y comportamiento de un termostato que controla la temperatura de salida del flujo de aire de un sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado (CVAA).

Un componente fundamental del proceso conlleva el hecho de que la información debe estar interconectada de manera que se pueda monitorear a través de un sistema y analizar el comportamiento del modelo analizado. Esto permite que los operadores tengan los fundamentos para tomar decisiones con base en todo el sistema. Principalmente ese es el propósito de BIM, lograr que se puedan tener operaciones 100% automatizadas dentro de un proyecto en específico. Al presente, la Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE), por sus siglas en inglés, trabaja para capacitar a sus miembros en la profesionalización y manejo de software BIM y así optimizar los procesos de diseño. La elaboración de sistemas CVAA en Guatemala no ha tenido auge debido a la dificultad para poder manejar los programas BIM y desarrollar el pensamiento integral que conlleva este proceso.

II. JUSTIFICACIÓN

Actualmente se habla de Building Information Modeling o por sus siglas en inglés, BIM, como la herramienta del futuro en el campo de la construcción. Ese futuro es latente hoy y la llegada de BIM ha impactado de manera profunda en el diseño, construcción, entorno y futura gestión del proyecto a elaborar. Se presenta una necesidad de transformar la prestación de servicios en donde se exige más por menos. Por tanto, el modelo de negocio se deriva de la eficiencia a obtener teniendo una detallada comprensión "virtual" de cómo funciona la edificación y sus instalaciones, junto con una imagen clara de la construcción real de cada uno de los componentes.

Para el modelado del Centro de Innovacion y Tecnología de a Universidad del Valle de Guatemala se decidió utilizar esta metodología debido a las múltiples ventajas que ofrece. BIM es una herramienta que posibilita la interacción entre varios diseñadores involucrados en diferentes fases del ciclo de vida. Esto permite que un mismo modelo contenga información multidisciplinaria. Desde el inicio, la utilización de esta metodología brinda un apoyo invaluable a los ingenieros y diseñadores para tomar mejores decisiones desde el proceso de planificación y constructivo de un edificio. Debido a la eficiencia y ahorro de costos aportados a los proyectos de arquitectura e ingeniería, el concepto BIM ha ido ganando terreno e influencia hasta el punto de consolidarse como la principal herramienta tecnológica y metodológica del mundo. Su utilización se ha convertido, no en una opción, sino en un requisito a tal punto que, para países como el Reino Unido, es indispensable y una exigencia la utilización de BIM para el desarrollo de cualquier proyecto relacionado con construcción. Adicional a esto, permite la comprobación de interferencias entre las instalaciones del proyecto, generación automática de la documentación del proyecto y ahorros en índoles energéticas.

Para que la ejecución de una edificación sea correcta y segura, se deben tomar en cuenta diferentes aspectos como la construcción de los muros de contención, diseño estructural, redes de agua potable, sistema contra incendios e instalaciones eléctricas, aire acondicionado y en espacios donde sea posible incluir nuevas tendencias como la inmótica aplicada a la automatización de búsqueda de parqueos y videovigilancia. Debido lo anterior previamente descrito, se busca efectuar el diseño de estas disciplinas por medio de metodología BIM con el programa Revit. La metodología agiliza las fases de diseño, permitiendo observar resultados instantáneos conforme se modela la instalación. Esto posibilita diseños más realistas y con menores errores. Además, permite evaluar varias opciones para seleccionar la opción de diseño más adecuada al proyecto. El programa no sustituye el criterio del diseñador, pero sí lo complementa.

III. OBJETIVOS

A. Objetivo general

- Realizar el modelo tridimensional del Centro de Innovación y Tecnología de la Universidad del Valle de Guatemala con la plataforma BIM.

B. Objetivos específicos

- Proponer el diseño estructural de un muro de contención.
- Proponer un diseño estructural de todo el edificio tanto en acero como en concreto reforzado.
- Efectuar un análisis de eficiencia energética del edificio utilizando la tecnología BIM.
- Proponer un diseño para ahorro de agua y reutilización de agua de lluvia en los servicios sanitarios.
- Diseñar un sistema de protección contra incendios para el Centro de Innovación y Tecnología de la Universidad del Valle de Guatemala (CIT).
- Proponer un diseño para realizar un edificio inteligente.
- Proponer un diseño de aire acondicionado.
- Efectuar un diseño preliminar de instalaciones eléctricas de iluminación y fuerza del Centro de Innovación y Tecnología de la Universidad del Valle de Guatemala.
- Diseñar el sistema de iluminación artificial interior del CIT de la Universidad del Valle de Guatemala.
- Modelar los circuitos derivados de la iluminación y fuerza del CIT de la Universidad del Valle de Guatemala en el software Revit.
- Determinar si la iluminación artificial de los espacios principales cumple con el requerimiento mínimo de iluminancia.

IV. MARCO TEÓRICO

A. Análisis estructural

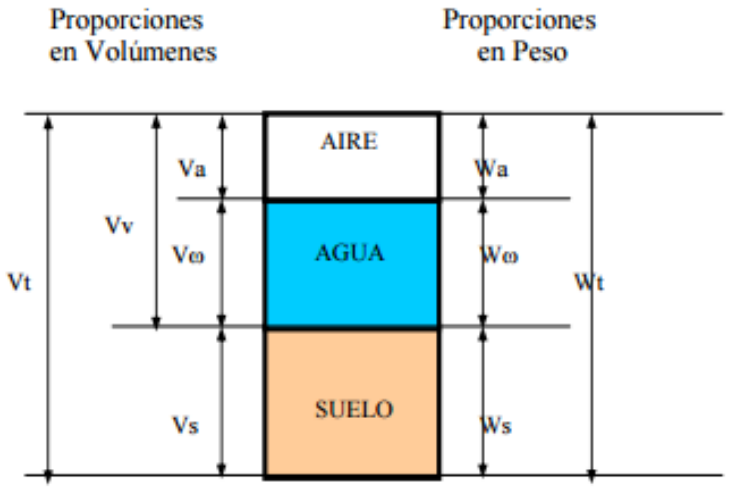
1. Mecánica de suelos

a. Conceptos generales. El suelo es la capa superficial de la corteza terrestre. Está conformado por partículas sólidas rodeadas por espacios vacíos los cuales son ocupados por agua o aire. El suelo tiene una composición sólida, liquida y gaseosa, las cuales se detallan según propiedades físicas a continuación:

- Sólida: está conformada por partículas minerales del suelo.
- Líquida: de manera general está constituida por agua libre, aunque es posible que exista presencia de otros líquidos, pero en menor cantidad.
- Gaseosa: generalmente constituida por aire, aunque también pueden existir presencia de otros gases, pero en menor cantidad. Ejemplo de estos serían vapores de sulfuro, anhídridos carbónicos, etc. (Braja M. Das, 2001)

A continuación, se muestra un esquema de suelo separado en sus tres fases. En el lado izquierdo se encuentran las proporciones en volumen y del lado derecho las proporciones en peso.

Figura No. 1. Esquema de las fases del suelo.



Fuente: (Braja M. Das, 2001)

Donde:

Vt: volumen total de la muestra del suelo. (Volumen da la masa)

Vs: volumen de la fase sólida de la muestra (volumen de sólidos)

Vω: volumen de la fase líquida. (Volumen de agua)

Va: volumen de la fase gaseosa. (Volumen de aire)

Vv: volumen de vacíos de la muestra de suelo (volumen de vacíos).

Vv = Vω + Va

Vt = Vv + Vs

Vt = Vω + Va + Vs

Wt: Peso Total de la muestra de suelo. (Peso de la Masa).

Ws: Peso de la fase sólida de la muestra.

Wω: Peso de la fase líquida (peso del agua).

Wa: Peso de la fase gaseosa, convencionalmente considerado como nulo en Geotecnia.

b. Principales propiedades del suelo. Estas partículas sólidas rodeadas por espacios vacíos ocupados por agua o aire tienen ciertas características y propiedades físicas que se detallan a continuación:

Peso específico relativo: es la relación entre el peso específico de una sustancia y el peso específico del agua destilada a 4° C en una atmosfera de presión. El peso específico del suelo, también llamado peso volumétrico de los sólidos es una relación entre el peso de la fase sólida y el volumen de la fase sólida. (Braja M. Das, 2001)

$$\gamma_s = \frac{Ws}{Vs}$$

Peso específico seco: es la relación entre el peso de la fase sólida y el volumen total de la muestra. (Braja M. Das, 2001)

$$\gamma_d = \frac{Ws}{V}$$

Peso específico húmedo: es la relación entre el peso total de la muestra de suelo (peso de sólidos y agua) y el volumen total de la muestra. (Braja M. Das, 2001)

$$\gamma = \frac{W}{V}$$

Peso específico saturado: es la relación entre el peso del suelo en estado saturado y el volumen total de la muestra. (Braja M. Das, 2001)

$$\gamma_{sat} = \frac{W_s + W_w}{V_s + V_v} = \frac{G_s * y_w + e\gamma_w}{1 + e}$$

Peso específico sumergido: es la diferencia entre el peso específico húmedo y el peso específico del agua. (Braja M. Das, 2001)

$$\gamma' = \gamma - \gamma_w$$

Gravedad específica: es la relación entre la masa de los sólidos del suelo y la masa de agua para el mismo volumen que ocupan los sólidos. (Braja M. Das, 2001)

$$G_s = \frac{M_s}{M_{agua}}$$

Densidad: la densidad del suelo, también llamada peso por unidad de volumen, es una relación entre el peso total de la muestra de suelo y el volumen total de la muestra del suelo. (Braja M. Das, 2001)

$$\gamma = \frac{W_t}{V_t}$$

Cohesión: es la atracción entre partículas originadas por las fuerzas moleculares y las películas de agua. Por lo tanto, esta depende directamente de la presencia de agua. Su unidad de medida es kg/cm2. Los suelos arcillosos tienen cohesión alta, los limosos media y las arenas prácticamente no tienen. (Braja M. Das, 2001)

Angulo de fricción: es la resistencia al deslizamiento provocado por la fricción que existe entre las superficies de contacto entre las partículas y de su densidad. Por ejemplo, los suelos granulares son angulares y presentan mayores superficies de contacto por lo que tienen fricción interna alta, mientras que los suelos finos son todo lo contrario. La fricción interna de un suelo está definida por el ángulo cuya tangente es la relación entre la fuerza que resiste el deslizamiento a lo largo de un plano y la fuerza normal aplicada a dicho plano. Los valores del ángulo de fricción interna varían según el suelo:

Cuadro No. 1. Ángulo de fricción en suelo seco y húmedo.

Material	Suelto	Denso
Arena. Granos redondos y uniformes	27.5°	34°
Arena. Granos angulares y bien graduada	33°	45°
Cascajo arenoso	35°	50°
Arena limosa	27-33°	30-34°
Limo orgánico	27-30°	30-35°

(Escobar, 2003)

Límites de Atteberg: propiedades índices de los suelos, los cuales son: limite líquido, limite plástico y límite de retracción. (Crespo, 2004).

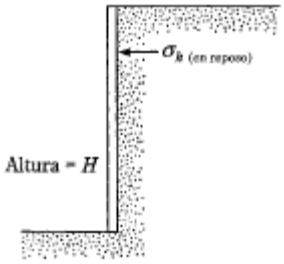
Límite plástico: es el contenido de agua por debajo del cual la masa del suelo pasa del estado plástico al semisólido. (Crespo, 2004).

Límite líquido: contenido de agua (%) por encima del cual una masa de suelo pasa del estado plástico al líquido. (Crespo, 2004).

c. Presiones laterales en suelos. Los taludes verticales o casi verticales están sometidos a una constante presión lateral provocada por el suelo, la cual es estimada según el tipo y magnitud del muro, parámetros de resistencia del suelo, el peso específico del suelo y las condiciones de drenaje del relleno. Estas presiones constantes se clasifican en tres grandes grupos: empuje en reposo, empuje activo y empuje pasivo.

Empuje en reposo: el movimiento del muro está restringido. La presión lateral del suelo sobre el muro a cualquier profundidad es la "presión de la tierra en reposo". (Braja M. Das, 2001)

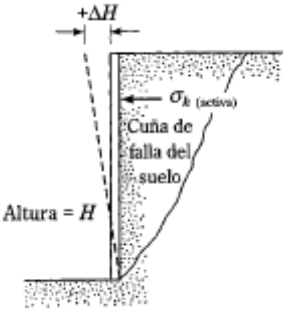
Figura No. 2. Esquema de la presión de tierra en reposo.



Fuente: (Braja M. Das, 2001)

Empuje Activo: es la presión del terreno sobre el muro. En este caso el muro se inclina respecto al suelo retenido. Con suficiente inclinación del muro fallará una cuña triangular detrás del muro. (Braja M. Das, 2001)

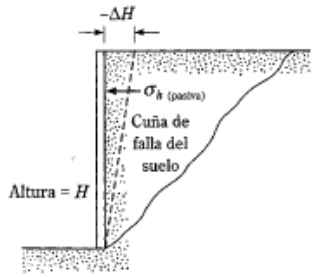
Figura No. 3. Esquema de la presión activa.



Fuente: (Braja M. Das, 2001)

Empuje pasivo: es la presión del muro sobre el terreno. El muro es empujado hacia el suelo retenido. Con suficiente movimiento el muro fallará una cuña del suelo. (Braja M. Das, 2001)

Figura No. 4. Esquema de la presión pasiva.



Fuente: (Braja M. Das, 2001)

d. Principio de Rankine. La condición en que cada punto en una masa de suelo está a punto de fallar es llamada equilibrio plástico. Las condiciones de esfuerzo que actúan en este estado de equilibrio plástico fueron estudiadas por Rankine en 1857. Propone tres estados: estado activo, estado pasivo y estado de reposo. (Braja M. Das, 2001) Esta teoría se basa en la relación que existe entre el esfuerzo horizontal que actúa sobre el muro y el esfuerzo vertical que se produce sobre el suelo dentro de la misma masa de suelo. Esta relación está en función de un coeficiente de empuje (K), cuya magnitud depende de las características del suelo y del tipo de movimiento que tendrá el muro (pasivo, activo o en reposo). (AGIES, 2010)

- Estado activo de Rankine

A continuación, se muestra la ecuación para calcular el empuje activo por medio de la teoría de Rankine:

$$P_A = \frac{1}{2} K_A \gamma H^2$$

Donde:

PA = Resultante de la presión activa del suelo expresada en toneladas por metro lineal de muro

KA = Coeficiente de presión activa del suelo

γ'= Peso unitario efectivo del suelo detrás del muro expresado en Ton/m3

H = Altura del muro en metros

Y el coeficiente de presión activa del suelo es:

$$K_a = \frac{\sigma'_a}{\sigma'_o} = tan^2(45 - \frac{\theta}{2})$$

(AGIES, 2010)

- Estado pasivo de Rankine

A continuación, se muestra la ecuación para calcular el empuje activo por medio de la teoría de Rankine:

$$P_p = \frac{1}{2} K_p \gamma' H^2$$

Donde:

Pp = Resultante de la presión pasiva del suelo expresada en toneladas por metro lineal de muro

KP = Coeficiente de presión pasiva del suelo

γ' = Peso unitario efectivo del suelo detrás del muro expresado en Ton/m3

H = Altura del muro en metros

Y el coeficiente de presión activa del suelo es

$$\frac{\sigma'_p}{\sigma'_o} = K_p = tan^2(45 + \frac{\theta}{2})$$

(AGIES, 2010)

- Estado de reposo de Rankine

A continuación, se muestra la ecuación para calcular el empuje activo por medio de la teoría de Rankine:

$$P_o = \frac{1}{2} K_o \gamma' H^2$$

Donde:

Po = Resultante de la presión en reposo del suelo expresada en Toneladas por metro lineal de muro

Ko = Coeficiente de presión en reposo del suelo

γ = Peso unitario efectivo del suelo detrás del muro expresado en Ton/m3

H = Altura del muro en metros

Y el coeficiente de presión activa del suelo es

$$K_o = 1 - \sin \varphi$$

(AGIES, 2010)

e. Principio de Coulumb

- Estado activo de Coulumb

A continuación, se muestra la ecuación para calcular el empuje activo por medio de la teoría de Rankine:

$$P_A = \frac{1}{2} K_a \gamma H^2$$

Donde:

PA = Resultante de la presión activa del suelo expresada en toneladas por metro lineal de muro

KA = Coeficiente de presión activa del suelo

γ'= Peso unitario efectivo del suelo detrás del muro expresado en Ton/m3

H = Altura del muro en metros

Y el coeficiente de presión activa del suelo es:

$$K_a = \frac{cos^2(\varphi - \theta)}{cos^2\theta cos(\delta + \theta)\left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \varphi)\sin(\varphi - \alpha)}{\cos(\delta + \theta)\cos(\theta - \alpha)}}\right]^2}$$

Donde:

$\varphi = angulo\ de\ friccion\ interno\ del\ suelo$

$\delta = angula\ de\ friccion\ de\ la\ estructura - suelo$

$\theta = inclinacion\ de\ la\ cara\ posterior\ de\ la\ estructura$

$\alpha = inclinacion\ de\ la\ pendiente$

(Braja M. Das, 2001)

- Estado pasivo de Coulumb

A continuación, se muestra la ecuación para calcular el empuje activo por medio de la teoría de Rankine:

$$P_p = \frac{1}{2}K_p\gamma H^2$$

Donde:

Pp = Resultante de la presión pasiva del suelo expresada en toneladas por metro lineal de muro

KP = Coeficiente de presión pasiva del suelo

γ' = Peso unitario efectivo del suelo detrás del muro expresado en Ton/m3

H = Altura del muro en metros

Y el coeficiente de presión activa del suelo es

$$K_p = \frac{cos^2(\varphi + \theta)}{cos^2\theta cos(\delta - \theta)\left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\delta - \varphi)\sin(\varphi + \alpha)}{\cos(\delta - \theta)\cos(\theta - \alpha)}}\right]^2}$$

(Braja M. Das, 2001)

f. Análisis por sismo. Para determinar la fuerza pseudo estática horizontal de sismo, AGIES NSE 5-2010 propone utilizar la propuesta por Monobe Okabe, cuya teoría se basa en la teoría de cuñas propuesta por Coulumb. Para el caso más general la fuerza resultante total de la presión activa provocada por un sismo es calculada de la siguiente manera:

$$P_{AE} = \frac{1}{2}\gamma H^2 K_{AE}(1 - k_v)F$$

Donde:

$$F = \frac{cos^2\theta^*}{cos\Psi cos^2\theta}$$

Donde:

β* = β + ψ = ángulo modificado del talud de relleno

θ*= θ + ψ = ángulo modificado de la pared trasera del muro

$$\Psi = \tan^{-1}(\frac{k_h}{1 - k_v})$$

(AGIES, 2010)

Donde:

kv = aceleración vertical de la masa de suelo en unidades de g

kh= aceleración horizontal de la masa de suelo en unidades de g de acuerdo con el tipo de sismo que se esté analizando, y de acuerdo con el mapa de macro zonificación sísmica para la República de Guatemala.

Para el análisis por sismo se utilizó un coeficiente de presión activa KAE, el cual se obtiene de aplicando la teoría de Coulumb, pero con la diferencia de utilizar los ángulos modificados β* y θ*. Por lo tanto, la fuerza PAE está conformado por la sumatoria de la presión estática PA y el incremento dinámico ΔPAE provocado por el sismo:

$$P_{AE} = P_A + \Delta P_{AE}$$ (AGIES, 2010)

Es de notar que estas dos fuerzas no actúan en el mismo punto. La presión activa estática actúa a H/3 medida desde la base mientras que la fuerza resultante del incremento dinámico actúa a 2H/3 medido desde la base, por lo que el valor ΔPAE se obtiene de la siguiente manera:

$$\Delta P_{AE} = P_{AE} P_A$$

(AGIES, 2010)

g. Sistema Unificado. El sistema unificado de clasificación de suelos fue propuesto originalmente por Casagrande en 1942 y fue revisado y adoptado luego por el United States Bureau of Reclamation y el US Army Corps of Engineers. En la actualidad es el sistema más utilizado para el trabajo geotécnico. A continuación, se muestran los símbolos para fines de identificación. (Braja, M. Das, 2012)

Cuadro No. 2. Símbolos para clasificación de suelos según sistema unificado desarrollado por Casagrande en 1942.

Símbolo	G	S	M	C	O	Pt	H	L	W	P
Descripción	Grava	Arena	Limo	Arcilla	Limos orgánicos y arcilla	Turba y suelos altamente orgánicos	Alta plasticidad	Baja plasticidad	Bien graduado	Mal graduado

(Braja, M. Das, 2012)

h. Clasificación de suelos. Los suelos pueden ser clasificados en cuatro grandes grupos los cuales son: gravas, arenas, limos y arcillas. Cada grupo tiene diferentes formas de comportamiento con y sin presencia de agua. Se pueden clasificar según sus características sin embargo el más utilizado es según el tamaño de su partícula.

- Gravas – Partículas visibles y gruesas de un diámetro variable entre 2 y 75 mm de diámetro
- Arenas – Partículas visibles y finas de un diámetro variable entre 0.05 y 2 mm.
- Limos – Partículas no visibles y de taco áspero. Diámetro variable entre 0.002 y 0.06 mm.5
- Arcillas – partículas no visibles y de tacto suave. Diámetro menor a 0.002 mm.

1) Diferencia entre gravas y arenas

Cuadro No. 3. Descripción general de la diferencia entre gravas y arenas según Valcárcel.

Grava (Diámetro entre 2 y 75 mm)	Arena (Diámetro entre 0.05 y 2 mm)
• Las partículas no se apelmazan aun en condiciones de humedad, ya que las tensiones capilares son muy reducidas.	• Las partículas si se apelmazan en condiciones de humedad, ya que las tensiones capilares son muy altas.

(Valcárcel, J., n/f)

2) Diferencia entre arenas y limos

Cuadro No. 4. Descripción general de la diferencia entre arenas y limos según Valcárcel.

Arena (Diámetro entre 0.05 y 2 mm)	Limo (Diámetro entre 0.002 y 0.05 mm)
• Las partículas son visibles. • No son plásticas en general. • Erosionables por el viento. • Terrenos secos tienen una pequeña cohesión, sin embargo, se reducen a polvo fácilmente con la mano. • Los asentamientos de las construcciones realizadas sobre arena suelen acabar al terminar la construcción.	• Las partículas son prácticamente invisibles. • Son un poco plásticos en general. • Difícilmente erosionables por el viento. • Terrenos secos tienen una cohesión considerable, sin embargo, se reducen a polvo fácilmente con la mano. • Los asentamientos de las construcciones realizadas sobre limos suelen continuar al terminar la construcción.

(Valcárcel, J., n/f)

3) Diferencia entre limos y arcillas

Cuadro No. 5. Descripción general de la diferencia entre limos y arcillas según Valcárcel.

Limo (Diámetro entre 0.002 y 0.05 mm)	Arcilla (Diámetro menor a 0.002 mm)
• Regularmente no tienen propiedades coloidales. • Presencia de minerales no arcillosos conforme el diámetro crece. • Son de tacto áspero. • Se secan con rapidez y no se pegan a los dedos.	• Regularmente tienen propiedades coloidales. • Están conformados en su mayoría por minerales arcillosos. • Son de tacto suave. • Se secan lentamente y se pegan a los dedos.

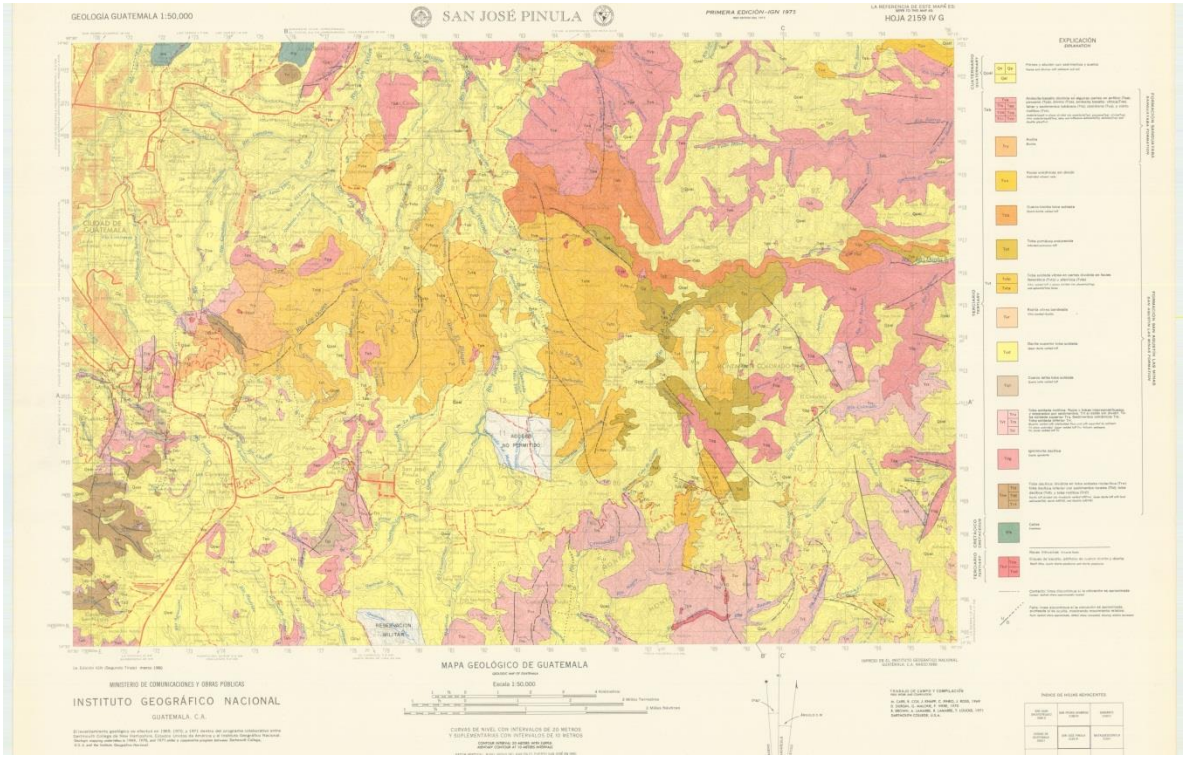
• Los terrones secos tienen una cohesión considerable, sin embargo, aún se pueden reducir a polvo con las manos.	• Los terrones secos se pueden partir mas no reducir a polvo con las manos.

(Valcárcel, J., n/f)

i. Mapa geológico. Un mapa geológico es aquel que muestra la distribución, relación y composición de materiales de la tierra (rocas, depósitos superficiales, sedimentos, etc.) y las características estructurales del suelo (fallas). Estos son utilizados para transmitir información acerca de la superficie del planeta, interpretar la estructura, estratigrafía, mineralogía, entre otros, de la corteza terrestre. (Department of Conservation, 2016). A continuación, se muestra el mapa geológico de San José Pinula, Guatemala, Guatemala, lugar donde se ubicará el nuevo edificio de la Universidad del Valle de Guatemala "CIT".

Es un mapa publicado por el Instituto Geográfico Nacional en el año 1975. El levantamiento geológico se efectuó en 1969,1970 y 1971 dentro del programa colaborativo entre Dartmouth College de New Hampshire, Estados Unidos de América y el Instituto Geográfico Nacional. En él se muestran las distintas clasificaciones del suelo por medio de una clave de color. Los suelos en esta área de la Ciudad de Guatemala son mayoritariamente de origen volcánico de la era cuaternaria.

Figura No. 5. Mapa geológico de San José Pinula.



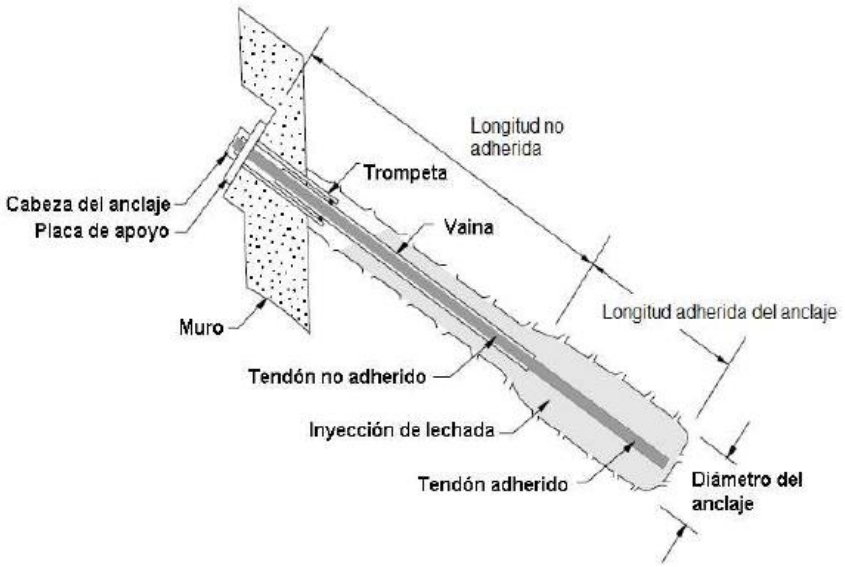
Fuente: Mapa geológico del Instituto Geográfico Nacional. Primera Edición 1975.

2. Anclajes y sistemas de anclajes

a. Aspectos generales. Dentro de las técnicas de reforzamiento de suelos *in-situ* para estabilización de taludes y soportes de excavaciones se puede mencionar a los anclajes activos, anclajes pasivos, pantalla de pilotes, entre otros. El presente estudio utilizará cada tipo de, muro dependiendo de las necesidades y el entorno del proyecto. (Muñoz, 2011)

b. Definiciones. Los anclajes son elementos estructurales instalados en el suelo o roca, que permiten transmitir esfuerzos por medio de tracción desde la superficie del terreno hasta la zona interior del mismo. Este sistema puede estar constituido por una varilla de acero corrugada o un cable de acero, los cuales son comúnmente encapsulados en vainas y reforzados con un cuerpo de lechada (mezcla de agua y cemento) protegiéndolos del medio que los rodea. En general, los anclajes constan de las siguientes partes: zona de anclaje, la longitud no adherida y la longitud adherida conocida como raíz del anclaje. Ver Figura 8. (Muñoz, 2011)

Figura No. 6. Partes características de un anclaje provisional.



Fuente: (Muñoz, 2011)

c. Tipos de anclajes. Los anclajes más comunes se clasifican de la siguiente manera:

1) Clasificación general

a) Anclajes mecánicos o de fricción. Estos anclajes están formados por un sistema de casquillo expansor. Estos son muy eficaces, de rápida instalación y se recomienda su uso en roca dura. Sin embargo, no es recomendable utilizarlos en suelos de lodolitas, lutitas o areniscas poco cementadas y de baja resistencia. (Muñoz, 2011)

b) Anclajes de lechada o mortero de cemento. Esta es la opción más económica, sin embargo, no son tan adecuadas como los anclajes mecánicos o de resinas debido a que la colocación de la lechada es el problema más difícil de resolver. (Muñoz, 2011)

c) Anclajes con el uso de resinas sintéticas. Son utilizados cuando se necesita una instalación rápida con alta resistencia. Su costo es alto, pero se compensa con la rapidez de colocación de estos. El sistema consiste en meter en el terreno cartuchos de caucho de 25 mm de diámetro y 200 mm de longitud, que en su interior tienen resina liquida y un catalizador que solidifica la mezcla cuando entra en contacto con el suelo. Su tiempo de graduado es pequeño (de 1 a 90 minutos). La desventaja de este sistema es que tiene una capacidad máxima de tracción de 400 kN, además que la resina no es igual de efectiva como la lechada al momento de ofrecer protección al acero contra la corrosión. (Muñoz, 2011)

2) Clasificación de acuerdo con propósitos iniciales y finales

a) Según su vida de servicio

(i) Anclaje permanente. Su vida de servicio varía entre los 75 y 100 años. En este tipo de anclajes, es importante la aplicación de sistemas de protección contra la corrosión en todas las partes del anclaje (pintura anticorrosiva, lechada) (Muñoz, 2011).

(ii) Anclaje temporal. Su vida de servicio varía entre los 18 y 36 meses, sin embargo, este tiempo puede variar de acuerdo con las consideraciones de la obra. En este tipo de anclajes no es muy importante la utilización de sistemas de protección contra la corrosión debido a que su uso es provisional para una fase constructiva (generalmente para muros de sótanos). (Muñoz, 2011)

b) Según su vida de carga inicial de tracción

(i) Anclaje activo. Es el anclaje que está sometido a una carga de tensado a través de cilindros hidráulicos después de haber sido colocado dentro del terreno e inyectado con lechada a una presión especifica. Las cargas de tensión pueden variar entre un 90 y 100% de la resistencia del anclaje prevista para el proyecto. De esta manera se comprime el terreno evitando desplazamientos. Es por esta razón que este anclaje es recomendado para la fijación de estructuras y para la contención de excavaciones profundas. (Muñoz, 2011)

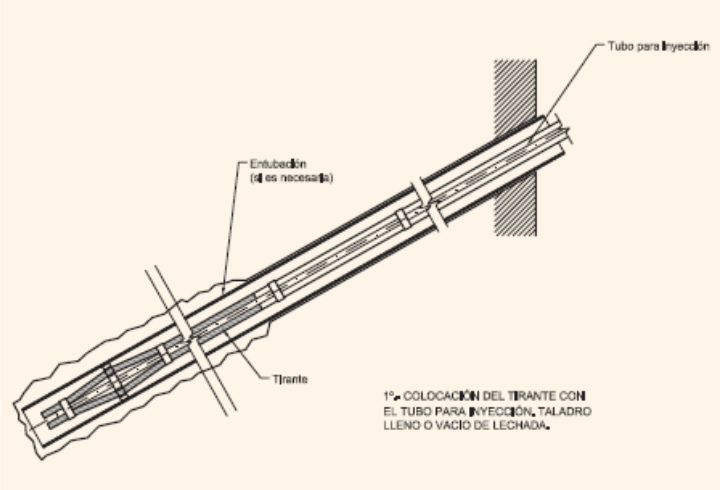
(ii) Anclaje pasivo. Conocido también como “clavo” o “anclaje de fricción”. Su diferencia respecto al anclaje activo es que las cargas de tensión son bajas y no inferiores al 10% de la resistencia característica prevista para el proyecto. Estos entran en tracción cuando el terreno empieza a presentar desplazamientos. Son utilizados en obras donde el terreno presenta pequeños desplazamientos. (Muñoz, 2011)

(iii) Anclaje mixto. Es el anclaje que está sometido a una carga de tensado a través de cilindros hidráulicos después de haber sido colocado dentro del terreno e inyectado con lechada a una presión especifica. Las cargas de tensión pueden variar entre 50 y 60% de la resistencia del anclaje prevista para el proyecto. De esta manera le da capacidad de contrarrestar posibles desplazamientos del terreno. (Muñoz, 2011)

3) Clasificación de acuerdo con el método de inyección

a) Anclajes inyectados a gravedad. En estos anclajes se realiza una perforación que luego es llenada con lechada inyectada a gravedad. Este proceso es utilizado generalmente en roca y estratos de suelo de compacidad alta o suelos altamente cohesivos usando equipos de perforación a rotación. (Muñoz, 2011)

Figura No. 7. Anclaje inyectado a gravedad.

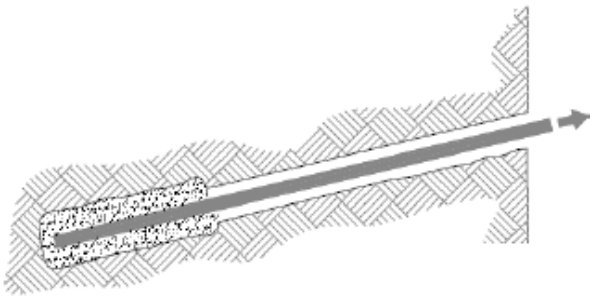


Fuente: (Santamaría, 2001)

b) Anclajes inyectados a presión. En estos anclajes se realiza una perforación que luego es llenada con lechada inyectada a presión, provocando que el diámetro de la raíz se expanda con respecto al diámetro inicial de la perforación. Este proceso generalmente se realiza en suelos granulares gruesos y finos sin cohesión y estratos de roca fisurada. La presión de inyección para la lechada es mayor a 3.5 g/cm^2, en la zona adherida del anclaje. (Muñoz, 2011)

Este procedimiento de inyección incrementa la resistencia al arrancamiento debido a que aumenta la tensión normal en la raíz (presión de confinamiento), como resultado de la compactación del material que lo rodea e incrementa el diámetro efectivo de la inyección de mortero en la zona de la raíz. (Muñoz, 2011)

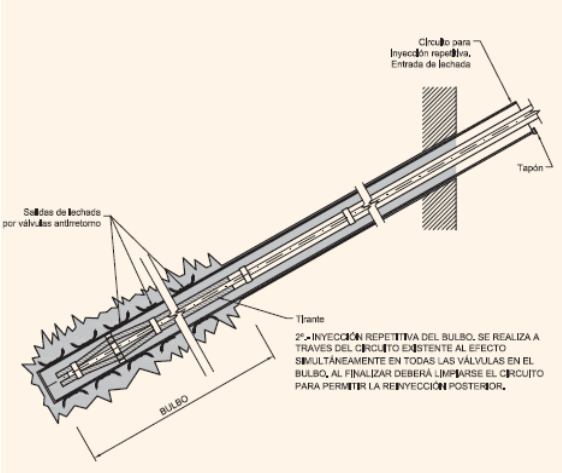
Figura No. 8. Anclaje inyectado a presión.



Fuente: (Muñoz, 2011)

c) Anclajes pos inyectados. Estos anclajes utilizan inyecciones múltiples retardadas para agrandar el cuerpo de la raíz del tipo de anclajes inyectados a gravedad. Estas se realizan con intervalos de 1 o 2 días y se ejecuta a través de un tubo de inyección sellado instalado con el tendón. El tubo tiene válvulas de control en la zona de adherencia las cuales permiten una inyección adicional bajo gran presión dentro de la lechada inicial que ya ha sido realizada. Esta lechada adicional fractura la capa de lechada inicial y la introduce más dentro del terreno, agrandando el cuerpo de la inyección. De esta manera el bulbo tiene la forma de un cilindro con fracturas cuyo diámetro es dos veces el de la perforación. Las altas presiones de inyección aseguran una buena adherencia entre el bulbo y el suelo que lo rodea. (Muñoz, 2011)

Figura No. 9. Anclaje post-inyectado.



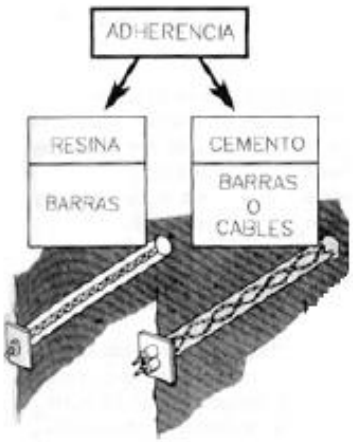
Fuente: (Santamaría, 2001)

4) Clasificación de acuerdo con el sistema de trabajo

a) Según mecanismo de fijación

(i) Anclaje por adherencia. La adherencia del anclaje se logra utilizando lechada con el uso de resinas sintéticas.

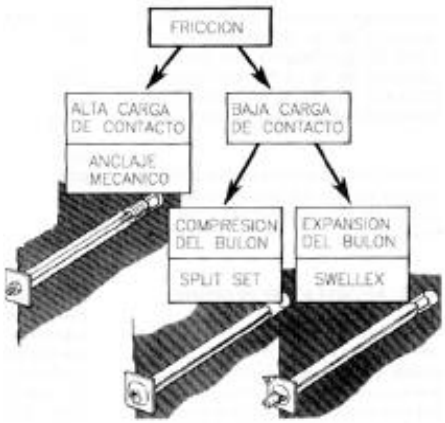
Figura No. 10. Anclaje por adherencia.



Fuente: (Muñoz, 2011)

(ii) Anclaje por fricción. Son anclajes mecánicos que se fijan al macizo rocoso de mejor manera que los adheridos.

Figura No. 11. Anclaje por fricción.



Fuente: (Muñoz, 2011)

b) Según el tipo de tendón

- Anclaje de varilla de acero
- Anclaje de cordones de acero. (Muñoz, 2011)

3. Muros de concreto lanzado

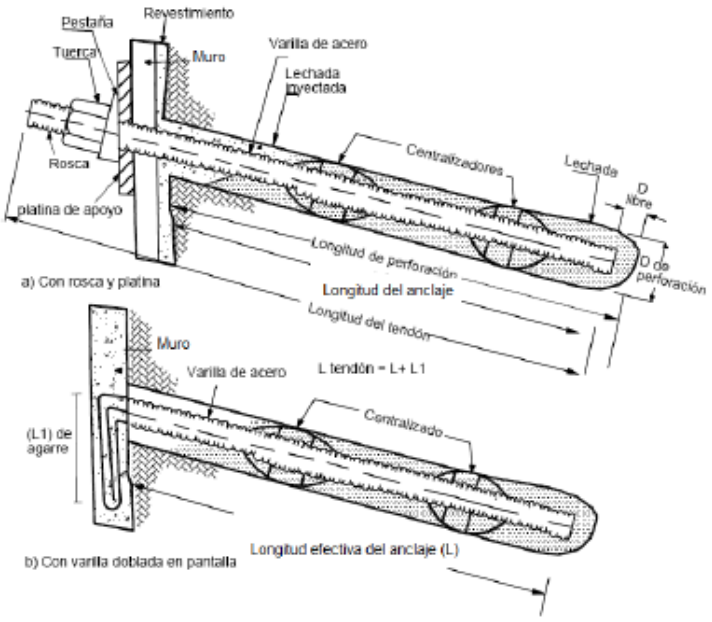
a. Concepto. Los muros anclados de concreto lanzado constituyen un reforzamiento al terreno utilizando inclusión de barras corrugadas de acero con un recubrimiento de lechada y espaciadas de manera simétrica en el talud o excavación y colocadas de arriba hacia abajo. Superficialmente se realiza un reforzamiento de concreto lanzado generando continuidad superficial y apoyo a los refuerzos. (Muñoz, 2011)

Estos se diseñan con anclajes pasivos con la capacidad de resistir la fuerza de presión provocada por el suelo. Este reforzamiento actúa a través de la interacción anclaje-lechada generando una resistencia a tensión cuando se producen desplazamientos, incrementando de esta manera la estabilidad al desplazamiento. Este sistema es sumamente flexible y por lo tanto resistente a fuerzas sísmicas, sin embargo, su comportamiento todavía no se encuentra evaluado. (Muñoz, 2011)

b. Tipos de muros anclados de concreto lanzado. En la práctica la cabeza de anclaje se puede colocar de dos formas:

- En rosca y placa de apoyo
- Se puede doblar la barra de acero

Figura No. 12. Tipos de anclajes.



Fuente: (Muñoz, 2011)

c. Ventajas

1) Construcción

- Tiempo de instalación es menor que los muros anclados activos.
- El volumen de materiales de construcción es menor.
- Las longitudes de refuerzo son menores que las de los muros de anclajes activos.
- El ajuste de inclinaciones y ubicaciones es más sencillo en comparación a los muros de anclajes activos.
- Se adapta muy fácilmente a las características del perfil del terreno.
- Los equipos utilizados para su construcción son livianos y versátiles.
- Desempeño
- Los muros anclados de concreto lanzado son más flexibles que las estructuras de concreto armado.
- La medición total de la deflexión del muro anclado de concreto lanzado se encuentra dentro de los límites tolerables.
- Los muros anclados de concreto lanzado tienen un buen comportamiento en eventos sísmicos. (Muñoz, 2011)

2) Costos

- Son más económicos que los muros de concreto convencional siempre y cuando se utilicen métodos de construcción convencionales.
- El revestimiento de concreto lanzado tiene un costo menor que los sistemas de concreto reforzado. (Muñoz, 2011)

d. Desventajas

- La utilización de este método se ve limitado cuando se necesita un control estricto de deformaciones del muro para proteger estructuras detrás de este.
- Se requiere que los contratistas tengan experiencia y personal calificado.
- Se debe controlar el aforo del agua freática para poder aplicar el concreto lanzado.
- La instalación de los anclajes puede cruzarse con redes de servicios públicos. (Muñoz, 2011)

e. Componentes y materiales constituyentes de los muros anclados de concreto lanzado.

1) Generalidades

a) Longitud de anclaje. En roca la longitud de anclaje mínima es de tres metros y en suelo es de 4.5 metros. Se debe proteger contra la corrosión para la longitud de anclaje, utilizando un recubrimiento de lechada de cemento inhibitoria de la corrosión. (Muñoz, 2011)

b) Separadores. Su uso es con el objetivo de garantizar un mínimo de 13 milímetros de recubrimiento con lechada en la longitud de anclaje. Se colocan a lo largo de la longitud de anclaje en los tensores de elementos múltiples para separar cada uno de los elementos individuales del tensor. Su espaciamiento no debe exceder los tres metros, el primer separador debe estar a un máximo de 1.5 metros y el último a un máximo de 300 milímetros del extremo final del anclaje. (Muñoz, 2011)

c) Longitud libre. La longitud libre mínima debe ser de 4.5 metros. (Muñoz, 2011) Para mayor detalle ver la sección de nomenclatura.

(i) Cabeza del anclaje. Es el dispositivo de unión del anclaje y la estructura de retención. Su función es distribuir la presión en la cabeza del clavo después de haber tensado el anclaje. El material utilizado generalmente es el acero y debe de cumplir con la normativa concerniente al acero, además para procesos de control se deberá especificar el tipo de acero a ser utilizado en cada proyecto. (Muñoz, 2011)

(ii) Barras de acero. Las barras de acero utilizadas como anclajes deben de cumplir con las especificaciones técnicas que se encuentran en la American Society for Testing Materials (ASTM). (Muñoz, 2011)

(iii) Materiales plásticos. Los materiales plásticos son utilizados para:

- La tubería de inyección o purga
- Los centralizadores de la barra de acero.

Si se desea utilizar tubos de PVC se deben realizar pruebas que certifiquen que son de alta resistencia al envejecimiento y que no liberen cloruros. (Muñoz, 2011)

(iv) Lechada de cemento. La lechada empleada en los sistemas de anclajes debe ser pura, es decir, que no debe contener agregados (arena o grava). Sin embargo, cuando se perforan pozos de gran diámetro es posible utilizar lechada de cemento y arena. (Muñoz, 2011) De acuerdo con el Libro Azul esta mezcla debe ser capaz de ser bombeada y se debe utilizar cemento hidráulico Tipo I, II o III y se pueden utilizar aditivos químicos que controlen el aceleramiento o retraso del fraguado. Esta lechada debe cumplir con una resistencia cubica de 25 MPa los siete días según la AASHTO T 106. Una lechada es considerada rígida si su asentamiento es menor de 225 milímetros. (Dirección General de Caminos, 2000)

(v) Cemento. La Norma ASTM C150/C150M-09 Standard Specification for Portland Cement, especifica las características del cemento a ser utilizado, una relación de agua cemento (a/c) en un intervalo de 0,40 a 0,50 en peso y el cemento Tipo I que normalmente proporciona una resistencia a compresión de 21 MPa (210 kg/cm2). (Muñoz, 2011) A los cementos comercializados en Guatemala se les asigna una clase de resistencia de 21, 28, 35 y 42 MPa (3000, 4000, 5000 y 6000 psi) la cual corresponde a una resistencia mínima a los 28 días en morteros de cemento normados por AASHTO T 106, ASTM C 109 y COGUANOR NG 41003.h10. (Dirección General de Caminos, 2000)

En caso de que no se especifique que cemento utilizar se pueden emplear de manera indistinta los siguientes:

- Cemento Portland ordinario tipo I o II
- Cemento Portland modificado con puzolanas IPM
- Cemento Portland Puzolanico IP
- Cemento Portland Modificado con escorias de alto horno ISM
- Cemento Portland de escorias de alto horno IS

(Dirección General de Caminos, 2000)

Es importante mencionar que los cementos de diferentes tipos o provenientes de distintas plantas cementeras no deben de mezclarse sin la previa aprobación del delegado residente.

(vi) Aditivos. Los aditivos especiales pueden ser necesarios para mejorar las características de flujo de líquido de la lechada. Los aditivos no suelen ser necesarios para la mayoría de las aplicaciones, pero los plastificantes pueden ser beneficiosos para las aplicaciones en alta temperatura y pastas inyectadas en largas distancias de bombeo. (Muñoz, 2011)

Antes de implementar cualquier aditivo debe de asegurarse que se mantendrán las propiedades químicas y rendimiento de la mezcla básica. No se permite la utilización de aditivos que contengan iones de cloruro. Los aditivos permitidos según el Libro Azul son los siguientes:

- Aditivos inclusores de aire: deben cumplir con AASHTO M 154, ASTM C 260 o COGUANOR NGO 41069
- Aditivos retardantes: deben cumplir con requisitos de aditivos tipo “B” o “D” establecidos en AASHTO M 194, ASTM C 494 o COGUANOR NGO 41070.
- Aditivos acelerantes: deben cumplir con los requisitos de aditivos tipo “C” establecidos en ASTM C 494, AASHTO M 194 o COGUANOR NGO 41070. No deben de tener cloruros.
- Aditivos reductores de agua, reductores de agua, retardantes, reductores de agua y acelerantes, reductores de agua de alto rango y reductoes de agua de alto rango y retardantes: deben cumplir con requisitos de aditivos tipos “A”, “D”, “E”, “F” y “G”, respectivamente en AASHTO M 194, ASTM C 494 o COGUANOR NG 41070.
- Aditivos plastificantes y plastificantes y retardantes: deben de cumplir con requisitos para los aditivos tipo I y II establecidos en ASTM C 1017 o COGUANOR NG 41047.
- Cloruro de calcio: si su uso se especifica como aditivo acelerante solo debe emplearse para concreto simple sin refuerzo que no tenga aluminio ahogado, que no sea fundido con formaletas de metal galvanizado y no debe utilizarse en el concreto destinado a pavimentación. Debe cumplir con AASHTO M 144 o ASTM D 98.
- Ceniza Volante de carbón y otras puzolanas naturales o artificiales: deben de cumplir con los requisitos establecidos en AASHTO M 295, ASTM C 618 o COGUANOR NG 41045.
- Escoria granulada de alto horno: deben de cumplir con los requisitos establecidos en AASHTO M 302, ASTM C 989 para grados 100 y 120.
- Humo de Sílice: deben de cumplir con los requisitos establecidos en AASHTO M 307, ASTM C 1240.
- Aditivos Expansivos y Reductores de Contracción: si se especifica el uso de estos aditivos (para cementos expansivos o cementos de contracción compensada), estos deben cumplir con los requisitos establecidos en ASTM C 845 y no deben de producir efectos secundarios en el concreto.

(vii) Agua. El agua para mezclado y curado del concreto o lavado de agregados debe ser potable, limpia y libre de cantidades perjudiciales de aceite, ácidos, álcalis, azúcar, sales como cloruros o sulfatos, material orgánico y otras sustancias que puedan ser nocivas al concreto o al acero. La utilización de agua de mar o aguas salobres y de pantanos no se debe de utilizar. Si el agua es de calidad cuestionable se debe someter al criterio de aceptación de la Tabla 551-04 del Libro Azul (cuadro No.5. de este estudio).

Cuadro No. 6. Criterio de aceptación para suministro de aguas de calidad dudosa.

	Límites	Método de Ensayo
Resistencia a la compresión, en % mínimo de la resistencia a la compresión de la mezcla de control a los 7 días.	90	AASHTO T 106 (1) ASTM C 109
Tiempo de fraguado final, desviación a partir del tiempo de fraguado final de la mezcla de control, en horas y minutos.	Desde 1.0 horas menos hasta 1.5 horas más.	AASHTO T 131 (1) ASTM C 191

(1) La comparación debe basarse en proporciones fijas de los componentes de la mezcla y el mismo volumen de agua de ensayo, comparando con una mezcla de control en la que se haya empleado agua municipal o agua destilada.

(viii) Sistemas y materiales de protección para los anclajes. La vida útil de un anclaje está condicionada por los efectos de la corrosión. Un anclaje que no tenga este tipo de protección tendrá una duración de pocos meses. Los principales factores que ayudan a contribuir con el proceso de corrosión son los siguientes:

- Resistividad del suelo.
- Factores microbiológicos
- Contenido de humedad.
- Contenido de sales en el suelo
- Valor del PH
- Contenido orgánico y transferencia de oxigeno

Cabe mencionar que en un anclaje sometido a esfuerzos relativamente altos puede originarse la denominada “corrosión bajo tensión” que aparece incluso si el anclaje se encuentra en un ambiente neutro. Esto se evidencia por la formación de zonas frágiles en el anclaje a lo que sigue una ruptura repentina.(Muñoz, 2011)

(ix) Niveles de protección para la corrosión. En el siguiente cuadro se muestra los requerimientos de protección comúnmente utilizados en los muros anclados de concreto lanzado.

Cuadro No. 7. Requerimientos de protección contra la corrosión en anclajes provisionales.

ZONA DEL ANCLAJE	SISTEMA DE PROTECCIÓN	
Zona de bulbo	Tirante rodeado de lechada de cemento con 10 mm de recubrimiento	
Zona Libre	Uno de entre los que se citan:	Cada tendón, o la barra, rodeado de una vaina de plastico terminada en una junta estanca
		Cada tendón, o la barra, rodeado de una vaina de plastico rellena de material anticorrosión
		Todos los tendones rodeados por un tubo de plástico relleno de material anticorrosión
Enlace entre cabeza y zona libre	Un tubo de plástico solidario a la placa que recubra el tubo o vainas de la zona libre	
Cabeza	Revestimiento no fluido formado de productos anticorrosión (con o sin caperuza metálica o de plástico), y sin que afecte a los elementos de bloqueo. En zonas de riesgo frente agresiones mecánicas se recomienda proteger la cabeza con caperuza metálica o de plástico.	

(Santamaría, 2001)

(x) Materiales de protección

- Revestimiento de la cabeza: la cobertura protege la cabeza del anclaje y el acero pretensado expuesto de la corrosión y del daño físico.
- Inyección: protege el acero pretensado en las longitudes con y sin adherencia y puede estar basada en cemento o resina poliéster.
- Vainas o tubin: son tubos de plástico que pueden ser lisos o corrugados, usadas para proteger el acero.
- Centralizadores: usualmente están hechos de acero o plástico y se utilizan para soportar la varilla en el barreno o dentro de una encapsulación para que estas se cubran con una capa mínima de lechada. (Muñoz, 2011)

f. Componentes principales de un muro anclado de concreto lanzado. Los componentes principales de un muro soil nailing son los siguientes:

- Pantalla: está compuesta por el concreto lanzado, malla electro soldada y refuerzo de acero longitudinal y/o transversal. Su función es enlazar la resistencia a tensión de los anclajes para que estos trabajen como un solo componente estructural.
- Anclajes: pueden ser de dos tipos según el tipo de muro que se esté diseñando. Están los anclajes pasivos y los anclajes activos. Un anclaje pasivo está formado por una varilla de acero corrugado cuya longitud y diámetro se definen durante el diseño. Un anclaje activo está formado por cables de acero cuya cantidad, longitud y diámetro se definen durante el proceso de diseño.
- Lechada: la lechada es una mezcla de agua y cemento con una relación a/c dada por el proceso de diseño. Esta mezcla se introduce en el orificio de perforación llenándola en su totalidad. Su función es crear una superficie de contacto con el suelo para crear fricción entre ambos aumentando la resistencia al arrancamiento del anclaje y proteger a la varilla de la corrosión.

- Centralizador: es un dispositivo de PVC el cual se coloca espaciado en la varilla con el objetivo de separar la varilla del suelo (evitar corrosión), poniéndola en el centro del orificio para que al momento de colocar la lechada esta cubra la varilla en su totalidad.
- Platina: es una placa cuadrada de acero A36 con medidas de 20x20 centímetros y ½" de espesor en cuyo centro tiene un agujero para el anclaje (el espesor de la placa puede variar si su uso es destinado para anclaje pasivo o anclaje activo). Esta puede ir colocada sobre la pantalla o fundida en ella. Su función es reducir la presión que ejerce el anclaje sobre la pantalla al aumentar el área de contacto entre ambos.
- Tuerca y roldana: se coloca luego de la platina. Su función es asegurar la unión entre la platina y la pantalla. (Valdez, 2011)

Figura No. 13. Partes de un muro anclado de concreto lanzado.



Fuente: (Valdez, 2011)

g. Consideraciones constructivas

1) Proceso constructivo. En los muros anclados de concreto lanzado se sigue la siguiente secuencia constructiva:

- Excavación del primer talud
- Perforación de los orificios para los anclajes
- Instalación de los anclajes y vertido del mortero de cemento en las perforaciones
- Instalación de drenajes en el muro
- Armado de la pantalla del muro
- Aplicación del concreto lanzado
- Refuerzo anclaje muro. (Valdez, 2011)

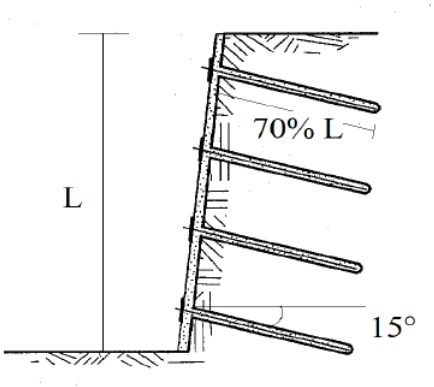
2) Excavación del primer talud. Antes de excavar el talud se debe desviar toda corriente de agua que este circulando por la superficie de la parte superior del talud para así eliminar la posibilidad que la presión de esta ocasione una falla en el talud. Cuando se procede a excavar el primer talud, se tienen dos variables a considerar: la inclinación y la altura. La inclinación inicial del talud debe ser tal que permita al talud final obtener la inclinación con la cual se realiza el diseño, es decir, el ángulo de inclinación del talud inicial debe ser igual al ángulo del talud completo. Para determinar la altura se debe seleccionar un corte relativamente bajo (de 1 a 2 metros) que permita que las máquinas perforadoras y lanzadoras de concreto maniobren fácilmente y abastezcan a todo el talud. Hemos de resaltar que la altura también se ve limitada para asegurar que no existan deslizamientos y se pueda trabajar de manera segura. En caso de que existan deslizamientos en los primeros taludes por causa de la fracturación de los suelos superiores, se puede inyectar una capa de concreto lanzado en el talud para evitar más deslizamientos. El talud terminado (proceso conocido como tallado) debe ser lo más uniforme posible para así no desperdiciar el concreto lanzado al momento de realizar la pantalla del muro.

En la parte inferior del muro se debe dejar una base horizontal que permita la ubicación de la maquinaria de perforación y lanzamiento de concreto. El ancho de la base puede variar de 3 a 5 metros. Es importante señalar que la situación más crítica de la estabilidad del talud se da cuando se está construyendo el talud inicial y todavía no se ha instalado ni los anclajes ni la pantalla del muro, por ello se debe tratar de que la excavación inicial y la estabilización final del primer talud no transcurra más de un día. (Muñoz, 2015)

3) Perforación de los orificios para los anclajes. Cuando el primer talud ya está configurado, se procede a realizar las perforaciones con la inclinación, diámetro y longitud de los anclajes determinada en el diseño. Típicamente la inclinación de los anclajes es de 15° y su longitud es de aproximadamente el 70% de la longitud final del talud que va a ser reforzado. El método de perforación depende de la maquinaria disponible y del tipo de suelo en el que se va a construir. Esta selección es un proceso critico ya que dé él depende el esfuerzo de unión suelo-anclaje por lo que un profesional especializado en este campo debe tomar parte activa tanto en la construcción como en el diseño de estas estructuras. (Muñoz, 2015)

Los agujeros perforados tienen una tolerancia máxima de 300 milímetros de la ubicación especificada, el eje longitudinal del agujero debe ir en dirección paralela al eje longitudinal del tensor, los anclajes tienen una tolerancia de 3 grados respecto a la inclinación vertical y horizontal.

Figura No. 14. Longitud e inclinación de los anclajes.

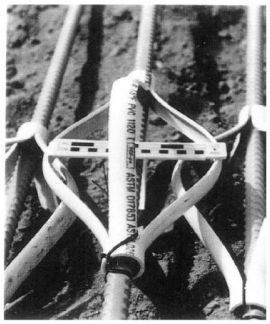


Fuente: (Muñoz, 2015)

4) Instalación de los anclajes y vertido del mortero de cemento en las perforaciones. Luego que se han realizado las perforaciones, se procede a instalar los anclajes. El anclaje debe ser insertado hasta la profundidad requerida sin forzarlo. En caso de que no se pueda ingresar por completo el anclaje es necesario sacarlo y limpiar el agujero para luego insertarlo por completo. Por motivos de diseño y recubrimiento ante la corrosión, los anclajes deben estar ubicados en el centro de la perforación. Para ello, en Estados Unidos se utilizan soportes centralizadores de PVC que ayudan a centrar los anclajes. En Guatemala se colocan estos centralizadores y también se pueden hacer con tubería de PVC.

Para inyectar la lechada se debe utilizar una bomba de desplazamiento positivo. La lechada inyectada debe estar bien mezclada, libre de terrones o de cualquier evidencia de hidratación previa del cemento. Esta mezcla debe ser agitada continuamente durante su colocación y debe ser colocada en una sola operación continua. Esta se inyecta desde el extremo final del agujero perforado y puede ser colocada antes o después de insertar el anclaje. Se debe controlar la presión de la lechada para evitar la fractura o expulsión de la misma. La lechada para tensores de anclajes en roca debe ser inyectada a presión de 0.3 MPA durante 5 minutos en el extremo inicial del agujero. (Valdez, 2011)

Figura No. 15. Centralizadores de PVC para Anclajes.



Fuente: (Valdez, 2011)

Figura No. 16. Anclaje pasivo inyectado a gravedad.



5) Instalación de drenajes en el muro. Cuando el suelo se encuentra saturado, la presión sobre el muro anclado de concreto lazando aumenta. Cuando esto sucede, se pueden producir presiones excesivas que no han sido contempladas en el diseño y que pueden provocar la falla del muro. Por esta razón se colocan drenajes que ayudan a evacuar el agua de manera eficiente llamados “drenes”. (Valdez, 2011)

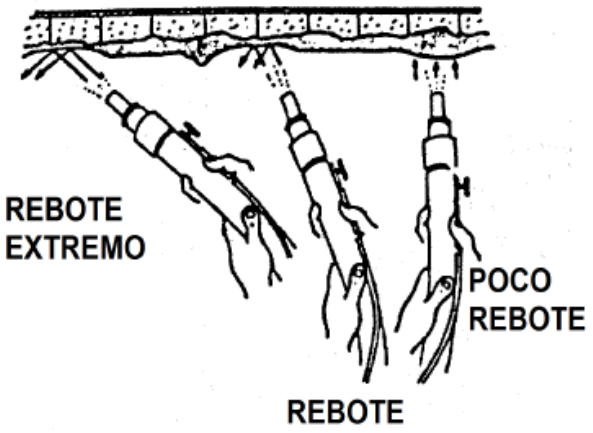
6) Armado de la pantalla del muro. Luego que los anclajes y drenajes ya han sido instalados, se procede a configurar la pantalla del muro con concreto lanzado reforzado con malla electro soldada y, en algunos casos, varillas adicionales para incrementar su resistencia. Estas varillas pueden ser colocadas como “cinchos” o como “crucetas”. La pantalla del muro sirve como complemento estructural a los anclajes ya que recoge las tensiones que se generan en el muro y los traslada hacia los anclajes. Su grosos varía entre 6 y 12 centímetros y está determinado en el diseño del mismo. Para armar el refuerzo de la pantalla, se debe colocar el refuerzo del muro que consiste en la malla electro soldada y unas varillas adicionales de refuerzo para incrementar la resistencia del muro al punzonamiento. La malla debe ser colocada de manera vertical, en lo posible con soportes o pesos en los extremos para que no se mueva al momento de la fundición. El traslape entre malla y malla debe ser por lo menos de 20 centímetros. Sin embargo, para facilidades constructivas se puede traslapara un cuadro entre malla y malla. (Valdez, 2011)

Figura No. 17. Armado de la pantalla del muro.



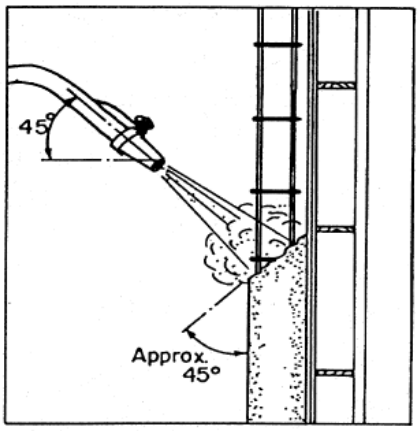
7) Aplicación del concreto lanzado. Luego que se terminó de colocar el refuerzo del muro, se procede a colocar el concreto sobre la pantalla del muro. Este es un proceso que genera mucho desperdicio (generalmente se utiliza un factor de desperdicio que puede variar de un 30% a un 45%) debido al rebote. Para minimizar este efecto se debe tratar en la medida de lo posible que la boquilla de la manguera este en un ángulo recto respecto a la superficie de lanzado y con un ángulo de 45° en dirección vertical. (Valdez, 2011) A continuación se detalla lo anteriormente mencionado:

Figura No. 18. Posición y su consecuencia de rebote.



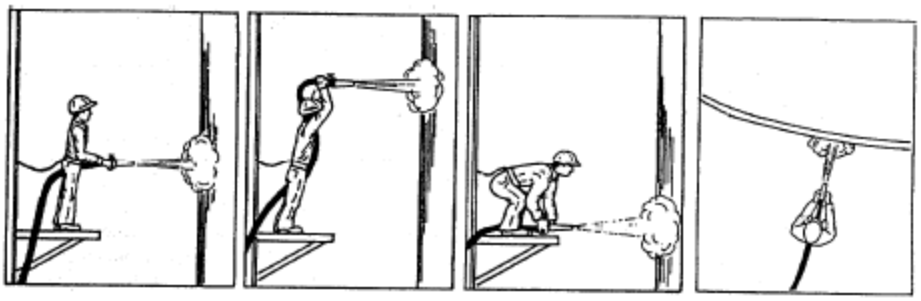
Fuente (Valdez, 2011)

Figura No. 19. Angulo vertical de 45° para minimizar el rebote.



Fuente (Valdez, 2011)

Figura No. 20. Posiciones correctas de lanzado.

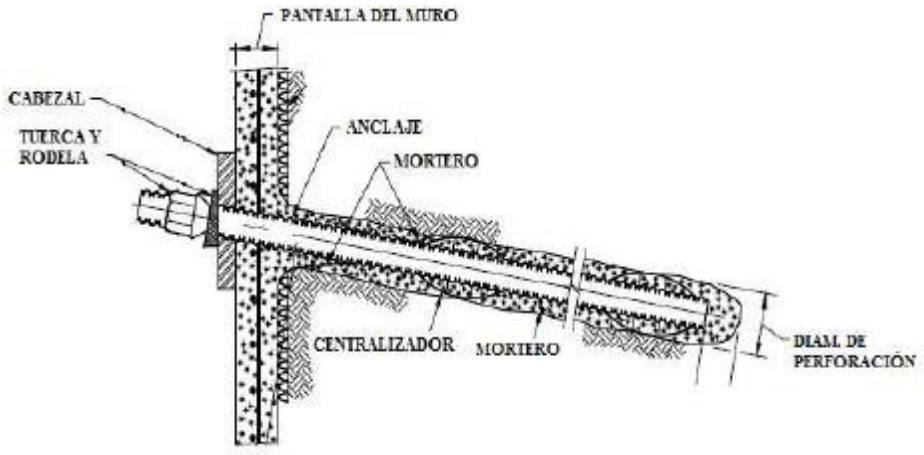


Fuente (Valdez, 2011)

8) Refuerzo anclaje muro. Cuando se termina el lanzado del muro y se empieza a hacer el acabado del concreto, se debe esperar un periodo de dos a tres horas para permitir que el concreto fragüe y se pueda hacer el refuerzo de los anclajes del muro. Esto se realiza por medio de la colocación de una platina de acero A36 de medidas de 200x200mm y espesor variante entre ½ o ¾ de pulgada según el tipo de anclaje (espesor de platina para anclaje pasivo y anclaje activo, respectivamente). (Valdez, 2011)

Esta platina tiene un hoyo redondo en el centro donde se introduce el anclaje. Luego de colocar la platina esta se asegura con una arandela y una tuerca, apretada con una llave inglesa. La tuerca debe tener la misma resistencia que los anclajes y su espesor es mayor que la platina. El objetivo de la utilización de la platina es aumentar el área de contacto entre la pantalla y el anclaje para reducir la presión que recae sobre la pantalla provocada por el anclaje. (Valdez, 2011)

Figura No. 21. Partes de un muro anclado de concreto lanzado.



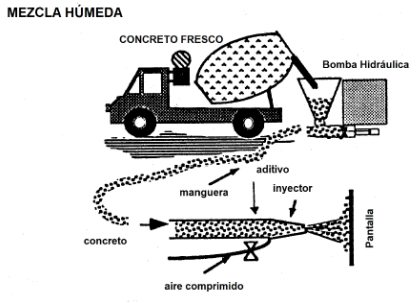
Fuente (Valdez, 2011)

9) Concreto lanzado. El concreto lanzado es una variación del concreto normal. Este concreto no es colocado de manera manual o con una bomba, sino que es lanzado con la ayuda de un dispositivo que función a modo de pistola con ayuda de un inyector (regularmente un compresor). A diferencia del concreto normal, este no necesita ser vibrado en obra ya que el mismo impacto contra la superficie de aplicación reduce las burbujas de aire existentes en la mezcla. Con estas características su uso se vuelve ideal ya que su aplicación se vuelve sencilla y no existe necesidad de vibrado o encofrados, los cuales podrían ser complicados de colocar al momento de configurarlos en un talud.

Las características más importantes de este concreto son la resistencia inicial y la resistencia después del agrietamiento. La función principal del concreto lanzado es conectar las presiones ejercidas por el suelo a los anclajes que se encuentran a su alrededor.

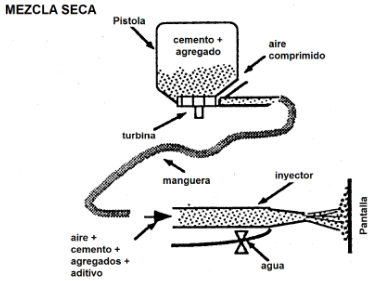
Existen dos diferentes métodos para lanzar el concreto. La primera es la aplicación con mezcla húmeda, donde el concreto es pre mezclado con ayuda de un mixer, depositado en una bomba hidráulica la cual impulsa la mezcla dentro de la manguera y llega a un dispositivo llamado "pistola", la cual tiene dos entradas: una para la manguera de concreto y otra para la manguera de aire la cual trae una presión considerablemente alta que ayuda a que el concreto sea lanzado a cierta velocidad hacia la superficie. Esta manguera de aire está conectada a un compresor. (Valdez, 2011)

Figura No. 22. Lanzado de concreto húmedo.



Fuente: (Valdez, 2011)

Figura No. 23. Lanzado de concreto seco.



Fuente: (Valdez, 2011)

h. Mecanismo de funcionamiento de un muro anclado de concreto lanzado. Los muros de concreto lanzado funcionan por medio de la unión de la zona que está dentro del plano de falla de un talud con la zona resistente que está detrás de ese mismo talud por medio de la unión con anclajes (ya sea activo, pasivo o mixto). Esto se consigue por medio de la tensión que desarrollan los cables o varillas de refuerzo de la estructura la cual da lugar a la estabilidad global y aumenta el factor de seguridad ante la falla de un talud. No está de más aclarar que para alcanzar un funcionamiento óptimo de la estructura se debe de considerar una serie de modos de falla que pueden ocurrir tanto durante la fase de construcción como en la vida útil del muro. (Valdez, 2011) En la tesis de grado *Manual de Diseño y Construcción de Muros Anclados de Hormigón Proyectado* escrita por Pedro Valdez, se concuerda con dos expertos en esta rama en que los muros de concreto lanzado presentan dos tipos de estado límite:

- Estado límite de falla: en este estado se consideran los casos de falla internos, externos y falla de la pantalla de concreto lanzado.
- Estad límite de servicio: En este estado se consideran las deformaciones admisibles que pueden ocurrir en este tipo de muro. (Valdez, 2011)

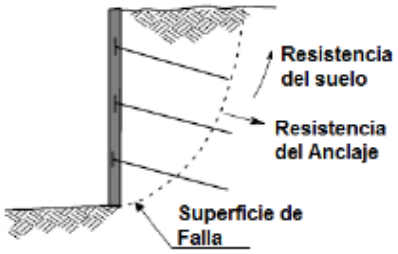
1) Estado límite de falla - Modos de falla externos. Los modos de falla externa son referidos al desarrollo de superficies probables de falla que pueden o no pasar por los anclajes. Generalmente las masas de suelo en los muros anclados son trazados como arcos o bloques. Las fuerzas resistentes del suelo a lo largo de las superficies de falla hasta el equilibrio de esta masa de suelo son tomadas para los cálculos de estabilidad. Si en dado caso la superficie de falla se interseca con uno o más anclajes, estos ayudan a la estabilidad de la masa por proveer fuerzas estabilizadoras externas y adicionales a las fuerzas de resistencia del suelo a lo largo de las superficies de falla. Se han identificado tres modos de falla externa:

- Superficies de falla que no intersecan a los anclajes
- Superficies de falla que intersecan a los anclajes
- Superficies de falla mixtas que intersecan algunos anclajes

La altura del muro, la estratigrafía del terreno a lo largo del muro y por debajo de este, la longitud de los anclajes y la interface suelo-anclaje son los factores que controlan la estabilidad externa. (Valdez, 2011)

2) Estabilidad global. Es referida a una envolvente de todo el sistema, en donde la superficie de probable deslizamiento pasa por detrás y por debajo del sistema de los anclajes. Básicamente en esta falla la masa de suelo confinada supera la resistencia probada por el suelo a lo largo de la superficie de deslizamiento y los anclajes si son intersecados. (Valdez, 2011)

Figura No. 24. Falla global.

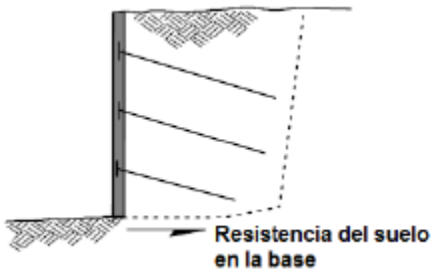


Fuente: (Muñoz, 2015)

3) Deslizamiento. El análisis de estabilidad al deslizamiento toma en consideración la capacidad de la estructura de resistir el deslizamiento a lo largo de la base del sistema retenido, en respuesta a las presiones laterales provocadas por el suelo detrás del muro. Estas fallas pueden ser ocasionadas por un adicional de presión lateral de suelo, movilización por excavaciones y por excederla resistencia de deslizamiento en la base del muro.

Las teorías de Coulumb o Rankine sobre presiones laterales de suelo son utilizados para la aplicación al análisis de estabilidad al deslizamiento de muros de concreto lanzado.

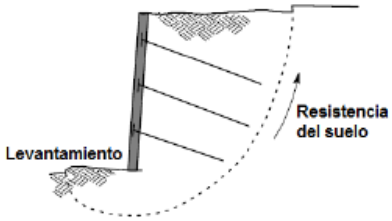
Figura No. 25. Falla por deslizamiento.



Fuente: (Muñoz, 2015)

a) Capacidad de carga. Cuando se tiene suelos blandos o de grano fino es de utilidad la evaluación de la capacidad de carga. La razón es porque el reforzamiento no va más allá por debajo de la excavación, por lo que la carga desbalanceada causada por la excavación puede causar que el fondo de la excavación se levante y se presente una falla por falta de capacidad de carga por parte de la cimentación.

Figura No. 26. Falla por deslizamiento rotacional.



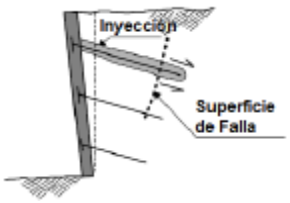
Fuente: (Muñoz, 2015)

b) Estado límite de falla - Modos de falla internos. Estos modos de falla se refieren a fallas que pueden ocurrir en los mecanismos de transferencia de carga entre el suelo, el anclaje y la lechada. Durante las deformaciones del muro el anclaje moviliza una fuerza de adherencia entre la lechada y el suelo circundante. La fuerza de adherencia se moviliza progresivamente a lo largo de todo el anclaje, con una distribución definida por distintos factores. A medida que la fuerza de adherencia se moviliza, las fuerzas de tracción en el anclaje se desarrollan.

Los modos de falla internos son distintos y pueden ser muy variables, sin embargo, los factores influyentes pueden ser conocidos, como lo son la resistencia a la tracción del anclaje y su longitud, la resistencia de adherencia y la distribución de esfuerzos en la zona de adherencia. A continuación, se muestran los modos típicos de falla interna:

c) Falla por arrancamiento del anclaje. Ocurre a lo largo de la interface suelo-lechada debido a una falta de resistencia de adherencia o una longitud de anclaje muy corta.

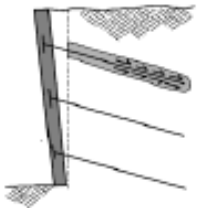
Figura No. 27. Falla por arrancamiento del anclaje.



Fuente: (Muñoz, 2015)

d) Deslizamiento de la interface varilla-lechada. Ocurre cuando la resistencia contra el deslizamiento a lo largo de la interface varilla de acero y lechada es vencida. Es provocada por la insuficiencia de mecanismos de sujeción entre la varilla y la lechada. En la práctica se recomienda el uso de varillas corrugadas para reducir la posibilidad de ocurrencia de esta falla.

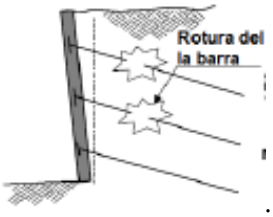
Figura No. 28. Falla por deslizamiento de la interface varilla – lechada.



Fuente: (Muñoz, 2015)

e) Falla por tensión del anclaje. Falla del anclaje en tensión si la resistencia a la tracción no es suficiente.

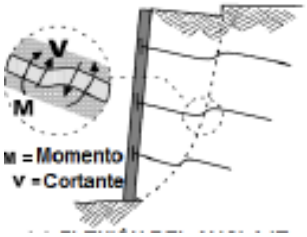
Figura No. 29. Falla por tensión del anclaje.



Fuente: (Muñoz, 2015)

f) Flexión y cortante de los anclajes. Generalmente los anclajes trabajan a tracción, sin embargo, también transmiten los esfuerzos debido a corte y flexión en la intersección de la superficie de deslizamiento con el anclaje.

Figura No. 30. Falla por flexión y cortante de los anclajes.

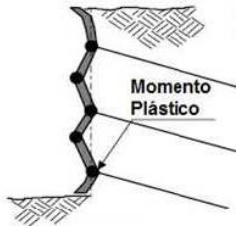


Fuente: (Muñoz, 2015)

g) Estado limite de falla - Modos de falla de la pantalla del muro

(i) Falla por flexión. Es un modo de falla que ocurre debido a una excesiva flexión más allá de la capacidad de flexión de la superficie. Este debe ser considerado por separado para muros temporales y permanentes.

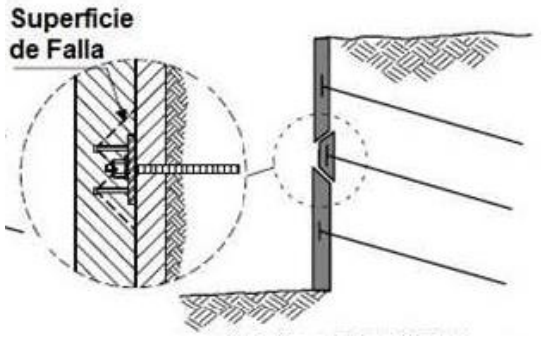
Figura No. 31. Falla por flexión del muro.



Fuente: (Muñoz, 2015)

(ii) Falla por punzonamiento. Ocurre en la superficie alrededor de los anclajes y debe ser considerado para muros temporales y permanentes.

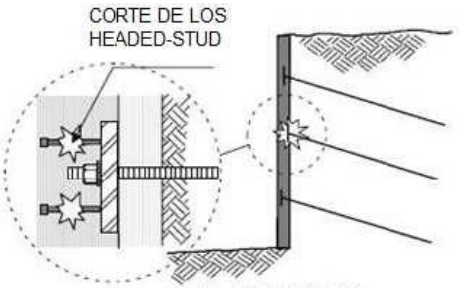
Figura No. 32. Falla por corte del muro.



Fuente: (Muñoz, 2015)

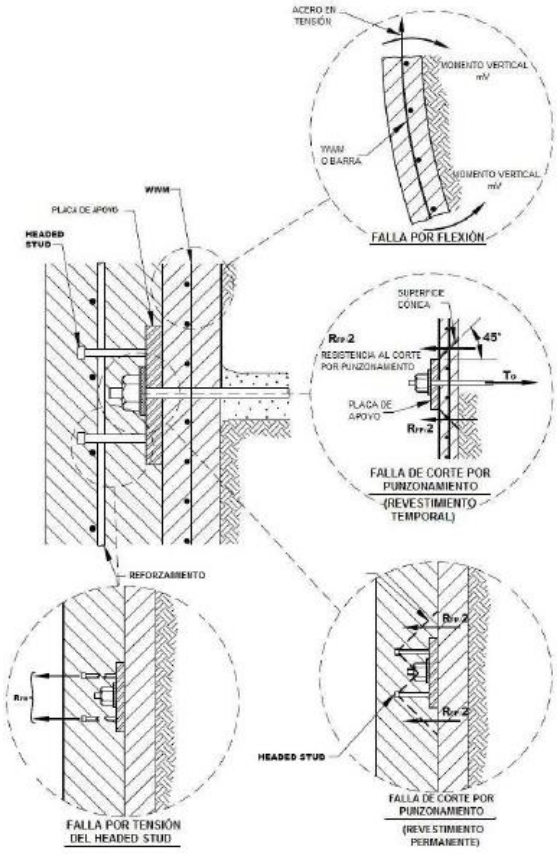
(iii) Falla por tensión del conector de cortante. Ocurre en los conectores de cortante en tensión. Este solo debe ser considerado para muros permanentes.

Figura No. 33. Falla de la cabeza del anclaje.



Fuente: (Muñoz, 2015)

Figura No. 34. Detalle de los modos de falla de la pantalla del muro.



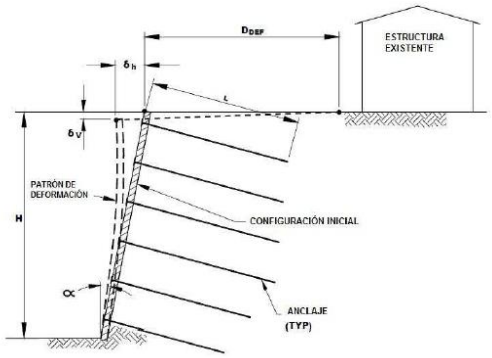
Fuente: (Muñoz, 2015)

(iv) Estado límite de servicio - Deformaciones en los muros anclados de concreto lanzado. Durante y después de la construcción de este tipo de estructura el suelo confinado tiene a deformarse hacia afuera. Los desplazamientos horizontales y verticales del muro dependen de:

- La altura del muro (las deformaciones, de una manera aproximada, aumentan linealmente respecto a la altura del muro).
- La geometría del muro (muro vertical tiene más deformaciones que uno inclinado)
- El tipo de suelo que cubre los anclajes (en suelos blandos hay mayores deformaciones).
- La distribución espacial de los anclajes y la profundidad de la excavación (espaciamientos largos de los anclajes, mayor profundidad de la excavación produce más deformaciones).
- El factor seguridad global.
- La relación anclaje/longitud del muro (pequeña longitud de los anclajes en relación con la longitud del muro genera mayores deformaciones horizontales).
- La inclinación del anclaje (anclajes más inclinados tienden a producir mayor deformación horizontal debido a la movilización menos eficiente de las cargas de tensión en los anclajes).

- Las magnitudes de sobrecarga (aumentos permanentes de sobrecarga genera incrementos en la deformación del muro). (Muñoz, 2015)

Figura No. 35. Deformación del muro anclado de concreto lanzado.



Fuente: (Muñoz, 2015)

(v) Factores de seguridad. A continuación, se muestran las recomendaciones para los factores de seguridad mínima que son utilizados en el diseño de muros anclados, para cada uno de los diferentes modos de falla. Estos factores son dados para cargas estáticas y sísmicas, para estructuras permanentes y temporales y solo son aplicables al método ASD (Allowable Stress Design). (Muñoz, 2015)

Cuadro No. 8. Factores de seguridad mínimos recomendados para muros anclados de concreto lanzado.

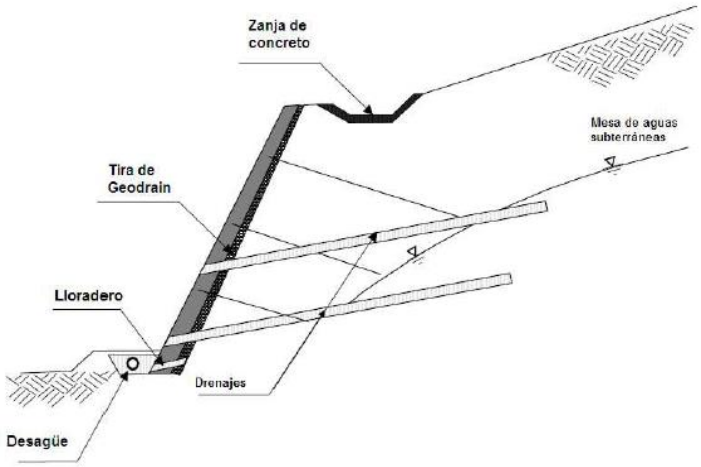
MODO DE FALLA	COMPONENTES DE RESISTENCIA	SÍMBOLO	FACTORES DE SEGURIDAD MÍNIMOS RECOMENDADOS		
			CARGAS ESTÁTICA[1]		CARGAS SÍSMICAS[2] (ESTRUCTURAS TEMPORALES Y PERMANENTES)
			ESTRUCTURA TEMPORAL	ESTRUCTURA PERMANENTE	
Estabilidad externa	Estabilidad global (largo tiempo)	FS_G	1.35	1.5[1]	1.1
	Estabilidad global (excavación)	FS_G	1.2 -1.3[2]		NA
	Deslizamiento	FS_{SL}	1.3	1.5	1.1
	Capacidad portante	FS_H	2.5[3]	3.0[3]	2.3[5]
Estabilidad interna	Resistencia al arrancamiento	FS_p	2.0		1.5
	Resistencia a la tensión de la barra de anclaje	FS_T	1.8		1.35
Resistencia del revestimiento	Flexión del revestimiento	FS_{FF}	1.35	1.5	1.1
	Corte por punzonamiento	FS_{FP}	1.35	1.5	1.1
	Tensión del conector de cortante ("headed-stud") (A307)	FS_{HT}	1.8	2.0	1.5
	Tensión del clavo conector de cortante ("headed-stud") (A325)	FS_{HT}	1.5	1.7	1.3

(Muñoz, 2015)

(vi) Otras consideraciones de diseño. Para los proyectos geotécnicos se deben controlar los niveles freáticos y las aguas superficiales que puedan causar problemas durante la construcción incrementando los costos, el tiempo de construcción y el rendimiento de este. Para contrarrestar estos efectos negativos estos deben de ser controlados antes, durante y después de la construcción mediante la utilización de sistemas de drenaje para controlar los niveles de agua detrás del muro. (Muñoz, 2015)

h) Diseño de drenajes. El control mínimo del escurrimiento del agua superficial y flujo interno de agua se asocia con agua suspendida o al localizar áreas de filtración. Para el control a largo plazo se recomienda utilizar tiras de geo compuestos para drenaje. Estos elementos son tiras de material sintético de aproximadamente de 300 a 400 mm de ancho. Estas son colocadas verticalmente con la excavación a lo largo de la profundidad entera de la excavación. El espaciamiento horizontal es, generalmente, igual al de los anclajes. En la parte inferior se debe de realizar una cañería de desagüe que vaya a lo largo de la base del muro. (Muñoz, 2015)

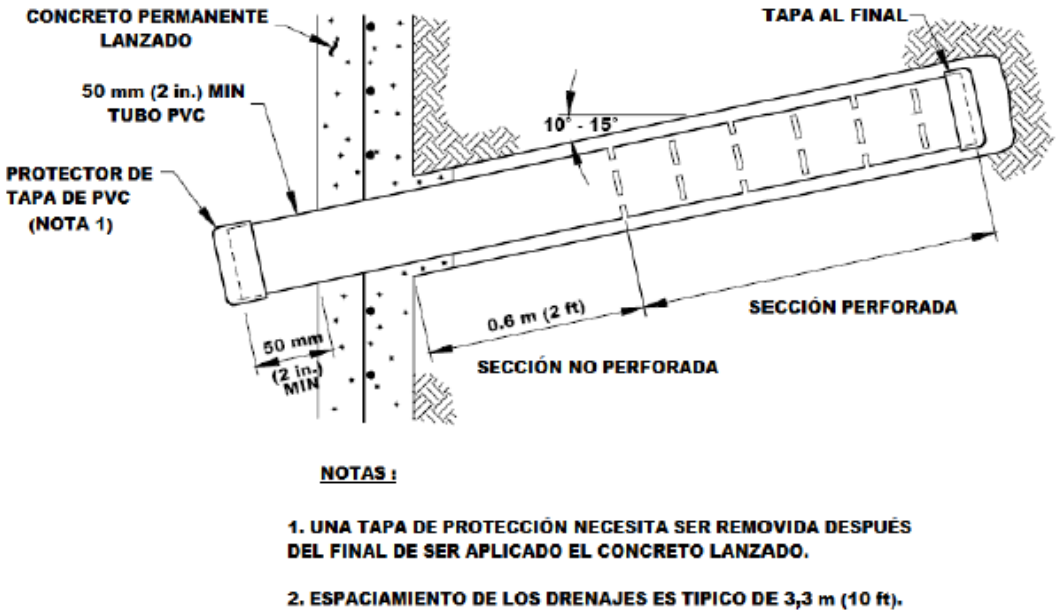
Figura No. 36. Drenajes en muros anclados.



Fuente: (Muñoz, 2015)

- Lloradero: típicamente son tuberías de PVC de 300 a 400 mm de largo y de 50 a 100 mm de diámetro. La función es conducir el agua del terreno a través de la pastilla de concreto hacia el desagüe.
- Drenajes: son tubos de PVC ranurados y cubiertos de geo textil cuya longitud puede variar según el diseño (aunque típicamente son más largos que los anclajes para impedir que el agua freática toque los anclajes o entre en contacto con el muro de concreto lanzado), su diámetro es de 50 mm y van colocados con una pendiente positiva de 5 a 10 grados con respecto a la horizontal. Su distribución es por cada 10 metros del cuadrado de revestimiento. Ver figura 36.
- Contracuneta: va colocado en la parte superior del muro y sirve para controlar el agua superficial que no fluya por detrás o por encima del muro. (Muñoz, 2015)

Figura No. 37. Detalles de un drenaje típico.



Fuente: (Muñoz, 2015)

4. Pantalla de pilotes. Es un sistema de contención de suelos el cual corresponde a un muro de concreto armado formado por paneles vaciados in situ, construidos a partir de la excavación de pozos profundos, mediante maquinaria especializada o artesanal. Si es necesario se pueden utilizar lodos bentoníticos. Esta es una estructura flexible y continúa geométricamente hablando que puede ser utilizada como un elemento estructural permanente, ser curvilíneo o lineal y capaz de soportar cargas del suelo, agua y sismos. (Rojo, 2016)

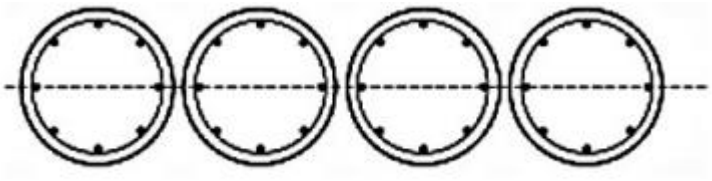
La estabilidad de este tipo de muro está dada por la longitud de empotramiento, si esta es incapaz de ofrecerla, al momento de excavar el suelo del trasdós se pueden emplear otros sistemas de arriostramiento con la finalidad de darle estabilidad al muro. Los muros pantalla se diseñan para soportar el empuje horizontal del suelo, pudiendo alcanzar profundidades iniciales de 10 metros hasta los 40 metros considerando el empotramiento. (Rojo, 2016)

a. Tipos de pantallas de pilotes. Las pantallas de pilotes se pueden clasificar, según Rojo en su "Estudio de Sistemas de Sostenimiento de Suelo en Excavaciones en Edificios", de la siguiente manera:

1) Pantalla de pilotes discontinuos. Los pilotes discontinuos se construyen como en la Figura No. 38. Su diámetro y la separación entre ellos dependen únicamente de las características del terreno, de los empujes y la capacidad a flexión de los pilotes. El objetivo de dejar suelo sin excavar entre los pilotes es que este trabaje por efecto arco, permitiendo su propia estabilidad.

Se recomienda utilizar este tipo de pantalla en suelos cohesivos de buena calidad sin presencia de aguas, ya que en estos casos los empujes no son de gran consideración. Si este tipo de estructura es considerado como una estructura permanente se requiere un refuerzo de concreto lanzado sobre el suelo libre para evitar su desmoronamiento y aumentar su resistencia a la presión de agua.

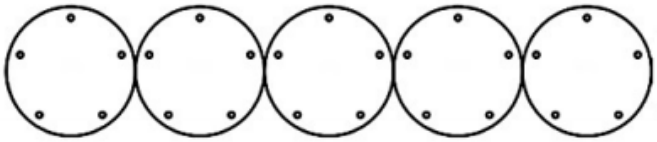
Figura No. 38. Pantalla de pilotes discontinuos.



Fuente: (Rojo, 2016)

2) Pantalla de pilotes tangentes. Los pilotes discontinuos se construyen como en la Figura No. 39. Existe un punto de contacto entre ellos generando líneas tangenciales. Esta configuración es utilizada cuando se tienen empujes mayores a los que se tienen en las Pantallas de Pilotes discontinuos, en donde el efecto arco es incapaz de asegurar la estabilidad. Se recomienda utilizar en terrenos sin presencia de agua. (Rojo, 2016)

Figura No. 39. Pantalla de pilotes tangentes.

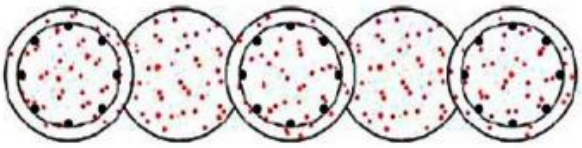


Fuente: (Rojo, 2016)

3) Pantalla de pilotes secantes. Los pilotes discontinuos se construyen como en la Figura No. 40 y Figura No. 41. Como se aprecia en la imagen, estos son construidos superpuestos. Se recomienda utilizarlos en terrenos duros bajo el nivel freático, en donde los empujes son elevados. Una de sus características es que genera estanqueidad, de manera que controla el agua de buena manera al construirse de arriba hacia abajo y por lo mismo minimiza los movimientos en suelos débiles y húmedos. (Rojo, 2016)

4) Duros/blandos y duros/firme. Están conformados por pilotes primarios de concreto armado y pilotes secundarios de concreto pobre. Si se quiere utilizar de manera permanente, es necesario reforzarlo con un muro de concreto armado delante de la pantalla. (Rojo, 2016)

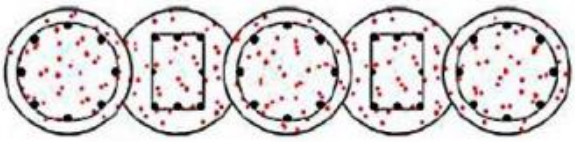
Figura No. 40. Pantalla de pilotes duro/blando y duro/firme.



Fuente: (Rojo, 2016)

5) Duros/duro. Están conformados por pilotes primarios de concreto armado y los pilotes secundarios, a diferencia del anterior, son de concreto armado. Si se quiere utilizar de manera permanente este tipo de muro no es necesario reforzarlo con un muro de concreto armado, ya que se sostiene por sí solo. (Rojo, 2016)

Figura No. 41. Pantalla de pilotes duro/duro.



Fuente: (Rojo, 2016)

b. Aplicaciones y ventajas

1) Aplicaciones. Esta técnica puede ser utilizada en la mayoría de los casos. A continuación, se detallan los escenarios donde son más utilizados:

- Lugar donde se requiere un sistema de contención de suelo muy rígido
- Lugar donde ruido y vibraciones deben ser limitadas.
- Lugar donde la estratigrafía del suelo impide el uso de sistemas convencionales de retención del suelo.
- Lugar con una estructura urbana e histórica, donde no se puede permitir ningún tipo de deformación del suelo ya que esto dañaría a las construcciones aledañas a la excavación. (Mozó, 2012)

2) Ventajas

- Punto de corte temporal y permanente de aguas subterráneas
- Su rigidez reduce los movimientos del suelo y reduce asentamientos adyacentes durante la excavación.
- Su adaptabilidad es alta respecto a los anclajes y sistemas internos de arriostramiento estructural.
- Provee de manera equitativa paredes impermeables.
- Puede alcanzar grandes profundidades en cualquier tipo de suelo con control sobre la geometría y la continuidad. (Mozó, 2012)

c. Proceso Constructivo de una pantalla de pilotes.

1) Diferencia en proceso constructivo entre el uso de camisa metálica temporal y lodo bentoníticos en sostenimiento de la perforación

a) Uso de camisa metálica temporal

- Excavación.
- Sostenimiento con camisa metálica recuperable.
- Colocación de la armadura.
- Hormigonado y extracción de camisa metálica.

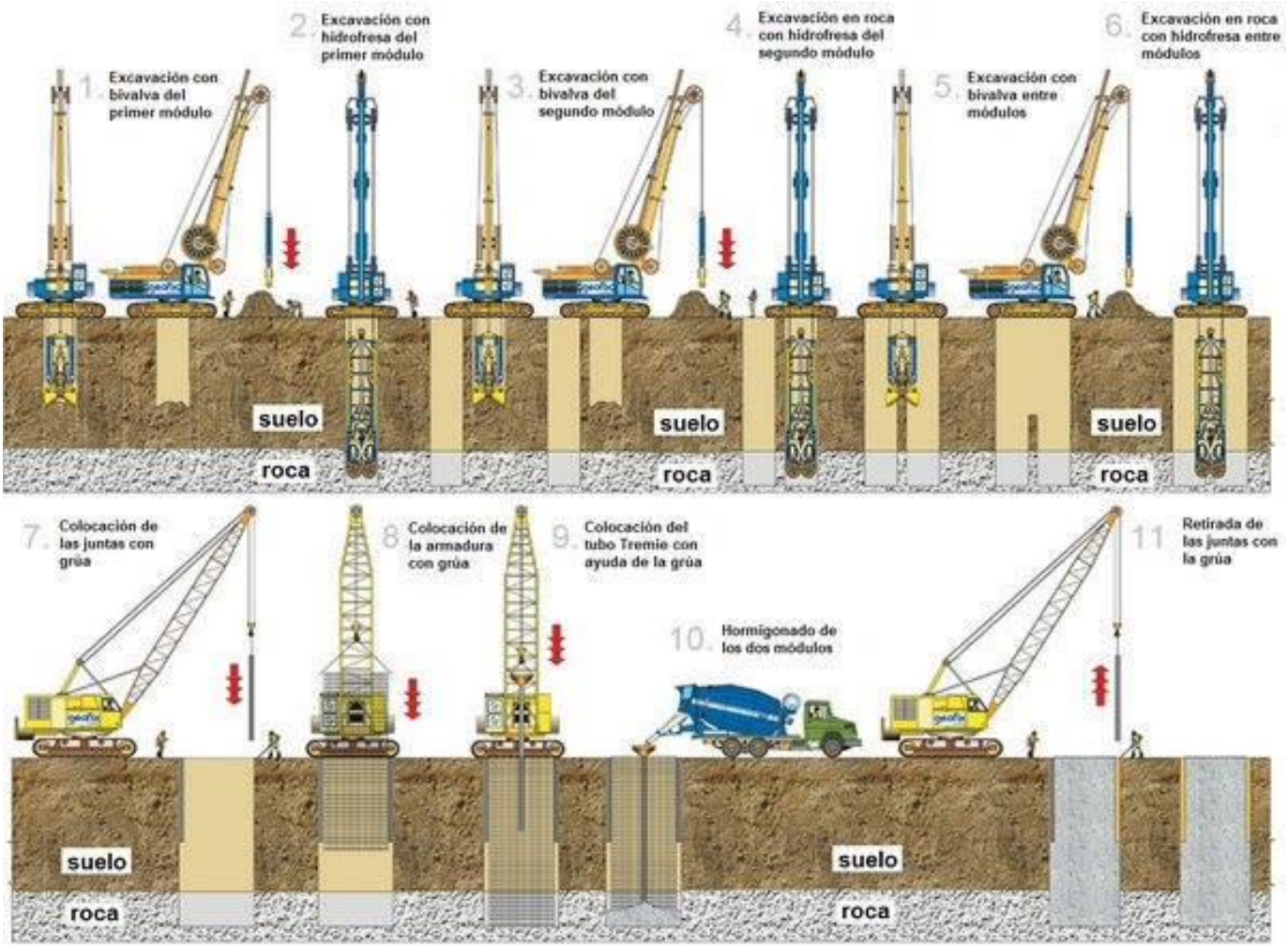
b) Uso de lodo bentoníticos

- Excavación.
- Sostenimiento con lodo bentoníticos.
- Colocación de la armadura.
- Fundición y extracción del lodo bentoníticos.

2) Proceso constructivo de pantalla de pilotes utilizando hélice continua

- Perforación del suelo
- Estabilización de la pared de la perforación
- Retiro de la hélice y bombeo de hormigón
- Colocación de la armadura del pilote
- Excavación final

Figura No. 42. Proceso constructivo utilizando hélice continúa.



Fuente: (Rojo, 2016)

3) Proceso constructivo de muro pantalla. A continuación, se muestra un ejemplo del proceso constructivo para muros secantes publicado por una empresa especialista en Geotécnica de Costa Rica: Geofortis, en un boletín publicado en internet:

- Paso 1: construcción de brocales o muros guía
    - Se define la localización del muro de pilotes por medio de topografía. Una vez posicionado el eje donde se construirá el muro, se procede a construir un muro o viga guía.

- Paso 2: perforación de pilotes secundarios
    - De manera alternada se perforan los pilotes secundarios por medio de herramientas de perforación tales como barrenas helicoidales, brocas de roca o broca tipo “bucket”. De ser

necesario se pueden utilizar lodos bentoníticos para prevenir inestabilidad en las paredes de la excavación y evitar derrumbes.

- Paso 3: fundición de pilotes secundarios
    - Cuando se termina la perforación del pilote se procede a limpiar el fondo de la excavación. Luego se coloca el concreto en la perforación utilizando una tubería especial llamada "Tremie" que ayuda a prevenir la segregación de la mezcla debido a la altura. Esta tubería a su vez hace que el pilote sea fundido de abajo hacia arriba, logrando así que el concreto que fue colocado inicialmente alcance la superficie; este concreto se considera pobre debido a que pudo ser contaminado por los detritos en el fondo de la excavación o por la cantidad de agua.

- Paso 4: perforación de pilotes primarios
    - Luego que se fundieron los pilotes secundarios, se procede a perforar los pilotes primarios utilizando una herramienta que permita perforar el borde de los pilotes adyacentes para garantizar la continuidad del muro.
- Paso 5: Colocación de armadura del pilote primario.
    - Se levanta la armadura de acero previamente construida y se coloca dentro de las perforaciones primarias.

- Paso 6: fundición de pilotes primarios
    - La fundición es igual como se detalló en el paso 3.

- Paso 7: Construcción de viga de coronación
    - Luego de terminar el muro pantalla de pilotes se demuele la parte superior de la pantalla, dejando a la vista la armadura de los pilotes. Luego se construye la viga de coronación (también conocida como viga de amarre) a lo largo del perímetro de la pantalla con el objetivo de unir las armaduras de los pilotes por medio de la armadura de esta viga. Las medidas de esta dependen del diseño y su utilización depende si el muro utilizará o no un sistema de anclaje.

- Paso 8: excavación y perforación de anclajes
    - En este último paso se procede con la excavación, construyendo de ser necesario, anclajes para la estabilidad del muro.

5. Concreto armado como material de construcción

a. Concreto reforzado. Concreto se le llama a la mezcla de arena, grava y roca triturada, u otros materiales agregados unidos en forma de masa rocosa por medio de una pasta de cemento y agua. A través del uso de aditivos, las características del concreto pueden ser alteradas, tales como: ductilidad, durabilidad y el tiempo de fraguado. El concreto, al igual que otros materiales pétreos, suele tener una alta resistencia a la compresión y una resistencia muy baja a la tensión.

El concreto reforzado es la combinación de dos materiales, que en este caso son el concreto y el acero de refuerzo; el acero de refuerzo es el que proporciona esa propiedad de tensión de la cual carece el concreto, también es capaz de resistir fuerzas de compresión y suele usarse para la construcción de columnas. (Mc Cormac y Rusell, 2011)

Figura No. 43. Zapata en concreto reforzado generada en Revit



b. Ventajas del concreto reforzado como material estructural. El concreto reforzado es considerado como el material disponible más importante en la construcción y puede usarse para la construcción de proyectos grandes o pequeños que van desde puentes, edificios, carpetas de rodadura (pavimentos), presas, muros de retención, túneles, instalaciones de drenajes e irrigación, tanques, etcétera. Algunas de las numerosas ventajas del concreto reforzado se describen a continuación:

- Tiene una resistencia considerable a la compresión por unidad de costo.
- Tiene gran resistencia a las acciones generadas por el fuego y el agua, de hecho, es el mejor material que existe para los casos de presencia de agua.
- Se ha comprobado que, en incendios de intensidad media, los miembros con un recubrimiento adecuado de concreto sobre las varillas del refuerzo sufren solo daños superficiales.
- Es conocido por ser muy rígido.
- No requiere tanto mantenimiento como otros materiales estructurales.

- El concreto tiene una larga vida de servicio. Esto se puede explicar por el hecho de que el concreto no disminuye su resistencia con los años, sino que la aumenta y eso se debe al tardío proceso de solidificación de la pasta de cemento.
- El concreto es el único material económico para de zapatas, losas de piso, muros de sótanos, pilotes, etc.
- El concreto tiene la característica especial se ser colocado en cualquier forma y tamaño, que va desde vigas, columnas y losas, hasta grandes arcos y cascarones.
- Requiere de mano de obra de baja calificación para su montaje. (Mc Cormac y Rusell, 2011)

c. Desventajas del concreto reforzado como material estructural

Algunas de las desventajas de este material son:

- Tiene una resistencia muy baja a la tensión, por lo cual necesita refuerzos y el acero suele ser un material dotado de esta propiedad.
- Se requieren cimbras o armazones para mantener el concreto en posición hasta que se endurezca los suficiente. También puede requerir obra falsa y apuntalamientos para apoyar la cimbra de techos, muros, pisos, etc. Hasta que el concreto tenga la resistencia suficiente para soportarse por sí mismo.
- La obra falsa suele ser muy cara.
- Baja resistencia por unidad de peso delimita mucho a los miembros que cubren claros grandes, esto genera un fuerte efecto en los momentos flexionantes de la estructura.
- El mezclado y la proporción de los elementos genera que las propiedades del concreto varíen ampliamente. (Mc Cormac y Rusell, 2011)

d. Antecedentes históricos. Actualmente se cree que el cemento es un material creado siglos atrás, pero realmente la Cultura Romana inició el uso de este material que data antes del nacimiento Cristo y fue llamada “puzolana”. Encontraron grandes depósitos de ceniza volcánica arenosa cerca del Monte Vesubio y en otros lugares de Italia. Cuando este material se mezcla con agua, cal viva, arena y grava, dejando endurecer la mezcla, se produjo un material de construcción con la consistencia rocosa. Se creía que este material era de propiedades pobres, pero, hoy en día algunas estructuras realizadas con concreto romano siguen de pie.

Durante la edad media, el arte de hacer concreto puzolánico se perdió y fue hasta los siglos XVIII Y XIX que resucitó. Durante varias décadas se explotaron depósitos de cemento natural en Europa y América.

El verdadero adelanto para el concreto ocurrió en el año de 1824 cuando un albañil inglés llamado Joseph Aspdin, después de varios intentos y experimentos, obtuvo una patente de cemento que él llamó “cemento portland”; esto debido al color el cual era similar a la roca que había en la Isla de Portland, sobre las costas inglesas. Él hizo su cemento con cantidades de arcilla y piedra caliza que pulverizó y quemó en su cocina, moliendo después la escoria resultante para obtener un polvo fino. Este cemento se fue adoptando poco a poco por la industria, en EE. UU fue introducido hasta el año de 1868 y fabricado en el año de 1870.

Unas de las primeras construcciones en concreto fueron realizadas por los franceses François Le Brun, Joseph Lambot y Joseph Monier. En el año de 1832 Le Brun construyó una casa de concreto, una escuela y una iglesia con el mismo material. Alrededor de 1850, Lambot construyó una embarcación de concreto reforzado con una red de alambres o varillas paralelas, sin embargo, le acredita a Monier la invención del concreto reforzado. La meta reconocida de Monier era el de trabajar con un bajo peso, pero sin sacrificar la resistencia.

William E. Ward construyó el primer edificio de concreto reforzado en Estados Unidos en Port Chester, New York, en 1875 y en el año de 1890, en San Francisco, Ransome construyó el museo de Leland Standford Jr. Se trata de un edificio de concreto reforzado de 312 pies de largo y dos niveles de altura. En esta estructura se utilizó como refuerzo de tensión el alambre de los cables de desecho de un sistema de transporte funicular. Luego de incendios y sismos del año 1900 a 1910, el desarrollo del concreto reforzado en Estados Unidos ha sido muy rápido. (Mc Cormac y Rusell, 2011)

Figura No. 44. Leland Stanford Jr. Museum



Fuente: (Stanford Archives GP Box 32, 2005)

En el siglo XX se lograron avances en la estandarización de las pruebas básicas del cemento, también se empezaron a introducir las innovaciones en el concreto armado, tanto en la Arquitectura como en la Ingeniería. A partir de ese momento es cuando se alcanza un gran desarrollo en la sistematización de las técnicas, cálculos y métodos constructivos; con esto nacen industrias relacionadas con el cemento, con la finalidad de controlar mejor su uso a través de un empleo eficiente.

Esto dio inicio a la industria del concreto premezclado, de prefabricación, de pre-esfuerzo, tuberías, blocks, etc. El cemento empezó como el material industrial más utilizado en el mundo, ya que su bajo precio y la versatilidad permitieron un amplio campo de aplicaciones y entre ellas se encuentra el concreto reforzado. (Jofre, 2011)

e. Antecedentes históricos del cemento y concreto armado en Guatemala. En Guatemala, el cemento comenzó su comercialización en 1901 y en el 1954 empezó la producción y comercialización del concreto premezclado.

Sin embargo, fue hasta el año de 1990 cuando se empezó a emplear la técnica del concreto armado en Guatemala. Los terremotos de 1917 y 1918 cambiaron la forma tradicional de construcción, sustituyendo los techos de teja por lámina de zinc y también cambió la utilización de bloques, ladrillos y adobe por el cemento.

Con anterioridad a los terremotos, se construyeron algunas estructuras con cemento, las cuales demostraron una mayor resistencia; fue por eso que se empezó a utilizar el cemento en combinación del acero para construir estructuras de concreto armado. En estos años la construcción con esta técnica era muy innovadora que muy pocas estructuras fueron construidas así y la mayoría se encontraban en la ciudad capital, entre algunas de estas estructuras están: el Congreso de la República de Guatemala, el Pasaje Rubio, la Empresa Eléctrica, etc.

La edificación principal del Congreso de la República data de 1931 cuando se iniciaron los trabajos de su construcción sobre la novena avenida sur de la ciudad de Guatemala. La construcción consta de dieciocho columnas de concreto armado. Con la finalización de esta obra, se terminó de implementar la forma y uso del concreto, el cual era hecho en el sitio de la obra y la mayoría de las construcciones de este tipo se realizaron en el centro histórico de la ciudad capital, tanto fue el impacto que comenzó una fuerte demanda de concreto, el cual se consideraba como indispensable en la construcción de cualquier estructura. En el Cuadro No. 9 se presentan otras construcciones que se realizaron de concreto armado en Guatemala durante los periodos de 1900 a 1950. (Jofre, 2011)

Cuadro No. 9. Construcciones de concreto armado en Guatemala durante el período de 1900 a 1950.

Fecha	Edificio
1923	Hotel Palace
1929	Pasaje Rubio
1935	Edificio de Sanidad Pública
1935	Teatro Lux
1940	Edificio de correos
1942	Palacio de la policía
1943	Palacio Nacional
1944	Hospital Roosevelt
1945	Biblioteca nacional y archivo de Centroamérica

Fuente: (Arquitectura del siglo XX, Facultad de Arquitectura, USAC, 2000)

A partir de 1950 en Guatemala se empieza a utilizar con más confianza el concreto armado en la construcción y a finales de la misma década se inicia la producción y utilización del concreto premezclado para la

construcción de estructuras importantes tales como puentes, carreteras e industrias. A continuación, se mencionan alguna de ellas:

La actual Municipalidad de Guatemala, ubicada en la 21 calle 6-77, zona 1 e inaugurada en el año de 1955, sigue cumpliendo con el propósito principal de su construcción. Esta fue una obra civil de concreto armado, el edificio cuenta con dos grandes fachadas abiertas, una norte y otra sur; y dos frentes cerrados, uno al oeste y otro al este.

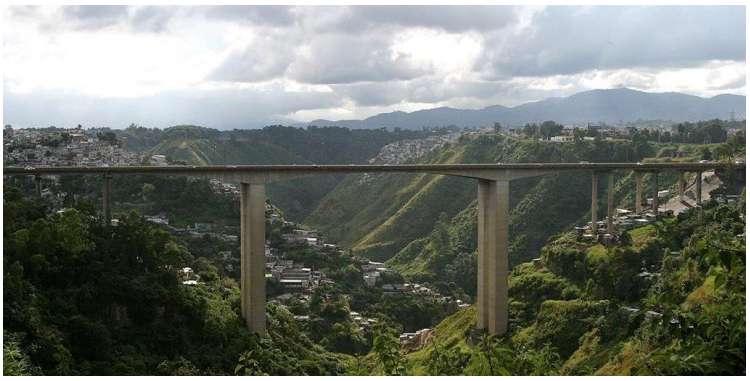
Figura No. 45. Vista del Palacio Municipal meses después de su inauguración



Fuente: Municipalidad de la Ciudad de Guatemala

El Puente Martín Prado Vélez o mejor conocido como Puente del Incienso, fue inaugurado en el año de 1970 y forma parte del Anillo Periférico que comunica las zonas 1, 2, 3 con la zona 7 de la ciudad capital. Este es un puente totalmente realizado de concreto premezclado y sigue siendo uno de los primeros de concreto pre-esforzado.

Figura No. 46. Puente Martín Prado Vélez



Fuente: Prensa Libre ARCHIVO

En el Cuadro No. 10. se presentan otras construcciones más importantes que se realizaron de concreto armado en Guatemala durante los periodos de 1950 a 1990. (Jofre, 2011)

Cuadro No. 10. Construcciones más importantes que se realizaron de concreto armado en Guatemala durante los periodos de 1950 a 1990

Fecha	Edificio	Material Utilizado
1956	IGGS zona 1	Concreto armado
1958	Circuito el Trébol	Concreto armado
1959	Carretera al atlántico, (puente Belice-Puente aguas calientes)	Concreto armado
1960	Rectoría USAC	Concreto armado
1965	Crédito Hipotecario Nacional	Concreto armado
1968	Aeropuerto Internacional la Aurora	Concreto armado
1969	Hotel Camino real	Concreto armado
1970	Represa Jurum Marinalá	Concreto armado, y celosía de concreto
1974	Corte suprema de justicia	Concreto armado
1978	Centro cultural Miguel Ángel Asturias	Concreto armado
1980	Complejo habitacional Nimajuyú	Concreto armado y blocks de concreto

Fuente: (Retro respectivas, Cementos Progreso, 2004)

f. Comparación del concreto reforzado con el acero estructural para estructuras. Una pregunta muy común en el diseño de estructuras es sobre qué material debe de utilizarse, ya sea concreto reforzado o acero estructura. Sin embargo, la respuesta suele ser muy compleja, ya que ambos materiales tienen características excelentes que pueden dar buenos resultados en cualquier estructura. Muchas de los criterios que definen el material a usar, dependen de la altura y claro de la estructura, el mercado de materiales, de las condiciones de la cimentación, de los códigos de concreto reforzado, el acero estructural y la construcción con muros de carga pueden competir entre sí.

Los edificios que van de 4 a 20 niveles, tanto el concreto reforzado como el acero estructural son económicamente competitivos. Cuando los edificios son mayores a 20 niveles, se prefiere utilizar el acero estructural. Para el año 2011, el edificio Tower Place en Chicago con 74 niveles, es era el edificio de concreto reforzado más alto del mundo y la Torre CN en Toronto, Canadá, era la estructura más alta de concreto reforzado del mundo.

Las condiciones de la cimentación son determinantes a la hora de decidir el material a utilizar en la estructura de un edificio. Si las condiciones son pobres, es más conveniente usar acero estructural; debido al menor peso. También afecta el código de construcción, ya que puede favorecer más a un material en una ciudad específica bajo ciertas circunstancias como: estructuras a pruebas de fuego (concreto reforzado), por no conocer de otros materiales, por el miedo a construir con lo no común.

Finalmente, el factor tiempo favorece al acero estructural, ya que estas pueden erigirse mucho más rápido que las estructuras en concreto reforzado. Sin duda no siempre es así, ya que, si la estructura está en una zona

catalogada por incendios, la estructura debe de estar protegida y eso incrementa los costos y tiempo. (Mc Cormac y Rusell, 2011)

g. Compatibilidad del concreto y acero. El concreto y el acero de refuerzo funcionan en conjunto de una forma excelente en las estructuras de concreto reforzado. Las desventajas de cada material compensan al otro. Ambos materiales se adhieren entre sí de modo que no hay deslizamiento entre ambos y funcionan como una unidad para resistir las fuerzas. Esto se debe a la adherencia química, la rugosidad natural de las varillas y las estrechas corrugaciones de las superficies de las varillas.

A pesar de que las varillas de refuerzo están susceptibles a la corrosión, el concreto las rodea y proporciona excelente aislamiento. Térmicamente el concreto y las varillas de acero trabajan muy bien en conjunto, eso se debe a que sus coeficientes de dilatación térmica son muy similares. (Mc Cormac y Rusell, 2011)

h. Tipos de cemento Portland. Los concretos hechos con cemento portland requieren de aproximadamente 2 semanas antes de retirar la cimbra, ya que en ese tiempo ha alcanzado la dureza suficiente para sostenerse por sí solo. La resistencia de diseño suele alcanzarse a los 28 días y después de eso sigue ganando resistencia a un ritmo menor. Cuando se necesita ganar resistencia más rápido se utilizan *cementos de fraguado rápido,* estos en lugar de alcanzar la resistencia a los 28 días la alcanzan en periodos que rondan de 3 a 7 días. Sin embargo, a pesar de ser un proceso rápido, el precio es mayor.

Los cementos de fraguado rápido son muy útiles en la fabricación de miembros prefabricados, en donde a través de cajuelas se le da la forma y rápidamente adquiere la resistencia deseada. La finalidad de la técnica de prefabricado es la de acelerar los procesos en el campo, ya que solo se tienen que montar y ensamblar piezas.

Este tipo de cemento es muy útil para reparaciones de emergencia y para el concreto lanzado; el cual actúa como un mortero que se dispara a gran velocidad hacia una superficie preparada de antemano. Actualmente existen diferentes tipos de cementos portland, los cuales, en Estados Unidos, la *American Society for Testing and Materials (ASTM)* los clasifica en cinco tipos. Estos cementos son fabricados con los mismos materiales básicos, pero sus propiedades se modifican variando la dosificación:

- Tipo I: el cemento común de usos múltiples que es utilizado en trabajos de construcción generales.
- Tipo II: un cemento modificado que tiene menos calor de hidratación que el Tipo I, este puede resistir al ataque de sulfatos.
- Tipo III: un cemento de fraguado rápido que en 24 horas produjo el doble de resistencia que el Tipo I. Este cemento produce altocalor de hidratación muy alto.
- Tipo IV: un cemento disipa el calor muy lentamente y suele usarse para estructuras de concreto de gran tamaño.

- Tipo V: cemento que se utilizará para altas concentraciones de sulfatos. (Mc Cormac y Rusell, 2011)

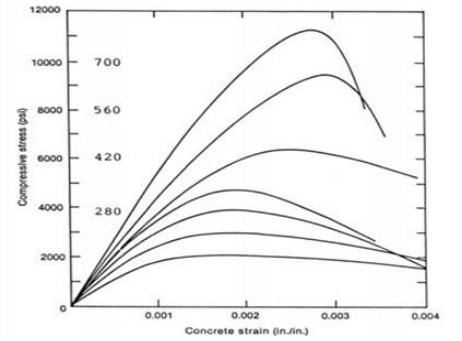
1) Propiedades del concreto reforzado

a) Resistencia a la compresión. La resistencia a la compresión del concreto f'_c se determina por medio de pruebas de cilindros de concreto de 6plg x12plg de diámetro a 28 días y se aplica una carga con una velocidad específica. Durante este periodo los cilindros se sumergen en agua a temperatura constante y humedad del 100%.

Los concreto utilizados en la práctica suelen tener una resistencia de 3,000 a 7,000 lb/plg^2. Para aplicaciones comunes va de 3,000 a 4000 lb/plg2, mientras que en la construcción de presforzados se emplea de 5,000 y 6,000 lb/plg^2. Para ciertas aplicaciones, como en columnas o pisos inferiores de edificios altos, se han usado concretos con resistencias de 9,000 a 10,000 lb/plg^2. Según Mc Cormac, en la "Two Union Square" en Seattle, se usaron concretos de hasta 19,000 lb/plg^2.

Los valores que se obtienen para la resistencia a compresión del concreto dependen en gran mediad de los tamaños y formas de los especímenes de prueba y de la manera en la que las cargas son aplicadas. El costo aproximado para el incremento de resistencia es del 15 al 20% cuando se trata de 3,000 lb/plg^2 a 5,000 lb/plg^2. Cuando el incremento va de un concreto de 5,000 lb/plg^2 a uno de 6,000 lb/plg^2, varía bastante el precio, porque hay que tomar en cuenta y con mucha atención al diseño, mezclado, colado y curado. Las curvas de esfuerzo-deformación unitaria de la figura 5 representan los resultados que se obtienen en la prueba de compresión en cilindros estándares de resistencias variables a los 28 días. (Mc Cormac y Rusell, 2011)

Figura No. 47. Curva esfuerzo-deformación unitaria típica del concreto.



Fuente: (Mc Cormac y Rusell, 2011)

Las curvas muestran:

- Las curvas tienen un comportamiento lineal, cuando la carga crece de cero a poco más o menos de un tercio a un medio de la resistencia última del concreto.
- Más allá de este intervalo, el comportamiento no es lineal.

- Todos los concretos, sin importar la resistencia, alcanzan sus resistencias últimas bajo deformaciones unitarias de aproximadamente 0.002.
- El concreto no tiene una resistencia a la fluencia plástica definida, las curvas se comportan suavemente hasta la ruptura bajo deformaciones unitarias entre 0.003 y 0.004.
- Se observa que los concretos de baja resistencia son menos frágiles que los de alta resistencia, por eso, los segundos mostrarán deformaciones unitarias mayores antes de romperse. (Mc Cormac y Rusell, 2011)

b) Módulo estático de elasticidad. Este material, no tiene un módulo de elasticidad bien definido. Este varía con las diferentes resistencias del concreto, la edad, el tipo de carga, las características y proporciones del cemento y agregados. En la sección 8.5.1 del código American Concrete Institute (ACI) establece la siguiente expresión, para calcular el módulo de elasticidad para concreto entre 90 y 155 lb/pie3 con:

$$E_C = \omega_C{}^{1.5} \cdot 33\sqrt{f'c}$$

En donde:

- E_c, es el módulo de elasticidad en lb/plg^2.
- w_c, es el peso del concreto en libras por pie^3.
- f'_c, es la resistencia a la compresión especificada a los 28 días.

El ACI también establece la siguiente versión simplificada del cálculo del módulo de elasticidad para concreto de peso de 145 lb/pie^3 con:

$$E_C = 57{,}000\sqrt{f'c}$$

Los concretos con resistencias superiores a 6,000 lb/plg^2, son designados como concretos de alta resistencia. Según la Universidad de Cornell, la siguiente expresión es recomendada para determinar el valor de E_c para concretos de resistencia entre 6,000 lb/plg^2 a 12,000 lb/plg^2 y para concretos de peso ligero.

$$E_C = (40{,}000\sqrt{f'_c} + 10^6)(\frac{w_c}{145})^{1.5}$$

(Mc Cormac y Rusell, 2011)

c) Módulo de elasticidad dinámico. Estas son determinadas a través de pruebas sónicas que corresponden a deformaciones unitarias muy pequeñas y están entre 20 y 40% mayor que el módulo estático o de impacto. (Mc Cormac y Rusell, 2011)

d) Módulo de Poisson. Al someter un cilindro a cargas de compresión, se expande lateralmente. La proporción entre la expansión lateral respecto al acortamiento longitudinal se denomina módulo de Poisson. En concretos de alta resistencia varía entre el 0.11 y en concretos de bajo grado hasta 0.21. No existe ninguna relación directa entre el valor de esta proporción y la relación agua-cemento, cantidad de curado, tamaño del agregado, etc. (Mc Cormac y Rusell, 2011)

e) Contracción. La mezcla de concreto debe ser lo suficientemente manejable o fluida de modo que pueda fluir entre las varillas de refuerzo y la cimbra. Para que esta mezcla sea fluida se utiliza una proporción mayor de agua, tal vez el doble, que la descrita por el diseño para que la reacción química entre agua y cemento se efectúe.

Esta agua adicional que se empleó empieza a aflorar en la superficie, en donde se evapora, esto sucede porque el concreto empieza a secarse. Una de las respuestas del concreto a esta acción es el agrietamiento y la contracción. El agrietamiento genera la pérdida de resistencia en cortante de los miembros y puede dañar el aspecto de la estructura. Con las grietas el refuerzo queda expuesto a la atmósfera; en donde la probabilidad de corrosión es mayor.

En cuanto a la contracción, esta continua por años, pero más del 90% se da en el primer año. La cantidad de humedad que se pierde varía con la distancia hacia la superficie. Además, en cuanto mayor es el área superficial de un miembro en proporción a su volumen, mayor será la contracción. En otras palabras, los miembros que tienen secciones transversales pequeñas se contraen más que aquellos con secciones transversales grandes.

El clima es uno de los factores que genera diferentes respuestas de la contracción, y es que, cuando hay mucho viento en su fase de curado, la contracción es mayor. De la misma manera si hay un ambiente muy seco, la contracción será mayor y, por lo contrario, si hay un ambiente muy húmedo, la contracción será muy lenta.

Para evitar el problema de contracción, es conveniente utilizar agregados de baja absorción, como el granito y las piedras calizas. También se desea:

- Mantener un mínimo de agua para el mezclado.
- Curar bien el concreto.
- Colar el concreto para muros, pisos y otros elementos grandes en secciones pequeñas.
- Intercalar las juntas constructivas para controlar el agrietamiento
- Usar refuerzo por contracción y

- Emplear agregados densos y no porosos.

(Mc Cormac y Rusell, 2011)

f) Fluencia plástica. Durante cargas de compresión sostenidas, el concreto seguirá deformándose durante periodos largos. Una vez ocurre la deformación inicial, la deformación que continua se llama cedencia o fluencia plástica. Quizás el 75% de la fluencia plástica total ocurre en el primer año, después de un año, las cargas generan aproximadamente dos o tres veces la deformación inicial.

Una vez las cargas se retiren, este recobrará la mayor parte de su deformación elástica y algo de la deformación plástica. Si las cargas vuelven a aplicarse, las deformaciones antes mencionadas se desarrollarán de nuevo.

La magnitud del flujo plástico depende mucho de la magnitud de los esfuerzos presentes. Es casi directamente proporcional al esfuerzo mientras el esfuerzo sostenido no sea mayor que aproximadamente la mitad de f'c, después de este valor, la cedencia crece rápidamente.

Otros factores que afectan la magnitud de la fluencia plástica son:

- Cuanto mayor sea el tiempo de curado previo a la aplicación de las cargas, menor será la fluencia plástica.
- Los concretos de menor resistencia generan una mayor fluencia que los concretos de una resistencia alta, para esfuerzos de la misma intensidad.
- La fluencia plástica incrementa con la temperatura, el concreto alcanza su valor máximo cuando está entre 150 y 160 ºF.
- A mayor humedad, menor será el agua de poro libre que pueda escapar del concreto. Por esto, la fluencia plástica adquiere un valor casi del doble a 50% de humedad que a 100%.
- Los concretos que presentan un mayor porcentaje de pasta cemento-agua, tienen la mayor fluencia plástica porque es la pasta y no los agregados la que fluye plásticamente.
- El refuerzo en la zona de compresión del concreto reduce notoriamente la fluencia plástica. Esto se debe a que el acero presenta poca fluencia plástica bajo esfuerzos ordinarios.

(Mc Cormac y Rusell, 2011)

g) Resistencia a la tensión. La resistencia del concreto a la tensión varía entre el 8 y 15% de su resistencia a la compresión. La razón de esto es porque el concreto tiene un gran número de grietas muy finas, las cuales cuando están a compresión, se cierran, transmitiendo así los esfuerzos de compresión. Esto no sucede con los esfuerzos de tensión y por eso normalmente se desprecia en los cálculos de diseño, sin embargo, es una propiedad que afecta el tamaño de las grietas y extensión de las mismas. Además, la resistencia a la tensión de los miembros de concreto tiene un efecto definitivo de reducción en las deflexiones.

La resistencia a la tensión del concreto no varía proporcionalmente a su resistencia última f'_c. No hay una prueba directa que determine la resistencia a la tensión en el concreto, es por eso por lo que se usan las pruebas del módulo de ruptura y la prueba radial de cilindro, y esto se debe a que es muy difícil la transmisión de cargas y el agarre en los cilindros de ensayo. Las siguientes expresiones definen las pruebas antes mencionadas (Mc Cormac y Rusell, 2011):

Módulo de ruptura:

$$f_r = \frac{PL}{bh^2}$$

En donde:

- H, es el peralte
- B, es el ancho de la viga
- P, es la carga aplicada
- L, longitud de la viga

Prueba radial de cilindro:

$$f_r = \frac{2P}{\pi LD}$$

En donde:

- P, es la carga aplicada
- L, longitud de la viga
- D, diámetro del cilindro. (Mc Cormac y Rusell, 2011)

h) Resistencia al corte. Es realmente difícil realizar pruebas de cortante en donde no estén afectando otros esfuerzos, durante años los resultados han dado entre un tercio y cuatro quintos de la resistencia última a la compresión. (Mc Cormac y Rusell, 2011)

2) Acero de refuerzo. El acero utilizado en las obras puede ser en forma de varillas o de malla soldada de alambre. Las varillas pueden ser lisas o corrugas. Las varillas corrugadas, tienen protuberancias en sus superficies que difieren según los fabricantes, sirven para aumentar la adherencia entre el concreto y el acero. Se usan en casi todas las aplicaciones.

Las varillas redondeadas lisas están identificadas por sus diámetros en fracciones de pulgada. Las varillas corrugadas son redondas y varían en tamaños del #3 al #11, con dos tamaños muy grades, el #14 y el #18.

Las mallas soldadas de alambres se usan frecuentemente como refuerzo para losas, pavimentos, cascarones y lugares donde se tiene suficiente espacio para proporcionar el recubrimiento necesario de concreto que se requiere para las varillas regulares de refuerzo. Estas son hechas con alambres estirados en frío, colocados en dos direcciones ortogonales y soldados en los puntos de intersección. Este tiene una gran adherencia con el concreto y la separación de alambres se controla muy bien. (Mc Cormac y Rusell, 2011)

3) Grados del acero de refuerzo. Hay varios tipos de varillas de refuerzo con designaciones de la ASTM, estos aceros están disponibles en:

- ASTM A615: varillas de acero de lingote lisas y corrugadas, las cuales están marcadas con una letra S.
- ASTM A706: varillas lisas y corrugadas de baja aleación. Están marcadas con la letra W, se usa con requerimientos controlados de tensión y/o una composición especialmente controlada para propósitos de soldadura.
- ASTM A996: varillas corrugadas de acero de riel o de acero de eje. Debe ser marcado con la letra R.
- Si se producen varillas corrugadas que cumplan con las especificaciones A615 y A706, debe estar marcado con la letra S y W. (Mc Cormac y Rusell, 2011)

6. Ingeniería Estructural

a. Teoría y conceptos aplicados en la ingeniería estructural

b. Proceso de diseño: relación entre el análisis y el diseño

1) Diseño conceptual. Todo proyecto inicia con la necesidad específica de un cliente. Luego el proyectista considera todas las posibles distribuciones y sistemas estructurales que puedan satisfacer al proyecto. En este punto el proyectista prepara bosquejos arquitectónicos que muestres los principales elementos estructurales de cada diseño, esto suele ser muy esquemático.

2) Diseño preliminar. En esta etapa el ingeniero selecciona del diseño conceptual aquellos sistemas estructurales que parezcan más interesantes y que dimensionan sus componentes principales. Con esto se pueden conocer las condiciones de carga de la estructura (vivas, muertas, de viento, etc.), las cuales afectarán al diseño. Con esto también se pueden obtener cálculos aproximados de las dimensiones de las secciones críticas de cada estructura.

3) Análisis de los diseños preliminares. En esta etapa aún no se conocen con exactitud las cargas que deberá soportar la estructura, ya que no se dispone de las dimensiones exactas de los miembros ni de los detalles arquitectónicos finales del diseño. A través de valores estimados de cargas, se puede realizar un análisis de los diferentes tipos de sistemas estructurales que podrían ser utilizados para determinar las fuerzas en las secciones críticas y las deflexiones en cualquier punto de la estructura.

El peso total o real de los miembros no puede determinarse en este punto hasta que la estructura se dimensione con exactitud y con los detalles arquitectónicos. Los calculistas a través de la experiencia son capaces de calcular los valores de carga aproximados, los cuales serán muy similares a los reales.

4) Pre-diseño estructural. El calculista volverá a determinar las dimensiones de los elementos principales de toda la estructura a través de los resultados del análisis de diseño preliminar. Cada uno de los análisis anteriores se basó en aproximaciones muy reales, de las cuales se obtuvieron secciones con dimensiones muy reales para soportar las cargas ya calibradas de la estructura, por lo que no cambiarán significativamente.

5) Evaluación de los diseños preliminares. En este punto se comparan los diferentes diseños preliminares en relación con el costo, la disponibilidad de los materiales, la apariencia, el mantenimiento, tiempo de construcción y otras consideraciones pertinentes. Luego de seleccionar una estructura, esta se refinará en la fase final de diseño.

6) Fases finales de análisis y diseño. En esta fase el ingeniero hace ajustes para mejorar la economía o apariencia, ahora la calculista estima cuidadosamente las cargas muertas y considera las posiciones específicas de la carga viva que maximizan los esfuerzos en secciones específicas.

También se hacen los análisis finales para evaluar la resistencia y rigidez estructural para todas las cargas y sus combinaciones de carga, muerta y viva, incluida la de viento, sismo, nieve, cambios de temperatura y asentamientos. Si los resultados son satisfactorios para soportar todas las fuerzas de diseño, se puede decir que el diseño está completo. (Mc Cormac y Rusell, 2011)

c. Cargas de diseño

1) Cargas muertas. Las cargas muertas comprenden todas las cargas de elementos permanentes de la construcción. Incluyen, pero no están limitadas al peso propio de la estructura, pisos, rellenos, cielos, vidrieras, tabiques fijos, equipo permanente rígidamente anclado. Tabiques móviles son casos especiales. Las fuerzas netas de pre-esfuerzo también se consideran cargas muertas.

Para la integración de cargas se utilizarán valores representativos de los pesos de los materiales. Los pesos unitarios y otras suposiciones afines acerca de la carga muerta se dejarán consignados en los informes de diseño estructural.

En ambientes o áreas donde esté previsto recubrir la superficie estructural con recubrimientos de piso se aplicará el peso propio del piso más el peso de los rellenos de nivelación necesarios para generar un substrato plano adecuado.

Los tabiques y particiones interiores no incorporadas al sistema estructural deberán incluirse como cargas. Podrán considerarse como cargas uniformemente distribuidas sobre el entrepiso, tomando en cuenta el peso unitario de los mismos y su densidad de construcción. Ocasionalmente será posible considerarlas como cargas lineales aplicadas al entrepiso.

Las paredes exteriores de cierre, sillares, ventanería, muros cortina, barandales y otros cerramientos perimetrales deberán incluirse como cargas lineales uniformemente distribuidas sobre el perímetro del entrepiso. (Mc Cormac y Rusell, 2011)

2) Cargas vivas. Las cargas vivas son aquellas producidas por el uso y la ocupación de la edificación, las cargas vivas en las cubiertas no accesibles son aquellas causadas por los materiales, equipos y trabajadores, utilizado en el mantenimiento. Otros tipos de cargas vivas son:

- Cargas de tránsito en puentes: los puentes están sujetos a cargas concentradas de magnitud variable que son causados por las ruedas de camiones o de trenes.
- Cargas de impacto: son causadas por la vibración que generan las cargas móviles. Estas son igual a la diferencia entre las magnitudes de las cargas realmente generadas y las magnitudes de las cargas consideradas como muertas.
- Cargas longitudinales: necesitan ser consideradas en el diseño de algunas estructuras, se dan cuando un camión frena repentinamente sobre un puente, estas generan una fuerza longitudinal que depende de la velocidad y peso del objeto en movimiento.
- Cargas diversas: hay otros tipos de cargas vivas a las cuales se le debe de tomar en cuenta como: las presiones del suelo, las presiones hidrostáticas, las cargas explosivas y las fuerzas centrífugas. (Leet y Uang. 2006)

3) Cargas por sismo. Son las fuerzas ejercidas por el sismo, el cual es una liberación súbita de energía en las capas interiores de la corteza terrestre que produce un movimiento ondulatorio del terreno.

Este movimiento ondulatorio se traduce en una aceleración inducida a la estructura que contando esta con su propia masa y conociendo la Segunda Ley de Newton, se convierte en una fuerza inercial sobre la estructura. Es inercial porque depende directamente de la masa de la estructura sometida al sismo.

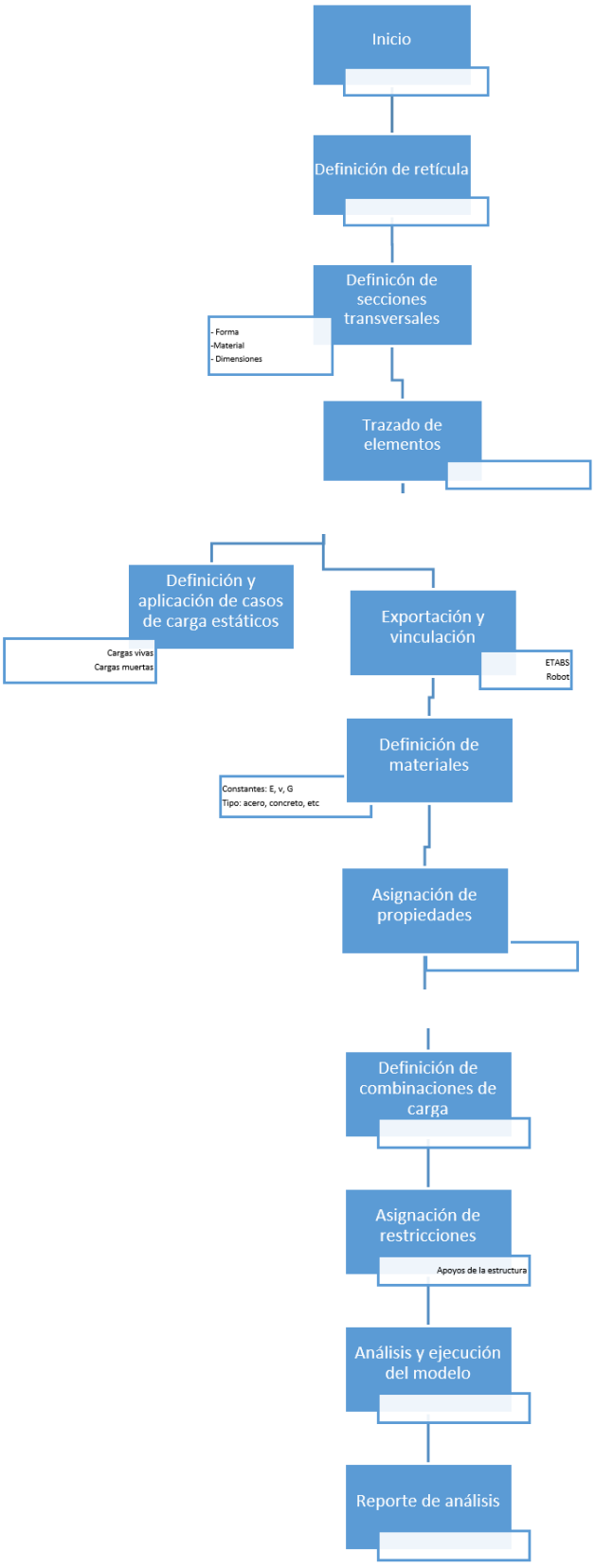
4) Cargas ambientales. Estas son causadas por el medio ambiente al cual se encuentra expuesta la estructura. Algunas de estas son causadas por la lluvia, nieve, viento y cambios de temperatura. Las cargas de viento: producen una presión sobre las superficies expuestas, esta depende de:

- Densidad y velocidad del viento.
- Ángulo de incidencia.
- Forma y rigidez de la estructura.
- Rugosidad de la superficie.
- Altura de la edificación, a mayor altura mayor velocidad del viento.

- Las cargas de nieve y hielo: suelen ocurrir en los países más fríos y afectan directamente a los techos, es por eso que se diseñan para soportar este tipo de cargas, en donde una pulgada de nieve equivale aproximadamente a 0.5 lb/pie2, el cual puede variar según la elevación y la densidad de la misma.
- Las cargas de lluvia: suelen afectar en gran manera a los techos horizontales, especialmente a aquellos que se encuentran en lugares cálidos. (Leet y Uang. 2006)

d. Diagrama de modelación. El diseño estructural como cualquier otro campo consiste en seguir una serie de pasos ordenados para llegar a un fin, muchas veces se necesita encontrar esa secuencia o modelo que define a una persona (ingeniero en este caso) para saber de los alcances que tendrá el proyecto. En el proceso de diseño es importante tener definido este modelo para no estar aplicando características al azar o que se olviden aplicar, ya que al utilizar herramientas tecnológicas se debe de tener la seguridad y certeza de lo que se está haciendo porque los programas al final de todo generan resultados, pero lo que no se sabe es que si están bien o están mal. Por este motivo, se realiza un diagrama el cual será utilizado en esta investigación con la finalidad de generar resultados confiables y que se describe a continuación:

Figura No. 48. Diagrama con los pasos para realizar el diseño y modelación.

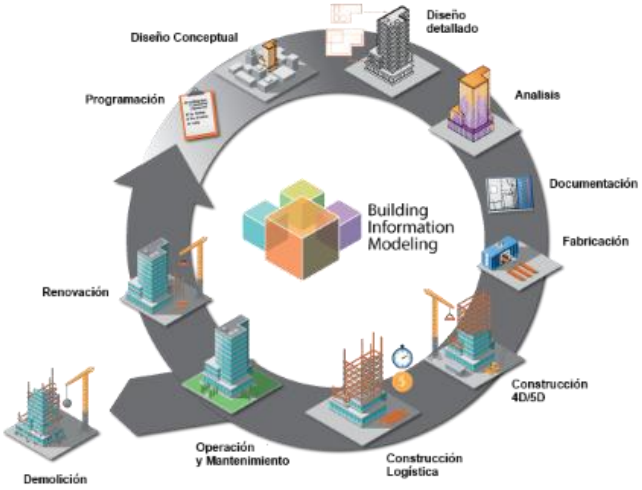


7. Modelo BIM. Esta generación de modelo es nombrada así por su acrónimo en inglés "Building Information Model", que en español es conocida como "Modelado de Información para la Edificación". Esta metodología de modelaje está conformada por herramientas, procesos y tecnologías con la finalidad de llevar a cabo un proyecto integral de edificación, esto va desde su concepción hasta el final de su vida útil, en donde coordina el ambiente multidisciplinario en donde participan inversionistas, propietarios, arquitectos, ingenieros estructurales, ingenieros de instalaciones, ingenieros de obra, fabricantes, gestores y en general, todos los involucrados que tienen que ver con el diseño, construcción y operación del proyecto.

Según Max Mauricio Juárez, “esta coordinación se logra mediante una plataforma tecnológica que integra varios programas especializados, trabajando en conjunto sobre una única base de información, lo cual permite tener un intercambio de datos en tiempo real de manera coherente, precisa y completa, mejorando así aspectos como son la eficiencia y efectividad."

BIM es más que solo un modelo geométrico en 3D, es una representación digital de las características físicas y funcionales del proyecto. Es capaz de integra el tiempo como una cuarta dimensión y el costo como una quinta. Cada uno de los procesos se muestra en el esquema BIM se muestran en la Figura No. 49 y se detallarán los de interés. (Juárez, 2013)

Figura No. 49. Esquema de integración BIM



Fuente: (cadbim3d, 2016)

a. Diseño conceptual. El proceso BIM se inicia en la fase conceptual, en esta fase se modelan las propuestas sobre la concepción que se tiene sobre la infraestructura futura. Por lo generalmente se realiza junto con los propietarios o directivos para desarrollar la idea del proyecto en base a sus necesidades, en donde se observan espacios, áreas, formas y entorno.

Este tipo de modelos ayudan en la toma de decisiones porque es una gran herramienta visual y se convierte en información sobre la cual se trabajará en fases posteriores. (Juárez, 2013)

b. Diseño detallado. En esta etapa, se definen las dimensiones del proyecto, también los materiales, se define la arquitectura conforme a las normas establecidas, se genera el pre-dimensionamiento estructural y de igual manera se definen las instalaciones electromecánicas. En este punto el modelo tridimensional ya no es solo información geométrica, si no que de elementos estructurales como losas, columnas, vigas, muros, paneles, cimentaciones, etc.

En esta etapa el modelo contiene información de las propiedades de los materiales, dimensiones, clasificación y también se pueden realizar algunos cálculos de volúmenes y áreas del proyecto para determinar costos y tiempos de ejecución. (Juárez, 2013)

c. Análisis y diseño estructural. Para este punto del proceso, se inicia del pre-dimensionamiento del proyecto, en donde se incorporan aspectos relacionados con la idealización del comportamiento estructural del edificio, se consideran las combinaciones a las que será sometido en base a su probabilidad de ocurrencia.

Se puede determinar elementos mecánicos, esfuerzos y deformaciones que son la base para el diseño estructural, realizando las modificaciones correspondientes para que cumpla con los parámetros de funcionalidad, seguridad y economía. Finalmente, en esta etapa, se pueden incorporar los sistemas mecánicos, eléctricos y de saneamiento, detallados arquitectónicos y de acabados. (Juárez, 2013)

d. Documentación. Con la metodología BIM se puede realizar la salida de información que se obtiene del modelo, la cual se obtiene de manera instantánea y coordinada, puesto que toda viene de una sola fuente y su manipulación es sencilla. De esta etapa se pueden obtener los planos, especificaciones para los fabricantes, cuantificación de obra, programa de obra, plan de secuencia de montaje, paseos virtuales y realistas, etc. En conclusión, se obtiene todo lo necesario para la correcta ejecución coordinada del proyecto. (Juárez, 2013)

8. Programas de diseño

a. ETABS. El programa ETABS está enfocado para el análisis y diseño de estructuras altas, como edificios de oficinas, residenciales y hospitales. Realiza análisis estático y dinámico lineal y no lineal, permite la utilización de elementos no lineales tales como: aislantes antisísmicos, disipadores, amortiguadores, etc. Permite el análisis y diseño de estructuras 3D combinando marcos y muros a través de una completa interacción entre ambos. Al igual que en el programa Sap2000 permite diseñar estructuras de acero, concreto armado tomando en cuenta las principales normativas. ETABS surge en su primera versión en el año 1972 como TABS, la versión SUPER ETABS surge en 1980.

b. Robot. Tiene su origen en el programa Robot Millenium, un programa de cálculo para Apple II y más tarde para MSDOS, desarrollado por una firma francesa denominada RoboBAT. Posteriormente Autodesk adquiere los derechos sobre el programa y lo incorpora a sus gama de productos, en la actualidad programas como ROBOT Structural goza de reconocimiento entre gran parte de los profesionales de la ingeniería estructural ya que se piensa que contiene ventajas profesionales que lo hacen atractivo al emplearlo como ayuda al análisis y diseño estructural, entre esas características se encuentra su mayor número de opciones gráficas en su interfaz que otros, muchos usuarios consideran que el formato con el que presenta los resultados facilita la elaboración de informes.

También permite integrar diversos ambientes en estructuras planas, tridimensionales y de elementos finitos. Además, que Autodesk aprovechando su vasto universo de programas de distintos ámbitos, ha sumergido a ROBOT Structural en el proceso de lo que hace unos pocos años ha sido llamada la tecnología BIM, que le permite interactuar con productos como Revit y AutoCAD, para llevar una integración más amplia de un proyecto. (Cabrela, 2013)

El concreto reforzado es uno de los materiales de construcción más utilizados hoy en día y Guatemala ha realizado y sigue realizando la mayoría de sus construcciones con este material, aunque actualmente el acero estructural ha ejercido una presión más fuerte en cuanto a su evidente utilización.

Las metodologías BIM (Building Information Modeling) están revolucionando la forma en la que se han venido realizando los procesos constructivos y para ello han introducido programas como Revit y Robot que conjuntamente trabajan a través de vinculación del modelo y su eminente agilización en los procesos es capaz de generar ahorros tanto de tiempo como de dinero, ya que al trabajar con una base de datos, permite al usuario compartir información a diferentes campos como el diseño estructural, diseño de iluminación, diseño de tuberías, domótica, etc.

Las herramientas tecnológicas que existen hoy en día son capaces de facilitar el trabajo de la construcción en todos los ámbitos, pero para ser competentes se requiere del adentramiento y conocimiento de nuevos programas y con ello el tiempo de aprendizaje necesario para generar la información correcta y válida.

c. Acero estructural y sus propiedades. En el sector de la construcción se requiere de materiales con propiedades y capacidades muy altas, no se puede utilizar cualquier tipo de acero, por lo que se requiere un acero estructural. Este se obtiene al momento de combinar principalmente hierro y carbono además de pequeñas porciones de otros elementos, logrando un metal ideal para la construcción en acero, siendo el más versátil de todos los materiales estructurales. El acero estructural posee una gran resistencia, poco peso y tiene una facilidad de fabricación impresionante, además de muchas otras ventajas técnicas que se desarrollará a continuación:

9. Ventajas del acero como material estructural

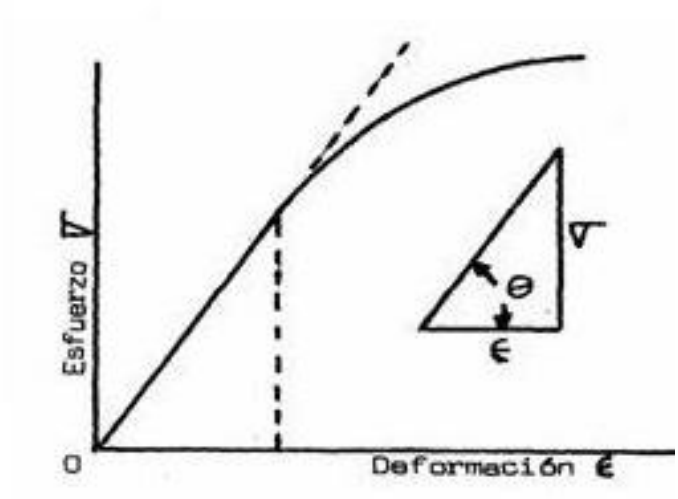
a. Resistencia. La resistencia de un elemento o material se determina por su capacidad para resistir fuerzas y esfuerzos sin llegar a una falla, obteniendo deformaciones permanentes o deterioros de algún modo. El acero estructural tiene una alta resistencia, teniendo una gran capacidad por unidad de peso, por ende la estructura tendrá un bajo peso y se verá reflejado en las cimentaciones y columnas. Esto es de gran relevancia en estructuras de grandes claros, edificaciones altos y esbeltos, asimismo en estructuras con limitaciones escasas en la cimentación. (McCormac. J, S. Csernak, 2015)

b. Uniformidad. En una estructura es muy importante la uniformidad y homogeneidad de un elemento, ya que cada elemento debe tener la misma forma y dimensiones según sea especificado. En el acero estructural debido a que cada elemento se fabrica en alguna fábrica, tiene una precisión muy alta por lo que las probabilidades de tener algún elemento heterogéneo son muy bajas, además de no cambiar apreciablemente con el tempo. (McCormac. J, S. Csernak, 2015)

c. Elasticidad. La elasticidad es una propiedad mecánica de los materiales, donde en términos científicos busca sufrir deformaciones que puedan ser reversibles bajo ciertas acciones de fuerza, recuperando su forma original al momento de anular las fuerzas exteriores.

El acero estructural tiende a comportarse como la ley de Hooke, desarrollada por el físico británica Robert Hooke, que en breve palabras establece que el esfuerzo (σ) es directamente proporcional a la deformación (ϵ) multiplicado por un coeficiente determinado módulo de elasticidad de Young (E) que es propio de cada material.

Figura No. 50. Diagrama Esfuerzo Deformación.



$$\sigma = E\epsilon$$

Donde:

σ: Esfuerzo.

E: Módulo de Young.

ϵ: Deformación.

Debido a esta elasticidad se puede obtener momentos de inercia de una estructura de acero precisos que nos ayudan al momento de diseñar una estructura, al contrario del concreto reforzado donde los momentos de inercia son relativamente imprecisos. (McCormac. J, S. Csernak, 2015)

d. Durabilidad. La durabilidad de una estructura de acero podría llegar a ser eterna bajo un buen mantenimiento, inclusivamente en aceros modernos y bajo ciertas condiciones podría no requerirse un mantenimiento.

La principal función del mantenimiento en una estructura metálica es evadir la corrosión, este es el proceso de destrucción de cualquier metal junto con sus aleaciones. Esto puede ser inducido debido a fenómenos atmosféricos, químicos o electroquímicos; causando daños significativos en la estructura afectando la resistencia, durabilidad y estética de la estructura.

Para prevenir la corrosión es importante aplicar dos manos de pintura anticorrosiva, una al inicio y una al final, para extender la vida útil de la estructura. (McCormac. J, S. Csernak, 2015)

e. Ductilidad. La ductilidad se le denomina en la mecánica de materiales a la propiedad que posee un material para afrontar grandes deformaciones sin tener alguna falla inducida por esfuerzos de tensión. La ductilidad es un elemento indispensable para los elementos estructurales de acero, permitiendo al elemento fluir localmente en determinados puntos, evitando así fallas prematuras. La gran ventaja sobre las estructuras dúctiles, es que al momento de tener una sobrecarga, las deflexiones son altamente visible, por ende; son fáciles de ubicar la falla. (McCormac. J, S. Csernak, 2015)

f. Tenacidad. Es de suma importancia que los elementos estructurales tengan alta tenacidad, es decir; que sea resistentes y dúctiles. La tenacidad es prácticamente la capacidad de absorber y/o acumular deformaciones en forma de energía, al momento de aplicar una fuerza externa o de impacto sin alcanzar la falla o rotura. Esta característica es muy importante debido a que el acero se permite someterse a grandes deformaciones durante su fabricación y montaje sin tener alguna falla, siendo posible trabajarlos, es decir; martillarlos, cortarlos, taladrarlos, doblarlos, quemarlos, sin causar daño alguno. (McCormac. J, S. Csernak, 2015)

g. Ampliaciones. Una de las grandes ventajas de las estructuras de acero es que se logran adaptar muy bien al momento de realizar cualquier posible ampliación, facilitando la incorporación de nuevos espacios arquitectónicos, crujías, alas enteras a estructuras de acero ya existentes. Esto se encuentra con mucha frecuencia en los puentes de acero, ya que se pueden seguir ampliando con continuidad. (McCormac. J, S. Csernak, 2015)

h. Propiedades diversas. Otras ventajas importantes del acero estructural son:

- Existen una gran facilidad para unir los elementos estructurales por medio de varios tipos de conexión simple, como son la soldadura y los pernos;
- Posibilidad de prefabricar los miembros;
- Rapidez de montaje;
- Capacidad para laminarse en una gran cantidad de tamaños y formas;
- Posible utilizarlo nuevamente después de desmontar una estructura;
- Posibilidad de venderlo como chatarra, aunque no pueda utilizarse en su forma existente;
- El acero es un material reciclable por excelencia. (McCormac. J, S. Csernak, 2015)

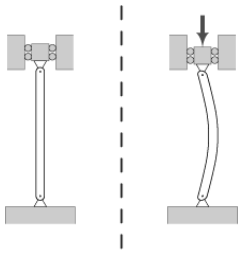
10. Desventajas del acero como material estructural

a. Costo de mantenimiento por corrosión. La mayoría de aceros son altamente susceptibles a la corrosión al momento de estar expuestos al aire y al agua. Para evitar este manifiesto, se debe aplicar capas de pintura al elemento periódicamente, de tal forma que la pintura proteja el elemento del aire y del agua para evitar la corrosión. El uso de aceros intemperizados, para ciertas aplicaciones, tiende a eliminar este costo. (McCormac. J, S. Csernak, 2015)

b. Costo de mantenimiento de la protección contra incendios. El acero estructural de por si es incombustible, es decir, que no se puede quemar; sin embargo, su resistencia se reduce considerablemente en temperaturas muy altas. Esto puede ser posible a incendios ocasionados por materiales combustibles en el entorno. El acero se caracteriza por ser un excelente conductor del calor, de manera que los miembros de acero sin protección pueden transmitir suficiente calor de una sección o comportamiento incendiado de un edificio a secciones adyacentes del mismo edificio e incendiar el material presente. Por ende, se debe de proteger cada elemento mediante materiales con características aislantes determinadas, además de colocar un sistema contra incendio de rociadores que cumplan con los requisitos de seguridad de construcción, además de ubicar mangueras de agua y extinguidores por nivel. (McCormac. J, S. Csernak, 2015)

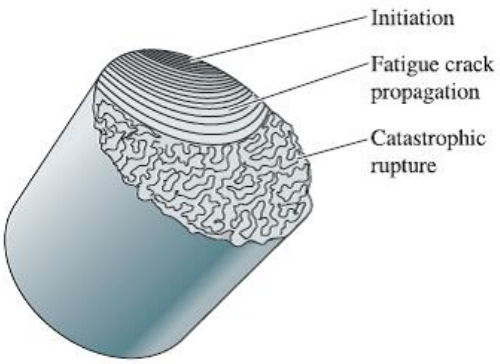
c. Susceptibilidad al pandeo. Los miembros estructurales en acero sufren de pandeo, cuanto más largos y esbeltos sean los miembros a compresión, el peligro a sufrir de pandeo es más alto. Las columnas estructurales de acero pueden ser muy económicas, debido a su gran resistencia con relación a su peso, sin embargo; ocasionalmente para combatir los problemas de pandea se busca rigidizar el elemento estructural con acero adicional subiéndole el peso para evitar el pandeo, y eso puede inducir a un mayor costo. (McCormac. J, S. Csernak, 2015)

Figura No. 51. Visualización gráfica de la fuerza de pandeo.



d. Fatiga. Al acero tiene el inoportuno caso que su resistencia puede ser reducida si esta fuese sometida a un gran número de inversiones del sentido del esfuerzo, es decir; a una gran cantidad de cambios de la magnitud del esfuerzo a tensión. (Se obtienen problemas de fatiga únicamente al presentarse esfuerzos de tensión) En la práctica actual se reducen las resistencias estimadas de tales miembros, si se sabe de antemano que estas estarán sometidas a un número mayor de ciclos de esfuerzo variable, que cierto número límite. (McCormac. J, S. Csernak, 2015)

Figura No. 52. Visualización gráfica del comportamiento de la fatiga.



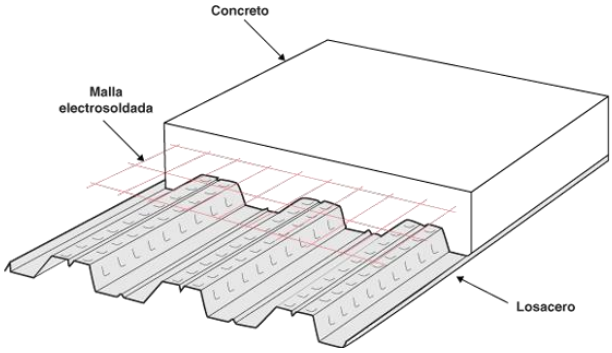
e. Fractura frágil. Otra característica inconveniente del acero es que bajo ciertas condiciones, el acero puede llegar a perder su ductilidad y verse inducida a una fractura frágil en los puntos de mayor concentración de esfuerzos. Las cargas que podrían producir fatiga y muy bajas temperaturas podrían aumentar la probabilidad de una fractura frágil. Otra manera de obtener una fractura frágil es sometiendo el elemento bajo condiciones de esfuerzo triaxial. (McCormac. J, S. Csernak, 2015)

11. Lámina troquelada. La lámina troquelada es un sistema de entrepiso o losa metálica que utiliza un perfil laminado diseñado para adherir perfectamente con el concreto y asimismo integran la losa de azotea o entrepiso. Este sistema además de tener una excelente resistencia estructural, a comparación con una losa de azotea tradicional de concreto, este sistema logra disminuir el proceso constructivo tal como la mano de obra, el tiempo de construcción y la renta del equipo. La lámina troquelada actúa a la vez como acero de refuerzo positivo y formaleta, y a la vez se puede aplicar con vigas segundarias trabajando en sección compuesta, es decir; como una sola.

La lámina troquelada se conecta a la viga de acero por medio de pasadores de corte soldados al patín superior de la viga aprovechando al pasador de corte como elemento de fijación de la lámina troquelada y como pasador de corte para la acción compuesta de la viga.

Se funde una capa de concreto encima de la lámina troquelada, sin embargo; se debe colocar varillas de acero para el refuerzo por temperatura a base de una malla electro soldada. El concreto actúa como elemento a resistir la compresión y rellena las costillas de la lámina troquelada, proporcionando una superficie plana. Está diseñado para soportar toda la carga muerta del concreto antes del su fraguado. Luego que el concreto adquiere su resistencia propia, la sobrecarga de diseño es soportada en sección compuesta donde la lámina troquelada proporciona el refuerzo positivo y la malla electro soldada el negativo.

Figura No. 53. Imagen ilustrativa e descriptiva de la lámina troquelada



12. Manuales para el diseño de estructuras metálicas. El diseñador estructural debe aprender a distribuir y dimensionar los elementos de las estructuras de modo que las mismas tengan suficiente resistencia y rigidez y al mismo tiempo ser razonablemente económicas, para esto se debe tener un conocimiento del mercado, y que puedan montarse de manera práctica. Para realizar todos estos criterios, existen varios manuales de diseño el cual el diseñador estructural debe apoyarse y regirse según lo indiquen los diferentes manuales.

a. ASCE 7-10. El ASCE (Sociedad Americana de Ingenieros Civiles, por sus siglas en inglés) es un ente que determina las cargas mínimas de diseño para edificios y otras estructuras sujetas al requerimiento de códigos en los Estados Unidos de América. Este manual proporciona los diferentes requisitos que debe tener una estructura en su diseño estructural, incluyendo medios para determinar las cargas muertas, vivas, de suelo, inundación, nieve, lluvia, hielo atmosférico, terremoto y viento, al igual que sus combinaciones, el cual son una inclusión en otros códigos de construcción y otros documentos. Las cargas y combinaciones de carga apropiadas, han sido desarrolladas para ser usadas juntas, se establecen para el diseño último y diseño de esfuerzos permisibles. Para el diseño de límites máximos de diseño y límites de esfuerzo admisible, el diseño es específico para materiales estructurales convencionales utilizados en edificios y las modificaciones contenidas en los estándares dentro de la norma. (ASCE 7-10, 2010)

b. AISC 13th. El AISC (Instituto Americano de la Construcción en Acero, por sus siglas en inglés) es la treceava edición del manual, el cual posee únicamente información general. Se cree que la información es precisa, sin embargo; la información no debe ser utilizada o confiada para ninguna aplicación específica sin alguna verificación de un profesional competente que verifique su exactitud, idoneidad y aplicabilidad por un ingeniero certificado, diseñador o arquitecto. El manual proporciona las dimensiones y propiedades para los productos estructurales comúnmente utilizados en la construcción de acero. (AISC 13th, 2010)

c. AISC 360. Este manual indica las especificaciones para construcciones de acero estructural, denominado en lo sucesivo con las especificaciones técnicas y estructurales que deben ampliarse en el diseño estructural en estructuras de acero. Las especificaciones incluyen la simbología y glosario, para que el diseñador estructural tenga criterio de diseño, fabricación y montaje de estructuras de acero. (AISC 360, 2010)

d. AISC 314. Este manual indica las especificaciones provisionales sísmicas para una estructura de acero. Este manual es específico para edificaciones de acero y concreto reforsado para el diseño de sismo resistencia. Las especificaciones incluyen la simbología y glosario, para que el diseñador estructural tenga criterio de diseño. (AISC 314, 2010)

e. Dfloor . Este manual de Dfloor deck posee información general sobre las lámina troquelada para aplicaciones específicas, el manual proporciona las dimensiones y todas las propiedades mecánicas que necesitará el diseñador estructural para diseñar la lámina troquelada de su estructura. (Dfloor, 2009)

f. IBC 2009. El IBC (Código Internacional de Construcción, por sus siglas en inglés), más conocido jurídicamente por el manual de la construcción. Las disposiciones de este código se aplican estrictamente en las construcciones, alteraciones, movimiento, ampliación, reemplazo, reparación, equipo, uso y ocupación, ubicación, mantenimiento, remoción y demolición de todos los edificios o estructuras, accesorios conectados o conectados a dichos edificios o estructuras.

El propósito de este código es establecer los requisitos mínimos para salvar y guardar la salud pública, la seguridad bienestar general a través de la fuerza estructural, medios de salida de instalaciones, saneamiento, luz y ventilación adecuadas, conservación de la energía y la seguridad de la vida y la propiedad contra el fuego y otros peligros atribuidos al medio ambiente construido y proporcionar seguridad a los bomberos y operaciones de emergencia. (IBC, 2009)

g. AGIES NSE 2-10. La norma AGIES NSE 3, “Demandas Estructurales, Condiciones de Sitio y Niveles de Protección”, corresponde a una revisión de la norma NR 2, cuya edición surge como parte de las Normas Recomendadas de Diseño y Construcción para la República de Guatemala publicadas en febrero de 1996 con motivo del XX Aniversario del Terremoto de Guatemala, con una revisión en el año 2002. (AGIES NSE 2-10, 2010)

h. AGIES NSE 3-10. Inicialmente se indican los tipos de análisis y diseño y se dan los lineamientos acerca de las configuraciones estructurales. Así mismo se proporciona la clasificación de los diversos sistemas estructurales para la determinación de los parámetros de la respuesta sísmica. Se establece la diferencia entre los diferentes tipos de diafragma y los procedimientos para determinarlos, las irregularidades estructurales que afectan el comportamiento y la importancia de contar con redundancia estructural. (AGIES NSE 3-10, 2010)

13. Comparación acero y concreto. En el sector de la construcción siempre ha existido el debate sobre la comparación del acero y el concreto como material estructural para la construcción, sin embargo; plantear dicha competencia es sugerir una rivalidad entre dos nobles elementos del arte de la construcción.

Al momento de realizar toda la planificación y el diseño de un nuevo proyecto es común preguntarse sobre la idoneidad sobre cuál es el mejor material para su construcción, entre estos resalta si debería ser de estructura metálica de acero o en concreto armado. En este punto se debe de realizar un cuadro comparativo con sus beneficios y sus limitantes para ambos materiales para determinar que material es el más apto para el proyecto. Indudablemente tanto el acero como el concreto son materiales para la construcción que presentan grandes beneficios para los proyectos a la hora de la construcción.

Se debe tener en mente que, en la mayoría de los casos, frecuentemente realizar una estructura de acero no tiende a ser económica en la ciudad de Guatemala (según varias empresas constructoras entrevistadas), sin embargo; entre a la discusión el proceso de análisis y de ejecución, pues este cuenta con la rapidez, ventajas y cierta calidad de prefabricación, mientras que el concreto tiende a ser más económica, pero a la vez es más tardado, sucio y no cuenta con la misma calidad de prefabricación (según varias empresas constructoras entrevistadas). Es complicado decidir cuál es el mejor material para construir nuestro proyecto, pues se debe de implementar una metodología de evaluación mucho más amplia que la habitual comparación de costos económicos.

A continuación, se presenta un cuadro comparativo a mediana escala sobre las ventajas y desventajas de cada noble material de la construcción.

Cuadro No. 11. Cuadro comparativo acero y concreto.

ACERO ESTRUCTURAL	CONCRETO ARMADO
Posee mayor resistencia al corte	Es muy vulnerable a las cargas de corte
Mayor rapidez en el sistema constructivo	Sistema constructivo más demorado, por la utilización de formaleta y el fraguado
Posibilidad de tener luces mayores	Es muy restringido en el manejo de grandes luces
Por su configuración estructural soporta muy eficientemente los momentos de tensión	No resiste tensión
	Se contrae al fraguar

Continuación Cuadro 11

ACERO ESTRUCTURAL	CONCRETO ARMADO
	Se agrieta
La resistencia por unidad de área es mayor que la del concreto	Su resistencia por unidad de área es mucho menos que la del acero
En la configuración estructural el acero puede ir solo, con todos sus elementos metálicos	El concreto nunca va solo, se requiere de otros componentes, para su configuración
El acero es más flexible	El concreto es rígido y monolítico
Mayor capacidad de carga	capacidad de carga reducida
Estructuras más livianas	Estructuras más pesadas
Tiene capacidad de tensión	No tiene capacidad de tensión
Es más predecible su comportamiento y su producción es más controlada	Se debe contar con diversos tipos de formaletería para su obra
Mayor confiabilidad ante un sismo	Menor confiabilidad ante un sismo
Es más dúctil con lo que su modo de fallar es predecible o sin colapso	Por ser completamente rígido, no se identifica eficientemente su modo de falla
Su durabilidad depende del tratamiento adecuado del sistema de protección de pintura	Es más durable
No es económico en construcciones pequeñas	Es más económico en construcciones pequeñas
En la fabricación se del acero requiere de mayor tecnología	En la fabricación del concreto se requiere de menos tecnología
Da la posibilidad de diseñar estructuras más livianas	Los diseños de elementos especiales, arrojan configuraciones muy esbeltas
Facilita las modificaciones y adecuaciones	Es necesario la ejecución de demoliciones
Obra más limpia	El proceso constructivo es sucio
Con un adecuado sistema de acabado en pintura es más duradero	Lo ataca la carbonatación

Continuación Cuadro 11

ACERO ESTRUCTURAL	CONCRETO ARMADO
Menos columnas por m2 para la distribución de las cargas	La distribución de las cargas es menos eficiente
No soporta eficientemente la compresión	Soporta mejor la compresión
Eficiencia alta	Eficiencia baja
El peso propio es bajo	El precio propio es elevado
Tipología en entramado	Tipología monolítica
Piezas flexibles	Piezas rígidas
Es tolerante a la acción sísmica	Es susceptible a la acción sísmica

a. Desperdicio de materiales y mano de obra. El desperdicio de materiales debe ser tomado en consideración al momento de realizar todos los presupuestos y cuantificación de los diferentes tipos de materiales que se utilizaran para la construcción civil, se debe siempre castigarlos por un factor significativo de desperdicio dependiendo del material a usar, algunos materiales tienden a tener un factor de desperdicio más alto que otros, sin embargo; como ingenieros se debe de supervisar y asegurarnos que estos desperdicios sean mínimos mejorando nuestros controles y procesos constructivos, pues el desperdicio siempre existirá es cuestión de optimizar los procesos. Por esto mismo es importante evaluar en campo el volumen de desperdicio de forma particular con cada material sin utilizar datos ajenos de otras constructoras o manuales que al final podrían llevar al fracaso por rentabilidad de un proyecto, se debe de realizar nuestras propias pruebas tratando de documentarlos para que las experiencias sean usadas en un proyecto futuro y asimismo disminuir el volumen de desperdicios.

La mano de obra en el ámbito de la construcción, si bien genera muchos empleos y aporta significativamente a la economía del país, es muy alta. Claro que la mano de obra es muy económica, con salario mínimo, pero cuando se tienen cifras altas de mano de obra, llega a ser un factor económico bastante alto, además que se debe tomar en cuenta que en un país como Guatemala los albañiles tienden a tener un costo financiero, ya que es muy común entre ellos que se roben el material de la construcción día a día, por lo que es importante tener guardias de seguridad en nuestros proyectos para minimizar estos robos. Guatemala es un país peligroso por lo que se debe tener mucha precaución de no dejar en la obra material de mucho valor, sobre todo el fin de semana, pues es muy usual que entren los ladrones a robarse material eléctrico y maquinarias, por lo que siempre se debe de tener un factor de imprevistos para enfrentar este tipo de situaciones, de lo contrario podrías ir en banca rota.

Una solución para reducir estos desperdicios y mano de obra en las construcciones convencionales es la racionalización de la estructura y la implementación de los materiales prefabricados. De este modo se logra obtener

un proceso de construcción optimizado con un mejor rendimiento y aprovechamiento de los materiales, debido a que estos son fabricados en un taller, como lo es la construcción en acero, por naturaleza los niveles de pérdida son mínimas.

b. Adecuación ambiental. La construcción afecta al medio ambiente de manera directa, por lo que se debe implementar métodos constructivos para ayudar al cuidado del medio ambiente y realizar una obra rápida y limpia. El acero como material noble de construcción, cumple con estas características, tiene un bajo nivel de desperdicios y su precisión es milimétrica. Estas son unas características ventajosas del acero en cuestión del impacto al medio ambiente.

Es importante trabajar con espacios amplios y abiertos para permitir la iluminación y ventilación natural, teniendo en cuenta que es una inversión a corto plazo muy alto, a largo plazo es una ventaja económica representativa y disminuye la contaminación ambiental.

Lamentablemente, el concreto no se puede volver a utilizar luego de ser implementado, como lo es en el caso del acero; este tiene un valor de retorno (económicamente hablando) y puede ser reutilizado en otra obra si se encuentra en condiciones óptimas, de lo contrario puede ser utilizado y vendido como chatarra a los hornos de plantas siderúrgicas para que estos sean procesados. El acero una vez recuperado, es reciclable al 100% y se puede reciclar indefinidamente sin perder calidad alguna. En la construcción existen índices incomparables y particularmente alto, en vigas se logra recuperar un 98% y entre el 65-70% en varillas de refuerzo. El acero es el material más reciclado del mundo, representa el 40% de los recursos férricos de la industria del acero en todo el mundo.

c. Forma

1) Concreto

- Su forma debe ser lo más monolítica posible, de lo contrario resulta ser una construcción demasiado pesada y maciza.
- No existe una limitación en cuanto a formas y tamaños que se pueden obtener.
- La forma intrínseca, debe corresponder siempre a una forma geométrica simple.
- La forma induce al tipo de comportamiento y a las fuerzas que se verá afectado (flexión, torsión, flexo-compresión).
- La calidad del material impone relaciones altas entre las longitudes de las piezas y su sección transversal.
- Los elementos son más rígidos y pesados.
- Existe restricción en claros y alturas.

2) Acero

- La forma de la estructura principal se ve limitado a idealizaciones lineares.

- Las formas y tamaños se limitan por cuestiones de transportes entre la fábrica que las produce y la obra.
- La forma intrínseca se ve limitada a los perfiles disponibles en el mercado.
- La calidad del material impone relaciones bajas entre longitud y la sección.
- Las piezas pueden ser más esbeltas, es decir; más livianas.
- Los claros y alturas pueden ser más grandes.

14. Cimentaciones. La cimentación va relacionada con las cargas debido al peso de la estructura. Los cimientos de estructuras de acero suelen ser más económicos debido a que una estructura de acero suele pesar entre 6 y 10 veces menos que una estructura de concreto armado, sin embargo; bajo circunstancias de un suelo extremadamente fuerte, puede ser casi nula.

Existen casos donde la reducción del peso puede ser desfavorable, al existir una carga de desplazamiento como lo es la influencia de las acciones horizontales de viento, puede llegar a ser tan alto que lleva las cargas verticales a valores muy pequeños, ocasionando un desplazamiento horizontal.

B. Análisis hidráulico

1. Contexto y el agua. El agua es una de las sustancias más importantes para la vida del planeta Tierra. El cuerpo humano contiene alrededor de un 65% de agua en sus tejidos y sangre. Un ser humano adulto no puede vivir sin agua más de 3 días, por lo que es importante para la sobrevivencia. En relación con la economía el agua se utiliza para las principales actividades comerciales. Es importante para los cultivos, la ganadería y la producción de casi todos los bienes y servicios. Es la fuente de energía renovable más utilizada y representa el 19% del total de la producción de la electricidad en el mundo (OMM, 2015).

Más del 70% de la superficie de nuestro planeta azul está cubierta por agua. En los océanos se encuentra el 97.5% de toda el agua de la Tierra. El resto, solo un 2.5%, es agua dulce, y un 69% de esta es hielo (OMM, 2015). La cantidad de agua dulce existente en la tierra es limitada, y su calidad está sometida a una presión constante. La conservación de la calidad del agua dulce es importante para el suministro de agua de bebida, la producción de alimentos y el uso recreativo. La calidad del agua puede verse comprometida por la presencia de agentes infecciosos, productos químicos tóxicos o radiaciones (OMS, 2017).

En Guatemala el agua es un recurso abundante, el territorio cuenta con muchos recursos hídricos pero la mayoría se encuentran contaminados pues las comunidades descargan los desechos en estos. En la ciudad, el agua se obtiene del manto freático y pasa por el proceso de potabilización para luego ser distribuida en la red. Muchos de estos pozos se están secando y es cada vez más difícil encontrar agua. Es por esta razón que muchas zonas de la capital no cuentan con agua todo el tiempo o simplemente no se encuentra agua.

El país cuenta con tres regiones hidrográficas en 38 cuencas fluviales, 194 cuerpos de agua continentales divididos en 7 lagos, 49 lagunas, 109 lagunetas, 19 lagunas costeras, 3 lagunas temporales y 7 embalses distribuidos en 18 de los 22 departamentos (Higueros, 2014).

2. Impacto ambiental y problemática del agua potable en la Ciudad de Guatemala

a. Antecedentes. El abastecimiento del agua potable en la Ciudad de Guatemala data antes del traslado de la Ciudad al valle de la Ermita, asiento escogido para la Nueva Guatemala de la Asunción y de sus alrededores. Las referencias que se tienen son desde el siglo XVII. Los pueblos y aldeas se abastecían de agua gracias al curso de los ríos por estas poblaciones. Hasta que aparecieron pequeñas granjas e ingenios que desviaban el curso de los ríos. Cuando el terremoto del 1773 destruyó Santiago de Guatemala, la capital se trasladó a donde actualmente se encuentra la Ciudad de Guatemala.

Al principio existía la preocupación que las fuentes de agua de esta extensión de tierra. Se creía que no eran suficiente para establecer la capital. Pero un estudio de 1774 indicó que a los ríos Las Vacas, Mixco y a Pinula se podrían incorporar otras vertientes como el de Concepción, Belén, Acatán y La Bonita. Cuando se trasladó la ciudad, la distribución de agua se realizó mediante un sistema de tuberías de barro que funcionaba a presión. La otra parte de la distribución se transportaba sin presión por medio de canales.

Pasados dos siglos en la ciudad se hizo consiente de la potabilización del agua. En 1897 se introduce la tubería de hierro galvanizado y en 1918 la aplicación de cloro. Todo esto debido a que la gente transportaba agua en carretas de los ríos o puntos de distribución y el agua no era clara.

En la época del presidente Ubico se comenzó a higienizar el agua que se distribuía en la ciudad, pero no se encontraba en abundancia. Por lo que se implementó la venta del agua que se pagaba en efectivo o por abonos. Fue hasta 1941, cuando se emitió el acuerdo del "Título de Agua Municipal", el cual indicaba que para cada domicilio se otorgaba 2,000 litros de agua al día.

La primera empresa privada de distribución de agua en la Ciudad fue la Compañía de Agua del Mariscal, Sociedad Anónima. Era una planta de explotación, captación, tratamiento y distribución de agua potable. En 1949, se implementó la conexión directa y se elaboró un plano de la red de tuberías principales de distribución y se instalaron contadores de consumo de agua (Higueros, 2014).

En 1961, inició la construcción del Proyecto Xayá Pixcayá y la planta de Bombeo Hincapié para surtir a las zonas 10, 14 y 15 de la ciudad. En 1969, se inició el proyecto "El Atlántico" para introducir 10,000 pajas de agua a la ciudad que venían de los ríos Bijague, Los Ocotes y Teocinte. Esta cantidad de agua beneficiaría a las zonas 6, 16, 17 y 18 (Higueros, 2014).

En 1972, se creó La Empresa Municipal de Agua de la Ciudad de Guatemala, EMPAGUA. Su función es dotar de los servicios de agua potable y alcantarillado a los habitantes del área metropolitana de la Ciudad de Guatemala (Higueros, 2014).

Figura No. 54. Sistemas de producción y plantas de tratamiento, zonas que beneficia.

SISTEMAS	ZONAS
Sistema El Cambray y estación de bombeo Hincapié	9, 10, 13, 14, 15
Sistema Santa Luisa	5 y 6 en su totalidad1, 4, 10 y 17 parcialmente
Sistema La Brigada	7, 11 y 19
Planta de Bombeo Ojo de Agua	1, 3, 8, 9, 12, 13, 14, 21 y caserío El Frutal, San Miguel Petapa
Sistema Las Ilusiones y planta de bombeo El Atlántico	17 y 18
Sistema Xayá Pixcayá y planta Lo de Coy	1, 2, 3, 6, 7, 8, 11 y 194 y 18 parcialmente
Sistema de Pozos	1, 2, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 14,15, 16, 178, 19, 21 parcialmente.

b. Empagua: Producción y distribución de agua potable. Genera más de 10 millones de metros cúbicos de agua potable. Para la utilización del agua, Empagua dispone de las plantas Lo de Coy, Santa Luisa, El Cambray y las Ilusiones. En el caso de líquido subterráneo, cuenta con campos de extracción y bombeo como Ojo de Agua, y pozos que han sido perforados en diferentes zonas de la ciudad. EMPAGUA, satisface las necesidades de dos millones y medio de personas que efectúan alguna actividad económica. También brinda suministro a otros pobladores de municipios cercanos.

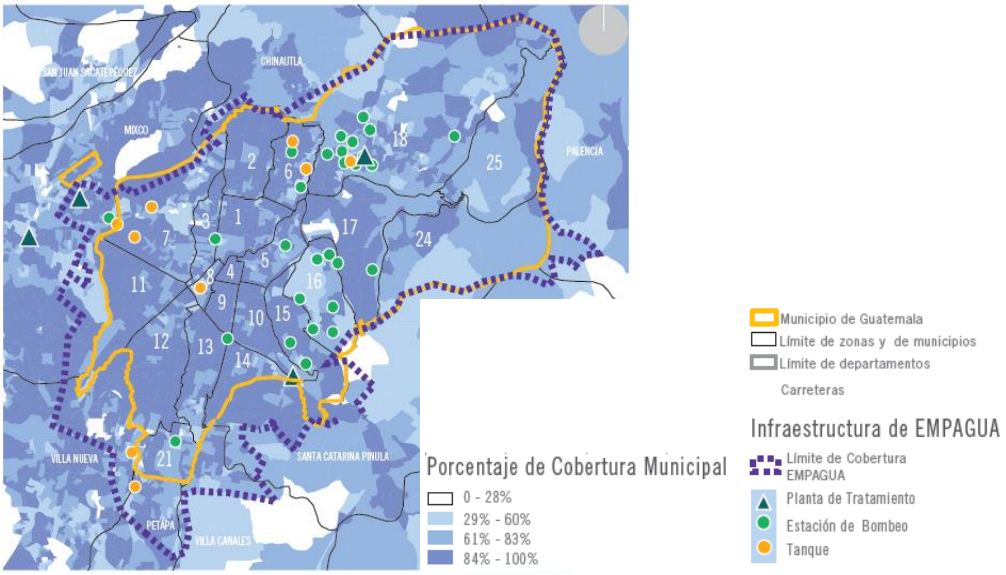
Para eliminar la turbiedad del agua se aplican 330 quintales de sulfato de aluminio lo que tiene un costo de 8 millones de quetzales. Desinfectar el agua requiere de 85,000 lbs de cloro con un costo de 1.4 millones de quetzales. Producir el agua potable requiere de 5 plantas de tratamiento, 80 pozos mecánicos, 3 estaciones de bombeo y 1,800 km de tubería. Todo esto es requerido por año.

Según Empagua, las zonas de la Ciudad de Guatemala tienen una cobertura de agua potable de por lo menos el 60%. Por lo que se está dejando de distribuir el otro 50%, ya sea por falta de recursos económicos para la inversión en infraestructura o porque no les parece un tema de prioridad a tratar. No se debe dejar de observar que en zonas 17, 18 y 25, existen áreas con 0% de cobertura. Esto indica que hay personas viviendo con menos de un tonel de agua al día. Lo que se traduce en personas viviendo en condiciones inadecuadas e insalubres.

En el mapa se muestra una cantidad de pozos que están activos, aunque no todos funcionan al 100% de su capacidad. Estos funcionan de forma alterna. En todo caso la red de agua está interconectada de tal manera que al bajar el volumen del pozo en verano o al secarse, la dotación puede ser cubierta por cualquier otro pozo de la red que esté accesible al sector. Como parte de la infraestructura un pozo se acompaña usualmente de un tanque de almacenamiento. Además de las fuentes subterráneas también existen las plantas de tratamiento. En la consultoría del Plan Marco se diagnosticó la dotación por habitantes por día haciendo un promedio del tipo de dotación servida (Campos, 2009):

- Muy buena dotación - 350 lts/hab/día
- Buena dotación - 250 lts/hab/día
- Regular dotación - 150 lts/hab/día
- Mala dotación - 80 lts/hab/día

Figura No. 55. Mapa de cobertura Municipal



Según el mapa la Universidad del Valle de Guatemala se encuentra en una de las zonas con mayor cobertura de agua potable. Por lo que el abastecimiento de agua no es un tema crítico.

c. Agua y saneamiento. Las estadísticas de la Organización Panamericana de la Salud indican que Guatemala cuenta con las condiciones naturales favorables que le permiten disponer de abundante agua para las personas. Anualmente se producen 97 millones de m3 de agua, pero solo se aprovecha un 10%. Según la encuesta nacional de condiciones de vida (ENCOVI) del 2012, el 70% de los hogares guatemaltecos tiene acceso a servicios básicos a nivel urbano y 30% de los hogares a nivel rural (OPS, 2017).

El déficit de la cobertura para los servicios de saneamiento está cerca del 83% en la zona rural y un 76% en la zona urbana. De 334 municipalidades registradas en el ENCOVI, solo un 4% aplican tratamiento de las aguas residuales, mientras que el resto es vertido en los cuerpos de agua, principalmente ríos (OPS, 2017).

Respecto a la calidad del agua, de acuerdo con el Plan Nacional de Agua y saneamiento el Ministerio de Salud del 2015, para el año 2014 solamente un 40% de las muestras de agua analizadas para determinar cloro residual en agua cumplían con la normativa nacional. Para el año 2013 al menos 40% del agua de consumo humano recibió desinfección en las áreas urbanas (OPS, 2017).

Las enfermedades diarreicas agudas se encuentran entre las primeras 5 causas de morbilidad y mortalidad en el país. Los problemas sanitarios se relacionan directamente con la red de distribución de agua y ponen de manifiesto la contaminación del recurso debido a filtraciones que se producen en el alcantarillado (OPS, 2017).

Se estima en un 43% de pérdidas en el volumen de agua producida a causa de fugas, conexiones ilícitas, daños, etc. Se encontró que todas las fuentes superficiales de las cuales se abastece la ciudad de Guatemala requieren de una planta de tratamiento para potabilizar el agua, por la gran cantidad de contaminantes que llevan, especialmente aquellos relacionados con microorganismos patógenos.

d. Consumo de agua potable en la Ciudad de Guatemala y los efectos en el cambio climático. En Guatemala se realizó un estudio para determinar el consumo de agua de potable. Para determinar el consumo promedio por persona se contabilizó el número de personas servidas por cada uno de los usuarios encuestados, es por ello que se aprecian valores promedio muy altos en algunas zonas, incluso hay usuarios que tenían más de 2000 personas dentro de su inmueble, como es el caso de la zona 16 (Guzmán y Quiñonez, 2014).

A nivel residencial, la zona 16 consume una gran cantidad de agua al mes, le sigue la zona 15, 13 y 5; las zonas 1 y 12 en su defecto consumen menos agua potable. Sin embargo, cuando se analiza el consumo per cápita de acuerdo con esta investigación, los valores se normalizan a un consumo mensual promedio de 5.10 metros cúbicos (Guzmán y Quiñonez, 2014).

Para el nivel residencial el promedio es de 6.65 metros cúbicos por persona al mes, lo que representa un valor de 222 litros/persona/día. Para este caso, las zonas 13 y 10 son las que mayor consumo por habitante registran. En cuanto al nivel comercial, la zona 2 y 13 registran mayor consumo. A nivel industrial es la zona 25. Estos valores son más altos de lo esperado, pero son los datos que otorgaron los usuarios encuestados, en algunos casos, la mayoría que consumía más agua, contaban con pozo propio o bien se la abastecían de agua por parte pública y privada (Guzmán y Quiñonez, 2014).

En cuanto a las fuentes de agua, se estableció que a nivel superficial las fuentes siguen siendo las mismas, logrando cubrir el 49.89%; como fuente principal está la planta de tratamiento Lo De Coy, abastecida por los ríos Xaya y Pixcaya. Solamente este sistema cubre el 68.83% de las fuentes superficiales. La extracción del agua

subterránea ha aumentado considerablemente, en las últimas décadas y tal parece que seguirá en aumento, no solamente por la cantidad sino por la calidad de la misma (Guzmán y Quiñonez, 2014).

La Municipalidad de Guatemala no tiene ningún registro de cuantos usuarios tienen pozo privado, tampoco controla la cantidad de agua que estos usuarios tienen. Durante la investigación, se encontró con muchos usuarios que tenían pozo perforado en su residencial, comercio o industria, no quisieron dar datos del volumen de agua consumida mensualmente, en otros casos, el cual fue la mayoría, no sabían cuánta agua estaban consumiendo. Este es el principal problema del consumo de agua en la ciudad de Guatemala. El 50.11% de agua que se distribuye en la ciudad de Guatemala es por medio del agua subterránea a través de pozos mecánicos, pero cabe resaltar que, solamente el sistema Ojo de Agua-diamante cubre casi la mitad de ese porcentaje, con el 23.68% (Guzmán y Quiñonez, 2014).

El crecimiento de residenciales privados, los cuales tienen por lo menos un pozo de agua, es sin duda, después de las industrias, los que más generan el aumento de la extracción del agua subterránea, por ejemplo, el caso de la zona 16, donde se identificaron muchos residenciales con consumos muy elevados (Guzmán y Quiñonez, 2014).

El hecho de que sean muchos residenciales privados, comercios e industrias los que obtienen agua potable a través de pozos perforados privados, hace que la Empresa Municipal de Agua pueda abastecer a muchas colonias y barrios de la ciudad, aproximadamente el 85% de usuarios de la ciudad. 54% de los usuarios encuestados no sabe cuánta agua consume y aunque los motivos son varios, la apatía y la ignorancia se contabilizan como parte del problema (Guzmán y Quiñonez, 2014).

Hay zonas dónde el consumo de agua residencial es mayor a los 30 metros cúbicos de agua al mes, tal como la zona 14, 15y 16. Mientras que el consumo comercial e industrial se presenta más en las zonas 1, 12 y 15. Estas son las zonas que más agua subterránea extraen para cubrir sus necesidades. Según la encuesta, a nivel residencial, las zonas 1, 12 y 18 tiene la mayor cantidad de usuarios que consumen menos de 15 metros cúbicos al mes, que desde un aspecto unitario correspondería a 100 litros/persona/día. Por el contrario, la zona 14, 15 y 16 consumen más de 30 metros cúbicos de agua al mes o 200 litros/persona/día (Guzmán y Quiñonez, 2014).

En cuanto a las residencias dónde indicaron no saber cuánto consumían de agua están principalmente en las zonas 18 y 21. En cuanto a los usuarios de tipo comercial, es la zona 1 y 12 las que más usuarios tienen que consumen menos de 15 metros cúbicos al mes. La zona 12 y 15 consumen más de 30 metros cúbicos al mes, esto se relaciona más con la parte comercial e industrial (Guzmán y Quiñonez, 2014).

Por otro lado, el cambio climático tiene relación directa con el servicio de agua potable, pues afecta de manera significativa las fuentes de agua y por lo tanto el volumen de agua captado para el abastecimiento de la ciudad. Esto se evidenció en el año 2010, cuando se presentó en el mes de mayo dos eventos naturales que causaron daños a las fuentes de abastecimiento de agua y a las principales plantas de tratamiento: la tormenta Agatha y la erupción del volcán de Pacaya. Las intensas lluvias causaron derrumbes en puntos importantes y destrucción en

otros, la ceniza que cayó en la ciudad azolvó por varios días las unidades de tratamiento de las plantas potabilizadoras (Guzmán y Quiñonez, 2014).

El servicio público depende en un 58% de la Planta Lo De Coy y Ojo de Agua. Esto quiere decir que, si en algún momento fallaran, por cualquier motivo, especialmente por eventos naturales, como sismos, huracanes, tormentas, erupciones volcánicas, etc., eso podría llegar a afectar al 68% de los usuarios de la Municipalidad (Guzmán y Quiñonez, 2014).

3. Ahorro y eficiencia en el uso del agua en los edificios y su entorno. La pobreza hídrica y el aumento progresivo del consumo del agua, la mala gestión de la misma son las causas del problema del agua a nivel mundial. Los usuarios de los edificios consumen agua y generan aguas residuales. Existen estrategias ecológicas para el ahorro y eficiencia en el uso del agua. Los objetivos de la categoría Water Efficiency de LEED son (Serrano, 2014):

- Reducir la cantidad de agua necesaria en edificios y el exterior de los mismos.
- Reducir el consumo de agua municipal.
- Reducir la necesidad de tratamiento de las aguas residuales.
- Aprovechar el agua de lluvia para las necesidades de agua interior y exterior.
- Para reducir el consumo de agua en el interior del edificio es necesario que se conozca la distribución del uso del agua en los diferentes ambientes:

Figura No. 56. Distribución del uso del agua.



(Conagua, México).

La figura representa en porcentajes la cantidad de agua que se consume por tarea dentro del hogar. Si bien el nuevo edificio de la Universidad del Valle no es precisamente un hogar a grandes rasgos se puede notar que las tareas representadas pueden ser similares a las que se realizarían dentro del edificio. Las estrategias de LEED para ahorra agua son:

a. Cambiar el viejo inodoro por otro de alta eficiencia:. Los edificios y conjuntos habitacionales deben contar con arranque común de agua potable, como disponer de un medidor general o un contómetro. El medidor general establece el registro del consumo de agua. Por cada descarga del inodoro no se debe consumir más de 6 lts por descarga.

b. Urinarios sin agua.Son aparatos que no utilizan agua y requieren de un mantenimiento menor. Muchos de estos tienen una pastilla que evita la propagación de malos olores provenientes del aparato. En este caso se ahorraría hasta 20 lts de agua por descarga.

c. Duchas y grifos de flujo bajo. Todos los grifos deben ser sustituidos por otros que consuman 6.7 lts por minuto. Que sean de apagado automático.

d. Uso de aireadores y sensores de movimiento. Colocar aireadores en un grifo puede suponer un 30% de ahorro. Los sensores controlan la cantidad de agua suministrada (Serrano, 2014).

e. Instalación de medidores de agua. Se deben instalar contadores por zonas que miden el consumo y ayudan a verificar estimaciones de consumo de agua.

f. Uso de aguas pluviales. Recolección de aguas pluviales que instalados en plantas superiores aprovechan la gravedad para su distribución.

g. Reutilización de aguas grises. Las aguas grises representan un 50% a 80% de las aguas residuales. Después de su tratamiento adecuado pueden ser reutilizadas en inodoros, esto puede suponer un ahorro del 30% de consumo de agua. También sirven para riego.

h. Tratamiento y reutilización de aguas residuales. El aprovechamiento de aguas grises como pluviales permiten su utilización en inodoros, el riego o en torres de refrigeración, después de haber sido tratadas. De esta manera, se crea un circuito cerrado de agua reutilizada que permite reducir el consumo de agua de la red de distribución municipal, generación de aguas residuales, el tratamiento en plantas municipales e incluso la energía necesaria para su tratamiento (Serrano, 2014).

i. Regar solo cuando sea necesario. Para ello es necesario realizar primero, un buen diseño del paisaje. Es decir, seleccionar las plantas apropiadas. Estas deberán ser nativas de la región o que se adapten de manera adecuada al clima. Que sobrevivan a pesar de las restricciones del uso del agua y que no requieran mucho mantenimiento. Una buena opción puede ser la utilización de mulching para garantizar la humedad y temperatura adecuadas para las plantas (Serrano, 2014).

Se debe reducir el uso del césped ya que consume mucha agua. Se pueden implementar otros métodos de riego como:

- Riego por goteo: No se produce escorrentía ya que el agua llega directamente a la planta.
- Control de riego basado en el clima local mediante sensores: Se utilizan cronogramas de riego que organizan mediante control del entorno como datos meteorológicos y las necesidades de las plantas.

4. Promedio de lluvia

a. Antecedentes. En la ciudad de Guatemala existe una variabilidad de la precipitación pluvial ya que dentro del mismo valle existen condiciones modificadas por el urbanismo, así como variabilidad por las alturas de cada sector. Sin embargo, las variaciones no son tan considerables por lo que existe la estación central de medición en el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), en donde existen datos históricos de la precipitación pluvial en la ciudad de Guatemala.

En Guatemala, las autoridades encargadas de velar por el bien del país se encuentran preocupadas por la situación pluviométrica del mismo, ya que en los últimos años se ha observado lluvias abundantes y parecieran que nunca se acabarán, por lo que se están preparando para poder actuar antes una posible catástrofe, sobre todo en las áreas que no cuenta con las condiciones óptimas para vivir.

Figura No. 57. Inundaciones en las calles de Ciudad de Guatemala.



Otro daño causado por la gran cantidad de lluvia en la Ciudad de Guatemala son los deslaves ya que se han reportado varios, por ejemplo, El Cambray II, parte de un cerro de unos 100 metros de altura colapsó y arrasó con la humilde localidad de Santa Catarina Pinula, 15 kilómetros al sur de Ciudad de Guatemala. El alud dejó más de 100 personas sin vida, 34 heridos, otras 48 personas se encuentran en albergues y 125 viviendas sufrieron daño severo en el caserío de El Cambray II en Santa Catarina Pinula.

Figura No. 58. Deslave en El Cambray II.



El uso sostenible del agua subterránea es vital para mantener un nivel de vida adecuado de los ciudadanos. La gran mayoría de actividades del ser humano dependen de este recurso, por lo que cuidarlo es de suma importancia. En la ciudad de Guatemala, la mayor parte del agua para consumo humano viene de los acuíferos. Cada vez la población en la ciudad es mayor y esto impulsa el desarrollo industrial y como consecuencia una mayor urbanización. Esto a su vez demanda nuevos servicios de electricidad, agua, telefonía, etc. El problema con este crecimiento tan acelerado es que interrumpe el ciclo del agua. Al tener una mayor demanda de agua e interrumpir el ciclo natural de la misma se crea una sobreexplotación de los acuíferos.

La sobreexplotación de un acuífero ocurre cuando la extracción de agua subterránea excede la recarga infiltrada (Morales, 2012). El problema en Guatemala es que no existe ninguna entidad responsable del control del uso de aguas subterráneas. Empagua cuenta con poca información y no lleva un seguimiento de los niveles de los acuíferos. Por otra parte, no hay control sobre la perforación de pozos particulares, la cual es desordenada y genera el agotamiento del acuífero metropolitano.

Según Carlos Quezada, hidrólogo asesor de la Municipalidad, “hace 40 años encontrábamos agua 600 pies de profundidad, ahora debemos excavar hasta 1,700 pies para desarrollar los pozos de Empagua. A este problema se suma la variabilidad del clima. En los últimos años se han registrado veranos prolongados e inviernos en los que llueve mucho, pero por periodos cortos y solo en lugares determinados, lo cual no favorece la recarga hídrica. “Por otra parte, Julio Escoto, director de la Unidad Ejecutora de Proyecto de Empagua dijo lo siguiente: “En el valle de la capital se redujeron las áreas de infiltración del agua de lluvia y en contraposición, aumentó la explotación de ese recurso. En la ciudad hay un acuífero superior y otro inferior. El primero ya se agotó, y en la actualidad se explota el segundo” (Morales, 2012).

b. Datos de precipitación. En la siguiente tabla se muestran los datos mensuales y anuales de la precipitación en la ciudad de Guatemala en mm, estos datos son obtenidos de la estación central del INSIVUMEH.

El instrumento que se utiliza para medir la precipitación es el pluviómetro. El diseño básico de un pluviómetro consiste en una abertura superior de entrada de agua al recipiente, que luego es dirigida a través de un embudo hacia un colector donde se recoge y puede medirse visualmente con una regla graduada o mediante el peso del agua depositada (Fariña, 2001). Se puede observar que en los últimos años de los cuales se tiene registro el agua llega más de los 1,000 mm en promedio anual, lo que se considera una acumulación de agua grande y se ve reflejada en la saturación del suelo.

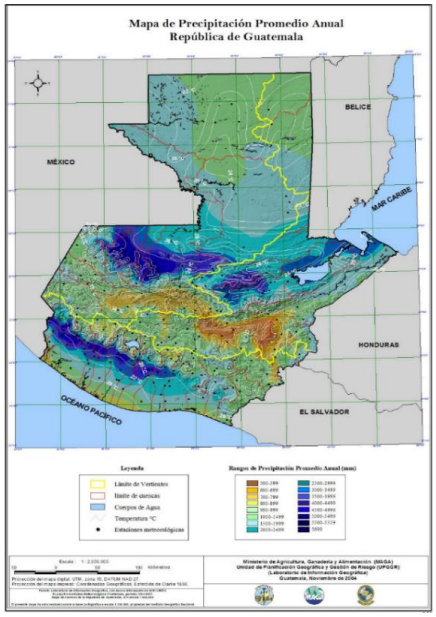
Esta tabla indica que el mes más seco es febrero y que llueve más durante el verano que durante el invierno.

Cuadro No. 12. Promedio histórico de lluvia en mm.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1,990.00	4.50	0.40	0.70	21.90	190.60	205.60	156.60	64.10	242.60	58.50	46.20	6.60	998.30
1,991.00	4.60	0.80	0.00	14.40	128.90	328.60	157.60	68.30	180.80	198.70	161.00	51.80	1,295.50
1,992.00	1.50	0.00	11.70	32.50	21.90	261.30	189.20	210.50	151.50	134.00	21.80	0.60	1,036.50
1,993.00	0.10	0.00	11.40	97.40	65.30	300.40	110.40	233.90	229.00	112.90	29.50	0.20	1,190.50
1,994.00	5.00	0.10	0.90	12.50	122.00	170.00	125.00	256.80	188.00	101.20	3.30	3.10	987.90
1,995.00	0.20	0.80	3.40	72.60	114.00	325.90	217.90	237.50	396.30	120.00	25.20	9.50	1,523.30
1,996.00	14.40	2.00	2.30	80.90	105.30	225.50	184.10	111.60	339.90	134.40	20.60	4.40	1,225.40
1,997.00	10.60	10.70	2.10	13.40	58.90	170.60	148.20	254.60	91.40	130.90	37.00	12.30	940.70
1,998.00	0.10	0.00	21.20	0.00	68.90	280.10	216.90	210.60	127.60	224.00	.55.5	3.60	1,153.00
1,999.00	1.00	52.20	0.40	6.40	96.80	295.10	277.80	221.70	326.90	174.30	19.70	3.00	1,475.30
2,000.00	0.40	0.00	0.20	40.90	231.40	306.00	62.10	130.40	220.20	41.50	14.50	1.60	1,049.20
2,001.00	1.10	4.80	2.60	4.10	129.50	162.80	175.10	223.30	152.70	137.60	19.60	1.30	1,014.50
2,002.00	0.00	6.60	0.00	12.70	76.40	208.40	163.70	109.30	242.90	108.60	83.60	0.20	1,012.40
2,003.00	0.90	14.40	20.30	36.80	159.90	303.10	186.80	109.40	374.20	42.10	18.60	2.00	1,268.50
2,004.00	0.20	0.50	23.90	5.20	24.30	314.50	197.20	97.60	228.20	165.90	2.90	0.20	1,060.60
2,005.00	2.00	0.00	6.70	2.60	141.90	211.80	415.10	278.30	180.20	128.70	23.00	2.50	1,392.80
2,006.00	11.30	0.40	6.30	32.60	153.50	449.80	195.60	94.30	211.70	216.90	39.20	9.10	1,420.70
2,007.00	1.40	0.00	0.90	31.20	84.80	206.70	219.60	333.00	287.00	114.40	2.10	1.50	1,282.60
2,008.00	3.03	11.90	3.40	22.40	169.60	460.30	410.60	187.30	354.80	67.40	0.00	0.00	1,690.73
2,009.00	0.00	4.00	0.00	17.30	161.00	189.60	94.40	141.50	90.20	81.20	130.50	29.50	939.20
2,010.00	0.00	1.30	0.00	108.20	427.40	376.90	317.40	470.80	342.90	26.80	6.40	0.00	2,078.10
2,011.00	0.00	7.20	13.40	15.00	102.00	223.00	238.60	414.00	247.00	385.00	14.20	1.50	1,660.90
2,012.00	3.20	5.30	5.10	40.90	135.80	165.50	121.10	397.50	128.90	.71.9	3.20	1.10	1,007.60

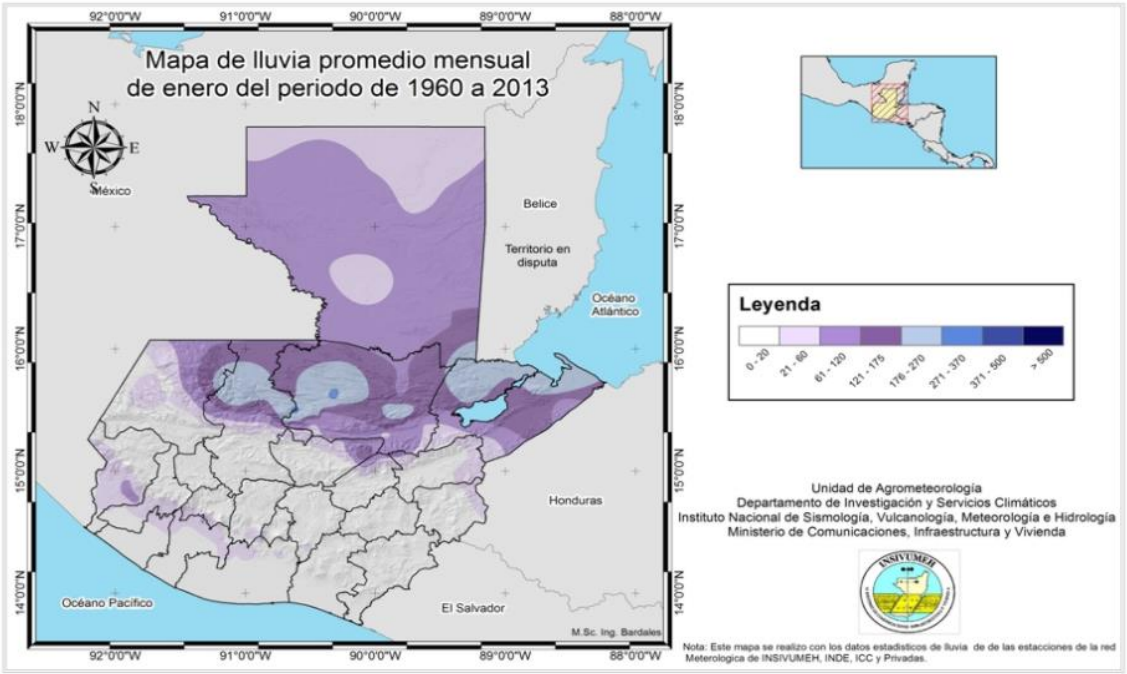
(INSIVUMEH, 2015)

Figura No. 59. Mapa de precipitación promedio anual de la República de Guatemala.



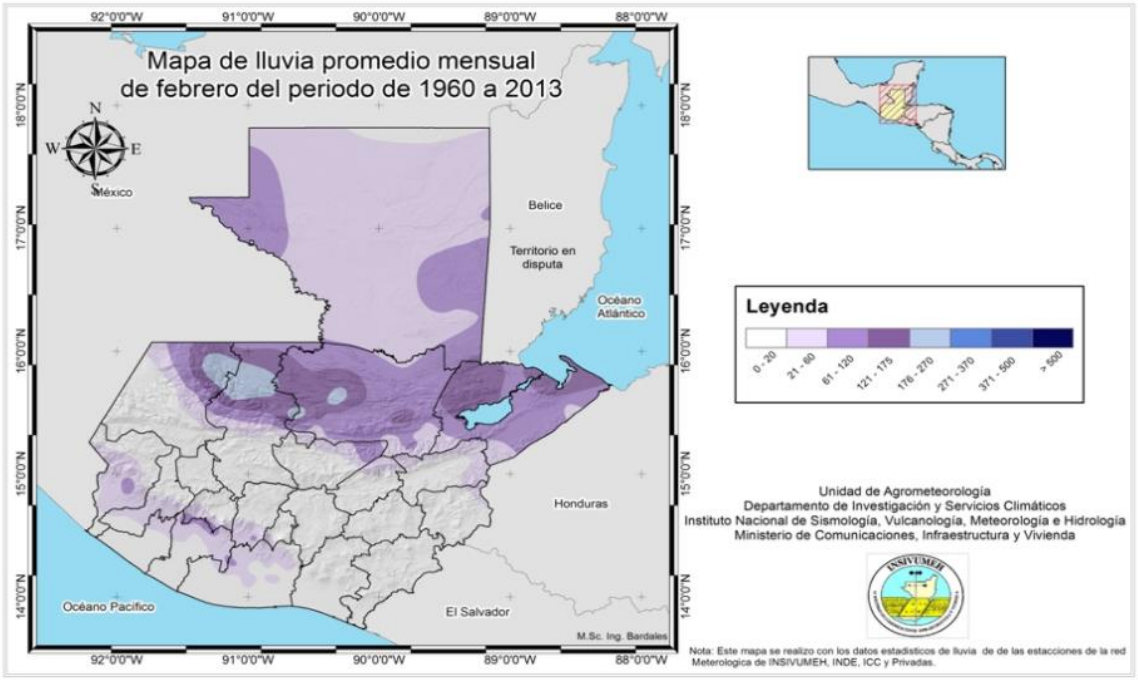
(INSIVUMEH, 2015)

Figura No. 60. Promedio mensual de lluvia en mm de enero.



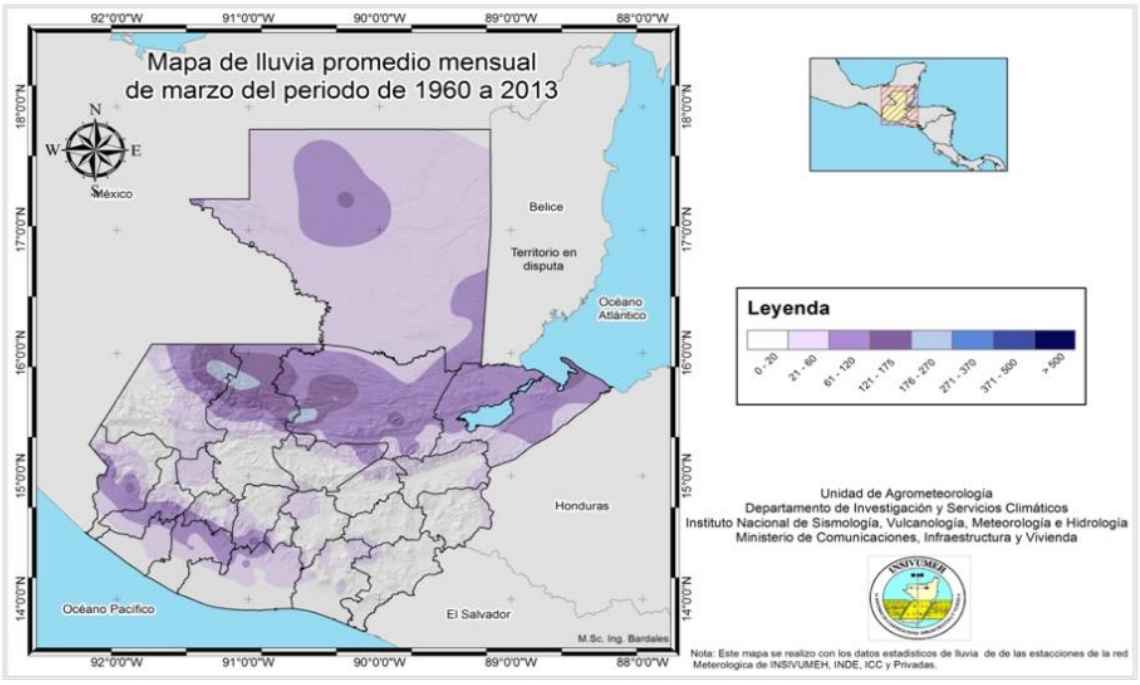
(INSIVUMEH, 2015)

Figura No. 61. Promedio mensual de lluvia en mm de febrero.



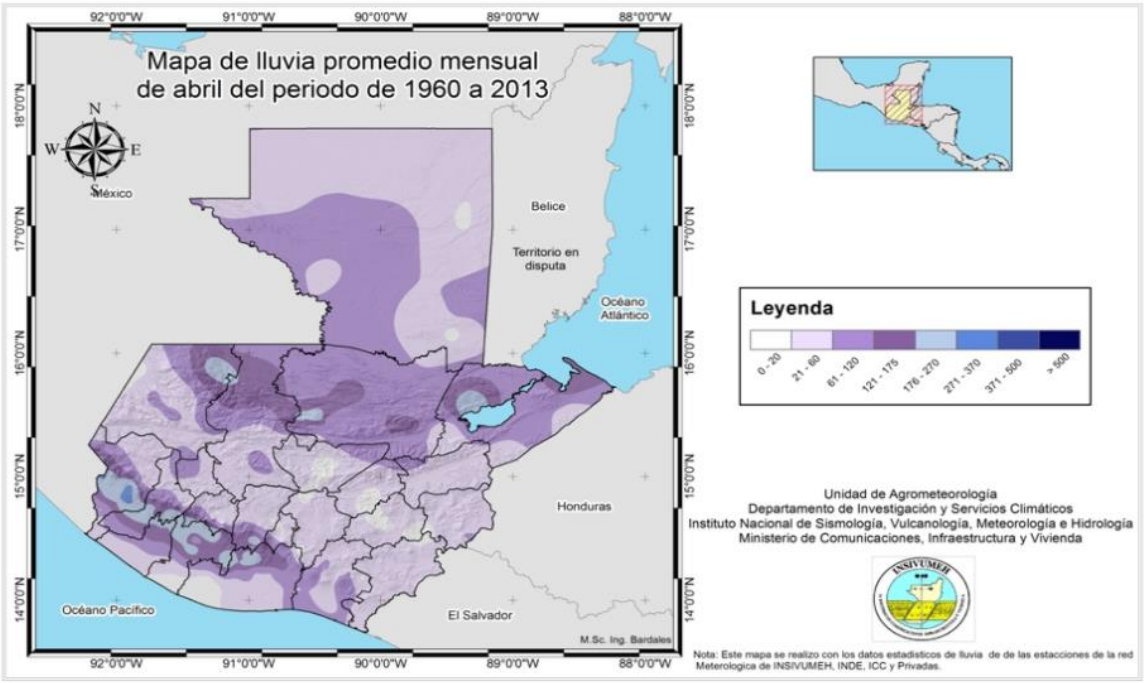
(INSIVUMEH, 2015)

Figura No. 62. Promedio mensual de lluvia en mm de marzo.



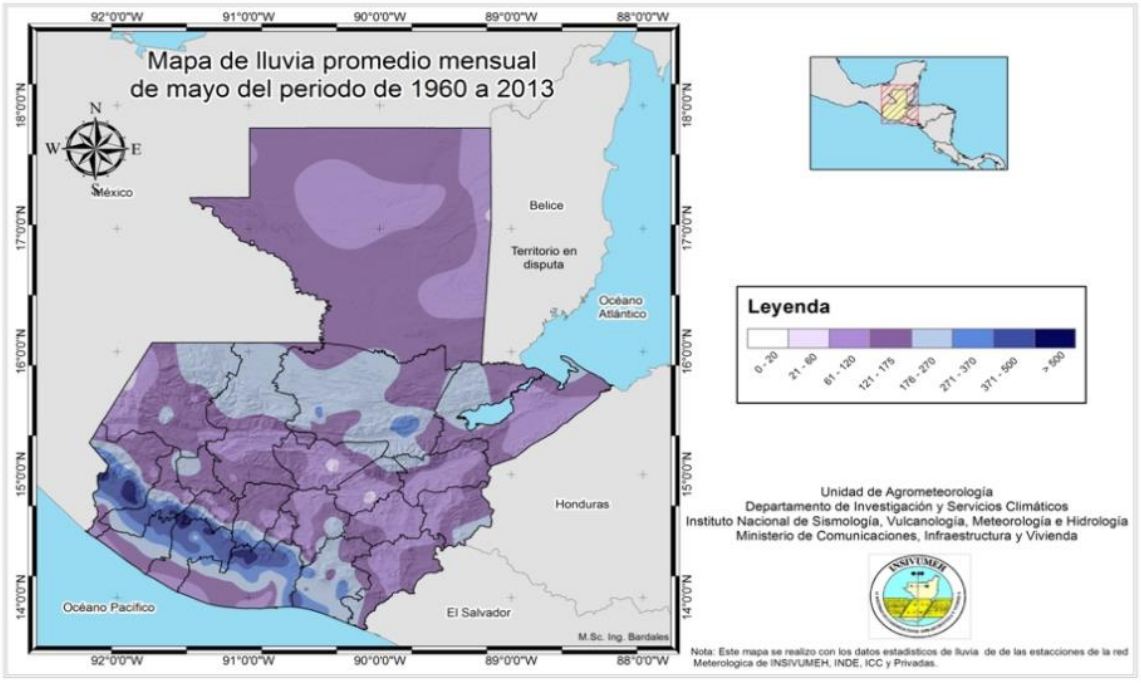
(INSIVUMEH, 2015)

Figura No. 63. Promedio mensual de lluvia en mm de abril.



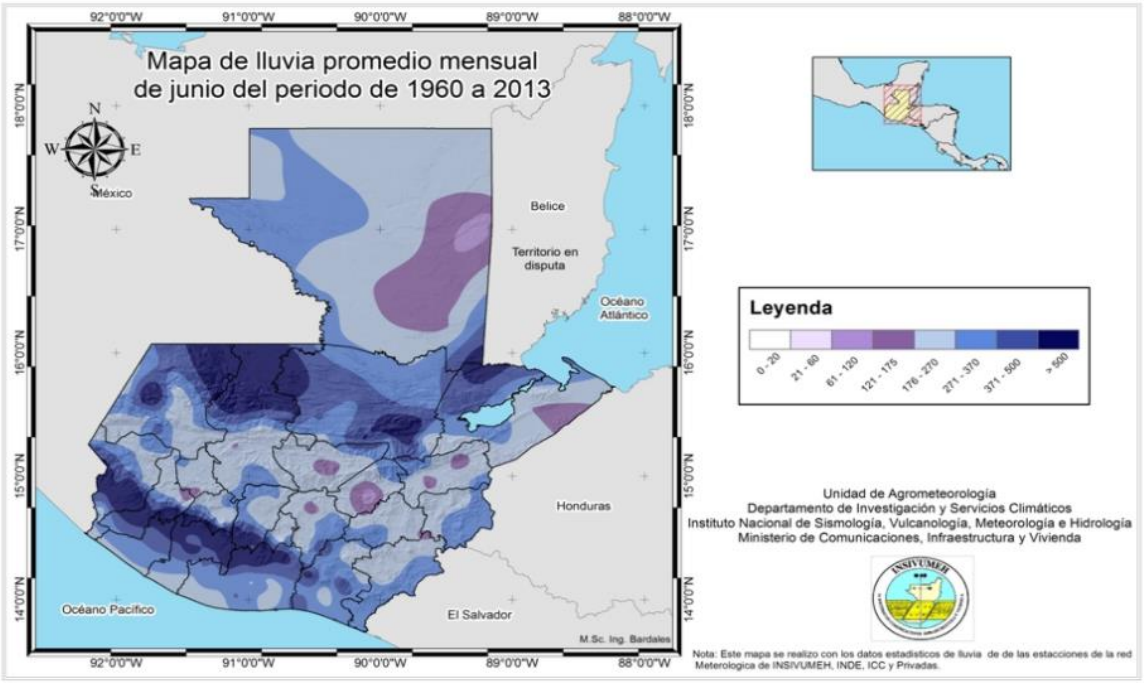
(INSIVUMEH, 2015)

Figura No. 64. Promedio mensual de lluvia en mm de mayo.



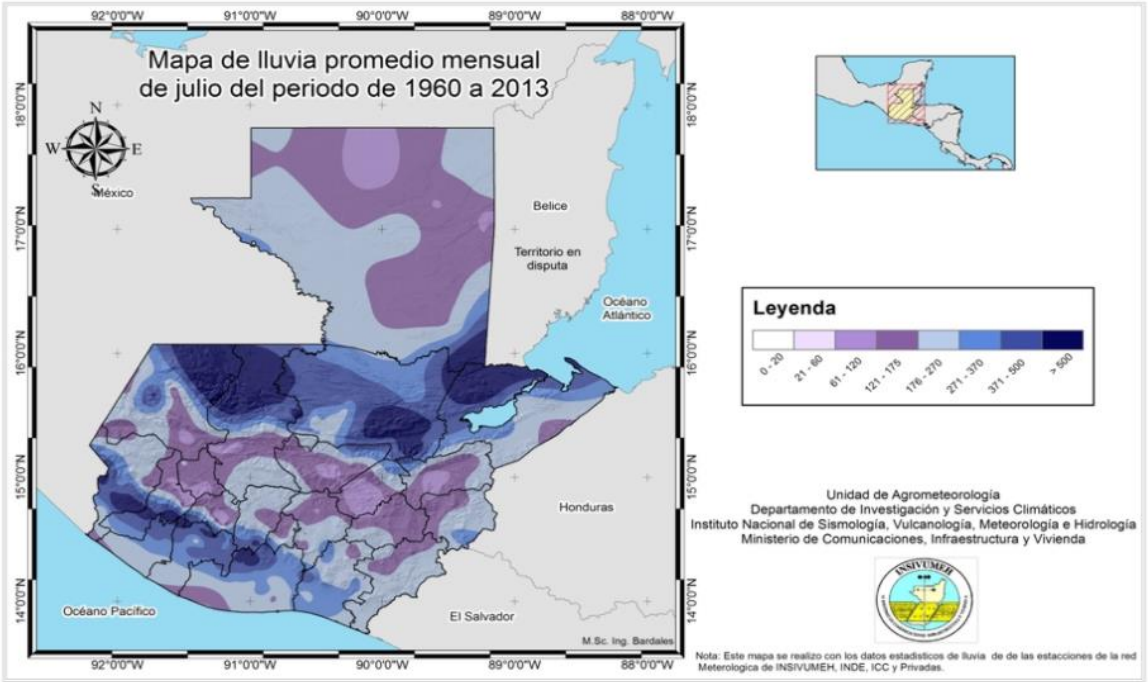
(INSIVUMEH, 2015)

Figura No. 65. Promedio mensual de lluvia en mm de junio.



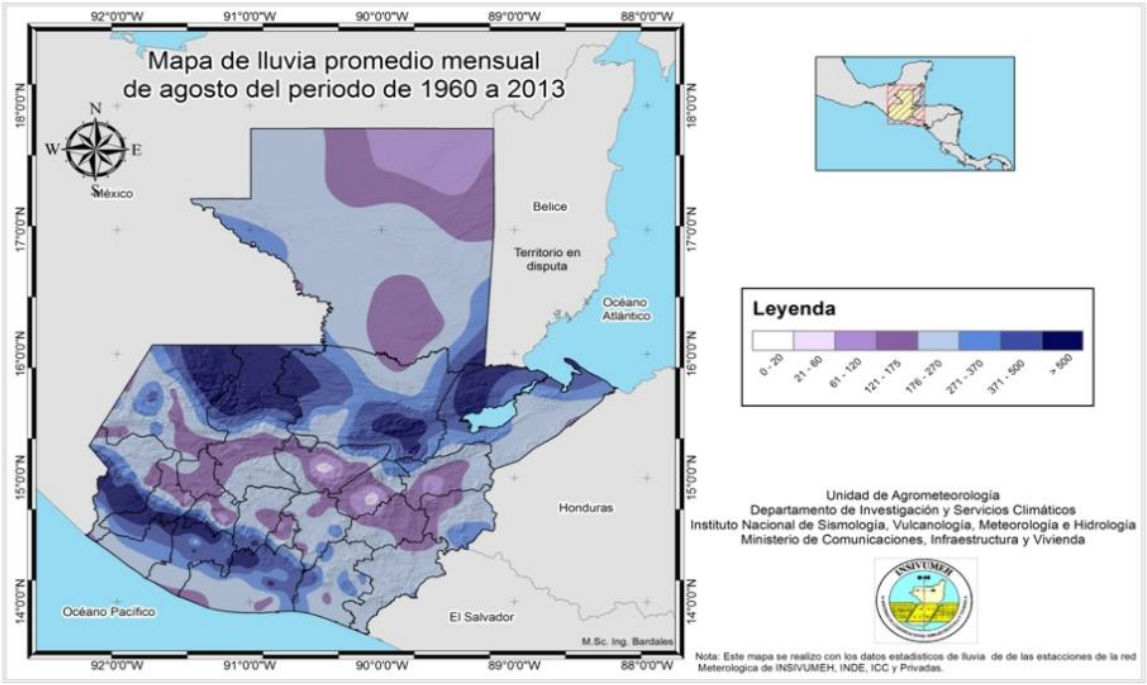
(INSIVUMEH, 2015)

Figura No. 66. Promedio mensual de lluvia en mm de julio.



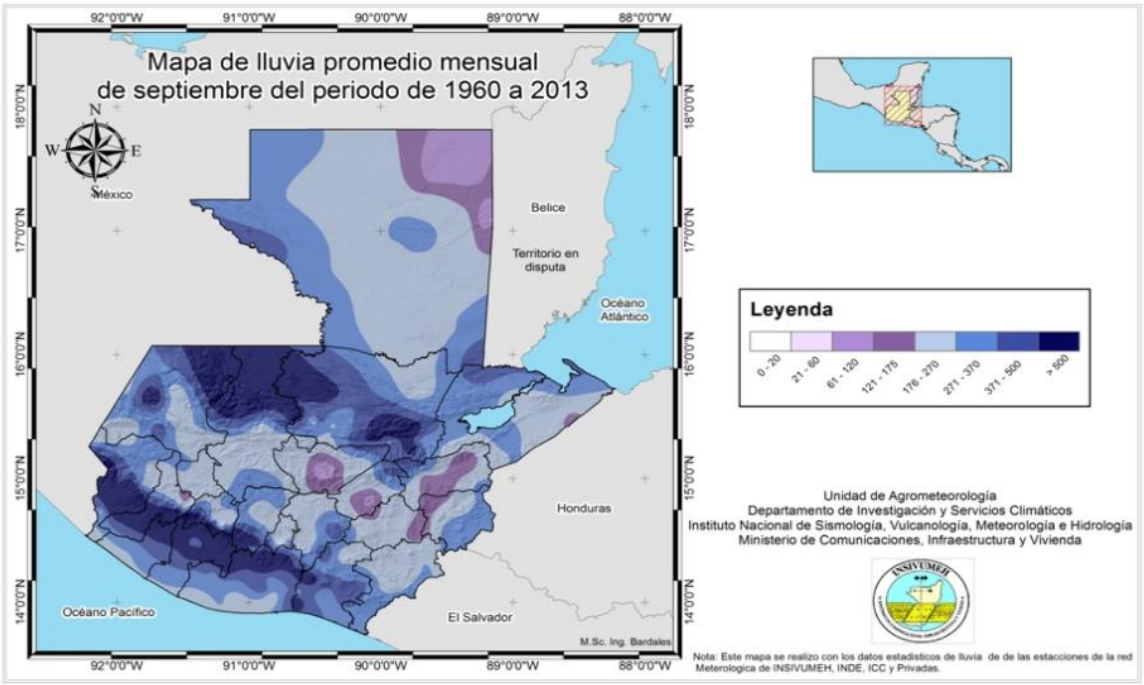
(INSIVUMEH, 2015)

Figura No. 67. Promedio mensual de lluvia en mm de agosto.



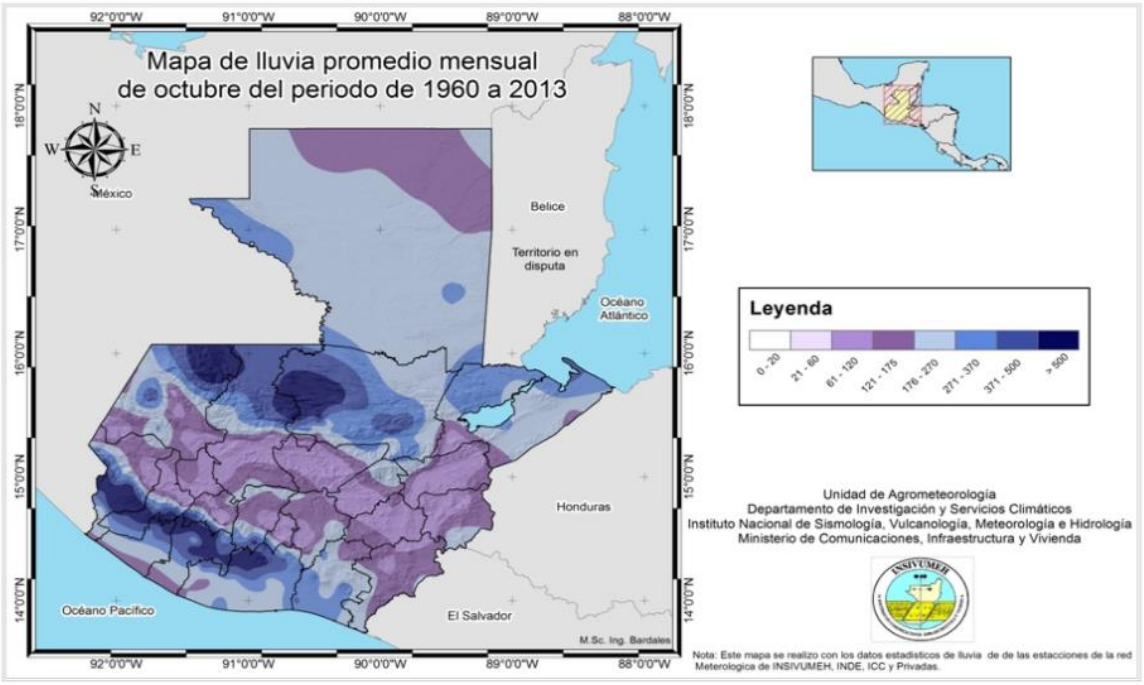
(INSIVUMEH, 2015)

Figura No. 68. Promedio mensual de lluvia en mm de septiembre.



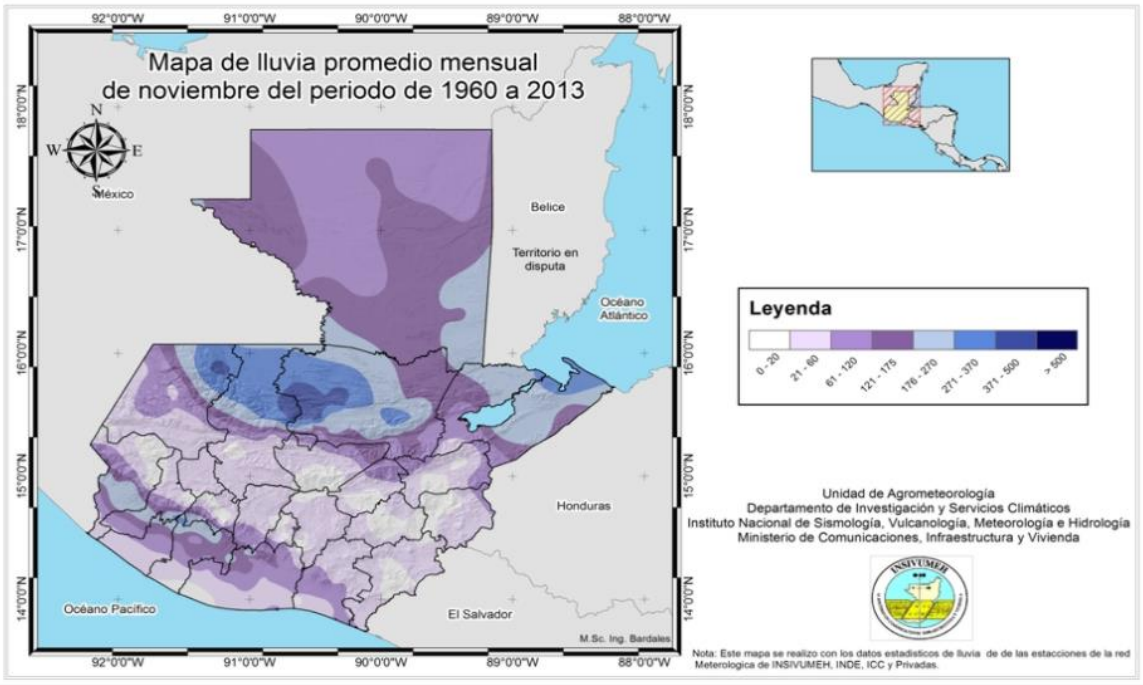
(INSIVUMEH, 2015)

Figura No. 69. Promedio mensual de lluvia en mm de octubre.



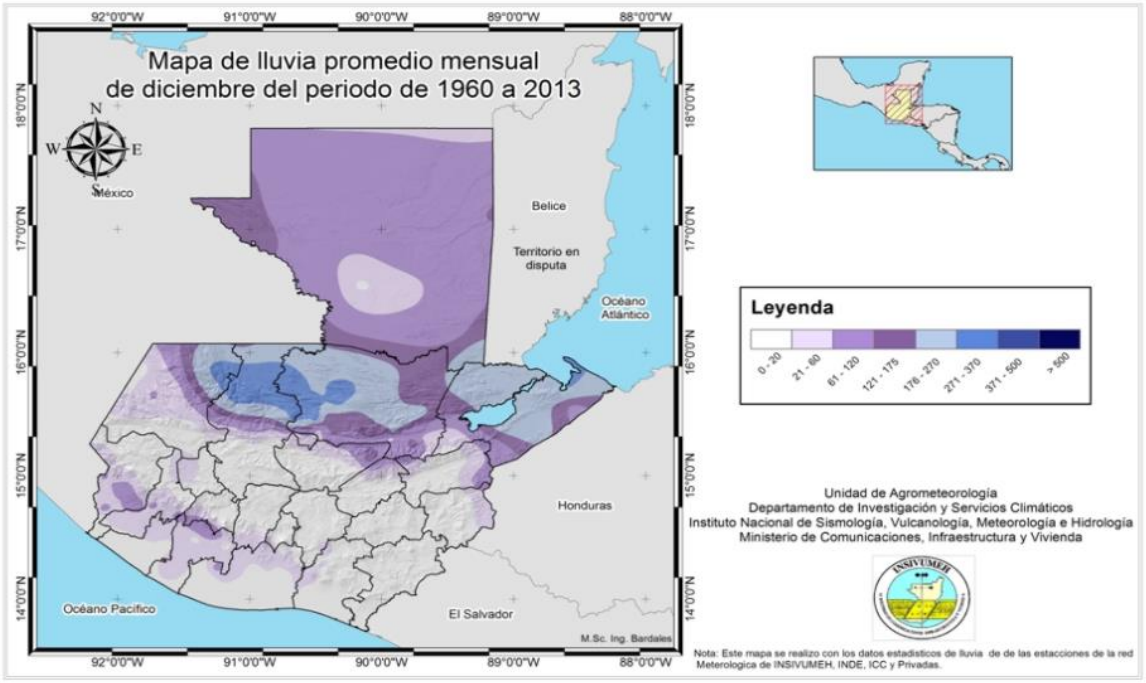
(INSIVUMEH, 2015)

Figura No.70. Promedio mensual de lluvia en mm de noviembre.



(INSIVUMEH, 2015)

Figura No. 71. Promedio mensual de lluvia en mm diciembre.



(INSIVUMEH, 2015)

Cuadro No. 13. Promedio de lluvia anual para la Ciudad de Guatemala.

Mes	Promedio lluvia (mm)
Enero	0-20
Febrero	0-20
Marzo	0-20
Abril	21-60
Mayo	61-120
Junio	176-270
Julio	121-175
Agosto	176-270
Septiembre	271-370
Octubre	121-175
Noviembre	21-60
Diciembre	0-20

(INSIVUMEH, 2015)

En el cuadro anterior se realizó un resumen del promedio de lluvia mensual registrado en los años 1960 a 2013 para la Ciudad de Guatemala. Por lo que se puede observar que la temporada de lluvia inicia a partir de mayo y finaliza en octubre. Siendo el mes de septiembre el más lluvioso de la temporada. El promedio de lluvia mensual para la Ciudad es de 230 mm.

5. Sistemas para recolección y aprovechamiento de agua de lluvia. La captación de agua y reutilización de agua de lluvia es un método empleado para abastecerse de agua, sobre todo en lugares donde es inaccesible y el clima es complicado en donde no llueve mucho. Pero con el nuevo concepto de edificaciones verdes este sistema se ha convertido en la forma para disminuir el consumo de agua municipal y el tratamiento de aguas grises. Aparatos como los inodoros son las mayores fuentes de descarga de agua potable y por lo tanto de desperdicio. Por lo que es aquí donde se podría utilizar el agua de lluvia recolectada.

Cuando llueve, una cantidad del agua que cae del cielo se filtra hasta el subsuelo, otra fluye y forma los ríos y lagos y otra se evapora de nuevo a la atmósfera. El volumen de agua acumulado en los primeros dos destinos permite su utilización por el hombre desde donde se acumula de forma natural, en el subsuelo o enrío o lagos. Los sistemas de distribución del agua desde esos puntos hasta las concentraciones urbanas modernas emplean importantes cantidades de energía, de recursos e infraestructuras (Sitiosolar, 2013).

El agua de lluvia es esencialmente agua destilada. El agua destilada es técnicamente potable e incluso considerada la mejor agua para beber. Aun así, no se recomienda el uso de esta agua para aplicaciones que requieran de agua potable ya que la atmósfera contiene contaminantes suspendido que se precipitan con las gotas de lluvia más otro tipo de contaminantes que pueden existir en las áreas de captación. Si se quitan las partículas suspendidas que pueden llevar por medio de un filtro grueso, se puede emplear para los inodoros, para riego e incluso lavar la ropa (Sitiosolar, 2013).

Para lograr un uso selectivo de agua de lluvia para las actividades mencionadas en muchos casos se instalan dos redes de agua. Una conectada a la red general que cubra el consumo de agua potable y otra de agua de lluvia que vaya hacia los escusados, lavadoras y grifos en el lavadero. Se recomienda jamás mezclar el agua de la red con el agua de lluvia (Sitiosolar, 2013).

a. Proceso de los sistemas de recolección de agua de lluvia

1) Captación. Es la superficie en donde se realizará la recolección de agua de lluvia. La misma debe facilitar el escurrimiento para transportarla.

2) Transporte. Conjunto de tuberías o canales donde se transporta el agua al área de almacenamiento después de haber sido escurrida y recolectada.

3) Almacenamiento. Es el espacio que tiene como fin guardar el agua por cierta cantidad de tiempo.

4) Filtro o pretratamiento. Donde el agua se separa de los contaminantes y cualquier elemento indeseable para que pueda ser utilizada.

5) Sistema de control. Es el sistema que controla su distribución.

b. Tratamiento del agua de lluvia. Como se explicó anteriormente el agua de lluvia no puede ser utilizada para consumo sin pasar por un proceso de potabilización. Pero también se debe tomar en cuenta los daños de la lluvia ácida. La lluvia ácida es la precipitación que tiene un nivel más ácido que el normal. En la tierra los efectos dañinos que provoca son la degradación de los nutrientes del suelo, corrosión metálica y alimentos contaminados por consumo de pescado y agua potable mezclada con lluvia ácida.

Del año 2011 al 2015 Coca-Cola México instaló techos captadores de agua de lluvia. Para su tratamiento se realizó un proceso que empieza por los canales de transporte. Cuando la lluvia escurre por el techo y se dirige hacia los canales, pasa por el primer filtro el cual hace que el agua pase y queden afuera las hojas y todo objeto sólido de gran tamaño. Luego pasa por un separador de primeras lluvias, ya que estas son muy sucias, este es un sistema de flotador llamado Tlaloque. En la cisterna se coloca un reductor de turbulencia, el cual al limitar la velocidad de entrada del agua hace que los sedimentos no se revuelvan.

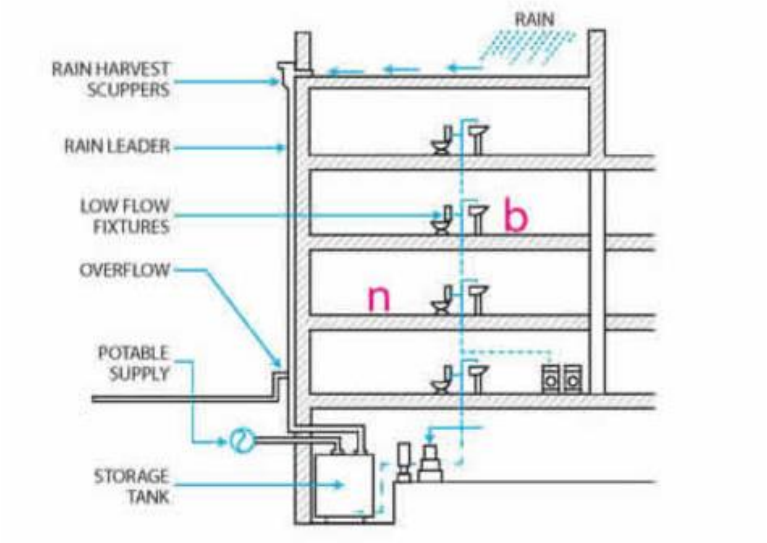
La cisterna contiene una plancha flotante que permite que la bomba solo succione el agua que está en las capas superiores dejando que los sedimentos se asienten. Después el agua pasa por un tren de filtrado que consiste en un filtro quita sedimentos de 50 micras y luego uno de carbón activado que elimina contaminantes químicos.

c. Sistemas de recolección de agua de lluvia

1) Modelo básico. Para generar un modelo de este tipo, se puede crear haciendo uso de pequeña cantidad de componentes. Esto debido a que la parte más importante es un captador que permita almacenar el volumen requerido de agua y material para transportarlo a donde se desee. Dependiendo de la distancia de distribución, material que se use y cantidad es que depende el factor económico. Sin embargo, puede resultar siendo económico y brindando grandes beneficios no solo a una persona, sino que puede llegar a ayudar a toda una comunidad.

- Componentes de un sistema de captación simple
- Área de captación
- Red de recolección
- Interceptor de primeras aguas
- Cisterna
- Sistema de filtración rápida
- Red de distribución por bombeo

Figura No. 72. Componentes de un sistema básico de recolección de agua pluvial.

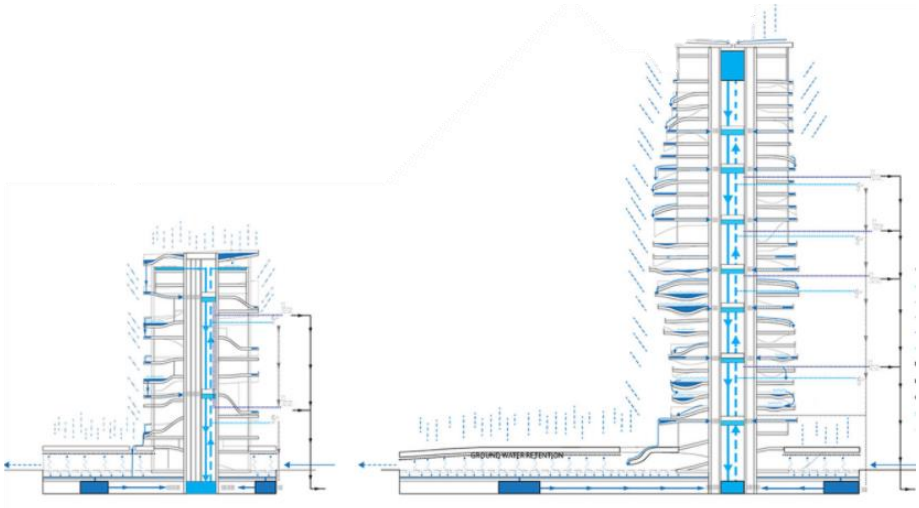


(Fruto, 2013)

2) Tanques de agua distribuidos (gravedad). Este sistema consiste en pequeños tanques de agua o mini cisternas distribuidas por toda la altura del edificio. Al recolectarse el agua esta es transportada por una diversa red de tuberías hacia distintos tanques de almacenamiento. Cuando esta llega al tanque antes de ser distribuida por gravedad a los diferentes aparatos pasa por un sistema de filtración.

Figura No. 73. Tanques de agua distribuida por gravedad.

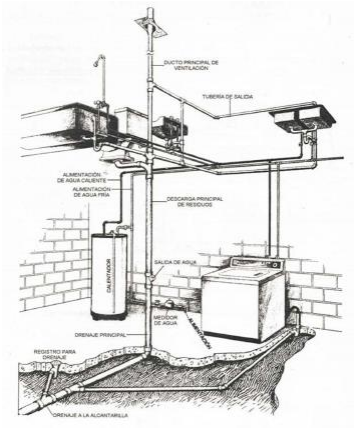
(Fruto, 2013)



6. Diseño de la red hidrosanitaria

a. Sistemas hidráulicos y sanitarios. Las instalaciones hidráulicas son el conjunto de tanques elevados, cisternas o tanques de almacenamiento, tuberías de descarga, succión y distribución, bombas, válvulas, calentadores de agua, todos los accesorios sanitarios y servicios de la edificación. Las instalaciones sanitarias son el conjunto de tuberías de conducción, conexiones, trampas, calderas, etc., que se requieran para la evacuación y ventilación de las aguas negras y pluviales de una edificación (Harper, 2004).

Figura No. 74. Anatomía de un sistema hidrosanitario.



(Méndez, 2016)

b. Sistema de tuberías de agua potable. Este sistema alimenta y distribuye el agua potable a los puntos de uso dentro de la edificación. Lo constituyen el tubo de servicio de agua, los tubos de distribución y las conexiones necesarias para los tubos, los herrajes, conectores, válvulas de control, etc.

- Tubos elevadores: Tubo de suministro de agua que se extiende en forma vertical para llevar el agua a ramales de accesorios o a un grupo de accesorios.
- Ramal o rama de accesorio: Es un tubo de suministro de agua entre el tubo de suministro a un accesorio y el tubo distribuidor de agua.
- Alimentación a un accesorio: Es un tubo de suministro de agua que conecta al accesorio con el tubo o rama al accesorio.

c. Sistema de tuberías de drenaje y ventilación. Se instalan para retirar las aguas de desperdicio y aguas jabonosas de los accesorios de la instalación de plomería y de los aparatos para proporcionar un medio de circulación de aire dentro de las tuberías de drenaje.

- Tubo de drenaje sanitario: Son los tubos instalados para retirar las aguas de desperdicio de los accesorios de plomería y conducir los desperdicios al alcantarillado.
- Tubo o chimenea de ventilación: Tubo para ventilar el sistema de drenaje y prevenir presión inversa o efecto sifón.

- Aguas de alcantarillado: Cualquier líquido de desperdicio con materia animal o vegetal en forma de solución.
- Gases de alcantarillado: Mezcla de vapores, olores y gases encontrados en las aguas de alcantarillado.
- Salida de limpieza: Herraje con tapón que se coloca en la tubería de drenaje para tener acceso a los tubos con el propósito de limpieza.
- Tubería de desperdicios: Es una tubería que transporta líquidos con desperdicios libres de material fecal.
- Tubería de excrementos: Tubería que conduce la descarga de los inodoros o de accesorios similares, que contienen materia fecal.
- Chimenea: Línea vertical, desperdicios o tubería de ventilación.

d. Sistema de drenaje de agua de lluvia. Sistema de tubos usados para transportar el agua de lluvia o de otras precipitaciones al alcantarillado o a cualquier otro lugar destinado para esto.

- Drenaje de lluvia del edificio: Alcantarillado y sistema de ductos en un edificio que conduce agua de lluvia.
- Bajadas principales de agua de lluvia: Es una tubería que se encuentra dentro de un edificio y que conduce al agua de lluvia del techo al alcantarillado.
- Drenaje de techo: Es un drenaje instalado para recibir el agua que se colecta sobre la superficie de un techo y para descargarla en el interior del canal de descarga o baja principal y llevarla a la salida aguas abajo.

e. Accesorios

1) TEE horizontal 90°. Accesorio en forma de “T” que permite derivar una tubería en ángulos rectos de 90°.

Figura No. 75. Accesorio TEE horizontal 90°



2) Codo horizontal a 90°.Accesorio de tubería que tiene una curva a 90°, utilizada para desviar la dirección recta de las tuberías. Estos son ampliamente utilizados en cambios de dirección horizontal a vertical.

Figura No. 76. Accesorio codo a 90°



3) Codo a 45°. Se utiliza en conexiones entre distintos tramos horizontales de tubería, pues las desviaciones no deben ser mayores a 45 grados.

Figura No. 77. Codo a 45°



4) Válvula de control horizontal de bola. Es un mecanismo de llave de paso que sirve para regular el flujo de un fluido canalizado. Este tipo de llave se caracteriza porque el mecanismo regulador, que se sitúa en el interior, tiene forma de esfera perforada. Estas pueden ser manuales o automatizadas.

Figura No. 78. Válvula de control de bola



5) Medidor de agua. También llamado contador de agua o hidrómetro, como lo dice su nombre, es un artefacto utilizado para contabilizar la cantidad de agua que pasa a través de él. Se usa mayormente para poder realizar el cobro del servicio de agua basándose en la cantidad de agua contabilizada, pero también puede ser utilizado como un punto de control para verificar el caudal.

Figura No. 79. Medidor de agua



6) Válvula anti-retorno. También llamada válvula de retención, válvula uniflujo o válvula *check*, tiene como función cerrar por completo el paso del fluido en circulación en un sentido y dejar paso libre en el contrario. Se utilizan ampliamente en tuberías conectadas a sistemas de bombeo para evitar golpes de ariete.

Figura No. 80. Válvula anti-retorno



7) Chorro o grifo. Es una llave con la condición especial que tiene un caño de salida para el agua. Por lo general consta de in vástago con rosca y al final una arandela de caucho que al girar el mando cierra un conducto de llegada y se interrumpe el paso del agua.

Figura No. 81. Chorro o grifo común



8) Grifo de lavamanos temporizado. Este tipo de grifo para uso de lavamanos tiene la característica que cuenta con un mando que se activa al ejercer presión con la mano. Por descompresión de aire la llave se va subiendo lentamente hasta que el flujo de agua se corta definitiva y automáticamente.

Figura No. 82. Grifo temporizado para lavamanos



9) Inodoro de fluxómetro. Este tipo de inodoros utilizan un fluxómetro como mecanismo de descarga para el agua. El fluxómetro utiliza una red de agua con una presión superior a la normal, que produce una descarga abundante y de corta duración.

Figura No. 83. Inodoro de fluxómetro



10) Mingitorio seco. Mingitorio con cero utilizaciones de agua. Su funcionamiento se basa en utilizar una trampa o filtro que atrapa los olores y evita que estos se propaguen en el ambiente.

Figura No. 84. Mingitorio seco con filtro para orina



f. Sistemas de suministro de agua, drenaje y ventilación.

1) Sistema de suministro. El agua entra al edificio a través de una tubería conectada a la red de distribución de agua municipal que pasa por una válvula de corte y medidor de caudal. Adentro de la edificación el agua se divide en los ramales de agua fría y agua caliente, estos viajan en paralelo hasta que llegan a los accesorios y aparatos que utilizan el agua.

2) Sistema de abastecimiento directo. La alimentación del agua fría se hace directamente de la red de agua municipal, sin tener tanques elevados o cisternas. Para emplear este sistema es necesario que los accesorios o aparatos se encuentren a poca altura y que la red municipal tenga la presión suficiente para que el agua llegue.

3) Sistema de abastecimiento por gravedad. Se utiliza cuando la presión de agua de la red municipal no es suficiente para llegar a los accesorios. Por lo que la distribución de agua potable se realiza a través de tanques elevados que se ubican en la parte superior de las edificaciones.

4) Sistema de abastecimiento combinado. Es una combinación de presión y gravedad, por lo que es necesario el uso de cisterna. Esta se utiliza ante la probabilidad de la disminución de cantidad de agua disponible o la reducción de presión. Normalmente, se construyen de concreto debajo del nivel del suelo con una entrada o agujero de hombre que debe quedar sobre la superficie del suelo para evitar que se contamine. Debe estar a cierta distancia con respecto a la baja de agua negra y a los linderos.

Cuadro No. 14. Distancias mínimas recomendables para instalación de cisternas.

Condición	Distancia
Al lindero más próximo	1.00 m
A la rejilla, albañal o registros	3.00 m
A las bajadas de aguas negras	3.00 m

(Harper, 2004)

Para calcular la capacidad de la cisterna se aplica un criterio de cantidad de reserva, es decir que el valor de reserva es igual a la dotación por persona al día por el número de habitantes de la edificación y esto por un mínimo de reserva de dos días.

g. Cálculo de dotación y volumen de cisterna

1) Dotación diaria de agua potable. La dotación es la cantidad o volumen de agua expresada en litros que se le otorgan a cada habitante por una unidad de tiempo u otra unidad dependiendo de la condición.

Cuadro No. 15. Dotación de agua.

Tipo de edificación	Dotación
Habitacional	
Vivienda	150
Comercial	
Abasto y Almacenamiento	
Mercados públicos	100 L/puesto/día
Locales comerciales	6 L/m2/día
Servicios sanitarios públicos	300 L/mueble/día
Lavanderías	40 L/kg ropa seca
Baños públicos	300 L/bañista/día
Agencias y talleres	100 L/trabajador/día
Servicios	
Administración	
Oficinas de cualquier tipo	50 L/persona/día
Otros servicios	100 L/trabajador/día
Hospitales y centros de salud	
Atención médica a usuarios externos	2 L/sitio/paciente
Servicios de salud a usuarios internos	800 L/cama/día
Asistencia social	
Asilos y orfanatos	300 L/cama/día
Asistencia animal	
Dotación para animales en su caso	25 L/animal/día
Educación e instituciones científicas	
Educación preescolas	20 L/alumno/turno
Educación básica y media básica	25 L/alumno/turno
Educación media superior	25 L/alumno/turno
Institutos de investigación	50 L/persona/día
Exhibición e información	
Museos y centros de información	10 L/asistente/día
Instituciones religiosas	
Lugares de culto, templos, iglesias y sinagogas	100 L/concurrrente/día
Alimentos y bebidas	
Cafés, restaurantes, bates, etc.	12 L/comensal/día
Entretenimiento	
Espectáculos y reuniones	10 L/asistente/día
Espacios abiertos	
Jardínes y parques	100 L/trabajador/día 5 L/m2/día

(Harper, 2006)

Para calcular la dotación total de la edificación se debe saber cuál es la población estimada para esta. La multiplicación de la dotación diaria por la población estimada brindará el caudal diario.

2) Datos para el diseño de una cisterna. Los datos necesarios para el diseño de una cisterna son:

- Qdía: Caudial diario.
- Número de habitantes o personas que ocuparán la edificación.
- Dimensión de áreas verdes (si tiene).
- Tiempo de almacenamiento o de reserva de agua.
- Volumen destinado a sistema contra incendios.

3) Dimensionamiento de la cisterna. Al conocer el consumo o dotación diaria para determinar la capacidad de la cisterna, se calcula el volumen de agua que permita abastecer el edificio por lo menos 2 días. Según el manual de Instalaciones Hidráulicas, Sanitarias y de Gas para Edificios el volumen de abastecimiento puede considerarse como un mínimo de 2/3 del consumo diario. Adicional a esto, se debe considerar el volumen para el sistema de protección contra incendios, con las siguientes condiciones:

- 8 m^3 para cubrir un siniestro durante ½ hora.
- 36 m^3 para cubrir un siniestro durante 2 horas.

Para obtener las dimensiones de una cisterna es necesario el cálculo de los siguientes caudales:

$$Qmedio/diario = N * Qdía \quad (1)$$

$$Qmáximo\ horario = \frac{Qdía}{24\ horas} \quad (2)$$

$$Qb = \frac{Qdía}{tb} = Qdía/86400 \quad (3)$$

Donde:

N= Cantidad de personas, hab

Qdía= Caudal diario, l/día

Qb= Caudal, l/s

4) Cálculo dimensionamiento en planta. Según el volumen hidráulico que se obtenga con las fórmulas anteriores, se realiza el dimensionamiento en planta de la cisterna. Es decir, cuánto tendrá de ancho y largo. Para determinar estas dimensiones se deben establecer los siguientes parámetros:

- Tiempo de almacenamiento (Tr).
- Almacenamiento mínimo.
- Almacenamiento para siniestro ya sea ½ hora o 2 horas.
- Volumen total de almacenamiento (Vt) y aproximarlo a un volumen redondo.
- Altura recomendada de cisterna.

La siguiente ecuación determinará los parámetros anteriores.

$$Almacenamiento\ mínimo = Tr * Qdía \ (4)$$

Donde:

Tr= Tiempo de almacenamiento, día

Este parámetro se dará en m^3.

$$Vt = Almacenamiento\ mínimo + Almacenamiento\ para\ siniestro \ (5)$$

Donde:

Vt= Volumen total, m^3

Este parámetro también se dará en m^3 y se redondea.

La altura de la cisterna se recomienda a partir de 2 m como mínimo. Por lo que las dimensiones de la cisterna se encuentran con las siguientes ecuaciones:

$$L = \sqrt{\frac{4 * Vt}{3 * H}} \quad (6)$$

Donde:

L= Longitud de la cisterna, m

H= Altura de la cisterna, m

Vt= Volumen total de la cisterna, m^3

$$B = \frac{3}{4}L \quad (7)$$

Donde:

B= Ancho de la cisterna, m

Para encontrar las dimensiones reales de la cisterna hay que sumar el espesor de las paredes.

$$Lt = 2t + L \quad (8)$$

$$Bt = 2t + B \quad (9)$$

Bt= Ancho real, m

Lt= Largo real, m

t= espesor de pared, m

Se recomienda que para la cisterna se deje una cama de aire de 20 cm. Entonces se determinará una altura H de agua y una altura H de aire.

5) Diámetro de la acometida. La cisterna será alimentada desde la red de distribución municipal. Para calcular el diámetro de la acometida es necesario considerar los siguientes parámetros:

- Tiempo de llenado máximo, que puede ser de 4 a 6 horas.
- Velocidad de flujo 2 a 2.5 m/s.

La siguiente ecuación será utilizada para calcular el diámetro de alimentación.

$$D = \left(\frac{4 * Qdía}{\pi * V}\right)^{1/2} \quad (10)$$

Donde:

D= Diámetro de tubería de alimentación, mm

Qdia= Caudal máximo diario, m^3/s

V= Velocidad de flujo, m/s

h. Cálculos de redes de agua fría. La red de tuberías para distribución de agua potable en una edificación se analiza en relación con el uso que se le dará a la misma. Este cálculo consta de determinar las medidas de las tuberías y sus accesorios. Existen diferentes tipos de tuberías de distribución.

1) Tuberías subramales. Son todas las tuberías que sirven como la conexión de agua entre el aparato sanitario y el ramal. El diámetro de estas tuberías está sujeto a la conexión del aparato a servir. Por lo general sus fabricantes son los que otorgan estos diámetros, pero el Reglamento Nacional de Edificaciones de México proporciona una tabla con el diámetro de tubería según el aparato.

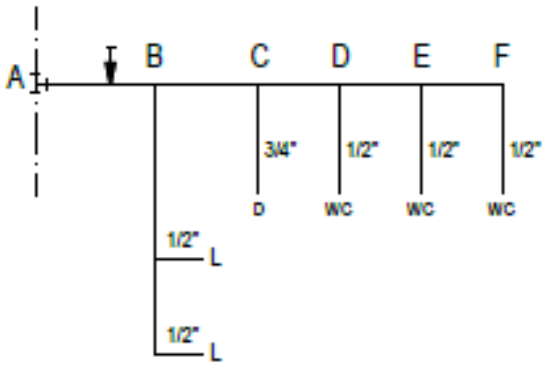
Cuadro No. 16. Diámetros de subramale.

Tipo de aparato	Diámetro de subramal en plg		
	Presión hasta de 10 m	Presión > 10 m	Presión mínima
Lavatorio	1/2	1/2	1/2
Bidet	1/2	1/2	1/2
Tina	3/4 a 1/2	3/4	1/2
Ducha	3/4	1/2	1/2
Grifo o llave de cocina	3/4	1/2	1/2
Inodoro con tanque	1/2	1/2	1/2
Inodoro con válvula	1 1/2 a 2	1	1 1/4
Urinario con válvula	1 1/2 a 2	1	1
Urinario con tanque	1/2	1/2	1/2

(Alamo, 2014)

Por medio de la tabla anterior o según especificaciones de los fabricantes de los aparatos sanitarios se le da un diámetro a cada uno de estos. La siguiente figura sirve como ejemplo:

Figura No. 85. Asignación de diámetros al subramal según aparatos sanitarios.



(Alamo, 2014)

2) Tubería ramal. Existen diversas formas de calcular esta serie de tuberías. Dos de los más usados el método de consumo máximo simultáneo posible o el consumo máximo probable que pueda presentarse durante el uso de los aparatos sanitarios. Estos se utilizan dependiendo del uso de la edificación y al calcular con el consumo máximo simultáneo los diámetros resultan siendo mayores.

Cuadro No. 17. Método según uso de edificación.

Consumo Máximo simultáneo	Consumo simultáneo máximo problable
Estadios	Edificios residenciales
Colegios	Viviendas
Universidades	
Cines	

a) Consumo máximo simultáneo posible. Este método considera que todos los aparatos funcionarán al mismo tiempo. La selección del diámetro toma como base la unidad de tubería de ½", de tal modo que el ramal en cada tramo sea equivalente a la suma de las secciones de los sub ramales que abastecen al alimentador (Alamo, 2014).

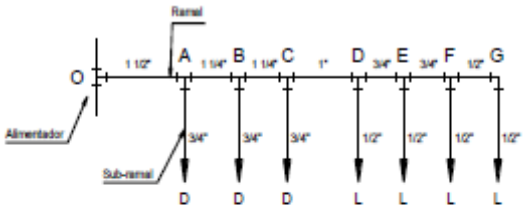
Cuadro No. 18. Tabla de referencias para equivalencias en los ramales.

TABLA DE EQUIVALENCIAS PARA RAMALES

Φ Tubería (in)	No. De tubos de 1/2" con la misma capacidad
0.50	1.00
0.75	2.90
1.00	6.20
1.25	10.90
1.50	17.40
2.00	37.80
2.50	65.50
3.00	110.50
4.00	189.00
6.00	527.00
8.00	1,250.00
10.00	2,080.00

(Alamo, 2014)

Figura No. 86. Ejemplo de equivalencias para dimensionar ramales.



Tramo	Equivalencia	Φ Tubo.
FG	1	½"
EF	2	¾"
DE	3	¾"
CD	4	1"
BC	6.9	1 ¼"
AB	9.8	1 ¼"
OA	12.7	1 ½"

(Alamo, 2014)

b) Consumo simultáneo máximo probable. Este método estima que el funcionamiento de todos los aparatos al mismo tiempo es poco probable y con la probabilidad de que el aumento de aparatos sanitarios con funcionamiento simultáneo disminuya.

Cuadro No. 19. Probabilidades de uso de aparatos sanitarios.

No. Aparatos sanitarios	Factores de uso	
	Aparatos con tanque %	Aparatos de válvula %
2.00	100.00	100.00
3.00	80.00	65.00
4.00	68.00	50.00
5.00	62.00	42.00
6.00	58.00	38.00
7.00	56.00	35.00
8.00	53.00	31.00
9.00	51.00	29.00
10.00	50.00	27.00
20.00	42.00	16.00
30.00	38.00	12.00
40.00	37.00	9.00
50.00	36.00	8.00
60.00	35.00	7.00
70.00	34.00	6.10
80.00	33.00	5.30
90.00	32.00	4.60
100.00	31.00	4.20
500.00	27.50	1.50
1,000.00	25.00	1.00

(Alamo, 2014)

Por ejemplo, si se tiene seis aparatos sanitarios, suponiendo que son de tanque, entonces 58% de estos están funcionando. Si son aparatos de válvula 38% de estos están funcionando.

$$X = \frac{58 * 6}{100} = 3.48$$

Significa que cuatro aparatos están funcionando simultáneamente.

c) Método de Hunter . Este método evalúa el caudal máximo probable y para esto considera que unos pocos aparatos, de los que están conectados, estarán funcionando al mismo tiempo. El método es aplicable a grandes grupos de elementos. Según Hunter, se tiene un funcionamiento satisfactorio cuando las tuberías están proporcionadas para suministrar la carga de demanda para el número m del total de n aparatos del edificio.

Derivado de este método se constituye el Método de Hunter modificado. La diferencia con el descrito anteriormente es la lectura del caudal máximo probable. Este método asigna a cada aparato sanitario una Unidad Consumo o Unidad Gasto. Al cual se le asigna un factor de seguridad de 2.5 con respecto al caudal mínimo requerido por aparato. Una unidad de consumo es el gasto promedio demandado por un lavabo en condiciones de funcionamiento normal. A continuación, se presentan las unidades de consumo de los aparatos para uso público:

Cuadro No. 20. Unidades gasto para aparatos de uso público.

Aparato Sanitario	Tipo	Unidades de gasto		
		Agua fría	Agua caliente	Total
Inodoro	Fluxómetro	10.00		10.00
Inodoro	Depósito	5.00		5.00
Urinario	Fluxómetro (D=2.5 cm)	10.00		10.00
Urinario	Fluxómetro (D=2.0 cm)	5.00		5.00
Urinario	Depóxito	3.00	1.50	3.00
Lavabo	Llave	1.50	3.00	2.00
Ducha	Válvula mezcladora	3.00	3.00	4.00
Fregadero	Hotel, restaurante (llave)	3.00		4.00
Bebedero	Simple	1.00		1.00
Bebedero	Múltiple	1.00		1.00

Cuadro No. 21. Caudal probable en función de la sumatoria de Unidades Consumo.

No. De	Gasto probable		No. De	Gasto probable		No. De	Gasto probable	
Unidadades	Tanque	Válvula	Unidadades	Tanque	Válvula	Unidadades	Tanque	Válvula
3.00	0.25	1.10	65.00	2.05	3.60	460.00	7.87	8.55
4.00	0.30	1.23	70.00	2.16	3.70	480.00	8.11	8.75
5.00	0.35	1.34	75.00	2.26	3.80	500.00	8.34	8.94
6.00	0.40	1.44	80.00	2.37	3.90	520.00	8.57	9.12
7.00	0.44	1.53	85.00	2.47	3.99	540.00	8.79	9.31
8.00	0.49	1.61	90.00	2.57	4.08	560.00	9.01	9.49
9.00	0.53	1.68	95.00	2.66	4.16	580.00	9.23	9.66
10.00	0.57	1.50	100.00	2.76	4.25	600.00	9.45	9.84
12.00	0.64	1.88	110.00	2.94	4.40	620.00	9.67	10.01
14.00	0.71	2.00	120.00	3.13	4.55	640.00	9.88	10.18
16.00	0.78	2.10	130.00	3.30	4.70	660.00	10.09	10.35
18.00	0.85	2.20	140.00	3.48	4.83	680.00	10.30	10.51
20.00	0.91	2.29	150.00	3.64	4.96	700.00	10.51	10.67
22.00	0.97	2.37	160.00	3.81	5.09	720.00	10.72	10.83
24.00	1.03	2.45	170.00	3.97	5.20	740.00	10.92	10.99
26.00	1.09	2.53	180.00	4.13	5.32	760.00	11.12	11.15
28.00	1.15	2.60	190.00	4.29	5.43	780.00	11.32	11.30
30.00	1.21	2.67	200.00	4.44	5.54	800.00	11.52	11.45
32.00	1.26	2.74	220.00	4.74	5.75	820.00	11.72	11.60
34.00	1.31	2.81	240.00	5.03	5.94	840.00	11.91	11.75
36.00	1.37	2.87	260.00	4.80	6.33	860.00	12.11	11.90
38.00	1.42	2.93	280.00	5.08	6.58	880.00	12.30	12.04
40.00	1.47	2.99	300.00	5.35	6.82	900.00	12.49	12.19
42.00	1.52	3.04	320.00	5.61	7.06	920.00	12.68	12.33
44.00	1.57	3.10	340.00	5.87	7.29	940.00	12.87	12.47
46.00	1.62	3.15	360.00	6.13	7.51	960.00	13.06	12.61
48.00	1.67	3.20	380.00	6.38	7.73	980.00	13.24	12.75
50.00	1.71	3.25	400.00	6.63	7.94	1,000.00	13.43	12.89
55.00	1.83	3.37	420.00	6.88	8.15			
60.00	1.94	3.49	440.00	7.13	8.35			

Al asignar a cada aparato una unidad consumo y hacer la sumatoria se verifica el gasto en la tabla de unidades consumo.

d) Pérdidas de energía. Las dimensiones de las tuberías están condicionadas por las pérdidas de energía. De esta manera la entrada y salida de la tubería tendrán la presión mínima requerida para una operación adecuada. La pérdida máxima de energía que puede tolerarse en un sistema durante la demanda pico es la diferencia entre la presión estática en la salida de agua más alta y remota, sin flujo, y la presión mínima de operación requerida en la salida.

Las pérdidas de energía pueden ser calculadas por medio de las fórmulas de Darcy-Weisbach u otras conocidas.

$$hf = f\frac{LV^2}{D2g} \quad (11)$$

Donde:

hf= Pérdidas por fricción, m

f= Coeficiente de fricción

L= Longitud de tubería, m

D= Diámetro de tubería, m

V= Velocidad de flujo en la tubería, m/s

g= Gravedad, m/s^2

Para calcular las pérdidas locales por accesorios se puede utilizar la siguiente ecuación o bien por longitud equivalente.

$$hf = k\frac{V^2}{2g} \quad (12)$$

Donde:

hf= pérdida de energía localizada, m

k= Coeficiente de pérdida por accesorio

V= Velocidad del flujo en la tubería, m/s

g= Gravedad, m/s^2

Se recomienda que las pérdidas de energía no excedan 10% de la longitud total.

e) Velocidad máxima. El golpe de ariete es función de la celeridad de la onda de presión, por lo que se debe evitar velocidades excesivas de diseño con objeto de minimizar los problemas de este tipo. La velocidad máxima recomendada es de 2.5 m/s. Las altas velocidades del flujo producen erosión en las tuberías y choques hidráulicos.

$$V = \frac{4Q}{D^2\pi} \quad (13)$$

Donde:

V= Velocidad media en el tramo analizado

Q= Caudal (gasto), m^3/s

D= Diámetro, m

f) Energía Piezométrica. Es la energía o carga piezométrica que corresponde al inicio del tramo analizado. Si se trabaja con una distribución de agua descendente, la energía piezométrica inicial es la que corresponde a la posición del tanque elevado. Si se trata de una distribución ascendente, la energía piezométrica inicial es la que corresponde a la carga que puede suministrar el sistema de bombeo.

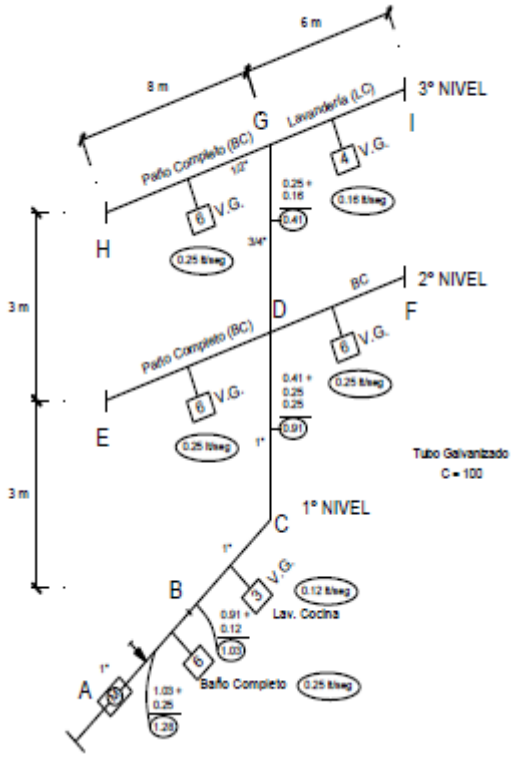
g) Energía piezométrica actual. Es igual a la energía piezométrica al inicio del tramo, menos las pérdidas de energía de ese mismo tramo.

h) Energía piezométrica estática. Corresponde a la energía potencial del tramo analizado, es decir, la altura existente en el punto final sobre un plano horizontal de referencia.

i) Energía disponible. La carga disponible en el punto final resulta de la diferencia entre la carga piezométrica actual menos la carga estática. Este valor debe cumplir con los requisitos de presión mínima para cada mueble sanitario.

j) Tubería de alimentación. Su diseño se realiza considerando las unidades gasto de los aparatos para esta tubería. Se debe calcular la descarga desde el punto más desfavorable hasta el nivel donde se encuentra el equipo de bombeo.

Figura No. 87. Ejemplo de cálculo de gastos desde el punto más alejado.



(Alamo, 2014)

Después de seleccionar los tramos y sus gastos acumulados respectivos se debe encontrar el diámetro derivado del gasto en l/s.

$$D = 0.7136\sqrt{Q} \quad (14)$$

Donde:

D= Diámetro, mm

Q= Gasto, l/s

Determinado el diámetro se procede a calcular las perdidas localizadas por medio de longitud equivalente. Esta se sumará a la longitud de la tubería y está longitud total será utilizada para calcular la pérdida por medio de la ecuación de Hazen y William.

$$hf = S * L \quad (15)$$

Donde:

$$S = \left(\frac{Q}{0.2785 * C * D^{2.63}}\right)^{1.85} \quad (16)$$

L= Longitud total, m

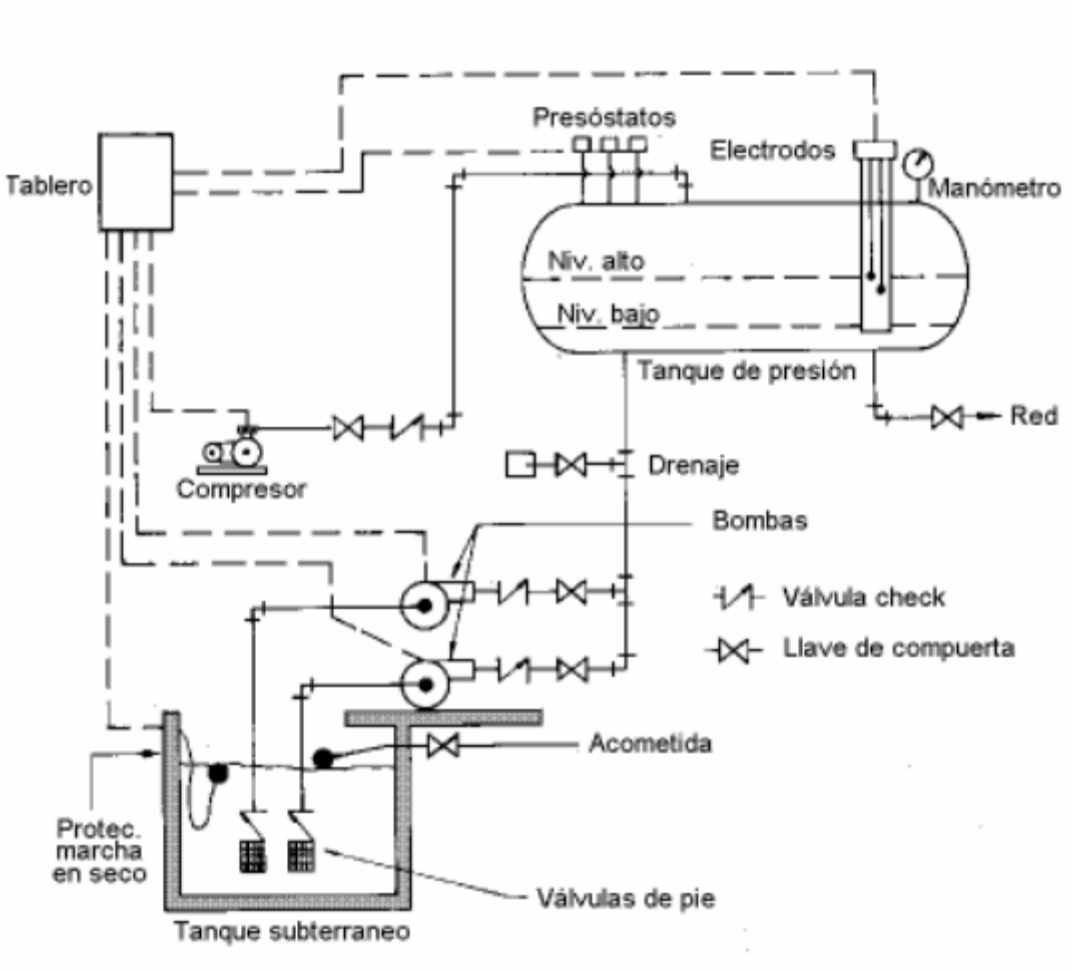
Para determinar la presión en el punto más alejado se sumará la perdida encontrada más la altura de nivel y también se llevará en acumulación hasta el punto más bajo. La presión que se obtenga en ese punto debe ser la mínima para que pueda llegar hasta el punto más alejado.

i. Sistemas de bombeo

1) Sistema indirecto de distribución con bombeo. Este sistema se implementa cuando la red de suministro municipal es poco confiable y tiene poca presión. Por lo que se diseña una cisterna que almacena el agua y es elevada por una bomba hacia otro almacenamiento o tinaco en la parte superior de la edificación. Al llegar el agua al almacenamiento superior se distribuye por medio de gravedad.

2) Sistema de bombeo hidroneumático. Utilizan el principio de compresibilidad o elasticidad del aire cuando es sometido a presión. El agua es suministrada desde la red municipal y se almacena en la cisterna, donde un sistema de bombas la impulsará a un recipiente a presión que contiene volúmenes variables de agua y aire. Cuando el agua entra al recipiente aumenta el nivel de agua y al comprimirse el aire aumenta la presión, cuando se llega a un nivel de agua y presión determinados, se produce la señal de parada de la bomba y el tanque queda en la capacidad de abastecer la red. Cuando los niveles mínimos preestablecidos bajan la bomba se enciende nuevamente (de Wekker, 2004).

Figura No. 88. Sistema de bombeo hidroneumático.



(de Wekker, 2004)

3) Sistema de presión constante. En un sistema de bombeo de velocidad fija que controla a la red de dos o más bombas funcionando en paralelo, las cuales se encienden y apagan de acuerdo con la demanda o gasto de la red. Este sistema tiene aplicación cuando los sistemas hidroneumáticos dejan de ser económicos. Se utiliza este sistema bajo las siguientes condiciones:

- Cuando la Pmáx del S.H, es ≥ 70 m de altura de agua.
- Cuando la capacidad del estanque hidroneumático es ≥ 3000 galones.
- Cuando el Qmáx estimado para el sistema es ≥ 20 L/s.

a) Caudal máximo. Para determinar la capacidad del equipo de bombeo es importante realizar el cálculo de la dotación diaria por el factor de demanda.

Cuadro No. 22. Factor de demanda

Factor demanda (K)		Dotación
K=	10.00	≤50,000 L/hab/día
K=	9.00	50,000 a 100,00 L/hab/día
K=	8.00	≥101,000 L/hab/día

$$Qmáx = \frac{Dotación * K}{86400} \quad (16)$$

Donde:

Qmáx= Caudal máximo

K= Factor de demanda

b) Número de bombas y caudal de bombeo. La cantidad de bombas se seleccionarán según el uso que se le dará a la edificación. Ya que aquí interviene la demanda y por lo tanto la capacidad de la bomba.

Cuadro No. 23. Número de bombas según tipo de edificio.

Uso del edificio	Bomba piloto		Bomba servicio	
	Número	"Q" caudal ≥1.75 L/s	Número	"Q" caudal ≥1.75 L/s
Escuelas, Edificios de oficina	2	0.10 x Q	2	Qb=0.50 x Q
			3	Qb= 0.35x Q
Centros comerciales	2	0.15 x Q	2	Qb=0.50 x Q
			3	Qb= 0.35x Q
Fábricas de 1 turno	2	0.20 x Q	2	Qb=0.50 x Q
			3	Qb= 0.35x Q
Fábricas de 2 turnos	2	0.25 x Q	2	Qb=0.50 x Q
			3	Qb= 0.35x Q
Hospitales Fábricas de 3 turnos			3	Qb=0.35 x Q
			4 o mas	Qb=0.25 x Q
Multifamiliares Urbanizaciones Conjuto de viviendas	1	0.15 x Q	2	Qb=0.50 x Q
			3	Qb= 0.35x Q
Hoteles de temporada Urbanizaciones vacacionales	2	0.30 x Q	2	Qb= 0.50 x Q

Por medio del cuadro anterior y según el tipo de uso del edificio se puede determinar el número de bombas piloto y el número de bombas de servicio. Según la cantidad de bombas piloto o bombas de servicio se determina un caudal de bombeo con los factores de la tabla.

Si el caudal de bombeo de la bomba piloto es menor a 1.75 L/s se tomará como 1.75 L/s.

c) Dimensiones de la tubería y el sensor. Por medio de la siguiente tabla se pueden obtener los diámetros de la tubería de succión y descarga, condicionado por el caudal obtenido. Estos se seleccionan tanto para la bomba piloto como para la de diseño.

Cuadro No. 24. Selección de tubería de succión y descarga.

Caudal en la bomba en LTS/seg	Diámetro de tubería de succión	Diámetro de la tubería descarga bomba	Diámetro del sensor
Hasta 1.6	1 1/2"	1 1/4"	4"
De 1.6 a 2.5	2"	1 1/2"	4"
De 2.6 a 4.75	2 1/2"	2"	4"
De 4.76 a 8.00	3"	2 1/2"	4"
De 8.01 a 13.00	4"	3"	6"
De 13.1 a 25.00	6"	4"	6"

d) Tubería de recirculación y válvula de alivio. Por medio de la siguiente tabla se puede obtener el diámetro de la tubería de recirculación y de la válvula de alivio en función del caudal de la bomba piloto y las bombas de servicio. Si las bombas piloto y de servicio presentan condiciones diferentes se utiliza la opción más desfavorable.

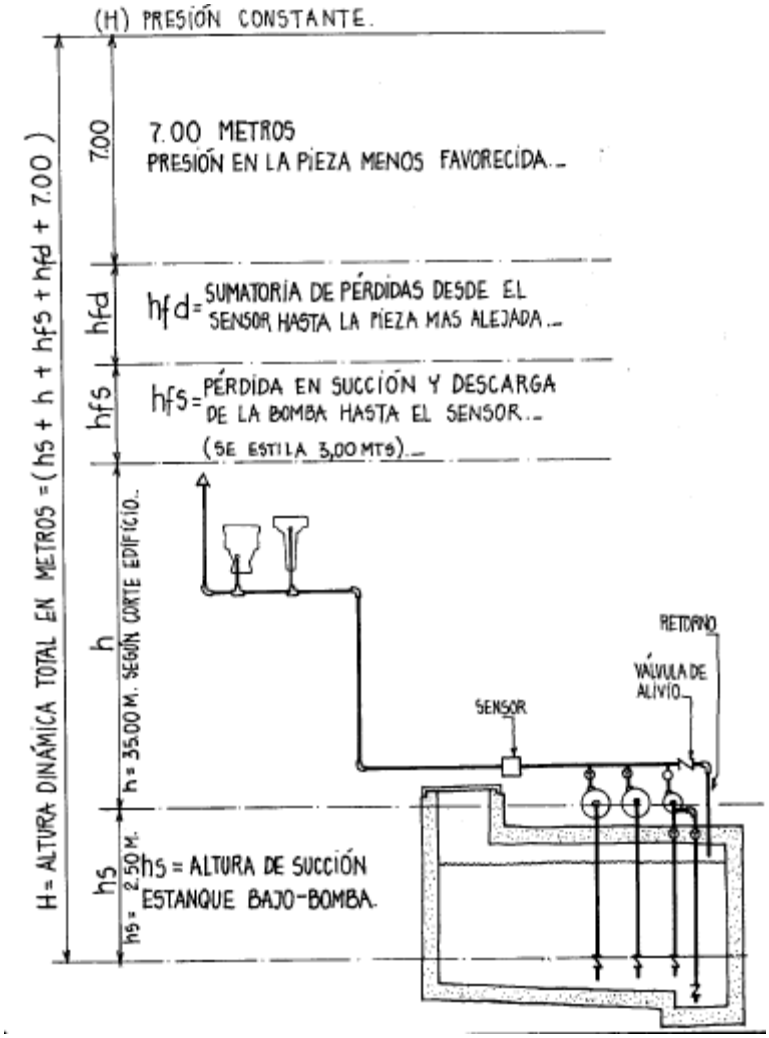
Cuadro No. 25. Selección de tubería de recirculación y válvula de alivio.

Caudal a recircular LPS	Diámetro de tubería de recirculación	Diámetro de la válvula de alivio
Hasta 1.00	1"	1/2"
De 1.01 a 1.25	1 1/4"	3/4"
De 1.26 a 2.25	1 1/2"	1"
De 2.26 a 5.00	2"	1 1/4"
De 5.01 a 10.00	2 1/2"	1 1/2"

e) Pérdidas en tuberías de succión y distribución. A partir de los diámetros seleccionados con las tablas anteriores y por medio de longitud equivalente se calculan las pérdidas de las secciones, tanto para la tubería de succión como para la tubería de descarga. Estas pérdidas se determinan para los dos tipos de bomba.

f) Carga de la bomba (Altura dinámica total). Para determinar la carga de la bomba se realiza una sumatoria de las alturas que debe romper la bomba para llegar al punto más alejado como lo muestra la siguiente figura.

Figura No. 89. Altura dinámica total de la bomba.



(Rodríguez, 2006)

La altura dinámica total en m se obtiene con la siguiente ecuación:

$$H = hs + h + hfs + hfd + Pmín\ pieza\ menos\ favorecida \quad (17)$$

Donde:

H= Altura dinámica total, m

hs= Altura de succión estanque bajo bomba, m

h= Altura total del edificio, m

hfs= Pérdida de las tuberías de succión y descarga de la bomba, m

hfd= Sumatoria de pérdidas desde el sensor hasta la pieza más alejada, m

Pmin= Presión mínima que necesita la pieza más desfavorecida

Los diámetros de estas tuberías se determinan por las tablas anteriores. Para determinar las pérdidas de estas tuberías se realiza con la ecuación de Darcy-Weisbach utilizando la ecuación número 12. Estas pérdidas se calculan tanto para la bomba piloto como para las bombas de servicio. Para cada una se suma la pérdida de su tubería de succión y la tubería de descarga.

La sumatoria de pérdidas desde el sensor hasta la pieza más alejada se calcula con el método utilizada para encontrar la tubería de alimentación en el inciso 3 c. La presión mínima que necesita la pieza más desfavorecida se consigue en la siguiente tabla:

Cuadro No. 26. Presión mínima de operación para aparatos sanitarios**.**

Tipo de mueble sanitario	Presión mínima de operación (c.a.m.)	Gasto por mueble sanitario (l/s)
Lavabo	5.60	0.20
Lavabo con cierre automático	8.40	0.16
Lavabo público	7.30	0.25
Tina o bañera	3.50	0.40
Regadera o ducha	5.80	0.32
Fregadero de vivienda	3.50	0.25
Fregadero de restaurante	3.50	0.25
Lavadero para ropa	3.50	0.32
WC con tanque de descarga	5.80	0.20
WC con fluxómetro	7 a 14	1.25
Mingitorio con fluxómetro	10.00	1.00

Cuando se obtenga la H dinámica total se multiplica por un factor de seguridad del 10%, para asegurar que la bomba llegue a la altura necesaria.

g) Potencia de la bomba. La potencia de la bomba se determinar al ingresar los datos obtenidos a la siguiente ecuación:

$$HPbomba = \frac{Qbp * H}{45} \quad (18)$$

Donde:

Qbp= Caudal de la bomba piloto, m^3/s

H= Altura dinámica

h) Potencia del motor. La potencia de la bomba se multiplica un factor de seguridad según en el siguiente cuadro:

Cuadro No. 27. Factor de seguridad para la potencia del motor.

Factor Seguridad	HP bomba
1.50	2 HP
1.30	2 a 5 HP
1.20	5 a 8 HP
1.15	10 a 20 HP
1.10	> 20 HP

La ecuación para encontrar la potencia del motor es la siguiente:

$$HPmotor = FSmotor * HPbomba \quad (18)$$

Donde:

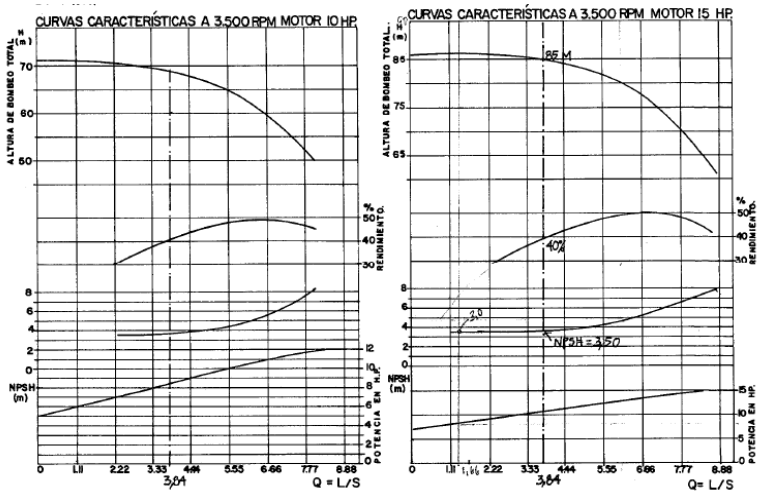
HPmotor= Potencia del motor

FSmotor= Factor de seguridad del motor

HPbomba= Potencia de la bomb

i) Selección de equipo de bombeo. La selección de equipo de bombeo se puede realizar por medio de las tablas del libro Agua, del Arquitecto Luis A. López:

Figura No. 90. Curva características a 3,500 rpm de 10 HP y 15 HP.



4) Sistema de captación de agua de lluvia. El agua que se recolecta de la lluvia puede ser drenada por medio de las tuberías de drenaje y descarga de los aparatos sanitarios. Pero dependiendo del área en que la lluvia escurre puede ser demasiada y las tuberías de drenaje tendría diámetros exagerados. Por lo que cuando se trata de grandes áreas en edificios se debe considerar una red de captación de agua de lluvia independiente de la red de drenaje. Por otra parte, la Municipalidad de Guatemala exige el sistema separativo.

Para diseñar la red de distribución se utilizarán tres métodos:

a) Método de tablas. Este método requiere que se distribuyan las bajadas de agua por toda la edificación en las áreas de captación. Por lo que cada bajada de agua tendrá un área a drenar. Esa área y pendiente se buscarán en el cuadro siguiente y por medio de esta se determinará el diámetro de la columna o bajada.

Cuadro No. 28. Diámetro de tubería de drenaje pluvial.

		Superficie máxima del techo desaguado m^2		
D tubo (plg)	D tubo (cm)	S= 1 a 100	S= 2 a 100	S= 4 a 100
3.00	7.60	80.50	114.00	170.00
4.00	10.20	173.00	242.50	387.00
5.00	12.70	309.00	440.00	60.00
6.00	25.20	495.00	698.00	1,100.00
8.00	20.30	1,030.00	1,460.00	2,300.00
10.00	25.40	1,810.00	2,560.00	4,050.00
12.00	30.50	2,900.00	4,100.00	6,480.00
14.00	35.60	3,960.00	5,575.00	8,830.00

(Saravia, 1975)

b) Método de fórmula. De la misma forma que el método anterior a cada bajada se le asigna un área a drenar y se utiliza la siguiente fórmula:

$$D = \sqrt{\frac{A}{B}} * 1.128 \quad (19)$$

Donde:

D= Diámetro en cms

A= Área del techo

B= Área de techo que puede ser drenada con 1 cm^2 de sección de tubo, usando los valores de 2.9 para pendiente de 1% y 4.3 para pendiente de 2%.

El valor de 1.128 representa el diámetro del círculo que tiene superficie de 1 cm^2, este factor constante se usa para cambia un tubo de sección cuadrada a uno de sección circular (Saravia, 1975).

c) Método de área. A cada tubo de 1 cm^2 se le asigna un área de 2 m^2 de superficie cubierta para una precipitación pluvial de 200 mm/hr. Bajo este criterio se puede determinar el diámetro derivado del siguiente cuadro:

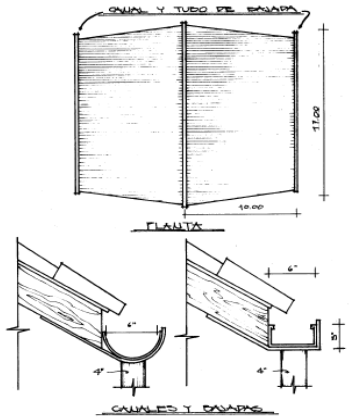
Cuadro No. 29. Diámetro de tubería de desagüe pluvial método de área.

Superficie del tejado (m^2)	Canal		Tubo de bajada	
	plg	cm	plg	cm
8.35	3.00	7.60	1.50	3.80
8.36 a 25	4.00	10.20	2.00	5.10
25.1 a 75	4.00	10.20	3.00	7.60
75.2 a 167	5.00	12.70	3.00	7.60
167.1 a 335	6.00	15.20	4.00	10.20
335.1 a 510	8.00	20.30	5.00	12.70
510.1 a 890	10.00	25.40	6.00	15.20

(Saravia, 1975)

Para techos inclinados, de cualquier tipo de material, se debe tomar en consideración el diámetro del canal.

Figura No. 91. Criterios para diseño de un canal.



(Saravia, 1975)

d) Bajadas de desagüe pluvial. Al tomar el modelo en planta de la edificación se debe determinar las áreas en donde caerá y se escurrirá la lluvia. Distribuir puntos en donde se pueden colocar bajadas de agua y canales de forma que el agua se pueda conducir a las bajadas. Por último, determinar la pendiente para esas áreas. Se utilizará el método de tablas cuando se esté diseñando una bajada y el método de área para canales.

e) Ramales de agua pluvial. Después de ser captada el agua se debe conducir a la cisterna de almacenamiento, ya sea para ser bombeada a los drenajes municipales o para ser reutilizada. Un grupo de bajadas de agua serán conducidas por los ramales hasta el almacenamiento. El recorrido de estos ramales se debe determinar en base a la arquitectura.

El diámetro de la tubería se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{C\ I\ A}{360} \quad (20)$$

Donde:

Q= Caudal, m^3/s

C= Coeficiente de relación entre la escorrentía y la cantidad de lluvia caída en el área

I= Intensidad de lluvia, mm/hr

Á= Área a drenar en hectáreas

Cuadro No. 30. Coeficiente de escorrentía según superficie.

Tipo de superficie	C
Jardínes	0.25
Pavimento	0.90
Techos	0.95

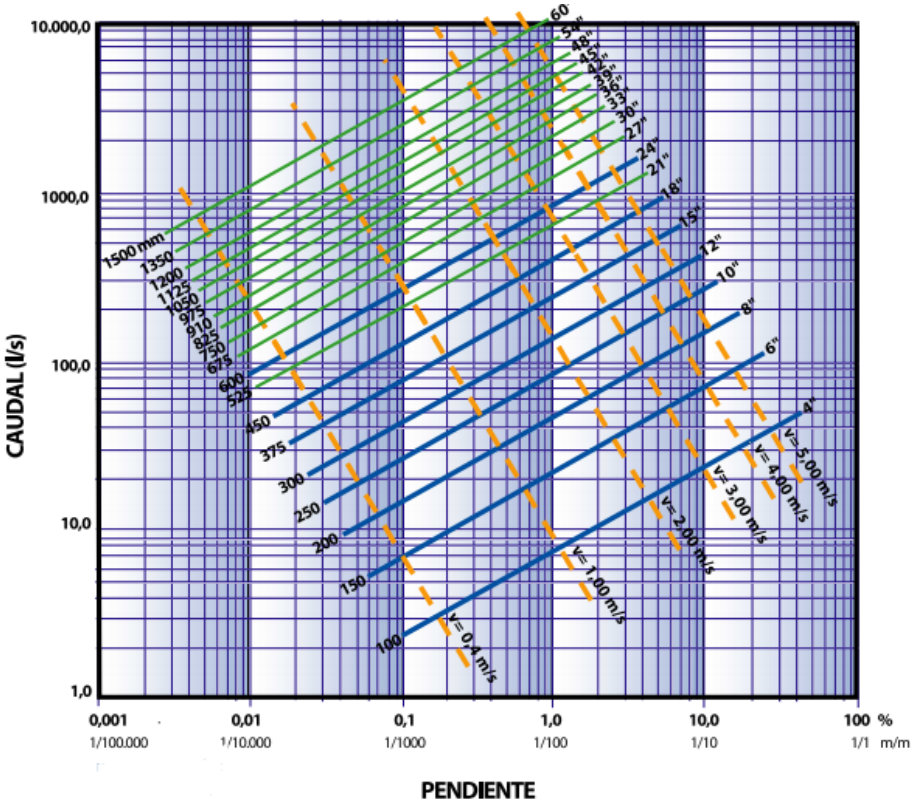
La intensidad de lluvia se obtiene por medo de las curvas de intensidad que el INSIVUMEH proporciona en su atlas hidrológico o bien por medio de las fórmulas de Francisco Ochoa y Mario de la Riva

Cuadro No. 31. Fórmulas de intensidad de lluvia en t (min) tiempo de concentración, mm/hr.

Frecuencia	Zona Atlántica	Zona Pacífica
2 años	$I = \frac{2838}{t+18}$	$I = \frac{3624.1}{t+27.8}$
5 años	$I = \frac{3706}{t+22}$	$I = \frac{4978.1}{t+32.8}$
10 años	$I = \frac{4203.7}{t+23.2}$	$I = \frac{5915.7}{t+35.8}$
20 años	$I = \frac{4604.5}{t+24.2}$	$I = \frac{6889.1}{t+39.5}$

Las dimensiones del tubo se establecen según el material y fabricante, debido a esto las tuberías podrían tener diferentes propiedades o resistir diferentes presiones. Existen gráficas proporcionadas por los fabricantes en donde se obtiene según la pendiente y el caudal el diámetro de la tubería.

Figura No. 92. Ábaco para cálculo hidráulico de sistemas por gravedad (Amanco).



En esta gráfica se interceptan el caudal y la pendiente para obtener el diámetro.

Las tuberías de PVC tienen un límite en velocidad, es decir, que la velocidad mínima es de 0.3 m/s y la máxima es de 5 m/s. Es por esto por lo que se debe realizar una comprobación que las tuberías no estén excediendo estos límites.

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (21)$$

$$Q = \frac{A}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (22)$$

Donde:

V= Velocidad del flujo, m/s

Q= Caudal, m^3/s

A= Sección transversal de la tubería, m^2

R= Radio hidráulico, Di/4 para conductos circulares a sección llena y a media sección

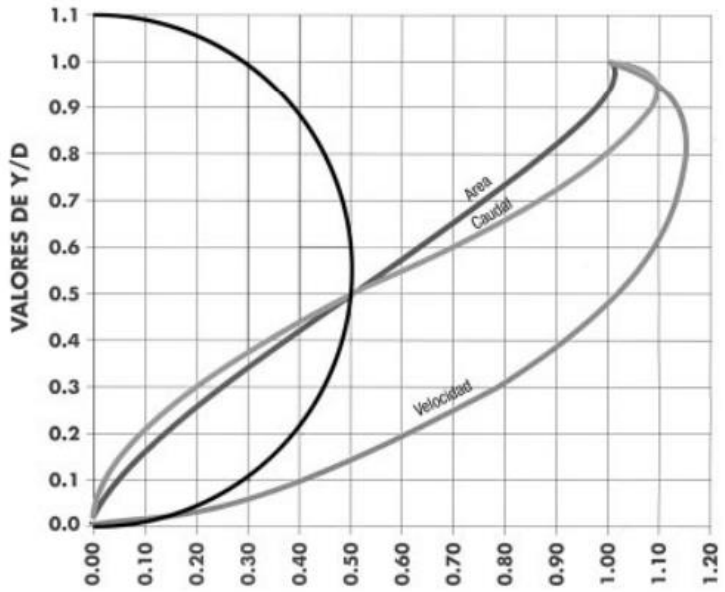
S=Pendiente hidráulica, m/m

n= Coeficiente de Manning, n=0.009 PVC

Por lo que se debe encontrar la velocidad y el caudal con las fórmulas anteriores.

El caudal a media sección se determina utilizando una curva de elementos hidráulicos, pero primero se debe especificar la relación del tirante con respecto al diámetro. Por lo general se toma una relación del 50%.

Figura No. 93. Curva de elementos hidráulicos (Amanco).



Esta gráfica permite conocer las condiciones hidráulicas en diferentes alturas de flujo de una tubería circular. El caudal a media sección se encuentra interceptando la altura de flujo que se encuentra en el eje y hasta llegar a la curva de caudal, luego se traza una línea vertical que tocará el eje x proporcionando el valor de q el cuál se multiplicará por el caudal acumulado. Para determinar el caudal a sección llena se utiliza la fórmula 22, pero en términos del diámetro interno de la tubería. Entonces la relación de caudal se obtendrá dividiendo el caudal a media sección dentro del caudal a sección llena. De la misma forma se encontrará la relación de velocidad y la velocidad real.

7. Diseño hidráulico para drenajes

a. Evacuación de aguas residuales. Las tuberías para evacuación de agua potable deben cumplir las siguientes condiciones:

- Evacuar rápidamente las aguas.
- Impedir el paso de aire, olores y organismos patógenos al interior de los edificios.
- Deben ser materiales durables y que no se altere su forma antes movimientos del edificio.
- Deben resistir la acción corrosiva de las aguas que transportan.

b. Partes de una red de evacuación

1) Tuberías de evacuación

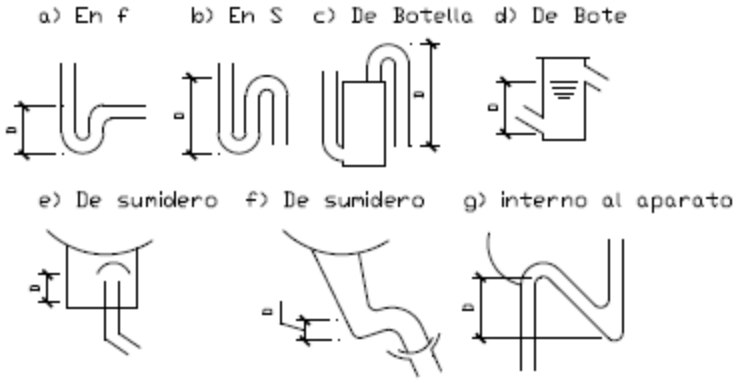
Se dividen en tres partes:

- Derivaciones: Enlazan los aparatos sanitarios con las columnas o bajantes. Son simples cuando sirven a un solo aparato y compuestas cuando sirven a varios (Rodríguez, 2007).
- Columnas: También se les llama bajantes y son las tuberías de evacuación vertical. En la parte superior de estas deben prolongarse hasta atravesar la azotea del edificio y dejar abierto ese extremo y cubrirse con un sombrero (Rodríguez, 2007).
- Colectores: Tuberías horizontales que recogen el agua al pie de las columnas y la llevan a la red de alcantarillado público o exterior. Los materiales más empleados son concreto, cemento normalizado, PVC, asbesto cemento y hierro fundido (Rodríguez, 2007). Pueden ser:
  - Primera clase: Uso privado.
  - Segunda clase: Oficinas, fábricas, etc.
  - Tercera clase: Sitios de espectáculos y cualquier instalación donde el uso sea ilimitado.

Existen sistemas de colectores unitarios, donde todo va a la misma red y separado cuando se tiene un colector de aguas negras y otro para agua de lluvia.

2) Sifón o trampa. Su objetivo es impedir que las emanaciones procedentes de la red de evacuación paso al interior de los edificios y permitir el paso de las materias sólidas en suspensión en el agua (Rodríguez, 2007).

Figura No. 94. Muestras de trampas.



(Rodríguez, 2007)

Según el autor de esta guía las trampas a, b y c son colocadas justo después de la salida del tubo de descarga del aparato sanitario. El tipo d es para duchas y bañeras. La e y f para aguas de lluvia vertidas sobre el

pavimento. El tipo g es parte de un inodoro. La cota D indica la altura a la que debe llegar el agua. Esta altura no debe ser menor a 5 cm y no debe pasar de 6 o 7 cm. Para las trampas de lluvia la D debe ser igual o mayor a 10 cm (Rodríguez, 2007).

3) Redes de ventilación. Son la comunicación entre la red de desagüe y el exterior. Consta de derivaciones que salen de los aparatos y se enlazan a las columnas de ventilación. Las derivaciones horizontales deben tener pendiente para dar salida por los tubos de descarga al agua de condensación que llegue a formarse. Las columnas deben tener el mismo diámetro en toda la altura. En su extremo inferior se enlazan con los bajantes o colectores de la red de desagüe a fin de eliminar agua de condensación. Por la parte superior se prolongan hasta unirse con las columnas de descarga por encima del aparato más alto o hasta atravesar la azotea y salir (Rodríguez, 2007).

4) Sistemas de ventilación

- Ventilación simple: En este sistema cada trampa se ventila directamente.
- Ventilación en colector: Se instala cuando hay varios aparatos en batería. Este sistema resulta inútil contra el fenómeno de autosifonamiento si la derivación de descarga de un aparato es muy larga y de poca sección.

Cuadro No. 32. Dimensiones para circuitos horizontales de ventilación.

Diámetro del tubo de desagüe (Plg)	Máximo No. de unidades	Diámetro del circuito de ventilación				
		11/2"	2"	2 ½"	3"	4"
		Máxima longitud horizontal en pies				
1 ½	10	20				
2	12	15	40			
2	20	10	30			
3	10	---	20	40	100	
3	30	---	---	40	100	
3	60	---	---	16	80	
4	100	---	7	20	52	200
4	200	---	6	18	50	180
4	500	---	---	14	36	140

(Rodríguez, 2007)

Cuadro No. 33. Diámetro y Longitud de ventilación.

Diámetro de desagüe vertical	Unidades de peso conecta-das.	Diámetro de Ventiladores Requeridos								
		1 ¼	1 ½	2"	2	3"	4"	5"	6"	8"
		Máxima longitud del ventilador en pies								
1 ¼	2	3								
1 ½	8	5	15							
1 ½	10	3	10							
2	12	3	75	20						
2	20	2	50	15						
2 ½	42		30	10	30					
3	10		30	10	20	60				
3	30			60	20	50				
3	6			50	80	40				
4	100			35	10	26	100			
4	200			30	90	25	900			
4	500			20	70	18	700			
5	200				35	80	350	100		
5	500				30	70	300	900		
5	1100				20	50	200	700		
6	350				25	50	200	400	130	
6	620				15	30	125	300	110	
6	960					24	100	250	100	
6	1900					20	70	200	700	

(Rodríguez, 2007)

Cuadro No. 34. Continuación Cuadro de diámetro y Longitud de ventilación.

Diámetro de desagüe vertical	Unidades de peso conecta-das.	Diámetro de ventiladores requeridos								
		1 ¼ "	1 ½	2"	2 ½	3"	4"	5"	6"	8"
		Máxima longitud del ventilador en pies								
8	600						50	150	500	130
8	1400						40	100	400	120
8	2200						30	80	350	110
8	3600						25	60	250	800
10	1000							75	125	100
10	2500							50	100	500
10	3800							30	80	350
10	5600							25	60	250

(Rodríguez, 2007)

c. Cálculo de instalaciones de drenaje. Para calcular las instalaciones de drenaje es necesario calcular las unidades de descarga.

Cuadro No. 35. Unidades de descarga y diámetro en pulgadas mínimo en derivaciones simples y sifones de descarga.

Tipo de mueble o aparato	Unidades de descarga			Diámetro mínimo del sifón y derivación		
	Clase			Clase		
	1ra	2da	3ra	1ra	2da	3ra
Lavabo	1	2	2	1 ¼	1 ¼	1 ¼
Inodoro	4	5	6	3	3	3
Tina	3	4	4	1 ¼	2	2
Bidet	2	2	2	1 ¼	1 ¼	1 ¼
Cuarto de baño completo	7	----	----	3	3	3
Regadera	2	3	3	1 ¼	2	2
Urinario suspendido	2	2	2	1 ¼	1 ¼	1 ¼
Urinario vertical	----	4	4	----	2	2
Fregadero de viviendas	3	----	----	1 ¼	----	----
Fregadero de restaurante	----	8	8	----	3	3
Lavadero (ropa)	3	3	----	1 ¼	1 ¼	----
Vertedero	----	8	8	4	4	----
Bebedero	1	1	1	1 ¼	1 ¼	1 ¼
Lavaplatos de Casa	2	----	----	1 ½	----	----
Lavaplatos comercial	----	4	----	----	----	2

(Rodríguez, 2007)

1) Dimensionamiento de las derivaciones en colector. Las derivaciones se calculan a partir del número de descarga que servirá la tubería. Estas unidades se obtienen de la sumatoria de las unidades de descarga de todos los aparatos sanitarios que van a dar a esa derivación.

Cuadro No. 36. Diámetro de las derivaciones en colector.

Derivación en colector		Número máximo de unidades de descarga			
mm	pulg.	Derivación horizontal s=0	Pendiente		
			1/100	2/100	3/100
32	1 ½	1	1	1	1
38	1 ½	2	2	2	2
50	2	4	5	6	8
63	2 ½	10	12	15	18
75	3	20	24	27	36
100	4	68	84	96	114
125	5	144	180	234	280
150	6	264	330	440	580
200	8	696	870	1150	1680
250	10	1392	1740	2500	3600
300	12	2400	3000	4200	6500
350	14	4800	6000	8500	135000

(Rodríguez, 2007)

Cuadro No. 37. Caudales base de los aparatos sanitarios.

Designación de los aparatos	Caudal base l/seg
Bidé, lavapies	0,50
Lavabo	0,75
Fregadero, lavadero	0,75
Ducha	0,50
Bañera	1,50
Urinario	1,00
Inodoro no sifónico	1,50
Inodoro sifónico	2,00

(Rodríguez, 2007)

8. Definiciones y conceptos.

a. Química básica del fuego. Los incendios son considerados como una de las mayores catástrofes naturales y en muchos de los casos son provocados por el hombre. Durante los últimos años se han aumentado su frecuencia, causando a su vez daños irreparables tanto en vidas humanas como en pérdidas de materiales y de ecosistemas.

La protección contra incendio abarca todas las medidas relacionadas con la defensa de la vida humana y la preservación de la propiedad mediante la prevención, detección y la extensión. Para prevenir este fenómeno se deben conocer los detalles y los elementos que lo componen.

Antes de abordar el tema de la detección y combate contra incendios, es necesario conocer algunas de las definiciones y conceptos básicos relacionados al fuego.

Para ello se define el fuego de la siguiente manera:

- El fuego es un proceso químico acompañado por la evolución del calor.
- El fuego es una oxidación rápida de un material combustible, hasta producir una llama.
- La química el fuego es una reacción de combustión que se caracteriza por la emisión de calor acompañada de humo, de llamas o ambos.
- En la física es la energía cinética de las moléculas.
- La misión de luz y calor producida por la combustión de una materia.

Cuadro No. 38. Clasificación de temperaturas máximas en incendios.

Grados Celsius	Clasificación
Hasta 250 °C	En incendios domésticos.
Hasta 800 °C	En incendios comerciales de bajo almacenamiento de productos.
Hasta 1,100 °C	En incendios industriales que causan grandes desastres.

Fuente: (Escobar, 2013)

Cuando los incendios no se encuentran controlados a tiempo estos pueden llegar alcanzar temperaturas de 1500 ºC, por lo que ningún material se encuentra diseñado hoy en día para resistir estas altas temperaturas y por ende tienden a soportar estas temperaturas y por lo que ceden hasta que se consuman completamente.

Normalmente el fuego es representado mediante un triángulo en donde cada uno de los lados que compone el triángulo se representa uno de los elementos que produce la combustión del fenómeno.

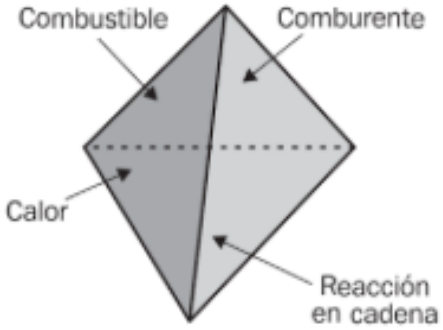
Figura No. 95. Componentes del fuego.



(Anton, 2004)

Pero existe otro factor que no aparece en el triángulo del calor que es básicamente la “reacción cadena”. La reacción cadena es la que interviene de manera decisiva en el incendio. Está interrumpe la transmisión de calor de unas partículas a otras, por lo que no será posible la continuación del incendio, por lo que ampliando el concepto del triángulo del fuego a otro le obtiene el tetraedro del fuego, en el cual se representa la combustión con llama.

Figura No. 96. Tetraedo de fuego.



(Anton, 2004)

9. Causas de incendios y accidentes.

a. Clasificación de riesgo de incendio. En todo tipo de estructura se encuentra uno con diferentes tipos de riesgos de incendio. Esto dependerá del uso que esté destinado el edificio, el tipo de construcción que tenga y otro tipo de factores. Esta clasificación se lleva acabo para proponer el equipo adecuado para combatir el incendio según las recomendaciones y procedimiento que regula la NFPA. Para las clases de riesgos de incendio que puede tener una estructura se clasifican en cuatro clases de riesgos los cuales lista la norma NFPA-10-2013, los cuales se puede mencionar los siguientes:

- **CLASE 1 (Riesgo de escaso peligro).** En oficinas, habitaciones, hospitales, escuelas y similares.
- **CLASE 2 (Riesgos de peligro normal).** Estas estructuras no se encuentran comprendidas en la clase 1, de los cuales se puede mencionar las bodegas, comercios o talleres de los ramos de artículos metálicos.
- **CLASE 3 (Riesgos peligroso).** No se encuentran comprendidos en la clase 2. Para esta clase entra todo lo que son la industrias o talleres que manejan productos inflamables como lo son las pinturas, productos químicos, plásticos, algodones o material prima similares a los listados.
- **CLASE 4 (Riesgo muy peligroso).** No se encuentran comprendidos en la clase 3, por sus productos o procesos, como lo son las maderas, cereales, dinamitas, pólvora y similares. (NFPA 10, 2013)

Cuadro No. 39. Clasificación de riesgo según la NFPA-10-2013.

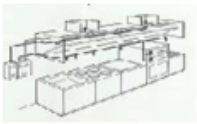
Tipo de riesgo	Determinación	Ejemplo
Riesgo ligero	Cuando hay poco combustible y un incendio será de pequeña magnitud.	Iglesias, aulas de escuela, teatros, salas de reuniones, etc.
Resgo ordinario o moderado	Cuando existe una cantidad considerable de combustible.	Salas de cine, centros comerciales, restaurantes.
Riesgo extra	Cuando existe gran cantidad de combustible y productos de alto riesgo.	Aserraderos, bodegas de apilamientos, productos empacados en cajas de cartón corrugado, almacenamiento de productos sólidos y en gran altura.

(NFPA 10, 2013)

b. Tipos de fuego. Teniendo en cuenta la naturaleza del fuego se puede realizar una clasificación de los diferentes según la norma NFPA-10-2013:

- **FUEGO TIPO A (Sustancia carbonosas).** Los incendios de tipo A son los incendios de materiales combustibles comunes, como la madera, tela, papel, caucho y muchos plásticos.
- **FUEGO TIPO B (Líquidos inflamables).** Los incendios de tipo B son los incendios de líquidos inflamables, líquidos combustibles, grasas de petróleo, alquitrán, aceites, pinturas a base de aceite, disolventes, lacas, alcoholes y gases inflamables.
- **FUEGO TIPO C (Eléctricos).** Los incendios de tipo C son los incendios que involucran cualquier tipo de equipo eléctrico el cual se encuentra energizado.
- **FUEGO TIPO D (Fuegos especiales).** Los incendios de tipo D son los incendios de metales combustibles, los cuales podemos mencionar el magnesio, titanio, circonio, sodio, litio y potasio.
- **FUEGO TIPO K (Combustibles).** Los incendios de tipo K son los incendios que se originan de artefactos de cocina y estos incendios involucran combustibles para cocinar. Generalmente estos son incendios generados en zonas de residencias, hoteles o restaurantes. (NFPA 10, 2013)

Cuadro No. 40. Tipos de incendios.

Tipo	Caracteristicas principales	Modo de supresión	Gráfico
A	Son producidos por combustibles ordinarios como la madera, papel, tela, cartón, hule o plástico.	agua, espuma, y polvo químico seco.	
B	Son producidos por liquidos inflamables combustibles como gasolina, pinturas, aceites, gas licuado y otros.	Espumas, polvo y CO2.	
C	Son producidos por equipos eléctricos energizados o cualquier instalación eléctrica de baja tensión.	agua, espumas, o polvo químico.	
D	Son producidos por determinados metales como aluminio, acero, hierro, etc.	agua	
K	Son producidos en cocinas sencillas e industriales y son iniciados normalmente por gases, aceites o gas propano.	espumas o liquidos especiales	

Fuente: (NFPA 10, 2013)

c. Causas de incendio. Dentro de una edificación se encuentran diversidad de causas o situaciones que pueden provocar el peligro de incendio. A continuación, se enumeran las posibles causas que pueden dar inicios a un incendio en una edificación:

i. Incendios eléctricos estos son causados generalmente por herramientas y equipos o extensiones defectuosas.
ii. Incendios ocasionados por cigarrillos, puros o llamas que entran en contacto con un material combustible como lo es el papel u otros materiales fácilmente combustibles.
iii. Materiales combustibles de la construcción que se caracterizan por prender fuego por su proximidad con actividades de soldadura caliente.
iv. Por combustión espontánea causado por materiales de desecho mal almacenados.
v. Por el uso de calentadores temporales con llamas abiertas que se encuentran mal ajustados, mal conectados o demasiado cerca de materiales que son combustibles.

d. Evacuación. La evacuación se define como la acción o el conjunto de procedimientos de retirar a un grupo de personas de un lugar determinado. Esta acción solo sucede en emergencias causadas por desastres naturales o causados por el hombre.

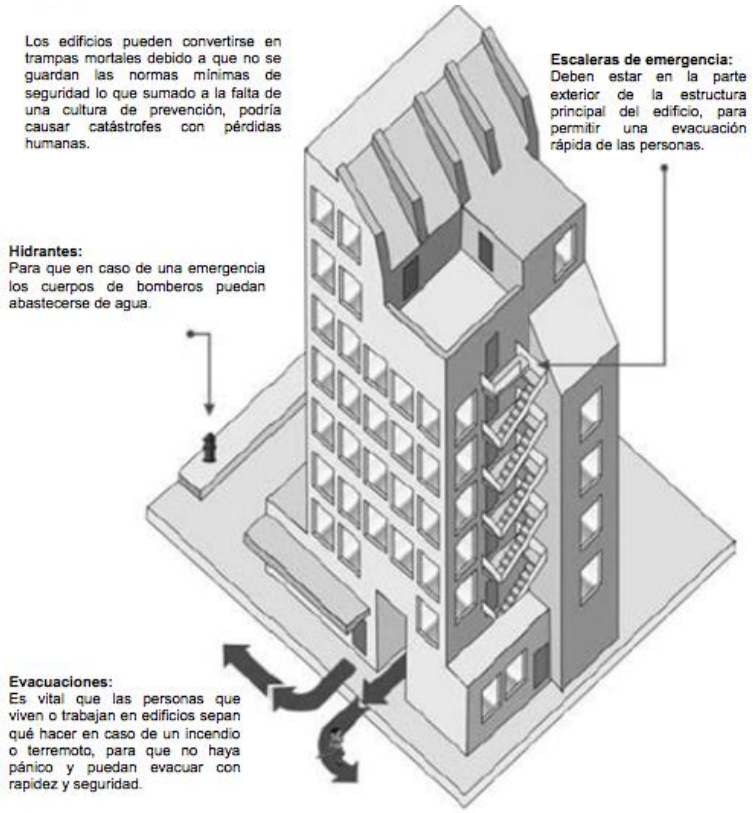
La finalidad que tiene la evacuación es proteger la vida e integridad física de la persona mediante el desplazamiento a través de rutas lógicas o de menor riesgo. Pero para poder cumplir con una buena evacuación se deben considerar varios pasos y normas a seguir las cuales listamos en el Cuadro No. 41. además, la estructura deberá contar con los elementos principales de evacuación, los cuales se observan en la Figura No. 106, esto con el objetivo principal de salvaguardar vidas humanas y si es posible llegar a proteger la infraestructura.

Cuadro No. 41. Consideraciones para una buena evacuación en caso de una catástrofe.

No	Descripción	Recomendación	Gráfico
1	Considerar en los accesos o salidas, vías alternas que conduzcan hacia las puertas de emergencia, o puntos de reunión.	Por lo general, se pinta sobre el piso indicando que son vías alternas a seguir al momento de un incendio	
2	Señalizar las rutas de evacuación.	Saber dónde están las salidas de emergencia, y las vías de escape.	
3	Señalizar puertas de emergencia.	Las puertas siempre abren para fuera, Considerar que en un incendio las puertas se calientan.	
4	Marcar áreas de reunión exteriores, lejos de árboles, paredes, muros de carga, estructuras, o áreas techadas.	Estas normalmente se pinta con pintura de exterior lavable y de color verde, rojo o amarillo.	
5	Dibujar e imprimir un croquis de cada nivel en edificios verticales, y de áreas en edificios horizontales en donde resalten las rutas de evacuación, escaleras, y puertas de emergencia y colocarlos en las entradas y salidas principales, recepciones y salas de visitas.	Son dibujadas en polivinil o en adhesivo el cual se coloca en una base dura para poder instalarlos	

Fuente: (Muñoz, 2008)

Figura No. 97. Elementos principales de evacuación en edificios.



Fuente: (Muñoz, 2008)

10. Componentes de los sistemas de combate contra incendios.

a. Concepto. Desde el punto de vista de la construcción, un cuidadoso y detallado estudio de prevención de incendios es el primer requisito que debe tener una edificación, esto con el fin de disminuir una catástrofe al menor grado posible.

Para el combate contra incendios, es necesario que el sistema cuenta con diferentes componentes básicos, de los cuales se puede mencionar:

- Un sistema de detección y alarma.
- Un sistema de extinción.
- Un sistema para la ventilación de humo y calor.

(Muñoz, 2008)

b. Extinguidores. Los extinguidores son aparatos que contienen un agente extintor que puede ser proyectado o dirigido sobre un fuego por la acción de una presión interna. La presión que este elemento posee se obtiene por la compresión de una reacción química de la liberación de un gas auxiliar que generalmente es inerte. El propósito de los extinguidores portátiles es servir como primera arma para el combate contra un incendio, este siempre de una magnitud reducida. Estos elementos siempre son necesarios en edificios que cuentan con un sistema de aspersores automáticos, con mangueras y otro tipo de protección.

1) Gas o agente extintor. Los extinguidores se clasifican en seis tipos diferentes y los más comunes son:

a. Extintores a base de polvo químico seco.
b. Extintores a base de agua.
c. Extintores a base de espuma.
d. Extintores a base de gas especial.
e. Extintores a base de CO2.
f. Extintores de anhídrido carbónico. (NFPA 10, 2013)

2) Carga en los extinguidores. La carga en los extinguidores es la masa o el volumen del contenido que posee el agente extintor. Para los extinguidores a base de agua se ve expresado en volumen (litros) y la de los restantes aparatos en masa (kilogramos). Por tal motivo se debe efectuar un estudio del área que se desea proteger contra incendios y en función del área se propone el tipo de agente adecuado para el área.

3) Clasificación de los extinguidores portátiles. Las clasificaciones de los extinguidores se encuentran clasificados según la carga y su modo de operación.

Cuadro No. 42. Clasificación de extintores según el medio de transporte que tengan.

No	Nombre Según Trasporte	Uso y Recomendaciones	Gráfico
1	Extintores Portátiles. Son todos los extintores cuya masa total es de 10 Kg. y cuentan con equipo de instalación en pared, metal, o en vehículos.	Son usados para incendios en vehículos, o áreas pequeñas como escritorios u oficinas pequeñas. Por la cobertura es conveniente mantenerlos dentro de los vehículos o cerca de los lugares de trabajo.	
2	Extintores Manuales. Aquellos cuya masa total trasportable es inferior o igual a 20 Kg. y cuentan con equipo de instalación en pared o metal.	Son los usados en corredores, oficinas, bodegas.	
3	Extintores Dorsales. Aquellos cuya masa trasportable es inferior o igual a 30 Kg. Y están equipados con un sistema de sujeción que permite su trasporte en la espalda de una persona, tipo mochila de 5 galones.	Tipos de presión permanente tiempo de descarga (30 seg. a (1min). Alcance horizontal del chorro: 9 a 12 metros. Peso: 2.5 Gal.= 30 lb. Presión de Carga: 90 a 125 PSI Es utilizado en varias aplicaciones como el combate de abejas africanas, accidentes de vehículos (derrames), plantas químicas, etc.	
4	Extintores sobre Ruedas. Aquellos que están dotados de ruedas para su desplazamiento. Podrán transportarse por una o varias personas. Su peso no es mayor de 100 a 150 lbs. Con manguera y polvo químico o agua con espuma.	Son usados en fábricas o lugares grandes donde, debido al almacenamiento de productos, no fuese posible poner una serie de extintores portátiles. Por lo regular se encuentran en entradas y salidas principales	

Fuente: (NFPA-10, 2013) Pp 46.

Cuadro No. 43. Clasificación de extintores según el agente de contenido.

No	Nombre según el liquido extintor	Descripción	Recomendaciones
1	Extintores de bióxido de carbono carbónico BC, gas carbónico, hielo seco, dióxido de carbono CO_2.	Se descarga como una nube blanca de nieve que sofoca el fuego, eliminando el oxigeno, es usado para fuegos clase B de líquidos inflamables y no conduce la electricidad, es un gas inerte, inodoro, no es contaminante, es muy seguro para utilizarlo en áreas cerradas, áreas donde se preparen alimentos, sala de computo.	Sus capacidades oscilan entre 5, 10, 15, 20, 50, y 100 Lbs. Su tiempo de descarga varía dependiendo de su capacidad desde 8 a 45 segundos. El extintor usa una bazuka o manguera de descarga.
2	Extintores a base de agua	El agua ha sido y es el agente extintor mas frecuente en los incendios, por su disponibilidad, bajo costo, abundancia y fácil manejo.	Trabaja con una presión de 100 PSI, para alcanzar un chorro de agua de 45 a 55 pies de longitud. La descarga es de 45 a 55 segundos. Es usado en fuegos clase A y se encuentra en capacidades de 6 litros y 2 ½ galones de agua.
3	Extintores a base de espuma formadora de película acuosa.	Son los que contienen agentes espumosos aceptables para extintores portátiles o sobre ruedas. Son los formadores de capas. No aprobado para uso con solventes polares. (líquidos inflamables solubles en agua) y aprobado para uso con solventes polares Tipos de Fuegos: A y B. Tipos de extintores: Cartucho y de presión permanente. Tiempos de descarga: 50 seg. Aprox. Alcance horizontal del chorro: 6 a 7.5 mts.	Recomendado para cocinas industriales o lugares de almacenamiento de GLP en poca cantidad.
4	Extintores de anhídrido carbónico (Co2)	El CO_2 es un gas licuado que se evapora al salir del extintor absorbiendo calor y provocando un descenso de temperatura	Tiempo aproximado de descarga: 8 a 30 seg. Alcance horizontal del chorro: 0.9 a 2.4 mt. Peso: 5 hasta 100 lbs. En modelos con ruedas con mangueras de 4-12m.Presión de Carga: 800 a 900 PSI agente en estado líquido. Los tipos de fuegos a extinguir son de clase **B-C**
5	Extintores de hidrocarburos halogenados o agentes especiales.	Son los que evitan daños colaterales, y se utilizan en áreas donde no se pueden usar los extintores normales debido a que protegen equipo delicado y de tipo electrónico o automático.	La desventaja que tiene estos extintores es la recarga al momento de utilizarlos porque no hay en Guatemala. Es por eso que en algunos lugares deciden instalar extintores de CO_2 o polvo químico seco aunque son inapropiados, debido a que estos llegan a dañar el equipo, no sólo por el posible choque térmico, sino que también produce condensación y por lo tanto el equipo electrónico que no se haya dañado por el fuego se dañara por la acción del CO_2. o el polvo seco.
6	Extintores de polvo químico seco	El polvo químico seco es un agente extinguidor constituido por fosfato, amonio, bicarbonato de sodio, bicarbonato de potasio, cloruro de sodio, sal, grafito y otras sustancias químicas que evitan su apelmazamiento y rompen con la reacción en cadena de la combustión.	Polvo Químico Seco fosfato de amonio para fuegos **ABC** Polvo Químico Seco bicarbonato de sodio para fuegos **BC** Polvo Químico Seco Púrpura (bicarbonato de potasio) para fuegos **K** Polvo Químico Seco (cloruro de sodio) para fuegos **D** Los agentes Extintores aparte de sus propios productos extinguidores, necesitan un gas inerte como agente expulsor, que generalmente es nitrógeno seco N2 o bióxido de carbono CO_2. 16

Fuente: (NFPA 10, 2013) Pp. 49.

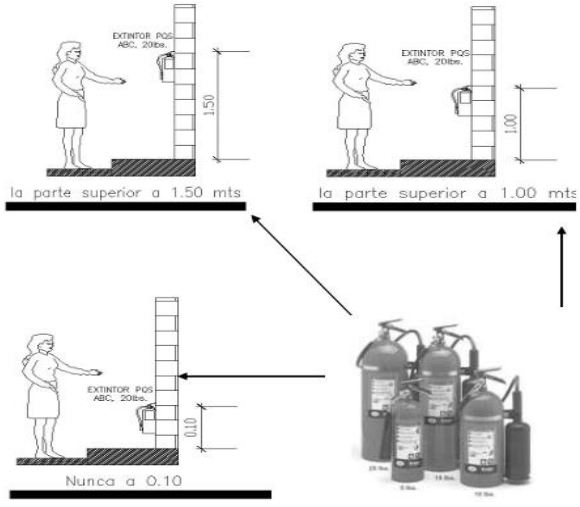
4) Lugares recomendados para instalación de extintores. Los lugares recomendados para la instalación de extinguidores se necesitan de la asesoría de un experto para realizar un análisis previo de cada área. Pero para tener una correcta instalación se debe seguir las reglas a continuación:

- Los extintores deben estar distribuidos uniformemente.
- Por lo general estos deben estar instalados cerca de entradas, salidas y en las vías de escape.
- Deben estar lejos donde puede recibir daños mecánicos.
- Deben instalarse en lugares en donde no tengan obstáculos y que se encuentren fácil para acceder a ellos.
- Se debe verificar que el extintor sea el adecuado para que este contrarreste el incendio del lugar (según el Cuadro No. 43). (Muñoz, 2008)

5) Alturas de instalación en extintores. La norma NFPA 10 específica la distancia del suelo y la altura de montaje que deben tener los extintores. Estos siempre basándose en el peso del extintor.

- Para los extintores que poseen un peso bruto de 40 lb equivalente a 18 kg no debe estar a más de 1.5 m del nivel del suelo.
- Los extintores poseen un peso bruto mayor de 40 lb equivalente a 18 kg la parte superior no debe estar a más de 1.00 m del nivel del suelo.
- Los extintores que poseen ruedas deben estar instalados en lugares de fácil acceso y en lugares despejados para que estos puedan ser transportados libremente en la edificación en el momento que lo requiera. (Muñoz, 2008)

Figura No. 98. Alturas de instalación en extintores.



(Muñoz, 2008)

6) Inspección y mantenimiento de los extinguidores.

INSPECCIÓN. La inspección es la comprobación del funcionamiento y sitio del extintor. Por lo general las inspecciones se realizan como mínimo una vez al mes. Se determinan lo siguiente:

- El extintor se encuentra en el lugar adecuado.
- El extintor es visible.
- El extintor no ha sido activado.
- El extintor no ha sido manipulado indebidamente.
- El extintor no está en lugares pueda sufrir corrosión.

MANTENIMIENTO. El mantenimiento implica el desmontaje del mismo, limpieza, pintura, recarga presurización, pruebas hidrostáticas y toda revisión de los componentes que lo conforman. Por lo general el mantenimiento se realiza una vez al año o después de una descarga.

7) Ventajas.

- Fácil manejo; cualquier persona puede aprender a manejar un extintor.
- Fáciles de transportar hasta el lugar del incendio.
- Efectivos cuando se utilizan debidamente por una persona adiestrada.

8) Desventajas.

- Es necesario que las personas que lo vayan a utilizar hayan recibido instrucciones acerca de su manejo.
- No hay uniformidad en la forma de usar el extintor, por lo que puede crear confusión. (Batres, 2007)

c. Sistema de detección y alarma. Los sistemas de detección y alarma son dispositivos que se activan cuando captan algún fenómeno causado por el fuego. Por lo general estos dispositivos se encuentran situados en lugares accesibles y de forma que sus señales puedan ser percibidas permanentemente. Los detectores que se emplean en los sistemas de detección por lo habitual funcionan en presencia de elevación anormal de la temperatura y la irradiación que se provoca a la hora de incrementar el calor, o bien la presencia de llamas, la emisión de gases o de humos producidos por la combustión de un material. En los sistemas de detección se encuentran dos tipos de detectores los cuales se puede decir que son: los de fuego y los de humo.

1) Detectores de humo y sus clasificaciones. Los detectores de humo en los sistemas no son más que dispositivos de detección. Adicionalmente se encuentran dispositivos de indicación, de señales, los receptores y los equipos de supresión. Hoy en día existen dos tipos de detectores de humo los cuales se encuentran los ioloeléctricos y los iónicos.

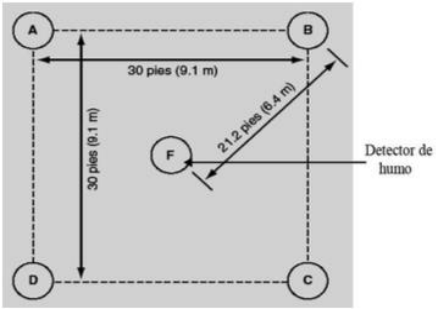
- **Ioloeléctricos**: Se caracterizan de poseer un has luminoso en el centro del detector y este a la hora de ser interrumpido por el paso del humo emite una señal de alarma.
- **Iónicos:** Este tipo de detector funciona como una especie de cámara donde se ioniza el aire lo que hace altamente conductor, pero esta propiedad la pierde cuando los productos de combustión que están en el aire

al iniciarse un incendio entran en esta cámara, generando un aviso. Las ventajas que tiene este detector en comparación con el ioloeléctrico es la cubertura que tiene, ya que este puede abarcar un área de 300 metros cuadradas y el consumo que posee debido a que es menor a la de una lámpara de 25 watts. (Batres, 2007)

2) Cobertura de un detector. La distancia recomendada entre detectores adyacentes o el área física que un detector logra proteger de acuerdo con su compatibilidad en presencia de humo se norma según la Norma NFPA 72. En esta norma indica que todo dispositivo de detección de incendios que reciba alguna alimentación eléctrica del circuito inicial o use un circuito de señalización en un panel de control de alarma contra incendio debe estar destinado a uso exclusivo con dicho panel.

- Para áreas cerradas y para techos planos, sin obstáculos de vigas, ni áreas abiertas debe ser de 30 pies (9.10 metros) x 30 pies (9.10 metros) = 900 pies cuadrados (82.81 metros cuadrados).

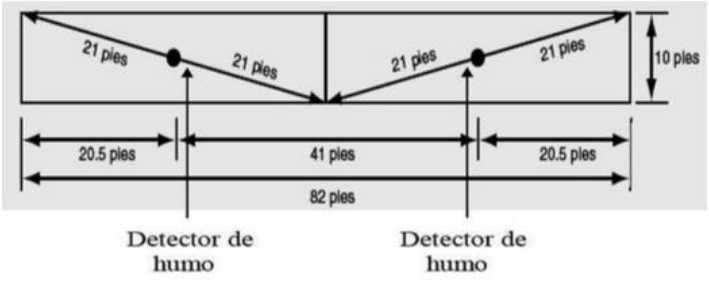
Figura No. 99. Cobertura de detectores de humo en áreas cuadradas.



(Muñoz, 2008)

- Para áreas rectangulares como lo son los pasillos debe ser de 41 pies (12.50 metros) x 10 pies (3.05 metros) = 410.00 pies cuadrados (38 metros cuadrados).

Figura No. 100. Cobertura de detectores de humo en áreas rectangulares.



(Muñoz, 2008)

3) Separación y ubicación de los detectores de humo. El lugar donde se debe instalar los detectores de humo es de mucha importancia, esto para que el detector cuente con la máxima anticipación posible de alarma en una situación de incendio. Para la separación y ubicación de los detectores de humo se clasifican de la siguiente manera:

- **Vigas de más de 30 cm de espesor y cielos falsos de más de 3.66 m de altura.**
  Los detectores se deben instalar en cada espacio libre que se tenga entre viga y viga, ya que se debe considerar cada área individual para la protección con detectores de humo.
- **Para cielos inclinado.**
  Debe estar a una distancia mínima de 4 pulgadas en la pared. Si se emplean detectores para montaje en pared, estos deberán colocarse a una distancia entre 4 a 12 pulgadas del techo con respecto al borde superior del detector y al menos 4 pulgadas de cualquier esquina.
- **Detectores cerca de retornos de aire acondicionado.**
  La colocación de detectores cerca de las bocas de la salida del aire acondicionado o de rejillas de ventilación puede ocasionar la acumulación excesiva de suciedad y polvo en los detectores y por lo tanto podría ser causa de un funcionamiento defectuoso. Por lo tanto, los detectores de humo deben colocarse a menos de 3 pies de distancia de una boca de salida de aire o una rejilla de retorno de aire. (Muñoz, 2008)

4) Lugares no recomendados para la instalación. Los lugares no se recomiendan para la instalación de los detectores de humo en intemperie, áreas mojadas o con exceso de humedad, áreas donde hay presencia de partículas de combustión, área donde se encuentren instaladas luces fluorescentes (en estas áreas se pueden instalar, pero deben instalarse a una distancia mínima de 30 cm de cualquier artefacto de luz fluorescente) y cerca de las salidas de aire. (Dirección General de Protección Civil de España, 1995)

d. Gases de protección en activos de gran valor. En el transcurso de los años se ha desarrollado diferentes equipos para combatir incendios y estos han sufrido cambios desde el punto tecnológico en los años 80, se vienen usando sistemas con gas de supresión de incendios. En su momento fueron efectivos, pero con el avance de la tecnología y el desarrollo que ha tenido los países se comprobó que eran buenos para la extinción de incendios, pero nocivos para el medio ambiente. Por tal motivo se fueron corrigiendo componentes químicos en los gases de supresión de incendios. Dando paso al HALON 1301. Un agente limpio para la extinción de incendios en sistemas fijos.

El HALON 1301 se convirtió en el agente extintor de fuego preferido para la utilización en protección de activos de alto valor. Pero desafortunadamente se comprobó que este agente extintor tenía un impacto negativo en la capa de ozono de la tierra y que producía cáncer para la persona expuesta.

Hoy en día existe una gran variedad de gases en la protección de activos de gran valor con mejores ventajas de los cuales se listan en el Cuadro No. 44.

Cuadro No. 44. Clasificación de gases usados en extinción de incendios de gran valor.

No.	Tipo de gas	Descripción	Ventaja o Desventaja
1	FE-25	Es una preparación con Pentaflouroetano.	No conduce electricidad, no corrosivo. No deja residuos al descargarse, por lo que no causa daños.
2	FE-227	Conocido genéricamente como HFC-227 y fue el reemplazo del HALON1301.	Se emplea porque necesita menos gas por metro cúbico en cualquier área protegida.
3	ECARO 25	Sistema de supresión de agente limpio. Brinda las ventajas de los actuales y ofrece otras para una mejor inversión de las empresas. Este es aceptado por las aseguradoras. Emplea pequeños diámetros de tuberías, haciendo que la red de tubería sea más eficiente.	· No requiere de limpieza general después de usarlo. · No causa daños en los electrónicos. · Máximo flujo al momento de la descarga.
4	INERGEN	Un agente limpio. Diseñado para proteger recintos normalmente. Es la mezcla de tres gases que pertenecen en forma natural en la atmósfera: nitrógeno, argón y bióxido de carbono.	No destruye la capa de ozono, ni contribuye con el calentamiento global.

Fuente: (Muñoz, 2008)

1) Lugares para emplear sistemas con agentes limpios. Los lugares donde se usan los sistemas de agentes limpios son en museos, cuartos de servidores, cuartos de bombas o equipos hidráulicos, bibliotecas, restaurantes, salas de cines, asilos de ancianos, colegios y guarderías.

2) Funcionalidad del gas limpio dentro de los ambientes. La atmósfera normal en un cuarto contiene 21% de oxígeno y menos del 1% de bióxido de carbono. Si el contenido de oxigeno es reducido por debajo del 15%, la mayoría de combustibles ordinarios cesan de quemarse. Los gases para protección contra incendios actúan reduciendo el contenido de oxigeno aproximadamente al 12.5% mientras aumentan el contenido de bióxido de carbono alrededor del 4%. El incremento en el contenido de bióxido de carbono permite la respiración de las personas. Es por eso que no son nocivos para las personas ni el medio ambiente. (Muñoz, 2008)

e. Sistema con rociadores (SPRINKLER). Son dispositivos de descarga destinados a controlar y extinguir un incendio a base de agua a presión. Los sistemas de rociadores están compuestos por uno o más abastecimientos de agua y uno o más sistemas de rociador. Cada sistema comprende un puesto de control y una red de tubería en la que se instalan cabezas de rociador en posiciones especificas ya sea en techo, cielos falsos, en paren, en estanterías, debajo de estantes, entre hornos, estufas, etc.

1) Funcionamiento de un rociador. Por medio del bulbo de vidrio o de metal que explota al someterse a una elevada temperatura, permitiendo la salida del agua que contiene la tubería. Los rociadores funcionan, por lo general, a una temperatura determinada de acuerdo al cálculo y modelo a usar para lo cual se debe tener en cuenta las especificaciones de los rociadores automáticos. Los rociadores generalmente actúan de acuerdo a dos tipos de instalaciones de las cuales son:

- Con tuberías húmedas.
- Con tuberías secas, generalmente son tuberías que corre agua al momento de una señal de fuego abriendo la válvula instalada. Por lo regular esta válvula se encuentra en el exterior de los edificios funcionando automáticamente por medio del panel de control. (Dirección General de Protección Civil de España, 1995)

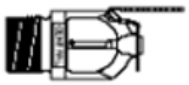
Cuadro No. 45. Edificaciones con sistemas de rociadores para el combate de incendios.

No	Lugar	Recomendaciones	Otros
1	Fabricas de proceso de papel o bodegas de almacenamiento de papel en bobina	Las áreas de pigmentos para colorear los diferentes papeles deben de ser tratadas por aparte con un sistema adecuado	
2	Fabricas de confección de ropa (maquilas)	Al igual que la anterior, las áreas de teñido de las prendas deben de considerar otro tipo de sistema según los materiales inflamantes.	
3	Almacenamiento de productos en cajas de cartón corrugado	Previo análisis del producto dentro de las cajas, y las áreas de material combustible. Las bodegas pueden ser protegidas con sistema de rociadores siempre y cuando estas no contengan materiales de hidrocarburos, inflamantes, o aparatos eléctricos.	
4	Edificios de apartamentos	Se debe de analizar algunas áreas especiales como bibliotecas y cocinas.	
5	Centros comerciales	Se debe de dar tratamiento especial a los restaurantes, áreas de cocinas industriales, comerciales electrónicos, oficinas.	
6	Cines	Se debe de tratar con especial cuidado la parte de la pantalla y el cuarto de control.	
7	Hospitales	Considerar que algunas áreas llevan protección independiente y adecuada como almacenaje de gases médicos y tóxicos, área de calderas, cocinas industriales, salas de operación con equipo valioso, archivos y registros de los pacientes,	sub estaciones eléctricas, y transformadores de alta tensión

Fuentes: (Muñoz, 2008)

2) Clasificación de rociadores. Los rociadores se clasifican según análisis previo de áreas que se deben proteger. Para ello se lista la clasificación en el siguiente cuadro.

Cuadro No. 46. Clasificación de rociadores.

No.	Tipo de rociador	Descripción
1	Para abajo tipo (upright)	
2	Para arriba tipo (pendent)	
3	Para pared tipo (horizontal)	

Fuentes: (Muñoz, 2008)

3) Instalación de rociadores en áreas internas.

Cuadro No. 47. Instalaciones de rociadores en las áreas internas.

No.	Lugar	Descripción
1	En cielo falso	Considerar tipo Upright con deflector para abajo.
2	Estructuras metálicas	Considerar con deflector para arriba o abajo.
3	Losas fundidas o prefabricadas	Considerar con deflector para arriba o abajo.
4	Empotrados en pared	Con deflector para abajo.
5	En campanas de cocinas	Con deflector para abajo.
6	En estanterias o rack altos	Con deflector para arriba o abajo.

Fuentes: (Muñoz, 2008)

4) Temperatura. Los rociadores funcionan por medio del estallido del bulbo, esto ocurre al momento que este se encuentre sometido a temperaturas altas producidas por el fuego. Pero a la vez es importante saber a cuantos grados de temperatura ocurre el estallido del bulbo del rociador. Los rociadores se encuentran identificados mediante colores en el bulbo, con el fin de saber la temperatura que soportan antes del estallido basando en lo siguiente.

- En condiciones normales y clima moderado es aconsejable utilizar un rociador con temperaturas de 68ºC o 74ºC.
- Cuando se tienen espacios ocultos sin ventilar como lo son los tragaluces es aconsejable instalar rociadores con temperatura de funcionamiento superiores a los 93ºC a 100ºC.

El color de identificación se encuentra ubicado en el bulbo de descarga del rociador, e indica la temperatura de funcionamiento que posee el rociador. Esto también depende del tipo, modelo a usar y el fabricante del rociador.

Cuadro No. 48. Clasificación de rociadores según el color del bulbo.

Temperatura Máxima en el techo		Ámbito de Temperatura		Clasificación de Temperatura	Código de Color	Color de bulbo
°F	°C	°F	°C			
100	38	135 a 170	57 a 77	Ordinaria	Sin color o negro	Naranja o Rojo
150	66	175 a 225	79 a 107	Intermedia	Blanco	Naranja o Verde
225	107	250 a 300	121 a 149	Alta	Azul	Azul
300	149	325 a 375	163 a 191	Extra Alta	Rojo	Violeta
375	191	400 a 475	204 a 246	Extra Muy Alta	Verde	Negro
475	246	500 a 575	260 a 302	Ultra Alta	Naranja	Negro
625	329	600	343	Ultra Alta	Naranja	Negro

Fuente: (NFPA 13, 1996)

5) Generalidades para instalación. Los requisitos básicos, para el diseño, instalación, y mantenimiento en los sistemas fijos de rociadores automáticos contra incendios en proyectos arquitectónicos y en plantas industriales. Estos pueden ser aplicables en cualquier edificio donde se realizan ampliaciones, reparaciones, u otra modificación.

Los rociadores automáticos deben estar instalados para detectar un conato de incendio y apagarlo inmediatamente por medio de agua o espuma o controlado para que pueda ser apagado por otros medios, que en este caso serían los bomberos o sistemas hidratantes con mangueras.

También tiene como fin de proteger todas las zonas de la propiedad, pero en ningún caso son recomendables en zonas con ductos eléctricos, archivos de información importante, salas de cómputo, áreas de

servicio computarizados y todas aquellas donde igual sería la destrucción de los activos por fuego que con agua. (Dirección General de Protección Civil de España, 1995)

6) Superficie máxima por rociador. Para que un sistema de protección de incendios con rociadores cumpla con los requerimientos de cobertura hay que aplicar la siguiente tabla, además de las recomendaciones del fabricante, el análisis de riesgo, y la norma NFPA código No. 13. (NFPA-13, 1996)

Cuadro No. 49. Separación de rociadores en los sistemas contra incendios.

Tipo de riesgo	Superficie máxima por rociador (m2)	Distancia máxima	
		Ancho	Largo
Riego ligero (RL)	21.00	4.60	4.60
Riesgo ordinario (RO)	12.00	3.50	3.50
Riesgo extra (REA)	9.00	3.00	3.00

Fuentes: (NFPA 13, 1996)

7) Áreas permisibles sin protección de rociadores. Los rociadores deben ser protegidos en todo el edificio, pero podrá ser omitida en algunas áreas como lo especifican los siguientes casos, siempre tras debida consideración y el respectivo estudio de las áreas.

- Lavanderías, excepto vestuarios de construcción no combustibles y que no almacenen materiales inflamables.
- Escaleras cerradas que no contengan material combustible y que estén construidas con materiales resistentes al fuego.
- Conductor vertical cerrado como lo son los ascensores, o conductos de servicio.
- Salas protegidas con sistemas de extinción.
- Parte húmeda de cuartos de máquinas de fabricación de papel u otros.
- Silos y contenedores que tengan sustancias que se expanden al contacto con el agua.
- Salas de cómputo y de servicio.
- Proximidades a hornos industriales, baño de sal o equipo similar, si el uso del agua tendiese a aumentar el riesgo.
- Zona protegida con rociadores de otra no protegida siempre y cuando la zona no protegida este construida con material resistente al fuego de por lo menos 60 minutos. (NFPA-13, 1996)

8) División de los sistemas de rociador. Los sistemas de rociadores contra incendios se dividen en dos tipos y por lo cual para su uso depende de las áreas y del producto almacenado. Sus clasificaciones son: los sistemas secos o también conocidos como tipo diluvio y los sistemas húmedos con agua presurizada dentro de las tuberías.

9) Sistemas secos o tipo diluvio. Los sistemas secos o tipo diluvio por lo general se encuentran presurizados con aire o gas inherente, agua debajo de la válvula de alarma y generalmente utilizan un suministro permanente de aire o en su caso, gas inherente para mantener la presión en la red de la tubería.

Las boquillas rociadoras de los sistemas secos se encuentran abiertas y no poseen bulbo en las boquillas y su forma de funcionar es por medio de válvulas de acción previa, las cuales funcionan automáticamente mediante de sistemas de detección y acción automática.

La instalación de los sistemas secos o tipo diluvio se instalan donde exista la posibilidad de daño al sistema por hielo o la temperatura supere los 95 ºC como lo son los hornos de secado. Este tipo de instalaciones se subdivide en Acción Previa tipo A y acción Previa tipo B.

- **Instalación de acción previa tipo A:** Se instala únicamente en zonas donde un incendio accidental puede ocasionar grandes daños. Un ejemplo es el tanque de GLP gas licuado a presión.
- **Instalación de acción previa tipo B:** Se instala en zonas donde requiera un sistema seco y se tema una propagación rápida del fuego. (Muñoz, 2008)

10) Condiciones hidráulicas en la instalación de rociadores. Para el sistema de rociadores se deben realizar cálculos de pérdida por fricción o también se puede basar por medio de tablas las cuales del capítulo 23 de la Norma para Instalaciones de Sistemas de Rociadores, la cual sería la norma NFPA 13. En capítulo 23.4.1 detalla acerca de la fórmula de Pérdida por fricción. Esta se da en las tuberías y esta se determina mediante la fórmula de Hazen-Williams.

$$\rho = \frac{4.52Q^{1.85}}{C^{1.85}d^{4.87}}$$

Donde:

- $\rho =$ resistencia por fricción (psi / pie de tubería)
- $Q =$ flujo (gpm)
- $C =$ coeficiente de pérdida por fricción
- $d =$ diámetro interior real de la tubería (pulgadas)

Cuando se aplica el sistema internacional las unidades si, se debe utilizar la siguiente ecuación:

$$\rho m = 6.05\left(\frac{Qm^{1.85}}{C^{1.85}dm^{4.87}}\right)10^3$$

Donde:

- $\rho m =$ resistencia por fricción (bar /m de tubería)
- $Q =$ flujo (L/min)
- $C =$ coeficiente de pérdida por fricción
- $d =$ diámetro interior real de la tubería (mm)

(NFPA-13, 2013)

11) Fórmulas para caudal unitario de un rociador. El caudal unitario de un rociador es el que sirve para realizar cálculo hidráulico del sistema para determinar el diámetro que debe tener la tubería del sistema. Para el cálculo del mismo se debe conocer el factor "K", conociendo el factor "K" se determina el caudal mediante la fórmula indicada en el capítulo 23.4.2.5 de la norma NFPA 13.

Donde:

$$Kn = \frac{Q}{\sqrt{P}}$$

- $Kn =$ K equivalente en un nodo
- $Q =$ flujo en el nodo
- $P =$ presión en el nodo

(NFPA-13, 2013)

12) Presión máxima en los sistemas con rociador. Para las presiones del sistema con rociadores según la norma NFPA 13, capítulo 23 se debe considerar que la presión mínima de operación de cualquier rociador debe ser de 7 psi (0.5 bar). Cuando ocupaciones de riesgo extra que en este caso no sería el modelo de edificio que estamos diseñando se debe considerar una presión operativa de 175 psi (12.1 bar). Por lo tanto, por ser un edificio catalogado como riesgo leve se podría considerar presiones para cada rociador de 7 psi (0.5 bar). (NFPA-13, 2013)

13) Clasificación de riesgos en sistema de rociadores. Según la norma NFPA 13 nos indica que se debe diseñar la instalación de rociadores dependiendo de la clase de riesgo que se tenga. Esta se debe determinar antes de empezar el diseño del sistema.

Las ocupaciones o partes de ocupaciones se deben clasificarse de acuerdo con la cantidad de combustibilidad de sus contenidos; las tasas de liberación de calor esperadas, al potencial total de liberación de energía y la presencia de líquidos inflamables. Las clasificaciones de los riesgos según la norma la clasifican de la siguiente manera:

- **Riesgo leve:** Los rociadores en ocupación leve deben ser de respuesta rápida. El riesgo leve no debe tener ninguna superficie unitaria superior de 126 m2 con resistencia al fuego de 30 minutos. Sus usos NO comerciales.
- **Riesgo ordinario:** Sus usos son comerciales e industrias donde procesan o fabrican materiales combustibles.
- **Riesgo extra:** Incluye usos comerciales e industriales donde los materiales tienen una carga de fuego y combustibilidad elevada y es probable que favorezcan la rápida propagación.
- **Riesgo de ocupación especial:** Los de riesgo de ocupación especial incluye almacenamientos de los productos mencionados, la única diferencia es la altura debido a que supera los límites establecidos en la norma. (NFPA-13, 1996)

14) Mantenimiento del sistema. Para el mantenimiento del sistema el usuario deberá llevar a cabo un programa de inspección, comprobación, programación de pruebas, servicios de mantenimiento y deberá mantener una documentación apropiada en el lugar de instalación del sistema. Esto con el fin de revisar los tiempos de mantenimiento de las bombas, depósitos de presión y de gravedad.

Los edificios que utilizan este tipo de sistema deberán contar con rociadores de repuesto que servirán para sustituir los rociadores dañados o que hayan funcionado. El número de rociadores de repuesto no debe ser inferior a lo que indica la Dirección General de Protección Civil.

- Se deben tener 6 rociadores para instalaciones en riesgo ligero.
- Se deben tener 24 rociadores para instalaciones de riesgo ordinario.
- Se deben tener 36 rociadores para instalaciones de riesgo extra proceso y extra almacenamiento. (Muñoz, 2008)

Se encuentran ubicados en lugares en donde existen vapores corrosivos se deben proteger de las siguientes maneras:

- Por un medio de un revestimiento adecuado, este generalmente realizado por el fabricante.
- Por una mano de vaselina aplicada antes del montaje y después del montaje.
- Por un tratamiento anticorrosivo no se debe aplicar a la ampolla del rociador. (Muñoz, 2008)

15) Periodo de mantenimiento. La empresa que lleva a cabo la instalación debe garantizar el correcto funcionamiento del equipo. Para ello la empresa debe inspeccionar y verificar las instalaciones en tuberías, mediciones e las diferentes válvulas del sistema y debe garantizar el arranque manual como también el arranque automático de las bombas principales y auxiliares del sistema. Para ello el mantenimiento se debe realizar una serie de periodos los cuales son:

- **Programación semanal.** Se comprueba y se registran los resultados de los equipos: La presión del agua y del aire de cada manómetro instalado en las bombas principales, colectes de agua, depósitos a presión y además se verifica la correcta posición de las válvulas de cierre.
- **Programas trimestrales.** Se registra una revisión del riesgo, instalaciones de las tuberías, modificación en las estructuras y uso del edificio.
- **Programas semestrales.** Se verifican las válvulas de alarma seca y cualquier acelerador y aliviador, además se revisa las alarmas de bombeo central y central receptora de alarmas.
- **Programas anuales.** Se llevan a cabo pruebas de caudales de las bombas.
- **Programas trianuales.** Se examinan externamente todos los elementos del sistema para vigilar la corrosión. Para ello deben ser vaciados los elementos y limpiados. Y en caso necesarios, los dispositivos serán pintado y protegidos contra la corrosión.
- **Programa de 10 años.** Se cambian repuestos de las bombas principales y se verifica las instalaciones eléctricas de las mismas.
- **Programa de 15 años.** Se vacía y se realiza una limpieza de los depósitos de agua. Además, se lleva a cabo una inspección para verificar que los depósitos no presenten rupturas o fisuras. (NFPA 13, 2001)

f. Equipos de bombeo en los sistemas contra incendio.

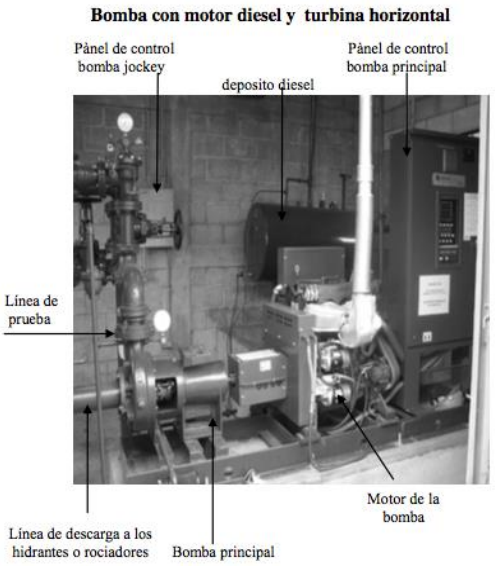
1) Clases de abastecimiento de agua en sistemas contra incendios. Los abastecimientos de agua en los sistemas contra incendios se clasifican en: Sencillo, superior y el doble. Cada uno de los sistemas de protección contra incendios exigir una clase de abastecimiento como mínimo aceptable.

- **Abastecimiento sencillo.** Les cuando se tiene una red de uso público que no cumpla con las necesidades y este deberá instalarse equipo automático, esto siempre y cuando el abastecimiento sea por medio de una fuente inagotable con un equipo de bombeo.
- **Abastecimiento superior.** Les cuando se tiene una red de uso público y que esté alimentada de sus dos extremos de los cuales uno sea capaz de asegurar el caudal y presión, cuando se hace la conexión de la toma a la red de uso público, cuando la fuente con un depósito elevado sea con depósito y con dos equipos automáticos de bombeo.
- **Abastecimiento doble.** Comprende los abastecimientos sencillos y es donde cada uno es independiente del otro. Los abastecimientos que forman parte de este debe cumplir con los requisitos de caudal y presión que se requiera en el sistema. (Muñoz, 2008)

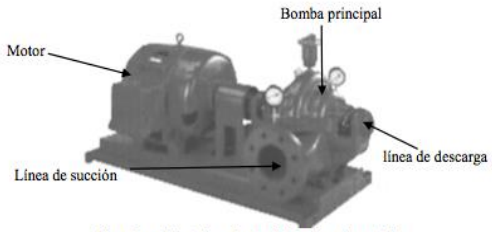
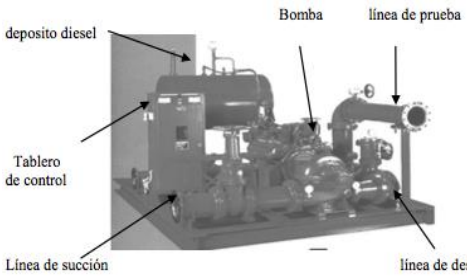
2) Equipo de bombeo usado en sistemas de agua o espuma contra incendio. El equipo de bombeo es todo los que forma parte del grupo de bombas capaces de suministrar el caudal y la presión necesaria en los sistemas de extinción de incendio en proyectos arquitectónicos. Estos grupos normalmente se componen por medio de dos bombas, una de ellas es la bomba secundaria conocida como Jockey y principal de tipo turbina, encargada de suministrar la presión y el caudal requerido por el sistema, según el cálculo hidráulico realizado, para garantizar el funcionamiento correcto de la red de los rociadores, hidratantes o monitoreo de agua + espuma. Pero para este proyecto solo sería para el sistema de rociadores. Las funciones de estos dos tipos de bombas empleadas en los sistemas contra incendios son diferentes y se detallan en la norma NFPA 20, Instalación de bombas estacionarias de protección contra incendios.

La bomba principal de sistemas contra incendios se caracteriza en el siguiente cuadro. En este cuadro se detalla la especificación de una bomba con un motor diésel y turbina y de una bomba eléctrica de turbina horizontal. (NFPA-20, 2001)

Cuadro No. 50. Características de la bomba principal de sistema contra incendios.

No.	Especificación	Gráfico
1	La bomba principal debe ser automática y manual. Rara vez es sólo manual.	
2	Las bombas principales no se pueden emplear en ningún momento para mantener presiones del sistema por lo que es necesario instalar una bomba auxiliar llamada de presurización o también conocida como bomba tipo Jockey con arranque y parado automático.	
3	No se pueden usar las bombas para otra finalidad. Solo se pueden emplear para la protección contra incendios.	
4	Todas las bombas principales tendrán características compatibles y serán capaces de funcionar en paralelo a cualquier caudal, esto independiente del régimen de revoluciones que posea.	

Continuación Cuadro No. 50

No.	Especificación	Gráfico
5	Para casos que exijan doble equipo bombeo se instalaran dos bombas que sean capaces e independientes de suministrar los caudales y presiones que requiera el sistema. La decisión dependerá del cálculo hidráulico y de las condiciones de instalación que se tenga en el sitio.	 **Bomba eléctrica de turbina horizontal**  **Bomba turbina horizontal con motor diesel**
6	Cuando se usa agua de mar sin recarga de agua dulce los componentes de la bomba deberán estar protegidos para este servicio. Esto con el fin de evitar la corrosión de algún componente principal de la bomba.	
7	Cuando no se pueden usar bombas horizontales se emplearán bombas verticales sumergibles. **Pero solo si no es factible usar las bombas horizontales.**	
8	Las bombas o todo el sistema de montaje del grupo de bombeo deben de permitir la reparación y mantenimiento de la bomba sin que sea preciso desembridarla, ni desmontar motor. Esto con el fin de que el equipo pueda funcionar si se llegara a presentar alguna emergencia durante el periodo de mantenimiento.	
9	Todos los elementos que se encuentre en contacto con el agua bombeada deberán estar fabricados de un material apropiado para impedir la oxidación y la corrosión de las mismas.	
10	Cuando se tienen sistemas con dos equipos de bombeo sólo uno de los dos podrá ser eléctrico o ha de ser que no existan dos fuentes de energía eléctrica que llenen las condiciones: Independencia total de generadores autónomos, comunicación automática e independiente del control de las bombas cada grupo de bombas capaz de dar el 50% del caudal nominal al 100%	

Fuente: (Muñoz, 2008)

3) Características hidráulicas en las bombas contra incendios. El caudal nominal de la bomba debe ser especificado o calculado para el sistema que se esté diseñando. Cada caso o área que se desea proteger es diferente.

- La presión nominal la cual la nombramos como "P" es la presión de impulsión o nominal más la presión de aspiración, será la presión mínima especificada o calculada para el sistema.
- Las bombas verticales la presión nominal no debe ser inferior a la medida brida de impulsión del cabezal de la bomba.
- El grupo de bombas debe ser capaz de impulsar como mínimo 140 por 100 del caudal nominal a una presión no inferior al 70 por 100 de la presión nominal.
- La presión de impulsión de la bomba caerá de forma continua a medida que se vaya aumentando el caudal.
- No se debe conectar una bomba a la red pública sin haber realizado una prueba para demostrar que este es capaz de suministrar un caudal igual al 120% de la demanda máxima que requiera el sistema. (Muñoz, 2008)

4) Curva típica de una bomba. La curva típica de una bomba es una representación gráfica donde se detalla la capacidad de fuerza de la bomba con relación a la presión, libras sobre pulgada cuadrada (PSI), y caudal con relación a galones por segundo (GPM).

Figura No. 101. Muestra gráfico de la curva típica de una bomba.



(Muñoz, 2008)

Lo que indica la curva típica es la presión y el caudal de una bomba para un sistema contra incendios se define desde el tipo de sistema a instalar, el número de unidades a descargar, la longitud a recorrer por el agua, para todo existen varios programas computarizados, los cuales nos proporcionan hoy en día el diámetro de la tubería a usar como la presión necesaria según el caso.

Cuadro No. 51. Características de caudal y presión en bombas de turbina vertical.

Bomba de turbina vertical	Impulsión nominal
Capacidad Nominal Q = Caudal GPM	**P = Presión PSI**
250 GPM	75 - 100 PSI
500 GPM	100 - 370 PSI
750 GPM	99 - 361 PSI
1000 GPM	96 - 316 PSI
1500 GPM	98 - 320 PSI
2000 GPM	98 - 198 PSI
2500 GPM	100 - 187 PSI
3000 GPM	100 -189 PSI
3500 GPM	101 - 180 PSI
4000 GPM	120 - 189 PSI
4500 GPM	120 - 181 PSI

Fuente: (Fairbanks. Morse, 2011)

Cuadro No. 52. Características de caudal y presión en bombas de turbina horizontal.

Bomba de turbina horizonta	Impulsión nominal
Capacidad Nominal Q = Caudal GPM	**P = Presión PSI**
750 GPM	40 - 266 PSI
1000 GPM	40 - 244 PSI
1500 GPM	43 - 236 PSI
2000 GPM	40 - 228 PSI
2500 GPM	53 - 210 PSI
3000 GPM	50 - 213 PSI
3500 GPM	0 - 165 PSI
4000 GPM	94 - 151 PSI
4500 GPM	94 - 223 PSI
5000 GPM	88 - 221 PSI

Fuente: (Fairbanks. Morse, 2011)

5) Válvulas y accesorios de la tubería de las bombas. Para las tuberías de las bombas se deben instalar válvulas de cierre en las tuberías de aspiración e impulsión y una de retención en la tubería de impulsión. Se deberá instalar una reducción en la aspiración de la bomba, la cual será excéntrica y se instalará con la parte superior horizontal. La parte inferior debe tener un ángulo no superior a los 15º y una longitud no inferior a dos veces el diámetro de la tubería de aspiración.

Si se llevará a cabo la instalación de una reducción en la impulsión de la bomba, esta deberá ser concéntrica y se abrirá en la dirección del flujo con un ángulo no mayor de 15º, en caso de usar reducciones normalizadas no se admitirá que una pieza reduzca en más del diámetro nominal. (Dirección General de Protección Civil de España, 1995)

6) Bomba auxiliar (Tipo Jockey). Las bombas auxiliares son las bombas que mantienen la presión en el sistema cuando la bomba principal no puede hacerlo. Las bombas auxiliares por lo regular tienen poca capacidad de caudal, para superar pequeñas pérdidas en el sistema y normalmente están dimensionas a unos 10 psi más que la presión nominal de la bomba principal contra incendios.

Las bombas auxiliares son bombas con motor eléctrico. Esta bomba se caracteriza en mantener la presión del sistema aproximadamente a 150 psi. Y se caracteriza en tener un arranque y paro automático. En las bombas tipo jockey la potencia normalmente es inferior a 5 hp por lo que sí se admite pararla automática, en caso contrario de la bomba principal en donde se manejan presiones superiores a 100 psi. Una de las funciones de las bombas jockey es encenderse cuando la presión de la tubería principal se agota por diferentes causas teniendo como misión surtir de agua el sistema para lograr la presión requerida en la presurización de la tubería del sistema, es por eso que se debe encender y apagar automáticamente. (Muñoz, 2008)

Figura No. 102. Bomba Jockey.



(Emagister, 2009)

g. Tuberías en los sistemas de protección contra incendios. El tamaño de la tubería se determinará de acuerdo con la norma NFPA 14, también mediante el cálculo hidráulico, aunque exista método manual llamado instalaciones precalculadas en la cual los diámetros se determinan usando tablas. No son muy fiables debido al número de rociadores y presión o factor "K" de cada uno, también la distancia a recorrer por el agua.

Lo mejor es determinar los diámetros mediante cálculos hidráulicos o programas computarizados, donde se determinan las diferentes presiones y caudales de agua para obtener el diámetro de tubería correctamente, y la demanda requerida para el sistema, en este caso sería la del Centro de Innovación y Tecnología de la Universidad del Valle de Guatemala.

La tubería, válvulas, accesorios y otros equipos serán capaces de soportar la máxima presión del sistema la cual oscila entre los 175 psi. Pero los mismos serán capaces de soportar presiones más altas esto con el fin de realizar todas las pruebas necesarias, por lo regular las pruebas se deben realizar con presiones mayores a las correspondientes. En este caso la presión sometida al momento de una prueba tanto de tubería como en accesorio será de 175 psi por un lapso de una hora mínimo esto según los cálculos hidráulicos que establece la NFPA 13. (Muñoz, 2008)

C. Análisis eléctrico

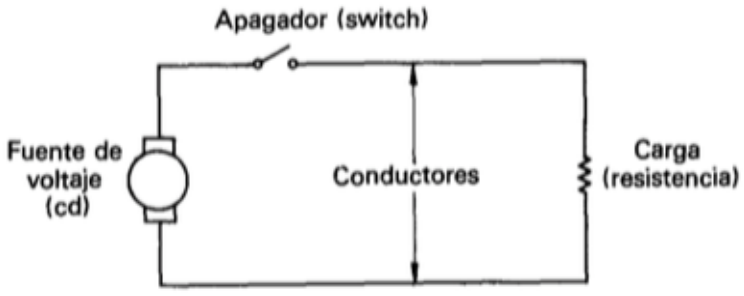
1. Instalaciones eléctricas

a. Partes de un circuito eléctrico. Las partes básicas de un circuito eléctrico práctico consisten en: (Enríquez Harper, 1998):

- Una fuente de energía eléctrica que produzca una corriente a través del circuito.
- Elementos conductores que transportan el flujo de electrones por todo el circuito.
- Los dispositivos a los que se les suministra la energía eléctrica, es decir la carga.
- Un dispositivo de control que conecte o desconecte el circuito, switch.

En el siguiente diagrama se puede observar los componentes básicos de un circuito.

Figura No. 103. Diagrama elemental



(Enríquez Harper, 1998)

b. Corriente eléctrica. Es la capacidad de flujo de electrones libres, se representa con la letra “I” e indica la intensidad del flujo (Enríquez Harper, 1998).

La corriente es de 1 Amperio cuando una cantidad elevada de electrones (6.24 x 1018) pasa por un punto en un segundo.

c. Voltaje o diferencia de potencial. Al conectar una fuente de energía eléctrica a las terminales de un circuito eléctrico, se origina un exceso de electrones libres en un terminal y disminuyen la cantidad de electrones en otra. La terminal con exceso de electrones posee una carga negativa, mientras que la otra posee una carga positiva (Enríquez Harper, 1998).

Los electrones libres de la terminal con carga positiva están más espaciados de lo normal causando que las fuerzas de repulsión disminuya. La fuerza de repulsión es una forma de energía potencial.

La energía potencial en la terminal positiva es menor que la energía potencial en la terminal negativa, esto indica que existe una diferencia de potencial. El diferencial de potencial ocasiona una “presión” necesaria para que circule la corriente (Enríquez Harper, 1998).

d. Resistencia. Los electrones libres se mueven con cierta velocidad en el conductor, de modo que la energía potencial se convierte en cinética. Los iones del conductor colisionan con los electrones libres, lo que ocasiona que los electrones libres cedan parte de su energía cinética en forma de calor a los iones (Enríquez Harper, 1998).

Los electrones libres ocasionan colisiones cuando se desplazan dentro del circuito eléctrico, estas colisiones se oponen a la corriente.

Se denomina *resistencia* a la propiedad de un circuito eléctrico de oponerse a la corriente (Enríquez Harper, 1998). La unidad de esta propiedad es el ohm (Ω) y se representa con la letra R.

Todos los componentes utilizados en un circuito eléctrico poseen cierta resistencia. En instalaciones eléctricas, la resistencia que más se considera es la de los conductores.

La resistencia metálica de los conductores se ve afectada por los siguientes factores (Enríquez Harper, 1998):

- Longitud
- Área de la sección transversal
- El material del conductor
- Temperatura

La resistencia del conductor es directamente proporcional a su longitud, a mayor longitud mayor será la resistencia. Caso contrario al área transversal, son inversamente proporcionales con la resistencia (Enríquez Harper, 1998).

e. Ley de Ohm. Consiste en una de las leyes más importantes de los circuitos eléctricos. La ley de Ohm afirma que el voltaje es el producto de la resistencia con la corriente.

$$V = R \times I \qquad \text{Ecuación 1}$$

Donde V es el voltaje en voltios, R es la resistencia en ohmios e I es la corriente en amperios.

f. Potencia y energía eléctrica. La potencia se define como la capacidad de realiza un trabajo en un circuito eléctrico (Enríquez Harper, 1998). Se representa con la letra P y la unidad de medida utilizada es el watt (w).

El cálculo de la potencia de un circuito eléctrico se realiza con la siguiente relación:

$$P = V \times I \qquad \text{Ecuación 2}$$

Donde P es la potencia, V es el voltaje en voltios e I es la corriente en amperios.

g. Energía eléctrica. Es la potencia eléctrica que se consume por un determinado período (Enríquez Harper, 1998). Su unidad de medida es el watts-hora o kw-hora, y se calcula de la siguiente forma:

$$P = V \times I \times t \qquad \text{Ecuación 3}$$

Donde t es el tiempo en horas, V es voltaje en volts e I es corriente en amperios.

Para determinar la energía eléctrica teórica consumida por todos los dispositivos conectados al circuito eléctrico, se requiere saber la potencia que utilizan y por cuánto tiempo (Enríquez Harper, 1998).

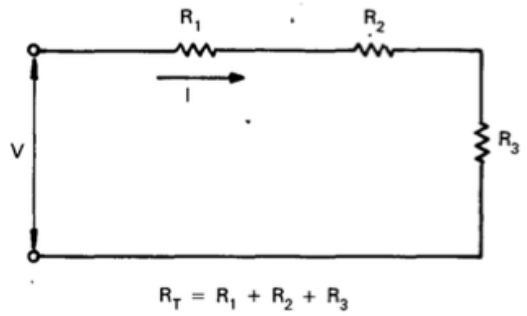
El pago de energía eléctrica está basado por el consumo kilowatt-hora.

h. Circuitos conectados en serie. Es cuando los elementos se conectan sucesivamente en una corriente eléctrica. Para considerar el circuito como una conexión en serie debe poseer las siguientes características (Enríquez Harper, 1998):

- La corriente en todos los elementos es la misma.
- Se interrumpe la corriente en todo el circuito si algún elemento es desconectado.
- La magnitud de la corriente del circuito es inversamente proporcional a la resistencia de los elementos conectados.
- La resistencia total en un circuito en serie es la suma de las resistencias de cada componente.

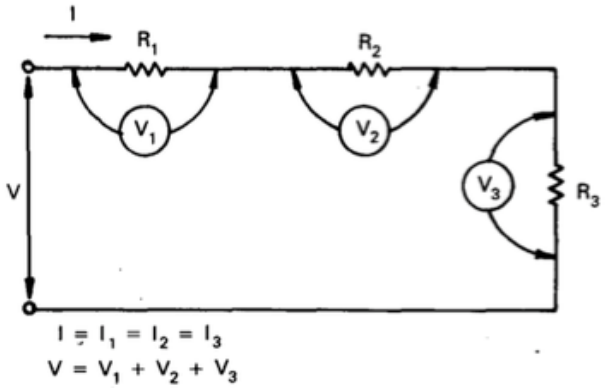
- El voltaje total aplicado es igual a la suma de las caídas de voltaje en cada elemento del circuito.

Figura No. 104. Diagrama de la resistencia total en un circuito en serie



(Enríquez Harper, 1998)

Figura No. 105. Circuito en serie con sus respectivas caídas de voltaje

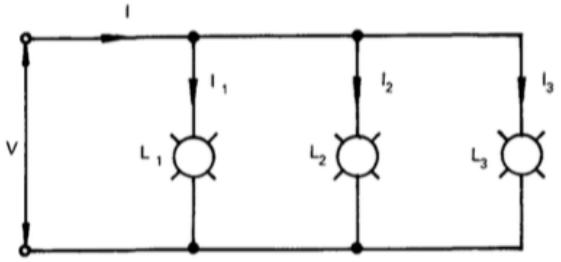


(Enríquez Harper, 1998)

i. Circuitos conectados en paralelo. En este forma de circuitos los elementos están conectados en un sub-circuito que conecta el total de elementos con la fuente de alimentación. Las características que posee este tipo de conexión son las siguientes (Enríquez Harper, 1998):

- La corriente de los elementos principales es igual a la suma de las corrientes en las ramas en paralelo (elementos en derivación).
- Desconectar un elemento no interrumpe el flujo de corriente en todo el circuito. La corriente total del circuito en paralelo depende del número de elementos que se conectan paralelamente.
- El voltaje en todos los elementos es el mismo e igual al de la fuente de alimentación.

Figura No. 106. Características de un circuito en paralelo



$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$V = V_1 = V_2 = V_3$$

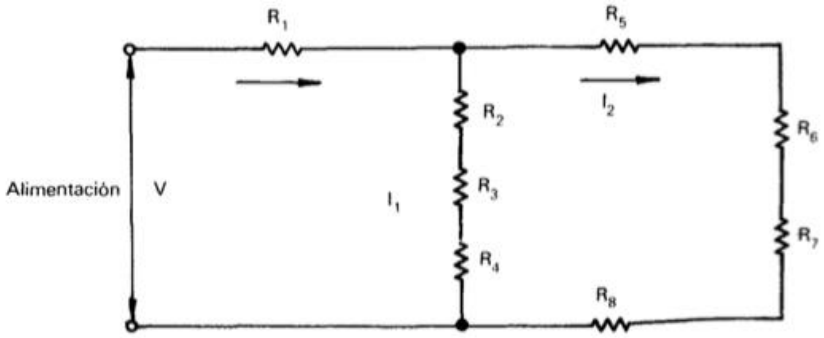
(Enríquez Harper, 1998)

La resistencia total en un circuito en paralelo se calcula con la siguiente expresión:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_n}$$ Ecuación 4

j. Circuitos conectados en serie-paralelo. Estos circuitos son una combinación del arreglo en serie y en paralelo para complementar las características de cada tipo de conexión.

Figura No. 107. Circuito en serie-paralelo



(Enríquez Harper, 1998)

k. Caída de voltaje. Al pasar la corriente por un conductor, parte del voltaje aplicado se pierde en superar la resistencia del conductor. Cuando la pérdida de voltaje es excesiva se puede ocasionar problemas de desempeño en los aparatos conectados (Enríquez Harper, 1998). La caída de voltaje se calcula con la aplicación de la Ley de Ohm.

La designación norteamericana AWG (*American Wire Gage*) para los conductores utilizados en las instalaciones eléctricas. Esta designación especifica el número o calibre del conductor y lo relaciona con su diámetro.

A cada calibre se le asigna una resistencia dada en ohms por metro. La resistencia total del conductor es calculada así (Enríquez Harper, 1998):

$$R = r \times L \qquad \text{Ecuación 5}$$

Siendo r resistencia en ohm/metro y L la longitud del conductor en metros.

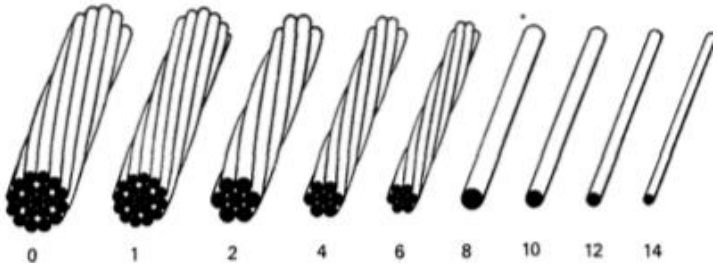
l. Componentes de una instalación eléctrica

1) Conductores. Son elementos que permiten la circulación de la corriente eléctrica. Pueden ser alambres forrados con material aislante. Un material muy utilizado como conductor en instalaciones eléctricas es el cobre.

Los calibres de los conductores permiten tener un diámetro aproximado por medio del sistema norteamericano de calibres (AWG). El número designado incrementa conforme la sección transversal del cable es menor.

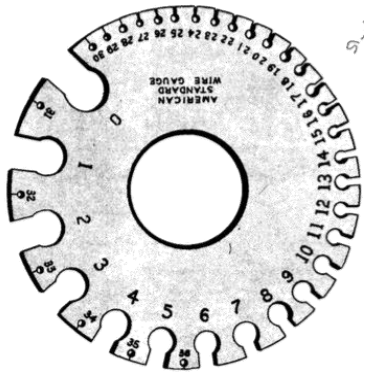
Generalmente, los aislamientos de los alambres conductores son a base de hule o termoplásticos.

Figura No. 108. Conductores sin forro con designación AWG



(Enríquez Harper, 1998)

Figura No. 109. Calibrador de conductores eléctricos



(Enríquez Harper, 1998)

Los conductores que se utilizan en instalaciones eléctricas deben tener ciertos requisitos tales como (Enríquez Harper, 1998):

- Límite de tensión aplicada.
- La Ampacidad, la cual es la capacidad de conducción de corriente máxima para determinado calibre. La capacidad se ve afectada por la temperatura y la capacidad para disipar el calor que se produce por las pérdidas en función del medio en que se encuentra el conductor.
- Máxima caída de voltaje permisible en base al calibre del conductor y la corriente que conducirá. Es el 3% de la fuente de alimentación al punto más distante de la instalación.

2) Tubo Conduit. Es un tipo de tubo plástico o metálico utilizado para contener y proteger los conductores eléctricos instalados (Enríquez Harper, 1998). Los tubos pueden ser fabricados de aluminio, acero o aleaciones especiales. Estos pueden ser clasificados de esta forma (Enríquez Harper, 1998):

- → Tubo conduit de acero pesado: poseen pared gruesa con recubrimiento negro esmaltado. Los diámetros de fabricación están entre 13 mm (1/2") a 152.4 mm (6").
- → Tubo conduit metálico de pared delgada: también llamado "tubo metálico rígido ligero". El diámetro máximo es de 51 mm (2"). No se debe hacer roscado para atornillarse a cajas de conexión y otros accesorios (Enríquez Harper, 1998).
- → Tubo conduit metálico flexible: comúnmente se fabrica con cinta metálica ensamblada helicoidalmente sin recubrimiento. Se le denomina también como "greenfield". No es recomendable su aplicación en diámetros inferiores a 13 mm (1/2") o superiores a 102 mm (4").
- → Tubo conduit de plástico rígido (PVC): es una clase de tubo rígido no metálico elaborado de policloruro de vinilo (PVC). Este debe ser autoextinguible (ASTM D4986), resistente al aplastamiento, humedad y determinados químicos. El tubo rígido de PVC no se debe utilizar en áreas consideradas peligrosas, para soportar luminarias y a temperaturas mayores a 70º C (Enríquez Harper, 1998).

m. Cajas y accesorios. Las conexiones entre conductores se realizan con cajas de conexión instaladas en áreas de fácil acceso para efectuar cambios en el alambrado (Enríquez Harper, 1998).

Todos los apagadores, salidas para lámparas y contactos se deben ubicar en cajas. Dependiendo del tubo conduit utilizado, se utilizan de metal o plástico. Pueden tener forma cuadrada, octagonal, rectangular o circular.

Generalmente, la caja octagonal se utiliza para salidas de alumbrado, mientras que la rectangular y cuadrada para apagadores y contactos. Las cajas circulares ha disminuido su uso en la actualidad, encontrándose en instalaciones antiguas (Enríquez Harper, 1998).

En baños y cocinas las cajas metálicas en instalaciones visibles sobre aisladores, con cables con cubierta no metálica o tubo no metálico, deben instalarse rígidamente a tierra.

Es recomendable que los conductores alojados en una caja de conexión, considerando empalmes, aislamientos y vueltas no ocupen más del 60% del espacio interior de la caja (Enríquez Harper, 1998).

Las aberturas no usadas de las cajas se deben tapar de forma tal que la protección sea el equivalente a la pared de la caja.

La instalación de la caja en paredes o techo de material combustible debe ser a ras de la superficie o sobresaliendo. La fijación de la caja sobre la superficie debe ser rígida y segura.

Las cajas deben estar contener una tapa metálica de preferencia, en caso de ser caja no metálica se puede utilizar una tapa del mismo material. La tapa debe proveer aislamiento, protección y solidez (Enríquez Harper, 1998).

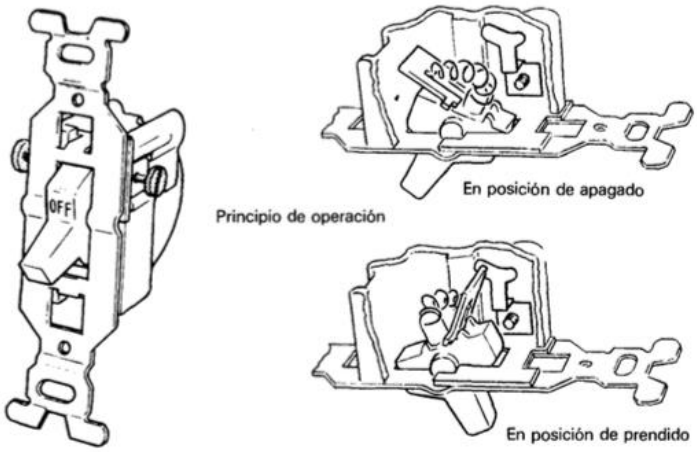
1) Cajas de salida en instalaciones ocultas. Se sugiere que las cajas de salida en instalaciones ocultas tengan una profundidad mayor a 35 mm; a excepción que la profundidad dañe la pared, en este caso es recomendable una profundidad mínima de 13 mm (Enríquez Harper, 1998).

n. Apagadores. Son interruptores pequeños de acción rápida, se operan manualmente para controlar aparatos pequeños y unidades de alumbrado pequeñas. Los voltajes nominales no deben sobrepasar de 600 voltios, puesto a que su operación es manual (Enríquez Harper, 1998).

Existen distintos tipos de apagadores (Enríquez Harper, 1998):

- Apagador de una vía: es el más simple. Es monopolar con dos terminales usadas para encender o apagar un aparato. Los apagadores sencillos en instalaciones residenciales se fabrican para 127 voltios y 15 amperios de corriente.

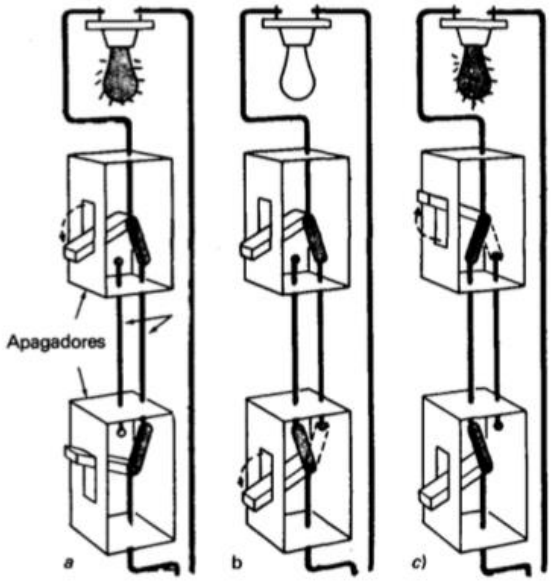
Figura No. 110. Apagador de una vía



(Enríquez Harper, 1998)

- Apagador de tres vías: son utilizados principalmente para controlar lámparas a partir de dos puntos distintos, requiriendo dos apagadores de tres vías por cada instalación.

Figura No. 111. Apagador de tres vías



a) y *c*) Lámpara encendia *b*) Lámpara apagada

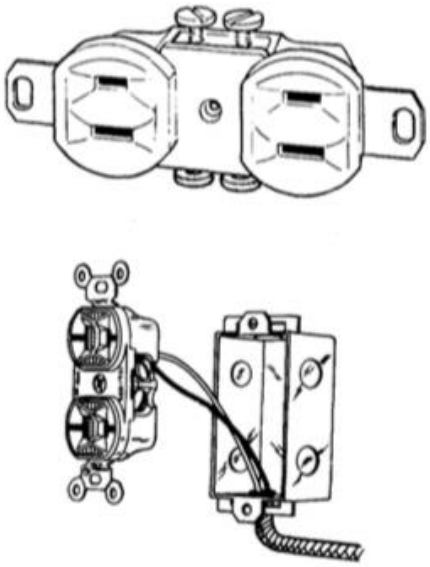
(Enríquez Harper, 1998)

- Apagador de cuatro vías: se usan cuando se dese controlar un circuito de iluminación a partir de tres puntos distintos. Es necesario utilizar también dos apagadores de tres vías en el mismo circuito, de forma que el apagador de cuatro vías quede ubicado entre los dos de tres vías. Las operaciones de interrupción únicamente deben trabajar con el conductor activo del circuito.

Los apagadores se deben ubicar en lugares de fácil acceso. El centro de la palanca del apagador debe quedar ubicado a menos de 2 metros sobre el nivel del piso. En casas, oficinas y centros comerciales se instalan de 1.20 a 1.35 metros sobre el nivel del piso (Enríquez Harper, 1998).

o. Contactos. Son utilizados para enchufar por medio de clavijas dispositivos portátiles (televisores, lámparas, cargadores, lavadoras, entre otros). Deben ser para una capacidad nominal mayor a 15 amperios para 25 voltios y para 250 voltios, mayor a 10 amperios (Enríquez Harper, 1998). Deben ser de tipo polarizado para conexión a tierra y a prueba de agua. Se encuentran sencillos y dobles. Se ubican de 70 a 80 centímetros del nivel del piso aproximadamente. Para áreas de baños o cocinas, comúnmente se instalan en la caja de los apagadores entre 1.20 a 1.35 metros sobre el nivel del piso.

Figura No. 112. Contactos dobles



(Enríquez Harper, 1998)

p. Dispositivos para protección contra sobrecorrientes. En toda instalación eléctrica debe haber dispositivos de seguridad que aseguren que la capacidad de conducción de corriente no sea sobrepasada. A la corriente excesiva se le puede denominar sobrecorriente o corriente de falla (Enríquez Harper, 1998). Esta puede lograr valores pequeños de sobrecarga o valores de corriente de cortocircuito, dependiendo a donde está ubicada la falla en el circuito.

Al ocurrir un cortocircuito, las pérdidas de potencia aumentan significativamente ocasionando temperaturas elevadas que pueden llegar al punto de ignición de los aislamientos de los conductores o materiales cercanos no inflamables (Enríquez Harper, 1998).

La función de la protección contra corrientes de falla es garantizar que la corriente será interrumpida antes que de alcanzar un valor excesivo que pueda ocasionar daño al conductor o a la carga.

En instalaciones eléctricas se pueden encontrar básicamente dos tipos de dispositivos de protección de corrientes excesivas: fusibles e interruptores termomagnéticos.

1) Fusibles. Son dispositivos de sobrecorrientes que se autodestruyen al interrumpir el circuito (Enríquez Harper, 1998). Están elaborados de metal fusionable a temperaturas relativamente bajas y calibrados de tal forma que se funden al alcanzar una corriente determinada. Los fusibles están conectados en serie con la carga, al fundirse abren el circuito.

El fusible posee una característica de tiempo inversa, esto quiere decir que le llevará menor tiempo de fusión conforme aumenta la sobrecarga, disminuyendo paulatinamente el tiempo en que el circuito se interrumpe (Enríquez Harper, 1998). Existen los fusible de tipo tapón con rosca (127 V máximo) y tipo cartucho.

2) Interruptor termomagnético. También se conoce como “Breaker” el cual es un dispositivo que conecta y desconecta un circuito por medios no automáticos y desconecta el circuito automáticamente para un valor determinado de sobrecorriente, sin autodestruirse (Enríquez Harper, 1998).

Una palanca permite abrir y cerrar el circuito eléctrico dependiendo si se posiciona en ON u OFF. El *breaker* se caracteriza particularmente por el elemento térmico conectado en serie con los contactos para protegerlos de una sobrecarga gradual. El elemento térmico se calienta cuando la corriente pasa por ella, si se origina un excesivo calentamiento por un aumento de sobrecarga, unas cintas bimetálicas operan sobre los elementos de sujeción de los contactos desconectándolos automáticamente (Enríquez Harper, 1998).

Los dispositivos de protección contra sobrecorriente se deben ubicar en el punto de alimentación de los conductores o lo más cercanos posible del circuito para facilitar su acceso. No deben estar expuestos a daño mecánico ni cerca de material inflamable.

2. Iluminación. El diseño de iluminación en un ambiente es indispensable para la comodidad de los usuarios (de Marcilla del Valle, 2010).

La calidad de la iluminación depende en parte de para qué es necesaria, de modo que esta se basa en las diferentes actividades que se pueden llevar a cabo en el espacio iluminado. La calidad de la iluminación también determinará el ambiente del espacio, la atención y la salud de las personas que se encuentran en él (International Energy Agency, 2006).

Es importante entender la diferencia entre la intensidad luminosa y el flujo luminoso antes de efectuar el diseño de iluminación artificial. La **intensidad luminosa** es la cantidad de luz emitida por un cuerpo luminoso, esta

se cuantifica en candela (cd) o bujía decimal. Mientras que el **flujo luminoso** es la cantidad de energía luminosa que atraviesa una superficie perpendicular a los rayos de luz, por unidad de tiempo; su unidad de medida es el lumen (Blanco, 2012).

Existen dos mediciones claves de iluminación: iluminancia y luminancia. **Iluminancia** es el flujo luminoso incidente en una unidad de área de una superficie, y se mide en lúmenes por metro cuadrado (lm/m^2) y se le llama "lux". El *pie-candela* es el equivalente a un lumen por pie cuadrado (lm/pie^2).

Y la luminancia es la equivalencia direccional de la iluminancia, la cual está definida en unidades de candela por metro cuadrado llamado "nit".

La luminancia de una fuente de luz o de un objeto reflejante de luz indica que tan brillante esa fuente u objeto es cuando se ve desde una dirección. Mientras que la iluminancia indica cuanta luz se lanza a un determinado plano. Por simplicidad, se utilizan los niveles de iluminancia como parámetro indirecto para determinar la calidad del sistema de iluminación (International Energy Agency, 2006).

a. Iluminación artificial. La iluminación artificial es uno de los principales consumidores de energía eléctrica. De acuerdo a un informe de *International Energy Agency* del 2006, los sistemas de iluminación artificial representan el 19% del consumo energético (de Marcilla del Valle, 2010).

Si se consideran también sistemas de calefacción y refrigeración, el consumo energético por iluminación artificial disminuye a 12% (de Marcilla del Valle, 2010).

El mismo informe de IEA sugiere que utilizar bombillas fluorescentes compactadas en lugar de lámparas incandescentes, utilizando resistores de alta eficiencia reemplazando los de vapor de mercurio HID (*high intensity discharge*) puede reducir la demanda global de iluminación hasta un 40%.

Un sistema de iluminación "verde" reduce el consumo de energía en iluminación y en refrigeración, y mejora el confort visual del ambiente. La iluminación artificial debe ser considerada como complemento de la luz natural.

Al tomar en cuenta la eficiencia del sistema de iluminación en el diseño de edificaciones se pueden disminuir costos de operación. Existe una amplia gama de técnicas para maximizar la eficiencia de la iluminación que van desde el diseño arquitectónico de espacios, una selección apropiada de las lámparas, la distribución de estas, entre otras (Kwok & Grondzik, 2007).

Un proyecto verdaderamente eficiente energéticamente en iluminación es aquel que no utiliza iluminación artificial cuando los espacios están desocupados, ambientes con buena iluminación natural que no necesitan gran

cantidad de lámparas para cumplir con el criterio de diseño, y un adecuado control de lámparas que puede ser manual, automatizado o híbrido (Kwok & Grondzik, 2007).

Para lograr un diseño eficiente de iluminación artificial se consideran los siguientes factores (de Marcilla del Valle, 2010):

- Reflectancia de los materiales del área.
- Cantidad y distribución de lámparas.
- Eficiencia de bombillos.
- Sistemas de control.

1) Reflectancia de los materiales del área. Se define como reflectancia a la cantidad de luz capaz de reflejarse. La reflectancia de un espacio depende principalmente por las características de color y textura que lo conforman. El color determina la cantidad de luz reflejada sobre la superficie; colores obscuros absorben la luz y los claros la reflejan. Por otro lado, la textura determina la calidad de la luz dejada en la superficie; superficies rugosas o mates reflejan la luz difusamente, mientras que superficies suaves o brillosas reflejan la luz especularmente (Kwok & Grondzik, 2007).

Al medir la reflectancia de un material, se mide la luz que incide sobre el material y la reflejada por este. Se determina la reflectancia con la siguiente expresión (de Marcilla del Valle, 2010):

$$\text{REC} = \frac{\text{Luz reflejada}}{\text{Luz incidente}} \qquad \text{Ecuación 6}$$

En el siguiente cuadro se puede observar la reflectancia mínima de las superficies para una iluminación energéticamente eficiente.

Cuadro No. 53. Reflectancias recomendadas para superficies internas de diferentes espacios

SURFACE	RECOMMENDED REFLECTANCES		
	OFFICES	CLASSROOMS	RESIDENCES
Ceilings	>80%	70–90%	60–90%
Walls	50–70%	40–60%	35–60%
Floors	20–40%	30–50%	15–35%
Furnishings	25–45%	30–50%	35–60%

(Kwok & Grondzik, 2007)

La elección de colores claros para el amueblado, equipo y materiales de construcción pueden afectar significativamente la distribución de la luz en los espacios (Kwok & Grondzik, 2007). A continuación se puede observar en los cuadros la reflectancia en base al material y color.

Cuadro No. 54. Reflectancias de materiales comunes en edificios

MATERIAL	REFLECTANCE
Aluminum	85%
Asphalt	5–10%
Brick	10–30%
Concrete	20–30%
Gravel	20%
Plaster, white	40–80%
Water	30–70%
Vegetation	5–25%

(Kwok & Grondzik, 2007)

Cuadro No. 55. Reflectancias aproximadas de colores típicos de pintura

COLOR	REFLECTANCE
White	80–90%
Pale blue	80%
Canary yellow	75%
Lemon yellow	65%
Dark cream	60%
Light blue	55%
Light green	50%
Light brown	50%
Apricot	45%
Apple green	40%
Medium brown	35%
Red-orange	30%
Dark red, blue, gray	15%
Black	5%

(Kwok & Grondzik, 2007)

2) Cantidad y distribución de luminarias. La cantidad de lámparas para un espacio se hace en función de la iluminancia necesaria según la utilidad que se le dará al espacio.

Para determinar la cantidad de lámparas se pueden seguir los siguientes pasos (de Marcilla del Valle, 2010):

a) Determinar el coeficiente de utilización Cu. El coeficiente de utilización se define como la cantidad de lúmenes que llegan al plano de trabajo; este toma en consideración la eficacia y la distribución de las lámparas. Para determinar el coeficiente para lámparas empotradas en el techo, primero se debe calcular la relación de la cavidad del local (RCL) con la siguiente ecuación (Westinghouse Electric Corporation, 2010):

$$RCL = \frac{5 \cdot CL\ (Largo + ancho)}{Largo * Ancho}$$ Ecuación 7

Con el factor RCL se determina los coeficientes de utilización dependiendo del fabricante.

b) Determinar el factor de pérdidas totales FPT. El factor de pérdidas totales toma en consideración el rendimiento de reactancia, factor de caída de tensión variación de la reflectancia en las luminarias, lámparas fundidas, cambios por temperatura, formar parte del sistema de ventilación, disminución de la emisión luminosa y degradación por suciedad. El factor de pérdidas totales se obtiene de la multiplicación de los factores mencionados (Westinghouse Electric Corporation, 2010). Para fines prácticos este se considera como uno.

c) Determinar el nivel de iluminación deseado. El nivel de iluminación deseado para cada ambiente dependerá de las necesidades y usos. En este apartado la metodología a utilizar está basada en The Lighting Handbook of Engineering Society, la cual primero establece la categorías de iluminancia en base a los requerimientos visuales; posteriormente, según las características ocupacionales y las actividades que se desempeñarán recomienda la iluminancia adecuada para aplicaciones típicas.

Cuadro No. 56. Categorías de iluminancia

Orientation and simple visual tasks. Visual performance is largely unimportant. These tasks are found in public spaces where reading and visual inspection are only occasionally performed. Higher levels are recommended for tasks where visual performance is occasionally important.		
A	Public spaces	30 lx (3 fc)
B	Simple orientation for short visits	50 lx (5 fc)
C	Working spaces where simple visual tasks are performed	100 lx (10 fc)
Common visual tasks. Visual performance is important. These tasks are found in commercial, industrial and residential applications. Recommended illuminance levels differ because of the characteristics of the visual task being illuminated. Higher levels are recommended for visual tasks with critical elements of low contrast or small size.		
D	Performance of visual tasks of high contrast and large size	300 lx (30 fc)
E	Performance of visual tasks of high contrast and small size, or visual tasks of low contrast and large size	500 lx (50 fc)
F	Performance of visual tasks of low contrast and small size	1000 lx (100 fc)
Special visual tasks. Visual performance is of critical importance. These tasks are very specialized, including those with very small or very low contrast critical elements. Recommended illuminance levels should be achieved with supplementary task lighting. Higher recommended levels are often achieved by moving the light source closer to the task.		
G	Performance of visual tasks near threshold	3000 to 10,000 lx (300 to 1000 fc)

(DiLaura *et al.*, 2011)

Adjunto en la sección de Anexos se puede encontrar los cuadros con los criterios de selección de *IESNA Lighting Design Guide* en base a la ocupación y tareas a efectuar en el espacio.

Cuadro No. 57. Iluminancia recomendada con base al tipo de espacio según IESNA

Space type	IESNA illuminance category	Illuminance	
		Footcandles (lm/ft²)	Lux (lm/m²)
Assembly	B–C	7.5	81
Athletic	F	100	1 076
Bathroom	B	5	54
Boarding	C	10	108
Class	E	50	538
Dining	C	10	108
Display	E	50	538
Food preparation	E	50	538
Hall	B	5	54
Healthcare	E	50	538
Office	D–E	40	430
Shipping/receiving areas	D	30	323
Shop	E	50	538
Storage	C	10	108
Task	E	50	538
Unknown	D–E	40	430
Utility	B	5	54

(International Energy Agency, 2006)

d) Calcular la cantidad de luminarias. La cantidad de luminarias se puede determinar en base a la siguiente ecuación (Westinghouse Electric Corporation, 2010):

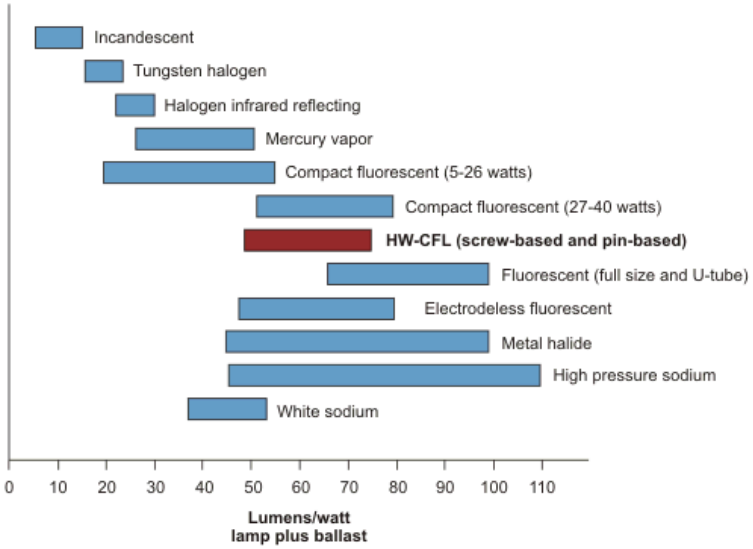
$$N = \frac{E \cdot S}{\phi \cdot L \cdot Cu \cdot FPT}$$ Ecuación 8

Donde E representa el nivel de iluminancia (lux), S es el área (m^2), luminosidad de cada lámpara, L es el número de lámparas por cada luminaria, Cu es el coeficiente de utilización y FPT es el factor de pérdidas totales.

e) Distribución de luminarias. La distribución de las lámparas debe ser los más uniforme posible, evitando espacios no iluminados. La ubicación de luminarias es en base a criterio del diseñador (de Marcilla del Valle, 2010).

3) Eficiencia de bombillos. Un índice para medir la eficiencia del sistema de iluminación es la “eficacia luminosa”. La eficacia luminosa es una medida en lúmenes/watt de la salida de luminosidad por lámpara por la entrada de potencia eléctrica (Kwok & Grondzik, 2007). En lámparas disponibles en el mercado la eficacia varía desde 20 hasta 120 lúmenes/watt como se puede observar en la siguiente figura.

Figura No.113. Eficacias luminosa de lámparas eléctricas comunes

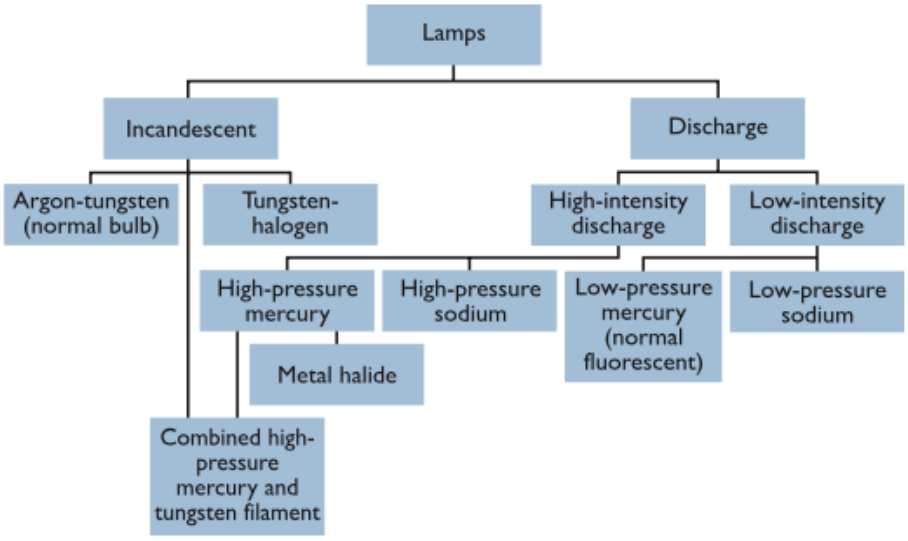


(DiLaura *et al.*, 2011)

Se debe seleccionar la lámpara con la mayor eficacia luminosa que cumpla con los requisitos del proyecto.

4) Tipos de bombillas. Las principales clases de bombillas son: incandescentes, halógenas, fluorescentes, de alta intensidad (vapor de mercurio, sodio, metal hallide) y LED (de Marcilla del Valle, 2010).

Figura No. 114. Tipos de lámparas eléctricas



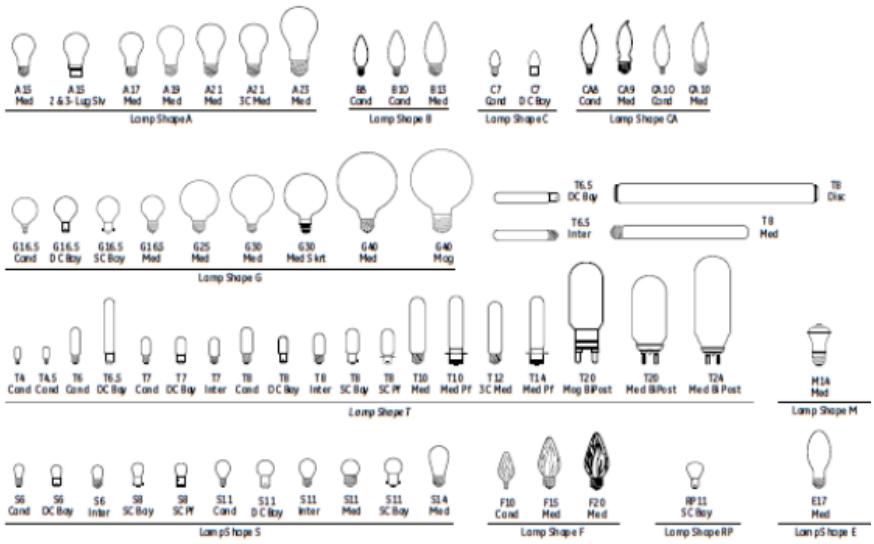
(International Energy Agency, 2006)

a) Bombilla Incandescente. Su funcionamiento es en base al calentamiento de delgados cables de tungsteno. Se calienta el material hasta lograr que brille. Están fabricadas de vidrio sellado, lleno de gas inerte para evitar que el tungsteno se evapore (Merrit & Ricketts, 2001).

La bombilla incandescente genera luz en el espectro de amarillos y rojos. El color generado depende de la cantidad de voltaje del bombillo, a menor voltaje la luz es más amarilla; la luz es más roja a voltajes mayores (Merrit & Ricketts, 2001).

Conforme más se calienta el filamento, la vida útil de la bombilla disminuye. Este tipo de bombilla es de las menos eficaces puesto que únicamente convierte el 10% de electricidad en luz y el restante en calor (General Electric, 2010).

Figura No. 115. Algunos bombillos incandescentes.



(General Electric, 2010)

b) Bombilla fluorescente. Consisten en tubos sellados llenos de determinado gas (argón, vapor de mercurio, neón, entre otros). El interior del bombillo contiene una cobertura de fósforo, cuando llega la luz ultravioleta se emite una luz visible al ojo humano.

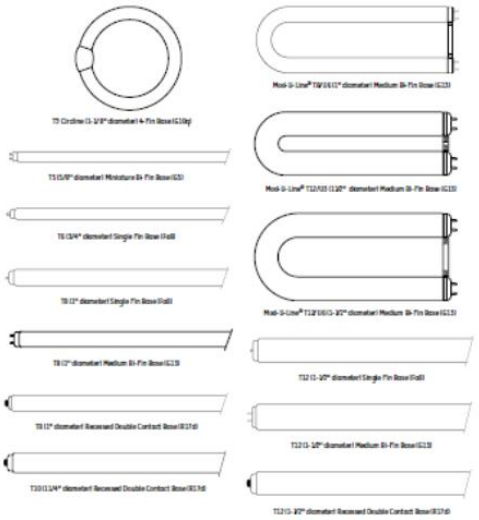
Esta clase posee las siguientes ventajas (de Marcilla del Valle, 2010):

- Bajo costo de operación
- Larga vida útil
- Buena calidad de iluminación
- Adaptable

Las bombillas fluorescentes pueden ser con balastro y sin él. El balastro sirve para estabilizar corriente, evitando que incremente desmesuradamente hasta que la bombilla se funda. Los bombillos fluorescentes compactos son aquellos que no tienen balastro.

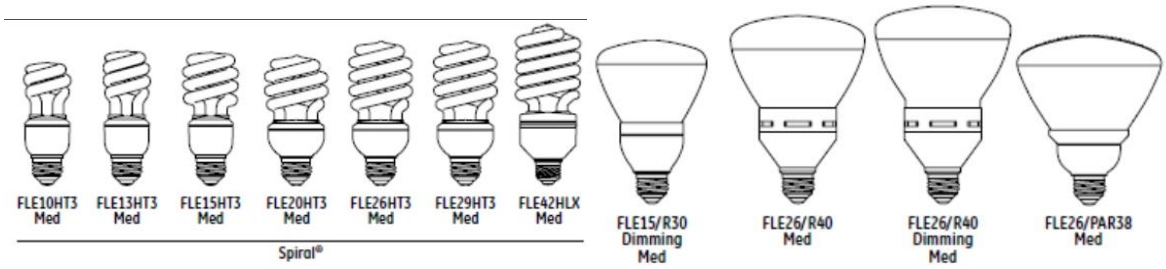
El uso de este tipo de bombillo permite un ahorro de hasta 77% de energía obteniendo la misma cantidad de iluminación que la de un bombillo incandescente. Por otra parte, la vida útil de una luminaria fluorescente es 10 mayor que la de una incandescente (General Electric, 2010).

Figura No. 116. Bombillo fluorescente con balastro



(General Electric, 2010)

Figura No.117. Bombillo fluorescente sin balastro



(General Electric, 2010)

c) Lámparas de alta intensidad HID. Estas generan luz cuando la corriente eléctrica pasa por un vapor metálico, contenido en un tubo de vidrio o material cerámico sellado. Generalmente, son el tipo de bombillo más eficiente. Consumen menos energía y generan gran cantidad de lúmenes; su vida útil es similar a los bombillos fluorescentes.

Una desventaja de este bombillo es que requiere un determinado lapso de tiempo para alcanzar su máxima capacidad de iluminación.

Por lo general, su aplicación se da en lugares donde se requiere una alta intensidad de luz como los establecimientos deportivos.

Los principales son (de Marcilla del Valle, 2010):

- Vapor de mercurio

- Metal-Halide
- Sodio de alta presión

d) LED diodo emisor de luz. Es un dispositivo semiconductor que emite luz al polarizar la unión positivo negativo cuando circula la corriente eléctrica (de Marcilla del Valle, 2010).

El beneficio principal de las lámparas LED es que su vida útil y eficiencia energética sobrepasa grandemente a la de una lámpara incandescente, inclusive es mejor que los bombillos fluorescentes.

Cuadro No. 58. Características de lámparas utilizadas comúnmente para iluminación general.

	Type of lamp						
Lamp characteristic	Incandescent	Tungsten-halogen incandescent	Fluorescent	Clear mercury	Clear metal halide	Clear high-pressure sodium	Clear low-pressure sodium
Efficacy, lm/W	15–25	6–23	25–84	30–63	68–125	77–140	137–183
Initial lumens	40–33,600	40–33,600	96–15,000	1,200–63,000	12,000–155,000	5,400–140,000	4,800–33,000
Lumen maintenance, %	80–90	75–97	75–91	70–86	73–83	90–92	75–90
Wattage range	5–1,500	6–1,500	4–215	40–1,000	175–1,500	70–1,000	35–180
Life, hr	750–1,000	750–8,000	9,000–20,000	16,000–24,000	1,500–15,000	20,000–24,000	18,000
Color temperature, K	2,400–3,400	2,800–3,400	2,700–6,500	3,300–5,900	3,200–4,700	2,100	1,780
Color rendering index	89–92	95–99	55–95	22–52	65–70	21	0
Color acceptability	Good	Good	Good	Fair	Good	Fair	Poor
Light control	Excellent	Excellent	Poor	Fair	Fair to good	Good	Poor
Initial cost per lamp	Low	Low	Moderate	Moderate	High	High	Moderate
Energy cost	High	High	Moderate	Moderate	Low	Low	Low

(Merrit & Ricketts, 2001)

D. Inmótica

1. Metodología BIM. En la actualidad, debido a los cambios tan rápidos en el ámbito tecnológico, cada vez se busca ser más competitivos en un mercado que no para de crecer. En los años 80, cuando se desarrollaron los sistemas CAD, al principio fueron muy discutidos por muchas personas, pero al final tuvieron que ser adoptados. Fue un cambio que no fue fácil, ni rápido pero que al final tuvo un gran impacto en todos los ámbitos que utilizan esta tecnología. O, mejor dicho, fue utilizada. (Miller, 2011)

Lo que ocurre hoy en día es la transformación de CAD a BIM. Es un cambio mucho más profundo que lo que se tuvo años atrás con el cambio del tablero a CAD. Adaptarse a estos nuevos cambios no es tarea fácil y va a demandar cierto tiempo, más en los países que no están tan desarrollados en cuanto tecnología se refiere. (Miller, 2011)

BIM, según sus siglas en inglés, Building Information Modeling, involucra tecnologías, procesos, sistemas administrativos, actores técnicos, actores no técnicos reunidos bajo un mismo concepto y mirando al mismo modelo de datos. Lo interesante de BIM es que todas las personas involucradas en el proyecto pueden trabajar de manera simultánea, tomar decisiones y visualizar dinámicamente el modelo real del proyecto. (Miller, 2011)

Cuando se habla de BIM no se hace referencia a un programa, sino de una metodología. Al hablar de programas que ayudan a implementar la tecnología BIM, se tienen varios: AutoCAD, Design Review, Navisworks, Ecotect, Inventor, Tekla, Revit, Allplan, Archicad, CATIA, están entre los más conocidos. (Miller, 2011)

a. Autodesk Revit. Cuando se trata de Revit, se está haciendo referencia a modelos 3D, en donde los objetos (llamados familias), son elementos constructivos tales como: escaleras, muros, ventas, entre otros. Todos estos objetos están asociados a una base de datos en los cuales se puede hacer todos los cambios que se consideren necesarios, dependiendo del proyecto que se esté realizando en ese momento. (Miller, 2011)

Se trata de una plataforma que a la hora de adquirir los conocimientos básicos de la herramienta, será de gran ayuda en la realización y control de cualquier proyecto en el ámbito de ingeniería. (Miller, 2011)

A continuación, se presentan algunas de las bondades de Revit:

La creación de planos (corte, planta, elevación, perspectiva, etc.) es algo que el programa hace de manera casi automática a la hora de tener el modelo.

Todos los datos alfanuméricos asociados al modelo se pueden extraer, presentándolos en planillas de análisis.

Se pueden crear animaciones de recorrido, análisis de asoleamiento en la posición real de longitud y latitud que se encuentre el proyecto, renders de altísima calidad y simular interferencias de cualquier parte de nuestro modelo.

- Vincular nuestro modelo con todo el mundo exterior:
- Importa y exporta desde y hacia programas CAD
- Exporta el modelo 3D y los planos 2D como archivos DWF
- Exporta el modelo para evaluar datos de volúmenes, materiales, condiciones de habitabilidad, los cuales permiten análisis en programas específicos.(Miller, 2011)

2. Historia y definiciones. El origen de la domótica, antecedente de la inmótica, se remonta a los años setenta. En esta década aparecieron los primeros dispositivos de automatización de edificios. Los primeros sistemas comenzaron en Estados Unidos y se basaban en la regulación de la temperatura del ambiente de los edificios. Cuando surgieron las primeras computadoras es que empezó a crecer esta industria. (Huidobro, 2004)

Con la llegada de las PC (Personal Computer) se empezó a utilizar en los edificios un sistema de cableado estructurado que facilitó la conexión de todo tipo de terminales. Además de transportar datos, estos sistemas de cableado permitían el transporte de la voz y conexión de dispositivos de seguridad y control, por lo que a estos edificios se les empezó a llamar edificios inteligentes. (Huidobro, 2004)

Todo esto que comenzó destinado para edificios de oficinas, se empezó a aplicar a viviendas particulares, esto dio origen a la vivienda domótica. El termino domótica apareció por primera vez en un diccionario francés en el año 1998 con el término *domotique*. Traducida al español la conocemos actualmente como domótica. (Huidobro, 2004)

En la actualidad el número de viviendas domotizadas es muy bajo en comparación con el número total de viviendas, pero el interés de las personas por automatizar su vivienda está creciendo cada vez más. De la misma manera en que en la actualidad no es aceptable una vivienda que no cuente con los servicios básicos, como: corriente eléctrica o agua potable; en un futuro no se va a aceptar la idea de una vivienda que no cuente por lo menos con los servicios básicos de automatización. (Huidobro, 2004)

a. Domótica. Aún en la actualidad, después de varios años del nacimiento de este concepto, la domótica sigue siendo un tema del cual no se tiene mucha información y muchas personas no conocen el concepto de qué es. Según el diccionario de la Real Academia Española, se define la domótica como: "domótica (del lat. *domus*, casa e informática) al conjunto de sistemas que automatizan las diferentes instalaciones de una vivienda. (Núñez, 2011)

Cuando se habla de domótica se hace referencia a todas las instalaciones que forman parte de una vivienda que brindan al usuario mayor seguridad, confort, ahorro de energía, facilidad de comunicación, entretenimiento, entre otros. Dichas instalaciones pueden estar enfocadas a materias de electricidad, electrónica, informática, ocio, multimedia y comunicaciones. (Núñez, 2011)

La domótica ha venido siendo utilizada desde los años 70, su desarrollo más grande se ha dado en países como Japón y Estados Unidos, aunque cada vez son más los países que han venido adoptando estas nuevas tecnologías. En los últimos años el desarrollo en campos de la electrónica, informática y telecomunicaciones ha hecho que la creación y desarrollo de viviendas de este tipo sea mucho más común. Lo que brinda la domótica a los usuarios es que amplían el confort, la seguridad, el bienestar y nos ayuda a administrar y gestionar los consumos de energía en las viviendas. (Tobajas, 2011)

Como una definición mucho más concreta de la domótica se puede entender como todo el conjunto de sistemas capaces de motorizar, gobernar o automatizar una vivienda. Si la automatización se aplica en un edificio que no esté destinado a vivienda el término correcto a utilizar es inmótica.

Figura No. 118. Aplicaciones de la domótica e inmótica.



(Bermúdez, J. 2013)

b. Inmótica. La inmótica, también conocido como "building management system" es la aplicación de la domótica, pero a mayor escala; como, en hoteles, hospitales, edificios de oficinas, parques tecnológicos, universidades o cualquier estructura o edificaciones que presente una mayor superficie en comparación con una vivienda común. (Núñez, 2011)

Dentro de los múltiples beneficios que nos brinda la inmótica podemos recalcar los más importantes:

- El hecho de utilizar la inmótica en un edificio ayuda a la reducción de los costos de energía.
- Desde el punto de vista de los usuarios, mejora el confort y la seguridad.
- Desde el punto de vista del personal de mantenimiento, se puede prevenir desperfectos a través de la información almacenada.
- Desde el punto de vista de seguridad, se ve aumentada y resulta mucho más eficiente. (Tobajas, 2011)

c. Urbótica. Hay situaciones en las cuales se utiliza la palabra urbótica, los cuales son conjuntos de sistemas automatizados de una población que aporta diversos servicios como gestión energética, seguridad, bienestar y comunicación. (Núñez, 2011)

3. Características y aplicaciones. La inmótica, tanto como la domótica, se han estado implementando en los últimos años debido a necesidades que se van generando de parte de los usuarios de cada estructura. Las necesidades varían desde el desarrollo tecnológico, ahorro energético, seguridad, confort y simplicidad. (Tobajas, 2011)

La aparición de este campo ha producido lo siguiente:

Facilidad de utilización: los usuarios deben de ser los que se beneficien de estas instalaciones sin que tengan mucho conocimiento acerca del tema. Esto nos lleva a que los sistemas deben de ser fáciles de usar. (Tobajas, 2011)

Interconexión: todos los equipos que se utilicen en la edificación deben de poseer la capacidad de estar interconectados, con el mismo sistema. (Tobajas, 2011)

Flexibilidad: los sistemas a utilizar deben ser flexibles, no debe poseer ninguna complicación a la hora de realizar alguna modificación en el futuro. (Tobajas, 2011)

Estandarización: los productos de diferentes empresas deben poseer la capacidad de poder comunicarse con productos de otras empresas, cumpliendo un mismo protocolo de comunicación. (Tobajas, 2011)

Para los sistemas domóticos e inmóticos, se tiene que tomar en cuenta varias gestiones, los cuales son las funciones principales de cualquier instalación de este tipo:

Gestión del confort: automatización de elementos.

- Regulación de iluminación
- Encender y apagar audio y video
- Subir y bajar volumen
- Programar

Gestión de energía

- Eficiencia energética
- Climatización
- Programación de electrodomésticos
- Subir y bajar persianas

Comunicación: permite la comunicación del sistema con redes de telecomunicación externas

- Sistema para transmitir ordenes
- Control vía internet
- Control por mando a distancia
- Hacer la casa inteligente

Seguridad.

- Alarmas
- Detector de fugas de gas y agua
- Aviso de corte de electricidad

Ocio y entretenimiento.

- Juegos en red
- Televisión interactiva
- Home cinema. (Tobajas, 2011)

Figura No. 119. Distribución típica de un sistema domótico.



(Tobajas, C. 2011)

a. Alarmas técnicas. Existen diferentes tipos de sensores dependiendo de su uso o el fin por el cual el sistema inmótico se esté instalando. Dichos sensores permiten alertas para saber cuándo el inmueble esté ocupado, para que el sistema pueda actuar conforme a lo que el usuario desee.

Se pueden utilizar detectores de inundación, en cuartos donde se tenga algún suministro de agua se instalan sensores y cuando se tenga una fuga de agua, se da una alerta inmediata y automáticamente el suministro de agua sería cortado. Con los detectores de humo o fuego se pueden prever incendios dentro del inmueble que pueden causar daños materiales muy grandes y posible pérdida de vida humana, a la menor presencia de fuego o humo se daría una alerta inmediata. (Núñez, 2011)

Ante la presencia de una fuga de algún gas, la seguridad del usuario estaría garantizada debido a que los detectores de fuga de gas dan una alerta al usuario para que pueda actuar de inmediato y evitar cualquier tipo de accidente o daño a la salud. De esta manera, a través de estos sistemas de automatización se logra tener un entorno mucho más seguro para todas las personas que se encuentren dentro de la instalación. (Núñez, 2011)

b. Seguridad técnica. Una de las partes de domótica e inmótica más utilizadas es la de simulación de presencia, mediante el uso de luces o persianas que respondan ante el movimiento dentro de la habitación. También están los sensores de vigilancia de ventana o puerta cerrada que aumentan la seguridad avisando al usuario que puertas y ventanas se encuentran abiertas o cerradas en cualquier momento deseado. (Núñez, 2011)

Utilidades:

- Saber antes de salir del inmueble qué ventanas o puertas están abiertas.
- Apagar la climatización al detectar que alguna ventana se encuentre abierta.
- Control interno a través de zonas o plantas (Núñez, 2011)

Incluso se pueden instalar dentro del inmueble enchufes inteligentes, haciendo que queden inactivos durante ciertos momentos del día o durante la noche en instalaciones eléctricas.

c. Control de exteriores. Una estación meteorológica aprovecha las condiciones externas para la toma de decisiones en base a los cambios climáticos que se den durante el día. Las aplicaciones más comunes que tiene su implementación son:

- Evitar el riego del jardín cuando está lloviendo
- Controlar las persianas durante el invierno y verano, tomando ventaja de la sombra en el verano para refrigerar el inmueble y el sol durante el invierno para calentar el inmueble. Además de evitar el deterioro de muebles por el sol. (Núñez, 2011)

d. Iluminación y regulación. El objetivo principal es que las luces del inmueble estén encendidas solamente cuando están siendo utilizadas para regular la falta o exceso de luz. Para lograr esto, se debe dotar al inmueble de un control total de todos los encendidos a través de la inclusión de detectores de movimiento y sensores de luminosidad. (Núñez, 2011)

En salas de conferencias, teatros, salas de estar o lugares en los cuales se reúnen una cantidad considerable de personas, se puede modificar las diferentes escenas de luminosidad dependiendo del tipo de actividad que se esté llevando a cabo. En edificios administrativos es posible logar un ahorro energético del 75% mediante una regulación constante de luz, utilizando sensores de luminosidad. (Núñez, 2011)

e. Climatización. El objetivo de la climatización es de evitar muchos cambios de temperatura a lo largo del día dentro del inmueble, esto se logra mediante un control inteligente que logra mantener la temperatura lo más uniformemente posible. Cuando se tiene un control de este tipo, el ahorro de energía es notable. (Núñez, 2011)

f. Detección de movimiento y presencia. Los detectores de movimiento y presencia resultan de gran utilidad actuando sobre ciertos elementos de la instalación. Dichos sensores aumentan el ahorro y el confort. Dentro de las características se tiene:

- Encendido de luces.
- Complemento de seguridad anti-intrusión a través de la compañía de seguridad receptora de alarmas.
- Regulando luces en función de la luminosidad del ambiente exterior.
- Detectores con sensor de luminosidad constante. (Núñez, 2011)

g. Persianas y elementos motorizados. Las persianas, toldos o cortinas motorizadas se pueden integrar de una manera eficaz a toda la instalación domótica. Dependiendo de las condiciones atmosféricas, la posición del sol (protegiendo los muebles, suelo de madera, obras de arte), viento (protegiendo los toldos en caso de mucho viento), lluvia, iluminación, entre otros. (Núñez, 2011)

Este sistema brinda la posibilidad de bajar o subirlas todas de una vez ante la posibilidad de una alarma. De la misma manera, es muy fácil de manejarlas a distancia. Haciendo que suban o bajen de acuerdo a las necesidades que tenga el usuario. El tener este tipo de persianas dentro de la instalación hará todo mucho más automatizado, brindando a las personas que estén dentro una sensación de confort. (Núñez, 2011)

h. Pulsadores domóticos. Se dispone de un control distribuido por el inmueble que se basa en pulsadores multifunción los cuales son colocados en múltiples zonas, según convenga. Dichos pulsadores pueden ser con o sin termostato, dependiendo del uso que se le vaya a dar. Estos dispositivos son flexibles y se pueden configurar para realizar múltiples funciones, permitiendo el almacenamiento de funciones que pueden ser llamadas desde otro elemento del sistema. Dentro de sus funciones, se tiene:

- Control de las luces.
- Control automático detector de presencia.
- Control de audio multiroom: encendido/apagado, volumen y cambio de la fuente de audio.
- Termostato digital.
- Equipo multifunción. (Núñez, 2011)

i. Grifos domóticos. Mediante un sensor detectan la posición de las manos bajo el grifo, mandando una señal de activación a la electroválvula que abre el paso de agua hacia el grifo. Además de sólo activar el paso del agua también se puede regular la temperatura y calcular la cantidad de agua suministrada, para tener un ahorro. Con este tipo de automatización se puede ordenar abrir el grifo para un número de litros determinados incluso una vez al mes para no tener las tuberías si uso durante mucho tiempo, en caso de que no esté ocupada la instalación. (Núñez, 2011)

4. Pasos para aplicar un sistema inmótico. Para que el sistema inmótico dentro del edificio sea exitoso es de vital importancia seguir una metodología clara y que permita lograr los objetivos, de controlar en todo momento lo que se está haciendo. Para esto, es necesario seguir una serie de pasos para que todo el proceso resulte correcto. Manuel Huidrobo Moya dice en su libro “Domótica: Edificios inteligentes” que el proyecto inmótico se divide en cuatro fases:

- Pre-estudio.
- Definición.
- Instalación.
- Entrega.

a. Pre-estudio. Cuando el diseñador tenga una visión global de toda la tecnología a utilizar en un proyecto inmótico y conozca el proceso de instalación, se debe comenzar con un proceso de análisis. La parte de análisis para evaluación de los diversos factores es una de las fases más importantes para el buen desarrollo del proyecto. (Huidobro, 2004) Se debe de seguir una serie de recomendaciones dadas a continuación:

Conocer las necesidades de los usuarios. Es de suma importancia conocer quiénes van a utilizar la estructura, qué uso se le va a dar, así como controlar los tiempos en los cuales va a haber más gente, entre otras. (Huidobro, 2004)

Conocer la oferta que se tiene en el mercado. Es muy común diseñar un sistema inmótico con dispositivos encontrados en la teoría, pero a la hora de llevarlo a cabo muchas veces no se encuentra los mismos dispositivos. Por esta razón es muy importante conocer el mercado de cada país, su precio, facilidad de uso, instalación, garantías, etc. (Huidobro, 2004)

Conseguir un sistema con aplicaciones fáciles de utilizar, para que los costos por capacitación no sean elevados. Es importante que dicho sistema tenga los niveles máximos de fiabilidad en el mercado. (Huidobro, 2004)

b. Definición. Después del proceso de pre-estudio se debe de planificar lo que se va a hacer, tomando en cuenta el presupuesto dado por el cliente. Se debe definir el proceso del proyecto con todas sus variables desde esta etapa para ser utilizado como una guía. (Huidobro, 2004)

c. Instalación. A la hora de instalar el sistema inmótico es importante regresar al proceso de definición y asegurar que todo va conforme lo planeado. Algunos de los puntos a tomar en cuenta durante esta fase son:

- Verificar periódicamente como va evolucionando la instalación, de esta manera se evitan errores durante el proceso.
- Se debe realizar varias pruebas del sistema inmótico antes de que este entre en uso.
- Verificar continuamente la calidad del proyecto realizado para comprobar que cumpla con todos los estándares previamente establecidos. (Huidobro, 2004)

d. Entrega. A la hora de entrega del edificio es importante seguir unos pasos para facilitar al usuario el uso del sistema inmótico, algunas de las recomendaciones para esta fase son las siguientes:

- Capacitar al usuario para el uso del sistema inmótico con el fin que pueda familiarizarse con el sistema desde el primer momento. Entregar un manual de usuario que sea claro, sencillo y completo.

- Entregar al usuario toda la información necesaria sobre el funcionamiento del sistema inmótico. El usuario solo va a aprovechar todas las cualidades del sistema si lo conoce a fondo. Se debe de proporcionar manual de usuario, plano de instalaciones, entre otros. (Huidobro, 2004)

5. Inmótica en la actualidad. En la actualidad existen muchas casas y edificaciones ya catalogados como inteligentes, más que todo en los países más desarrollados. A continuación, se presenta un breve resumen de los casos más significativos y de importancia a nivel mundial.

a. Inmótica en el mundo. El primer caso es la casa inteligente de Ian Mercer, en Estados Unidos. Está catalogada como la casa más inteligente del mundo. La casa es capaz de hablar con los habitantes y hacer lo que ellos dicen usando solo la voz. La casa cuanta con múltiples sensores y altavoces para poder comunicarse con los habitantes en cualquier habitación. Todo el cableado está ubicado en el sótano, en donde un ordenador es el encargado de controlar todo. (Estadella, 2016)

Según dice Ian Mercer "El manejo de la casa tiene que ser simple y natural, como dirigirse a un mayordomo para decirle lo que tiene que hacer". Para él, lo más importante de la casa es el ahorro de energía. Cuenta con sensores de movimiento y la casa puede reconocer que habitaciones están ocupadas y en base a eso se encargar de poner la iluminación y controlar la temperatura para que la estancia sea agradable. (Estadella, 2016)

También se tiene la Casa +Spacio en España. Esta casa cuenta con el galardón al Mejor Proyecto de Domótica en del año 2014. Es una casa de 200 metros cuadrados. Desde el teléfono celular o Tablet se puede controlar la climatización, sonido, persianas, iluminación y seguridad de la vivienda. Uno de los aspectos que resalta de este proyecto es que desde una misma interfaz se pueden controlar todos estos aspectos. (Estadella, 2016)

El edificio Edge está catalogado como el edificio más inteligente del mundo. Sabe muchas cosas acerca de sus ocupantes, como el carro que conduce, las reuniones para ese día, la cantidad de azúcar que le pone al café, entre otras cosas. Es un complejo de oficinas que obtuvo el reconocimiento como el edificio más inteligente jamás construido. Desde el momento que la persona se despierta, estás conectado. Una aplicación es la encargada de comprobar la agenda del día, el edificio reconoce el auto a la hora de llegar y te muestra en dónde estacionarlo. (De Juana, 2015)

La aplicación se encarga de mostrar el escritorio designado, debido a que los espacios de trabajo se van dando en función de las actividades diarias. Dondequiera que la persona se encuentre dentro del edificio, se ajusta la luz y temperatura según las preferencias de cada usuario. El edificio Edge también está catalogado como el edificio más verde del mundo. BREEAM, que es el ente británico encargado de calificar las edificaciones, le otorgó una puntuación de 98.4%, las más alta jamás registrada. (De Juana, 2015)

b. Edificios más inteligentes del mundo. ACR Latinoamérica (Automatización, climatización y refrigeración) ha creado una lista de edificios a nivel mundial que han encontrado un nexo entre la integridad ecológica y el bienestar humano. La lista se presenta a continuación:

1) Glumac en Shanghái, China. Fue el primer edificio en solicitar la certificación Living Building Challenge en Asia y es considerado como uno de los edificios de oficinas más sostenibles del continente. Tiene un sistema de monitoreo del aire que ayuda a los empleados a ver el estado del aire desde sus teléfonos celulares, basado en los niveles de oxígeno monitoreados, los niveles de compuestos orgánicos volátiles, humedad y partículas. El edificio cuenta con cinco sistemas que ayudan a purificar el aire y una pared verde plantada para eliminar la contaminación fuera del edificio. (ACR, 2017)

2) DPR Construction San Francisco, California. Es el primer edificio de oficinas que recibe la certificación NZEB en ese estado. El objetivo de este edifico es lograr un producción neta de energía positiva, es decir, generar más energía de la que consume. Esta construcción cuenta con paneles fotovoltaicos, sistema de calefacción por agua solar, ventanas inteligentes, electrocrómicas, ventiladores de techo de alta eficiencia. (ACR, 2017)

3) The Bullitt Center, Seattle. La Fundación Bullitt se propuso construir el edificio comercial más verde del mundo. En el campo de las construcción los edificios se construyen para una vida promedio de 40 años, el edificio Bullitt Center fue construido para una vida útil de 250 años. Dentro de las características más relevantes se tiene: energía neta cero, carbono neto cero, agua neta cero, materiales libres de tóxicos y más del 80% de luz interior proviene de la luz natural utilizando ventanas de alto rendimiento. El edificio cuenta con 575 paneles solares por lo cual logra tener energía neta cero durante su funcionamiento. (ACR, 2017)

4) Clover Network en Sunnyvale, California. Las nuevas oficinas tuvieron una remodelación por la firma Deep Green Engineering Integral Group. El objetivo era agregar ventanas y construir un nuevo entrepiso con un gran espacio de doble altura en el centro. El edificio cuenta con ventanas tintadas electrónicamente, conjunto fotovoltaico en la azotea y logra tener un consumo de energía cero. Las ventanas tintadas electrónicamente responden intuitivamente a las condiciones que presente el exterior de la estructura. (ACR, 2017)

c. Inmótica en Latinoamérica. La inmótica es un tema relativamente nuevo, ya que incluso a nivel latinoamericano todavía no se pueden encontrar muchas edificaciones que se puedan catalogar como un edificio inmótico. Un ejemplo claro que se encuentra en esta región es Ciudad Banesco, ubicado en Caracas, Venezuela. Esta construcción es una de las más emblemáticas de la ciudad debido al gran tamaño que posee. El edificio cuenta con el premio Anual Construcción del año 2004.

Ciudad Banesco ha sido construido pensando en el medio ambiente. Cuenta con alfombras reciclables con materiales que pueden ser utilizados después de que termine su vida útil dentro del edificio. También cuenta con ascensores inteligentes que ahorran electricidad cuando no están siendo utilizados. Cuenta con un circuito cerrado de cámaras para la seguridad y sistemas de autocontrol mecánico para las escaleras. (Rodríguez, 2016)

d. Inmótica en Guatemala. En Guatemala se ha iniciado un desarrollo en tecnologías para los nuevos edificios que se hacen cada año. Dentro de las tecnologías para automatización de edificios se tiene cuatro categorías: seguridad, comunicaciones, apoyo logístico y automatización de procesos. Los edificios de hoy en día en nuestro país que son categorizados como inteligentes cuentan con gran variedad de tecnologías, entre las más comunes están:

- Control de acceso: sirve en primer lugar para aumentar la seguridad y para monitorear el flujo de personas dentro del edificio.
- CCTV: circuito cerrado de televisión y actualmente está siendo utilizado en Guatemala por motivos de seguridad.
- Calefactores, ventilación y aire acondicionado: automatización y monitoreo de las condiciones climáticas dentro de un edificio
- Administración inteligente de recursos: puede referirse a varios recursos, pero entre los más comunes tenemos la iluminación, para ahorro energético. También podemos hablar de sensores en elevadores para hacer un uso más eficiente de los mismos. (ISS, 2017)

6. Cámaras de video vigilancia. El video en red es realizado a través de Protocolo de Internet, también llamado IP. Es por esta razón que a las cámaras de vigilancia también se les llama, cámaras IP. En este tipo de cámaras la transmisión de video, audio y otros datos se efectúan a través de la misma infraestructura de red. El video en red, es decir a través de internet, ofrece a los usuarios muchas más ventajas en comparación con los sistemas de circuito cerrado de televisión tradicional. (Axis, 2015)

a. Descripción general de un sistema de cámaras IP. El video en red, también conocido como video vigilancia IP, utiliza una red IP alámbrica o inalámbrica como eje principal el cual utiliza para la transmisión de video, audio u otros datos de interés. Las ventajas de este tipo de sistemas es que permite al usuario tener la visualización en tiempo real de cualquiera de las cámaras IP instaladas desde cualquier lugar con tan solo contar con conexión a la red. (Axis, 2015)

Hay varios componentes en un sistema de video de este tipo, entre los más comunes tenemos los siguientes:

- Cámara de red
- Codificador de video (encargado conectar las cámaras a la red IP)
- Red

- Servidor y almacenamiento

Figura No.120. Componentes de un sistema de cámaras IP.



(Axis, 2015)

b. Ventajas. Un sistema de video vigilancia IP ofrece muchas ventajas en comparación con un sistema analógico tradicional. Dentro de las ventajas a resaltas están las siguientes:

- Alta calidad de imagen: en video vigilancia es de suma importancia contar con alta calidad de imagen para capturar cualquier incidente que ocurra dentro del rango de función de la cámara. Con las tecnologías HDTV/megapíxel, una cámara IP puede ofrecer mejor calidad de imagen. (Axis, 2015)
- Accesibilidad remota: es posible configurar las cámaras para acceder a ellos en cualquier momento, permitiendo a los usuarios autorizados a ver el video en directo y grabado desde cualquier lugar del mundo. (Axis, 2015)
- Gestión de evento y video inteligente: a menudo en las grabaciones de video se tiene mucho material y muy poco del mismo resulta de interés. Los productos de esta tecnología pueden resolver el problema de diferentes formas: pueden ser programadas para grabar en ciertos períodos específicos, o pueden grabar cuando se detecta algún tipo de movimiento o evento. Esto logra reducir la cantidad de grabaciones sin interés. (Axis, 2015)
- Integración sencilla: los productos de video en red pueden ser integrados de una manera sencilla a una amplia variedad de sistemas de gestión de video. (Axis, 2015)
- Escalabilidad y flexibilidad: un sistema de video en red puede ir creciendo conforme las necesidades del usuario, cámara por cámara. Mientras que los sistemas analógicos en su mayoría solo pueden ampliarse en cuatro o dieciséis unidades. Los sistemas IP ofrecen un medio por el cual los productos de video y otras aplicaciones conectas compartan la misma red para comunicar datos. (Axis, 2015)
- Rentabilidad de la inversión: un sistema de vigilancia IP tiene un costo menor al sistema CCTV. Por lo general ya se cuenta con una infraestructura de IP, por lo que puede ser aprovechada para integrar el sistema de cámaras. Las alternativas inalámbricas también son menos costosas que el cableado por fibra óptica o coaxial tradicional que se utiliza en un sistema de circuito cerrado de televisión. (Axis, 2015)

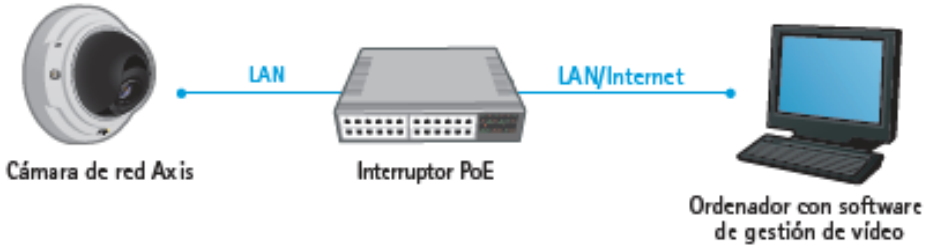
- Comunicación segura: se puede asegurar la transmisión de video de varios modos. Entre los más comunes a utilizar se tiene la autentificación por medio de nombre de usuario y contraseña, filtro de direcciones IP, encriptado de datos utilizando HTTPS o VPN. En el sistema analógico cualquiera puede interceptar el video o sustituir la señal por otra señal de video. (Axis, 2015)

c. Cámaras de red. Una cámara de red o cámara IP, es utilizada para enviar audio y través de Internet. Una cámara de este tipo permite visualizar en directo a través de cualquier dispositivo con acceso a una red de Internet. El video puede guardarse en forma local o en forma remota y se puede tener acceso desde cualquier red IP que cuente con los permisos de usuario. Una cámara de red puede describirse como una cámara y un ordenador combinados. Los principales componentes de la cámara de red son:

- Objetivo
- Sensor de imagen
- Procesadores
- Memoria (Axis, 2015)

Los procesadores son utilizados para procesar y comprimir las imágenes captadas por la cámara, también sirve para análisis de video y otras funcionalidades del sistema de red. La memoria es utilizada para almacenar todo lo que la cámara capture, además el programa informático de funcionalidad de la cámara. (Axis, 2015)

Figura No. 121. Conexión de una cámara de red



(Axis, 2015)

De la misma manera en que funciona una computadora, la cámara de red tiene su propia dirección IP y está conectada directamente a una red alámbrica o inalámbrica. En esto se diferencia de una cámara web convencional, la cual solo puede operar conectada a un ordenador. Además, este tipo de cámaras cuenta con otras funciones, dentro las cuales destacan:

- Gestión de eventos
- Video inteligente
- Detección de movimiento
- Detección de audio
- Alarma de antimanipulación activa

- Seguimiento automático. (Axis, 2015)

7. Sistema guiado de estacionamiento. Los sistemas guiados de estacionamiento se han implementado en muchos parqueos en los últimos años. Un sistema de este tipo combina monitoreo de tráfico, comunicación, procesamiento de información y otras variables para brindar al usuario información en tiempo real acerca de la disponibilidad de espacios.

El objetivo que tiene la implementación de este tipo de sistemas de parqueo es que ayuda a los conductores a encontrar lugares de parqueo de una manera mucho más eficiente a través de la tecnología. Debido al rápido aumento de los teléfonos inteligentes, en algunos países ya se puede conectarse a Internet y buscar información del estado actual de algún parqueo. (Lin, 2015)

Los sistemas de parqueo inteligente son una solución para aliviar la congestión vehicular. El servicio esencial del parqueo inteligente incluye dos cosas: información y tráfico. Lo importante de este sistema es que los conductores reciben información de disponibilidad de estacionamiento, para luego dirigirse al área deseada. Todo esto de una manera mucho más eficiente que a la que se tenía hasta hoy en día. (Lin, 2015)

Cuando hay muchos vehículos al mismo tiempo, se produce una competencia y como resultado hay problemas de estacionamiento acumulativo. Con el fin de obtener el estado de las plazas de parqueo se instalan sensores móviles o fijos para detectar los eventos vehiculares. (Idna Idris, Leng, Tamil, & Razak, 2009)

Se puede utilizar una amplia variedad de sensores, entre ellos están: infrarrojos, magnetómetros, tubo neumático de carretera, sensores magnéticos, sensores ultrasónicos, sensores de peso en movimiento, RFID, procesadores de imagen de video, entre otros. Los sensores forman una red y envían información a los dispositivos de almacenamiento de datos. Con este tipo de sistema los conductores pueden recibir información actualizada al momento de buscar un parqueo. (Idna Idris, Leng, Tamil, & Razak, 2009)

Luces tipo LED dan al usuario información acerca del estado de los parqueos. Brinda un color dependiendo si está ocupado, libre o reservado. De la misma manera integra pantallas en la cual se puede ver el total de espacios disponibles en cada área o en cada nivel.

a. Funcionamiento de un sistema guiado de estacionamiento. Para que funcione, hay una serie de pasos que el sistema directa o indirectamente realiza para que todo sea un proceso ordenado, dichos pasos se muestran a continuación:

- El conductor mira un tablero en la entrada que muestra cuántos espacios disponibles hay en el interior, divididos por nivel o área.
- Una vez el conductor está parqueado en el espacio que estaba disponible, el indicador se torna de color rojo.
- Cuando el conductor se va, el indicador se torna verde. Indicando que el espacio está disponible.

b. Tipos de sistemas de parqueo inteligente. Este sistema busca el estacionamiento mediante el control de una forma dinámica que dirige a los automovilistas. En este tipo de sistemas los sensores de detección de vehículos se instalan habitualmente en las entradas, salidas o en los espacios de estacionamiento individual para detectar si está ocupado o no. Las lecciones aprendidas durante la evaluación y modelado de este tipo de sistemas muestran que para que sea un sistema eficaz, los mensajes deben mostrar información adecuada que se adapte a las necesidades del conductor. (Waterson, Hounsell & Chatterjee, 2001)

Los sistemas IGP se encuentran para reducir la longitud de las colas para la búsqueda de un parqueo. Sin embargo, las reducciones de todo el sistema en tiempo de viaje y desplazamiento del vehículo, así como los beneficios económicos pueden ser relativamente pequeños. Su principal ventaja se encuentra a la hora de reducción de tiempo a la hora de búsqueda por un espacio. (Waterson, Hounsell & Chatterjee, 2001)

Un tipo de sistema inteligente de estacionamiento que apunta a la optimización de los procesos de estacionamiento, es un sistema de pago inteligente. En estos sistemas, el proceso de pago es completamente automatizado para evitar los retrasos que se producen durante los métodos de pago convencionales. Algunos sistemas utilizan un registro de entrada y salida con unos dispositivos móviles. Otros sistemas funcionan con una pequeña caja colocada al coche, automatizando completamente el proceso de pago, simplemente porque se detecta cuando se conduce hacía fuera o hacía dentro del parqueo. A pesar de que existen sistemas de pago inteligente, el público general todavía tiene sus preocupaciones sobre la privacidad y la seguridad de los datos necesarios para implementar sistemas de este tipo. (Inda Idris, 2009)

Un sistema de este tipo, los usuarios pueden consultar la disponibilidad y reservar una plaza de estacionamiento. El sistema se puede acceder a través de numerosos métodos, tales como SMS, teléfonos inteligentes y otros dispositivos que tengan acceso a Internet. Esto permite a los usuarios ver información actualizada antes y durante su viaje. Cuando también está equipado con un sistema de reserva, un sistema E-Parking es capaz de evitar que dos conductores lleguen al mismo tiempo al mismo lugar. Añadir a estas características un sistema de pago eficiente y automatizar todo el proceso de estacionamiento. (Idna Idris, 2009)

c. Ventajas. Los sistemas de estacionamiento tienen varias ventajas; no exclusivamente para los conductores, sino también para los propietarios del estacionamiento y el público en general.

Los conductores pueden acortar el tiempo de búsqueda de un lugar para estacionarse. Con un sistema de estacionamiento inteligente, se puede conducir directamente a una ubicación o lugar libre. Y con los sistemas más avanzados, incluso se puede hacer una reserva y pagar de forma automática. Esto no sólo ahorra tiempo, combustible, sino también libera un poco la frustración de los conductores. (Rodier, 2008)

Otro de los beneficios es una mejora al medio ambiente. Un sistema de estacionamiento inteligente típicamente resulta en un alivio de la congestión del tráfico. Menos vehículos en conducción en torno a la búsqueda

de un lugar, significa en una reducción de la contaminación del medio ambiente. Además, el ruido de la calle será menor y la seguridad mejorará. (Idna Idris, 2009)

El último beneficio importante reside en la capacidad de registrar datos sobre el estacionamiento. Todos los datos son cuidadosamente registrados y se pueden utilizar para los análisis. Por ejemplo: ¿Cuándo la mayoría de los vehículos están el estacionamiento? ¿Cuánto dura la estancia media? ¿Cuándo se tiene más disponibilidad? El encargado del estacionamiento puede reconocer patrones y tratar de influir en ellos, por ejemplo, el uso de diferentes cuotas de cobro por hora. Las estrategias de los precios pueden ser aplicados con el fin de optimizar los beneficios de la empresa. (Idna Idris, 2009)

E. Aire acondicionado

1. Desarrollo histórico del acondicionamiento de aire. Históricamente, los egipcios han tenido uno de los mejores y mayores sistemas para reducir el calor. En el palacio del faraón en turno era el principal sitio donde se debía mantener una temperatura agradable y las paredes estaban formadas por enormes bloques de piedra con un peso de aproximadamente 1000 toneladas. Al anochecer, los esclavos desmantelaban las paredes y llevaban estas piedras hasta el Desierto del Sahara. Debido a que en la noche la temperatura bajaba de manera dramática, las piedras se enfriaban notablemente. Cuando amanecía, los esclavos regresaban todas las piedras al palacio y las regresaban a su posición original. Existen registros que dictan que el faraón llegaba a disfrutar temperaturas de hasta 25°C comparadas con las externas de hasta 50°C.

En 1842, Lord Kelvin propuso la línea base para el aire acondicionado. Con el objetivo de conseguir un ambiente agradable y con confort, ideó la manera de crear un circuito frigorífico hermético basado en la absorción de calor con la ayuda de un gas refrigerante. Utilizó 3 principios como base: El calor siempre se transmite de un medio de temperatura más alta al medio con la temperatura más baja. El cambio de estado del líquido a gas se da cuando hay un aumento de energía interna de la materia y aumenta su temperatura. La presión y temperatura de saturación son directamente proporcionales.

La refrigeración moderna de hoy fue establecida en 1902 por Willis Haviland Carrier. Esta persona se dedicó a solucionar los problemas de excesiva humedad en el aire enfriado y desarrolló los conceptos de climatización de verano. Durante esa época, el dueño de una imprenta estadounidense tenía varios problemas durante el proceso de impresión, que impedían el comportamiento normal del papel, obteniendo una calidad muy pobre debido a las variaciones de temperatura, calor y humedad. En ese momento Carrier diseñó una máquina que controlaba la humedad a través de tubos enfriados, dando lugar a la primera unidad de climatización de la historia.

En 1915, Willis Carrier y 6 amigos reunieron el dinero suficiente para fundar la empresa “La Compañía de Ingeniería Carrier”, cuyo gran objetivo era garantizar al cliente el control de la temperatura y humedad a través de la innovación tecnológica y servicio al cliente.

Ya en 1922, Carrier logra un gran impacto en la historia de la industria con “La enfriadora centrífuga” utilizada para enfriar el sótano y posteriormente el resto de una tienda de ropa en Estados Unidos. Tal fue el éxito, que inmediatamente se instalaron este tipo de máquinas en hospitales, oficinas, aeropuertos, fábricas, hoteles y grandes almacenes.

En 1928, Carrier diseñó el primer sistema que calentaba, enfriaba, limpiaba y circulaba el aire para casas y departamentos, pero debido a la Gran Depresión presentada en esa época, sus proyectos tuvieron un gran retraso y se detuvo todo desarrollo del aire acondicionado en hogares.

La verdadera comercialización de sistemas de aire acondicionado para uso residencial se inició hasta después de la 2da Guerra Mundial y se empezó a regar la noticia por todo el mundo.

2. ASHRAE. La Sociedad Americana de Aire Acondicionado, Refrigeración y Calefacción tiene el objetivo de especificar las tasas mínimas de ventilación y calidad del aire interior que sean aceptables para los ocupantes humanos y tienen por objeto reducir al mínimo los posibles efectos adversos para la salud siempre garantizando un estado óptimo de confort.

Fundada en 1894, ASHRAE es una asociación con más de 56.000 miembros mundialmente. Normalmente hay un enfoque de edificios, la eficiencia energética, la calidad del aire interior y la sostenibilidad dentro de la industria. A través de la investigación, la redacción de normas, la publicación y la educación continuas, ASHRAE se ocupa de las instalaciones de sistemas CVAA tanto de confort personal como industrial.

Figura No. 122. Siglas de ASHRAE



3. Comodidad humana y acondicionamiento de aire. Por naturaleza, todos los seres humanos tienen la necesidad de sentirse “cómodos”. Normalmente se busca vivir en un ambiente que tenga las condiciones óptimas para trabajar en donde haya ni mucho frío, calor o humedad. El problema es que la mayoría del tiempo no se puede obtener con facilidad la comodidad por el hecho de que las necesidades del cuerpo humano y el clima no son compatibles.

La comodidad del cuerpo humano depende de tres factores:

- Temperatura.
- Humedad relativa.
- Movimiento y limpieza del aire.

La climatización es el proceso de tratamiento del aire que controla simultáneamente su temperatura, humedad, limpieza y distribución para responder a las exigencias del espacio climatizado. La temperatura del aire es el indicador más importante de la comodidad. La mayor parte de las personas se siente cómoda cuando la temperatura del ambiente está entre los 22 y 27 grados Celsius. Otro aspecto importante es la humedad relativa ya que tiene un efecto considerable en el bienestar al influir en la cantidad de calor que un cuerpo puede disipar por evaporación. La humedad relativa es una medida de la capacidad del aire para absorber más humedad.

Finalmente, la movilidad del aire elimina el aire caliente y húmedo que se forma alrededor del cuerpo y lo sustituye con aire fresco. Influye en la pérdida del calor del cuerpo por convección y evaporación. Usualmente los movimientos de 0,1 a 0,2 m/s son agradables, sin embargo, cuando enfrían más de lo deseado son llamados corrientes y se vuelven un problema para el confort térmico. Sobre los 37ºC el aire en movimiento calienta la piel por convección y a la vez enfría por medio de evaporación, pero a mayor temperatura menor es el efecto refrigerante.

El deber del ingeniero diseñador de sistemas de aire acondicionado es ayudar y proveer todas las facilidades para que las personas se sientan cómodas. Actualmente, los sistemas de aire acondicionado modernos pueden calentar, humidificar, enfriar, deshumidificar, limpiar e incluso desodorizar el aire dentro de un espacio específico. Los sistemas de acondicionamiento de aire están diseñados para satisfacer las necesidades del cuerpo humano, en consecuencia, es esencial entender los aspectos termodinámicos del cuerpo.

La tasa de generación de calor depende del nivel de la actividad de una persona. Para un hombre adulto promedio es cercana a 87W cuando duerme 115W, cuando descansa o realiza un trabajo de oficina a 230W, cuando juega boliche o cuando realiza trabajo físico intenso 440W. Los números correspondientes para una mujer adulta son aproximadamente un 15% menores. Esta diferencia se debe al tamaño del cuerpo y no a su temperatura.

La temperatura interna del cuerpo de una persona saludable se mantiene constante entre los 37° grados centígrados. Un cuerpo se sentirá cómodo en un ambiente en el cual se pueda disipar este calor de desecho generado por la actividad correspondiente.

El comportamiento fisiológico del cuerpo humano demanda que la cantidad de calor interno producido sea igual a la cantidad de calor externo perdido. El cuerpo humano tiene un sistema de control de temperatura para regular sus pérdidas por convección, radiación y evaporación. El exceso de ropa por ejemplo reduce la perdida de radiación y convección, pero la aumenta por evaporación del mismo modo, entre paredes muy frías una persona puede estar muy incómoda, aunque el aire ambiente este relativamente caliente, pero la radiación del cuerpo a las paredes produce una desagradable sensación de frio.

Debido a las leyes de la termodinámica, es conocido que la transferencia de calor es proporcional a la diferencia de temperatura. En consecuencia, en ambientes fríos un cuerpo perderá más calor del que normalmente genera, lo que produce una sensación de incomodidad. Entonces entra en juego el metabolismo corporal y el organismo trata el déficit de energía reduciendo la circulación de la sangre cerca de la piel y reduce la temperatura de la piel. Esta baja de temperatura genera malestar y es cuando la persona siente “frío”.

En ambientes calientes existe el problema contrario. No se disipa todo el calor del cuerpo y se experimenta la sensación incómoda de estar sudando, donde de nuevo, el metabolismo intenta regular la temperatura corporal. Es allí cuando se busca un ventilador o aire acondicionado para sustituir de manera continua el aire caliente que se forma alrededor del cuerpo humano como una “capa de calor” por el aire más frío de otras zonas del recinto donde se encuentra la persona.

La eliminación de olores requiere mucha ventilación o bien, la purificación del aire por medio de algún recurso artificial. Nulificar partículas sólidas del aire es de vital importancia no solo para la salud, si no por que disminuye los gastos de limpieza y mantenimiento. Si el aire se ve y siente sucio dentro de un recinto, la persona dentro del mismo definitivamente no se sentirá cómoda.

El aire normal que se respira contiene un 20.80% de oxígeno, 0.02% de anhídrido carbónico (dióxido de carbono), y 77.32% de nitrógeno. Si este aire pasa a través de los pulmones, el oxígeno es absorbido por la sangre y el CO_2 es extraído de la sangre.

Como el aire exhalado contiene un 3.5% de anhídrido carbónico y 17% de oxígeno, aproximadamente, el contenido de CO_2 del aire circundante ha sido aumentado en un 3.48% aproximadamente y el oxígeno se ha reducido en un 4% por el proceso de la exhalación. Adicionalmente, el aire exhalado contiene un 6% de humedad, pero, como las personas inhalan sólo un 1% de humedad del aire fresco, se exhala un 5% más de humedad que lo que se toma.

Un dato curioso es que cuando una persona está en reposo, solamente exhala 0.9% de anhídrido carbónico, pero al hacer esfuerzo, se exhala casi un 5%. Los gases exhalados de los pulmones están formados por ácido carbónico, humedad de agua, una cantidad muy pequeña de amoniaco y alguna materia orgánica.

Al nivel del mar, el porcentaje de oxigeno puede alcanzar el valor de 20.998%; en las cimas de las montañas 20.97%; en las minas bajo tierra de 20.14% a 18.22%; en los teatros, 20.74%, etc.

Cuando el volumen de oxigeno llega hasta el punto bajo de 17.2% el ser humano no puede vivir en ese aire más de unos pocos minutos. De lo anterior se deduce que el oxígeno es esencial para la vida y si se restringe la cantidad para los pulmones, causa sensación de mareo, depresión, enfermedades respiratorias y hasta la muerte en casos extremos.

Definitivamente, después de salir de una habitación mal ventilada y con los pulmones llenos de aire que contenga un alto porcentaje de anhídrido carbónico se siente un notorio cambio al respirar aire fresco otra vez, e inmediatamente se refresca el cuerpo.

El promedio de aire inhalado cada vez es de 30 pulgadas cúbicas, pero un hombre de dimensiones considerables puede inhalar hasta 220 pulgadas cúbicas expandiendo completamente el pecho. Un adulto, en reposo, requiere aproximadamente 912 pies cúbicos de aire cada 24 horas, o sea 38 pies cúbicos por hora.

El equivalente del trabajo mecánico realizado para respirar durante 24 horas es igual a levantar 21 toneladas (42,000 lb) a la altura de un pie. Esto nos demuestra que el cuerpo humano cuenta con un sistema o “maquina” acondicionadora de aire de un nivel altísimo de precisión.

Según los parámetros definidos en las cartas bioclimáticas, los intervalos de valor que permiten el confort térmico corresponden a:

- Temperatura del aire dentro del recinto: entre 18º y 26ºC.
- Velocidad del aire: entre 0 y 2 m/s.
- Humedad relativa: entre 40% y 65%.

4. Filtros. Dependiendo de cada ambiente el uso de filtros es de vital importancia para preservar la calidad de salud de los habitantes de cada espacio; los más comunes son los filtros tipo HEPA (High Efficiency Particle Arresting) que tienen la capacidad de retirar la mayoría de partículas perjudiciales, incluyendo las esporas de moho, el polvo, los ácaros del polvo, la caspa de mascotas y otros alérgenos irritantes del aire. Los filtros HEPA pueden hallarse en la mayoría de los purificadores de aire y por lo general son pequeños y portátiles.

Estos filtros están formados por mallas de fibras dispuestas al azar, sin seguir ningún patrón determinado. Las fibras están compuestas por capas de celulosa, fibras sintéticas o fibras de vidrio. Se clasifican en HEPA Absolutos y HEPA.

El test consiste en analizar si el filtro es capaz de atrapar más del 99,97% de partículas de 0,3 micras (1 milímetro = 1000 micras). Si superan la prueba se les asigna un número de serie. Los HEPA normales no pasan las pruebas de los estándares de calidad que pasan los filtros HEPA absolutos. Estos filtros suelen atrapar un 85% de las partículas que un filtro HEPA absoluto. Son menos eficientes, pero su costo también se ve reducido. Normalmente, se utilizan en áreas de industria, espacio, farmacia, limpieza, hospitales, cocinas, etc. En los sistemas de aire acondicionado los filtros son para purificadores de aire que deben incluirse dentro de un sistema de aire acondicionado.

Es importante mantener el filtro limpio y en condiciones ideales, según las indicaciones del fabricante. Si está deteriorado por el paso del tiempo conviene sustituirlo para mantener su alto nivel de eficiencia. Para su limpieza bastará con extraer el fitro y soplarlo o pasarlo bajo un chorro de agua. No obstante, siempre es conveniente seguir siempre las recomendaciones del fabricante.

Figura No. 123. Filtro tipo HEPA



5. Funcionamiento de un sistema de aire acondicionado. Como anteriormente se ha mencionado, un sistema de aire acondicionado busca, valga la redundancia, acondicionar el aire dentro de un espacio específico. El sistema de aire acondicionado puede enfriar, calentar, humidificar o deshumidificar el aire dentro del recinto según las condiciones previamente establecidas. Para comprender la manera en la que funciona un sistema de aire acondicionado se analizarán primero sus componentes principales para después explicar el trabajo en conjunto de todos.

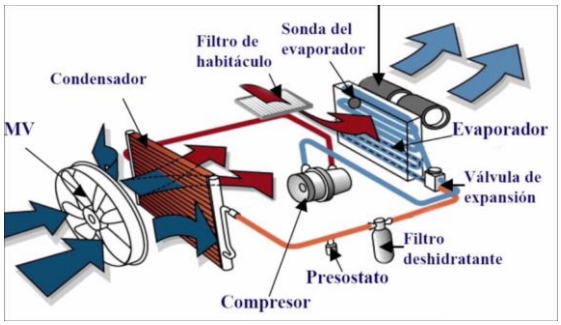
Los sistemas de aire acondicionado contienen básicamente los siguientes equipos:

1. Compresor.
2. Evaporador.
3. Condensador.

4. Válvula de expansión.

Todos estos componentes interconectados por medio de una tubería llevan en su interior un líquido refrigerante, además incluyen un sistema de movimiento de aire, compuesto comúnmente de un motor, abanico o turbina.

Figura No. 124. Sistema convencional de aire acondicionado



A continuación, se detalla de manera sencilla la función y características de los equipos básicos de los sistemas de aire acondicionado.

a. Compresor. Los compresores de vapor usados en la refrigeración industrial o acondicionamiento de aire son de tres tipos principales: recíprocos, rotatorios y centrífugos. La función del compresor es comprimir el refrigerante elevando su presión, temperatura y entalpía. Adicionalmente, mantiene la baja presión del evaporador lo que permite una evaporación del refrigerante a baja temperatura. También crea y mantiene la alta presión en el condensador que permite la nueva utilización del refrigerante en estado líquido. Dentro del compresor, el refrigerante se encuentra a baja presión y temperatura durante la succión y a alta presión y temperatura en la descarga.

b. Evaporador. El evaporador es cualquier superficie de transferencia de calor en el cual se vaporiza un líquido volátil para eliminar calor de un espacio o producto refrigerado. Los evaporadores se construyen por lo general de tubo de acero o tubo de cobre. El tubo de acero se usa en evaporadores grandes y en evaporadores que usan amoníaco, mientras que los de tubo de cobre se utilizan en la fabricación de evaporadores pequeños y por ellos circula normalmente un refrigerante industrial como el R-134A, R22, R-407C y R-410A.

c. Condensador. Es una superficie de transferencia de calor al igual que el evaporador. El calor del vapor refrigerante caliente pasa a través de las paredes del condensador para su condensación. Como resultado de su pérdida de calor hacia el medio condensante, el vapor refrigerante es primero enfriado hasta saturación y después condensado hasta su fase de estado líquido. Los condensadores son de tres tipos generalmente: enfriados con aire, enfriados con agua y evaporadores que emplean tanto aire como agua.

d. Válvula o dispositivo de expansión. El dispositivo se encarga de expandir el refrigerante. Las válvulas de expansión termostáticas son desarrolladas para regular la inyección de refrigerante líquido a los evaporadores. Esta inyección de refrigerante estará siempre regulada por un elemento termostático que está situado en la parte superior de la válvula de expansión la cual es controlada en función del recalentamiento del refrigerante.

El sistema toma aire del interior de una recámara pasando por tubos que están a baja temperatura, éstos son enfriados por medio de un líquido (refrigerante), parte del aire se devuelve a una temperatura menor y parte sale expulsada por el panel trasero del aparato, el termómetro está en el panel frontal para que cuando pase el aire calcule la temperatura a la que está el ambiente dentro de la recámara, y así se regula que tan frío y que tanto debe trabajar el compresor.

6. Sistemas de Ventilación. La ventilación se define como la técnica de sustituir el aire ambiente interior de un recinto, el cual se considera indeseable por falta de temperatura adecuada, pureza o humedad, por otro que aporta una mejora en el confort higrotérmico. Esto se logra mediante un sistema de ingestión de aire y otro de extracción, provocando a su paso un flujo de aire constante, el cual se llevará a su paso todas las partículas contaminadas o no deseadas (impurezas).

Al describir los diferentes tipos de sistemas de ventilación se encuentran los siguientes:

1. Ventilación cruzada.
2. Ventilación semi-cruzada.

3. Ventilación por capas.
4. Ventilación natural.
5. Ventilación centralizada.
6. Ventilación automatizada o inteligente.
7. Ventilación por impulsión.
8. Ventilación ecológica o sostenible.

a. Ventilación cruzada. Este tipo de ventilación describe que el aire cruza del extremo más lejano hasta el opuesto del recinto por ventilar, llevándose o barriendo a su paso todas las partículas contaminantes (impurezas). Estos sistemas generalmente se pueden aplicar en invernaderos, bodegas, fábricas, etcétera; en sí, en donde se desee que todo el aire contaminado sea extraído con efectividad. Es de suma importancia considerar lugares donde se esté generando aire contaminado al aplicar la ventilación cruzada para que los contaminantes queden del lado cercano al de la extracción; de esta forma, se logra sacar los contaminantes de inmediato, en lugar de transportarlos de un lado al otro del recinto. Esto generaría costos considerables en la tubería de transporte.

b. Ventilación semi-cruzada. La diferencia con la ventilación cruzada convencional es que se busca una trayectoria un poco más corta por la cual pueda crearse un barrido de aire y llevarse a su paso el aire contaminado, sacándolo a la brevedad posible. Generalmente, para este tipo de ventilación, los extractores se colocan a todo lo largo de la cumbrera de un techo de dos aguas. Con esto se logra barrer todos los contaminantes hacia el centro de la nave industrial y sacarlos de una forma más efectiva. Ésta es una forma efectiva de extraer calor, olores o contaminantes que se estén generando en muchos lugares del recinto.

Se debe tomar en cuenta el problema de no causar un flujo de aire interrumpido. Este tipo de errores se refiere a la colocación de la extracción muy cerca de la inyección de aire; esto significa que el aire inyectado está siendo extraído de inmediato lo que provoca una baja eficiencia en la renovación de aire.

c. Ventilación por capas. Se toma en consideración la porción del recinto donde están las personas, animales, procesos o elementos por ventilar. Se utiliza cuando se calcula la altura del recinto y reduce considerablemente el volumen de aire requerido; en consecuencia, produce ahorro en equipos de ventilación, obteniendo resultados mucho mejores. Generalmente, se puede aplicar en naves industriales donde la altura supera los 4.5m.

d. Ventilación natural. Se utilizan sistemas de extracción e ingestión de aire de forma estática, provocando a su paso un barrido de aire. Los elementos que la conforman pueden ser extractores gravitatorios, rejillas de paso de aire o cualquier elemento que no posea movilidad alguna. No se debe confundir el sistema de ventilación natural con ventanas abiertas. La principal función de las ventana es ver hacia el exterior, y una consecuencia es la aireación de un recinto; sin embargo, es un error tomarlas en cuenta como un sistema de ventilación.

Un sistema de ventilación se compone por un sistema de ingestión de aire y uno de extracción; por lo tanto, una ventana sólo puede cumplir con la mitad del principio de ventilación. En caso de que se desee utilizar una ventana como medio de ingestión o extracción de aire, tiene que ir acompañada de un extractor o inyector de aire.

e. Ventilación centralizada. Vincula varios sistemas de ventilación de aire a uno central con extracción o inyección, creando a su paso un barrido de aire en cada uno de los recintos conectados a él. Normalmente, se usan en edificios donde, por un conducto principal, se conectan todos los baños, campanas de cocinas, así como cualquier contaminante que requiera ser extraído. Así mismo, debe haber un sistema de ingestión de aire generalizado, por el cual se alimentará todo el edificio de aire.

f. Ventilación automatizada o Inteligente. Este tipo de ventilación avanzada y moderna cuenta con sensores de humedad, temperatura, pureza, tiempo o movimiento conectados al sistema de ventilación, los cuales permiten al sistema encenderse cuando el contaminante alcance los límites permisibles. Tener este tipo de sistema permite tener ahorros considerables de energía. Son aplicables para cualquiera de los casos anteriormente descritos.

g. Ventilación por impulsión. Este sistema consiste en impulsar el aire de un ventilador a otro. Generalmente, se realiza con ventiladores llamados “jet”. El uso más común tiene lugar en túneles, estacionamientos, edificios, subterráneos o en cualquier otro en el que el flujo de aire tenga que alcanzar largas distancias para ahorrar el uso de ductos o canalizaciones, ya que el mismo recinto actúa como una gran canal de transporte de aire con una mayor facilidad.

h. Ventilación ecológica o Sostenible. Este sistema busca tener un consumo de energía eléctrica parcial o ahorro total, estar hecho de materiales reciclables, tener un mantenimiento parcial o nulo y tener un impacto ambiental bajo. Los equipos más conocidos de este tipo son los extractores atmosféricos, eólicos o giratorios y los extractores gravitatorios. *El sistema debe garantizar* la integridad ecológica de los sistemas naturales que sustentan los requerimientos sociales y económicos, presentes y futuros.

i. Modos de transferencia de calor. Frecuentemente, el calor es definido como energía en movimiento, por el hecho de que nunca se mantiene estático, y siempre está transmitiéndose en la dirección de mayor a calor a menor calor como lo indica la segunda ley de la termodinámica. El grado de transmisión es directamente proporcional a la diferencia de temperatura entre ambos cuerpos. La mayor parte del calor en la tierra se deriva de las radiaciones del sol.

Existe calor a cualquier temperatura arriba de cero absoluto, incluso en cantidades extremadamente pequeñas. El término “Cero Absoluto” se refiere la temperatura más baja que teóricamente lograble, en la cual no existe calor, y es de 2730 °C, o -4600 °F. La temperatura más fría que podemos sentir en la tierra es mucho más alta en comparación con esta base.

El requisito primordial para la transferencia de calor es la presencia de una diferencia de temperatura. No puede existir transferencia neta de calor entre dos medios que están a la misma temperatura. La diferencia de temperatura es la fuerza impulsora para la transferencia de calor, precisamente como la diferencia de tensión es la fuerza impulsora para el flujo de corriente eléctrica y la diferencia de presión es la fuerza impulsora para el flujo de fluidos si se realizara una analogía.

Es común encontrarse con la transferencia de calor en los sistemas de ingeniería y en aspectos cotidianos como encender el ventilador cuando tenemos “calor”, cocinar, etc. La transferencia de calor desempeña un papel importante en el diseño de muchos aparatos, como los radiadores de los automóviles, los colectores solares, diversos componentes de las plantas generadoras de energía eléctrica y principalmente de los sistemas de aire acondicionado desde los caseros hasta los industriales a gran escala.

El espesor óptimo del aislamiento de las paredes y techos de las casas, de los tubos de agua caliente o de vapor de agua o de los calentadores de agua se determina, una vez más, a partir de un análisis de la transferencia de calor que considere los aspectos económicos.

El calor se puede transferir en tres modos diferentes:

1. Conducción.
2. Convección.
3. Radiación.

Todos los modos de transferencia de calor requieren la existencia de una diferencia de temperatura y todos ellos ocurren del medio que posee la temperatura más elevada hacia uno de temperatura más baja. A continuación se describen los 3 modos de transferencia de calor y principalmente en qué consisten.

1) Conducción. Es la transferencia de energía de las partículas más energéticas de una sustancia hacia las adyacentes menos energéticas, como resultado de interacciones entre esas partículas. La conducción puede tener lugar en los sólidos, líquidos o gases. En los gases y líquidos la conducción se debe a las colisiones y a la difusión de las moléculas durante su movimiento aleatorio. En los sólidos se debe a la combinación de las vibraciones de las moléculas en una retícula y al transporte de energía por parte de los electrones libres.

La velocidad o razón de la conducción de calor a través de un medio depende de la configuración geométrica de éste, su espesor y el material de que esté hecho, así como de la diferencia de temperatura a través de él. Por experiencia, se conoce que al envolver un tanque de agua caliente con fibra de vidrio (material aislante) se reduce la razón de la pérdida de calor de ese tanque. Entre más grueso sea el aislamiento, menor será la pérdida de calor.

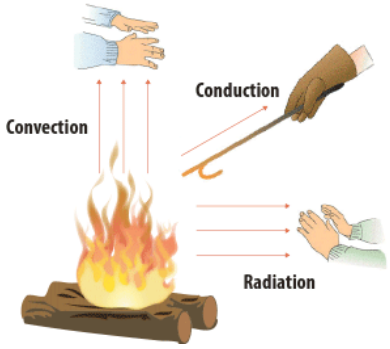
2) Convección. La convección es el modo de transferencia de energía entre una superficie sólida y el líquido o gas adyacente que está en movimiento y comprende los efectos combinados de la conducción y el movimiento de fluidos. Entre más rápido es el movimiento de un fluido, mayor es la transferencia de calor por convección. En ausencia de cualquier movimiento masivo de fluido, la transferencia de calor entre una superficie sólida y el fluido adyacente es por pura conducción. La presencia de movimiento masivo del fluido aumenta la transferencia de calor entre la superficie sólida y el fluido, pero al mismo tiempo complica la determinación de las razones de esa transferencia.

3) Radiación. La radiación es la energía emitida por la materia en forma de ondas electromagnéticas como resultado de los cambios en las configuraciones electrónicas de las moléculas que componen dicha materia. A diferencia de la conducción y la convección, la transferencia de calor por radiación no requiere la presencia de un medio que intervenga. De hecho, la transferencia de calor por radiación es la más rápida (a la velocidad de la luz) y no sufre atenuación en un vacío. Ésta es la manera en la que la energía del Sol llega a la Tierra.

En los estudios de transferencia de calor es de interés la radiación térmica, que es la forma de radiación emitida por los cuerpos debido a su temperatura. Es diferente de las otras formas de radiación, como los rayos X, los rayos gamma, las microondas, las ondas de radio o de televisión, que no están relacionadas con la temperatura. Es importante destacar que todos los cuerpos a una temperatura arriba del cero absoluto emiten radiación térmica.

La radiación es un fenómeno relacionado con el volumen y todos los sólidos, líquidos y gases emiten, absorben o transmiten radiación en diversos grados. Sin embargo, la radiación suele considerarse como un fenómeno superficial para los sólidos que son opacos a la radiación térmica, como los metales, la madera y las rocas, ya que las radiaciones emitidas por las regiones interiores de un material de ese tipo nunca pueden llegar a la superficie, y la radiación incidente sobre esos cuerpos suele absorberse en unas cuantas micras hacia adentro de dichos sólidos.

Figura No. 125. Modos de transferencia de calor



j. Carga térmica. La carga térmica es definida como la cantidad de ganancia calorífica por hora en un recinto determinado que se utilizar como base para la elección de un sistema de aire acondicionado. En un área por acondicionar, la carga térmica se debe eliminar mediante enfriamiento, que al final es la suma de las cargas térmicas en las que están involucradas diferentes fuentes. Es la cantidad de calor que se retira de un espacio definido, se expresa en BTU, la unidad utilizada comercialmente en relación a la unidad de tiempo, Btu/h (Watts).

Condiciones y datos más importantes para evaluar el estimado de la carga térmica en un edificio o espacio determinado:

- Datos atmosféricos del edificio o local.
- Orientación del edificio, la dirección de las paredes del espacio a acondicionar.
- Momento del día en que la carga térmica llega a su pico.
- Espesor y características de los aislamientos.
- Cantidad de sombra en las ventanas (si es que hay).
- Cantidad de personas en el lugar.
- Fuentes de calor internas (equipos o maquinaria).
- Cantidad de ventilación requerida.

Al realizar la sumatoria de todas las cargas individuales se tiene la carga térmica total en donde ya se puede empezar a diseñar el sistema de ductería para posteriormente seleccionar el ventilador y equipo que mejor se adapte a las necesidades del proyecto.

Las ganancias de calor por conducción a través de paredes, techo y vidrios se dan por la ecuación:

$$Q= U*A* DTCE$$

Donde:

Q= Ganancia Neta del Recinto por Conducción de calor a través de paredes, techo y vidrios (BTU/h)

U= Coeficiente total de transferencia de calor, (BTU/h*ft2*°F)

A= Área del techo, pared o vidrios (ft2)

DTCE= Diferencia de temperatura para carga de enfriamiento (°F)

Se toma como supuesto para la extracción de la siguiente tabla que hay una temperatura de diseño interior de 78°F y 85°F para el exterior para el 21 de julio a una latitud de 40°. Es necesario tomar en cuenta tanto la fecha, hora de estudio y latitud del lugar para tener una mejor aproximación de la ubicación del recinto respecto al Sol.

Cuadro No. 59. Diferencias de temperatura para cargas de enfriamiento (DTCE) para calcular cargas debidas a techos planos.

Techo No.	Descripción de la construcción	Hora Peso, lb/ft²	Valor de U, BTU/h Ft²-°F	Hora solar, h 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
				Sin cielo raso suspendido																							
1.	Lámina de metal con aislamiento de 1 o 2 in	7 (8)	0.213 (0.124)	1	–2	–3	–3	–5	–3	6	19	34	49	61	71	78	79	77	70	59	45	30	18	12	8	5	3
2.	Madera de 1 in con aislamiento de 1 in	8	0.170	6	3	0	–1	–3	–3	–2	4	14	27	39	52	62	70	74	74	70	62	51	38	28	20	14	9
3.	Concreto ligero de 4 in	18	0.213	9	5	2	0	–2	–3	–3	1	9	20	32	44	55	64	70	73	71	66	57	45	34	25	18	13
4.	Concreto pesado de 1a 2 in con aislamiento de 2 in	29	0.206 (0.122)	12	8	5	3	0	–1	–1	3	11	20	30	41	51	59	65	66	66	62	54	45	36	29	22	17
5.	Madera de 1 in con aislamiento de 2 in	19	0.109	3	0	–3	–4	–5	–7	–6	–3	5	16	27	39	49	57	63	64	62	57	48	37	26	18	11	7
6.	Concreto ligero de 6 in	24	0.158	22	17	13	9	6	3	1	1	3	7	15	23	33	43	51	58	62	64	62	57	50	42	35	28
7.	Madera de 2.5 in con con aislamiento de 1 in	13	0.130	29	24	20	16	13	10	7	6	6	9	13	20	27	34	42	48	53	55	56	54	49	44	39	34
8.	Concreto ligero de 8 in	31	0.126	35	30	26	22	18	14	11	9	7	7	9	13	19	25	33	39	46	50	53	54	53	49	45	40
9.	Concreto pesado de 4 in con aislamiento de 1 o 2 in	52 (52)	0.200 (0.120)	25	22	18	15	12	9	8	8	10	14	20	26	33	40	46	50	53	53	52	48	43	38	34	30
10.	Madera de 2.5 in con aislamiento de 2 in	13	0.093	30	26	23	19	16	13	10	9	8	9	13	17	23	29	36	41	46	49	51	50	47	43	39	35
11.	Sistema de terrazas de techo	75	0.106	34	31	28	25	22	19	16	14	13	13	15	18	22	26	31	36	40	44	45	46	45	43	40	37
12.	Concreto pesado de 6 in con aislamiento de 1 o 2 in	75 (75)	0.192 (0.117)	31	28	25	22	20	17	15	14	14	16	18	22	26	31	36	40	43	45	45	44	42	40	37	34
13.	Madera de 4 in con aislamiento de 1 o 2 in	17 (18)	0.106 (0.078)	38	36	33	30	28	25	22	20	18	17	16	17	18	21	24	28	32	36	39	41	43	43	42	40

(Pita E., 1999)

Cuadro No. 60. Descripción de grupos de construcción de paredes.

Grupo No.	Descripción de la construcción	Peso, lb/ft²	Valor de U, BTU/(h-ft²-°F)	Capacidad calorífica, BTU/(ft²-°F)
Ladrillo de vista de 4 in + (Ladrillo)				
C	Espacio de aire + ladrillo de vista de 3 in	83	0.358	18.3
D	Ladrillo común de 4 in	90	0.415	18.4
C	Aislamiento de 1 in o espacio de aire + ladrillo común de 4 in	90	0.174-0.301	18.4
B	Aislamiento de 2 in + ladrillo común de 4 in	88	0.111	18.5
B	Ladrillo común de 8 in	130	0.302	26.4
A	Aislamiento o espacio de aire + ladrillo común de 8 in	130	0.154-0.243	26.4
Ladrillo de vista de 4 in + *(Concreto pesado)*				
C	Espacio de aire + concreto de 2 in	94	0.350	19.7
B	Aislamiento de 2 in + concreto de 4 in	97	0.116	19.8
A	Espacio de aire o aislamiento + concreto de 8 in o más	143-190	0.110-0.112	29.1-38.4
Ladrillo de vista de 4 in + *(bloque de concreto ligero o pesado)*				
E	Bloque de 4 in	62	0.319	12.9
D	Espacio de aire o aislamiento + bloque de 4 in	62	0.153-0.246	12.9
D	Bloque de 8 in	70	0.274	15.1
C	Espacio de aire o aislamiento de 1 in + bloque de 6 u 8 in	73-89	0.221-0.275	15.5-18.5
B	Aislamiento de 2 in + bloque de 8 in	89	0.096-0.107	15.5-18.6
Ladrillo de vista de 4 in + *(azulejo de barro)*				
D	Azulejo de 4 in	71	0.381	15.1
D	Espacio de aire + azulejo de 4 in	71	0.281	15.1
C	Aislamiento + azulejo de 4 in	71	0.169	15.1
C	Azulejo de 8 in	96	0.275	19.7
B	Espacio de aire o aislamiento de 1 in + azulejo de 8 in	96	0.142-0.221	19.7
A	Aislamiento de 2 in + azulejo de 8 in	97	0.097	19.8
Pared de concreto pesado + *(acabado)*				
E	Concreto de 4 in	63	0.585	12.5
D	Concreto de 4 in + aislamiento de 1 o 2 in	63	0.119-0.200	12.5
C	Aislamiento de 2 in + concreto de 4 in	63	0.119	12.7
C	Concreto de 8 in	109	0.490	21.9

(Pita E., 1999)

La energía radiante del sol que pasa a través de materiales transparentes como el vidrio y se transforma en ganancia de calor al recinto. Su valor varía con la hora, la orientación, el sombreado y el efecto de almacenamiento. La ganancia neta de calor se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$Q= FGCS*A* CS*FCE$$

Donde:

Q= Ganancia Neta del Recinto por radiación solar a través de vidrios (BTU/h)

FGCS= Factor de ganancia máxima de calor solar, (BTU/h*ft2)

A= Área de los vidrios (ft2)

CS= Coeficiente de sombreado

FCE= Factor de carga de enfriamiento para el vidrio

El factor de ganancia máxima de calor solar FGCS es la ganancia máxima de calor a través de un vidrio sencillo estándar de 1/8” en un mes, orientación y latitud dados.

Cuadro No. 61. Radiación solar a través de vidrio, factores de ganancia máxima de calor solar para vidrio (BTU/h-ft^2), latitudes norte

0 Grados

	N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SEE/ SSW	S	HOR
En.	34	34	88	177	234	254	235	182	118	296
Feb.	36	39	132	205	245	247	210	141	67	306
Mar.	38	87	170	223	242	223	170	87	38	303
Abr.	71	134	193	224	221	184	118	38	37	284
May	113	164	203	218	201	154	80	37	37	265
Jun.	129	173	206	212	191	140	66	37	37	255
Jul.	115	164	201	213	195	149	77	38	38	260
Agos.	75	134	187	216	212	175	112	39	38	276
Sept.	40	84	163	213	231	213	163	84	40	293
Oct.	37	40	129	199	236	238	202	135	66	299
Nov.	35	35	88	175	230	250	230	179	117	293
Dic.	34	34	71	164	226	253	240	196	138	288

16 Grados

	N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SEE/ SSW	S	HOR
En.	30	30	55	147	21	244	251	223	199	248
Feb.	33	33	96	180	231	247	233	188	154	275
Mar.	35	53	140	205	239	235	197	138	93	291
Abr.	39	99	172	216	227	204	150	77	45	289
May	52	132	189	218	215	179	115	45	41	282
Jun.	66	142	194	217	207	167	99	41	41	277
Jul.	55	132	187	214	210	174	111	44	42	277
Agos.	41	100	168	209	219	196	143	74	46	282
Sept.	36	50	134	196	227	224	191	134	93	282
Oct.	33	33	95	174	223	237	225	183	150	270
Nov.	30	30	55	145	206	241	247	220	196	246
Dic.	29	29	41	132	198	241	254	233	212	234

8 Grados

	N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SEE/ SSW	S	HOR
En.	32	32	71	163	224	250	242	203	162	275
Feb.	34	34	114	193	239	248	219	165	110	294
Mar.	37	67	156	215	241	230	184	110	55	300
Abr.	44	117	184	221	225	195	134	53	39	289
May	74	146	198	220	209	167	97	39	38	277
Jun.	90	155	200	217	200	141	82	39	39	269
Jul.	77	145	195	215	204	162	93	40	39	272
Agos.	47	117	179	214	216	186	128	51	41	282
Sept.	38	66	149	205	230	219	176	107	56	290
Oct.	35	35	112	187	231	239	211	160	108	288
Nov.	33	33	71	161	220	245	233	200	160	273
Dic.	31	31	55	149	215	246	247	215	179	265

24 Grados

	N	NNE/ NNW	NE/ NW	ENE/ WNW	E/ W	ESE/ WSW	SE/ SW	SEE/ SSW	S	HOR
En.	27	27	41	128	190	240	253	241	227	214
Feb.	30	30	80	165	220	244	243	213	192	249
Mar.	34	45	124	195	234	237	214	168	137	275
Abr.	37	88	159	209	228	212	169	107	75	283
May	43	117	178	214	218	190	132	67	46	282
Jun.	55	127	184	214	212	179	117	55	43	279
Jul.	45	116	176	210	213	185	129	65	46	278
Agos.	38	87	156	203	220	204	162	103	72	277
Sept.	35	42	119	185	222	225	206	163	134	266
Oct.	31	31	79	159	211	237	235	207	187	244
Nov.	27	27	42	126	187	236	249	237	224	213
Dic.	26	26	29	1112	180	234	247	247	237	199

(Pita E., 1999)

Cuadro No. 62. Coeficientes de sombreado para sidrio con o sin sombreado Interior

	Tipo de vidrio	Espesor nominal de cada vidrio claro[a]	Transmisión solar[b]	Sin sombreado interior	Tipo de sombreado interior				
					Persianas venecianas		Persianas enrollables		
							Opacas	Translúcidas	
				$h_o = 4.0$	Medio	Claro	Oscuro	Claro	Claro
VIDRIO SENCILLO	Sencillo								
	Claro	3/32 a 1/4	0.87-0.80	1.00					
	Claro	1/4 a 1/2	0.80-0.71	0.94					
	Claro	3/8	0.72	0.90	0.64	0.55	0.59	0.25	0.39
	Claro	1/2	0.67	0.87					
	Claro con figuras	1/8 a 9/32	0.87-0.79	0.83					
	Absorbente de calor, con figuras[c]	1/8		0.83					
	Absorbente de calor[d]	3/16 a 1/4	0.46	0.69					
	Absorbente de calor, con figuras	3/16 a 1/4		0.69	0.57	0.53	0.45	0.30	0.36
	Coloreado	1/8 a 7/32	0.59-0.45	0.69					
	Absorbente de calor, o con figuras		0.44-0.30	0.60	0.54	0.52	0.40	0.28	0.32
	Absorbente de calor[d]	3/8	0.34	0.60					
	Absorbente de calor, o con figuras	1/2	0.44-0.30 0.24	0.53	0.42	0.40	0.36	0.28	0.31
	Vidrio recubierto reflector			0.30	0.25	0.23			
				0.40	0.33	0.29			
				0.50	0.42	0.38			
				0.60	0.50	0.44			
VIDRIO AISLANTE	Doble[e]								
	Claro afuera Claro adentro	3/32, 1/8	0.71[a]	0.88	0.57	0.51	0.60	0.25	0.37
	Claro afuera Claro adentro	1/4	0.61[a]	0.81					
	Absorbente de calor afuera Claro adentro	1/4	0.36[a]	0.55	0.39	0.36	0.40	0.22	0.30
	Vidrio recubierto reflector			0.20	0.19	0.18			
				0.30	0.27	0.26			
				0.40	0.34	0.33			
	Triple								
	Claro	1/4		0.71					
	Claro	1/8		0.80					

(Pita E., 1999)

Cuadro No. 63. Factores de carga de enfriamiento para vidrio sin vombreado interior sin sombreado interior

Latitud norte. Ventana viendo hacia él	Construcción del recinto	Hora solar, h																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
N	L	0.17	0.14	0.11	0.09	0.08	0.33	0.42	0.48	0.56	0.63	0.71	0.76	0.80	0.82	0.82	0.79	0.80	0.84	0.61	0.48	0.38	0.31	0.25	0.20
	M	0.23	0.20	0.18	0.16	0.14	0.34	0.41	0.46	0.52	0.59	0.65	0.70	0.73	0.75	0.76	0.74	0.75	0.79	0.61	0.50	0.42	0.36	0.31	0.27
	H	0.25	0.23	0.21	0.20	0.19	0.38	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.69	0.72	0.73	0.72	0.70	0.70	0.74	0.57	0.46	0.39	0.34	0.31	0.28
NE	L	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.23	0.41	0.51	0.51	0.45	0.39	0.36	0.33	0.31	0.28	0.26	0.23	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05
	M	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.21	0.36	0.44	0.45	0.40	0.36	0.33	0.31	0.30	0.28	0.26	0.23	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.09	0.08
	H	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.23	0.37	0.44	0.44	0.39	0.34	0.31	0.29	0.27	0.26	0.24	0.22	0.20	0.16	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10
E	L	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.19	0.37	0.51	0.57	0.57	0.51	0.42	0.36	0.32	0.29	0.25	0.22	0.19	0.14	0.12	0.09	0.08	0.06	0.05
	M	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.18	0.33	0.44	0.50	0.51	0.45	0.39	0.35	0.32	0.29	0.26	0.23	0.21	0.17	0.15	0.13	0.11	0.10	0.08
	H	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.21	0.34	0.45	0.50	0.49	0.43	0.36	0.32	0.29	0.26	0.24	0.22	0.19	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11	0.10
SE	L	0.05	0.04	0.04	0,03	0.02	0.13	0.28	0.43	0.55	0.62	0.63	0.57	0.48	0.42	0.37	0.33	0.28	0.24	0.19	0.15	0.12	0.10	0.08	0.07
	M	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.14	0.26	0.38	0.48	0.54	0.55	0.51	0.45	0.40	0.36	0.33	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14	0.12	0.10
	H	0.11	0.10	0.10	0.09	0.08	0.17	0.28	0.40	0.49	0.53	0.53	0.48	0.41	0.36	0.33	0.30	0.27	0.24	0.20	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12
S	L	0.08	0.07	0.05	0.04	0.04	0.06	0.09	0.14	0.22	0.34	0.48	0.59	0.65	0.65	0.59	0.50	0.43	0.36	0.28	0.22	0.18	0.15	0.12	0.10
	M	0.12	0.11	0.09	0.08	0.07	0.08	0.11	0.14	0.21	0.31	0.42	0.52	0.57	0.58	0.53	0.47	0.41	0.36	0.29	0.25	0.21	0.18	0.16	0.14
	H	0.13	0.12	0.12	0.11	0.10	0.12	0.14	0.17	0.24	0.33	0.43	0.51	0.56	0.55	0.50	0.43	0.38	0.32	0.26	0.22	0.20	0.18	0.16	0.15
SW	L	0.12	0.10	0.08	0.06	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.24	0.36	0.49	0.60	0.66	0.66	0.58	0.43	0.33	0.27	0.22	0.18	0.14
	M	0.15	0.13	0.12	0.10	0.09	0.09	0.10	0.12	0.13	0.15	0.17	0.23	0.33	0.44	0.53	0.58	0.59	0.53	0.41	0.33	0.28	0.24	0.21	0.18
	H	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.12	0.13	0.14	0.16	0.17	0.19	0.25	0.34	0.44	0.52	0.56	0.56	0.49	0.37	0.30	0.25	0.21	0.19	0.17
W	L	0.12	0.10	0.08	0.07	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.11	0.13	0.14	0.20	0.32	0.45	0.57	0.64	0.61	0.44	0.34	0.27	0.22	0.18	0.14
	M	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.19	0.29	0.40	0.50	0.56	0.55	0.41	0.33	0.27	0.23	0.20	0.17
	H	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.11	0.12	0.13	0.13	0.14	0.15	0.16	0.21	0.30	0.40	0.49	0.54	0.52	0.38	0.30	0.24	0.21	0.18	0.16
NW	L	0.11	0.09	0.08	0.06	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.19	0.23	0.33	0.47	0.59	0.60	0.43	0.33	0.26	0.21	0.17	0.14
	M	0.14	0.12	0.11	0.09	0.08	0.09	0.10	0.11	0.13	0.14	0.16	0.17	0.18	0.21	0.30	0.42	0.51	0.53	0.39	0.32	0.26	0.22	0.19	0.16
	H	0.14	0.12	0.11	0.11	0.10	0.11	0.12	0.13	0.15	0.16	0.18	0.19	0.19	0.22	0.30	0.41	0.50	0.51	0.36	0.29	0.23	0.20	0.17	0.15

(Pita E., 1999)

En lo que corresponde a la ganancia de calor por ocupantes se utiliza la siguiente tabla para determinar el flujo de calor que se desprende del cuerpo humano según la actividad realizada dentro de determinado recinto. Solo se necesita la cantidad de personas y se multiplica por el calor total generado.

Cuadro No. 64. Ganancia de calor por ocupantes en espacios acondicionados

GRADO DE ACTIVIDAD	APLICACIÓN TÍPICA	CALOR TOTAL HOMBRE ADULTO (BTU/HR)	CALOR TOTAL ADJUNTO (BTU/HR)	CALOR SENSIBLE (BTU/HR)	CALOR LATENTE (BTU/HR)
Sentado en posición de reposo	Teatro función de tarde	390	330	200	130
	Teatro función de noche	390	350	215	135
Sentado,trabajo muy ligero	Oficina, hoteles, apartamentos	450	400	215	185
Trabajo de oficina moderadamente activo	Oficina, hoteles, apartamentos	475	450	220	230
De pie, un trabajo ligero	departamento de venta al por menor	550	450	220	230
Caminando despacio	departamento de almacén	550	450	220	230
Caminando, sentado	Farmacia	550	500	220	280
De pie, caminando despacio	Banco	550	500	220	280
Trabajo sedentario	Restaurant	490	550	240	310
Trabajo de banco ligero	Fábrica	800	750	240	510
Baile moderado	Salón de baile	900	850	270	580
Caminando,3 mph; Trabajo moderadamente pesado	Fábrica	1000	1000	330	670
Trabajo pesado	Fábrica	1500	1450	510	940

(ASHRAE Data Book 1995)

Ahora se analiza la iluminación, en ella se busca encontrar el calor generado por todas las luminarias presentes en un área específica. En la siguiente tabla se presentan los rangos más comunes de iluminación según un determinado espacio. Se toma la potencia calorífica aproximada y se multiplica por el área de planta del lugar para obtener la transmisión de calor por unidad de tiempo generada por la iluminación.

Cuadro No. 65. Rangos más comunes de niveles de iluminación para diferentes áreas, tareas y actividades.

RANGO DE ILUMINANCIAS (LUX)	TIPO DE ÁREA, TAREA O ACTIVIDAD	POTENCIA CALORIFICA APROXIMADA POR ÁREA (W/m^2)
20 – 30 – 50	Áreas de trabajo y circulación exterior	0.291
50 – 100 – 150	Áreas de circulación, orientación sencilla o corta iluminación	0.873
100 – 150 – 200	Locales de trabajo no empleados continuamente	1.160
200 – 300 – 500	Tareas con requerimientos visuales sencillos	2.732
300 – 500 – 750	Tareas con requerimientos visuales medios	4.384
500 – 750 – 1000	Tareas con requerimientos visuales elevados	8.098
750 – 1000 – 1500	Tareas con requerimientos visuales exigentes	9.957
1000 – 1500 – 2000	Tareas con requerimientos visuales especiales	13.276
Superiores a 2000	Desempeño de tareas visuales muy exigentes o de alta precisión	16.140

(ASHRAE Data Book, 1995)

Ahora se toma en cuenta la ganancia de calor interna del espacio por equipo o maquinaria según las potencias de los equipos presentes.

Cuadro No. 66. Ganancias de calor según potencias de motores eléctricos

Table 3-16

Heat Gain From Electric Motors

NAMEPLATE RATING, HP	APPROXIMATE EFFICIENCY	HEAT GAIN, BTUH PER HP FOR CONTINUOUS RUNNING #
UP TO 1/4*	60	4200
1/2 TO 1	70	3600
1 1/2 TO 5	80	3200
7 1/2 TO 20	85	3000
OVER 20	88	2900

* Including 1/4 hp
\# Two things are assumed when the last column is used:
(1) the motor and its load are in either the room or the air stream,
(2) the load is equal (or almost equal) to the nameplate rating. In general, these assumptions are true – especially for motors of 20 hp or less.

(Fundamentos ASHRAE, 1967)

Para tener confort higrotérmico, es necesario que el aire circule y sea distribuido uniformemente por todo el espacio a acondicionar, sin que se produzcan corrientes que generen molestias en las personas. La velocidad del aire desde la rejilla o difusor de impulsión hasta donde el aire alcanza una velocidad residual del orden de 0.66 pies/s a 0.82 pies/s es lo recomendado por ASHRAE. Un espacio rectangular, como modelo, estará satisfactoriamente acondicionado si cumple la regla de que el radio de difusión máximo no supere al mínimo en más del 50% de su valor. El caudal de aire por difusor se encuentra dividiendo el caudal total de aire que sea necesario impulsar por el número de difusores.

k. Ductos de ventilación. Ahora que ya se tiene la carga térmica del recinto, se procede a diseñar la ductería por donde pasará el aire así como las rejillas o difusores de suministro de aire. Media vez se tiene definido un caudal de aire para el recinto y los difusores según niveles de ruido y velocidad del aire ya se pasa al dimensionamiento de ductos.

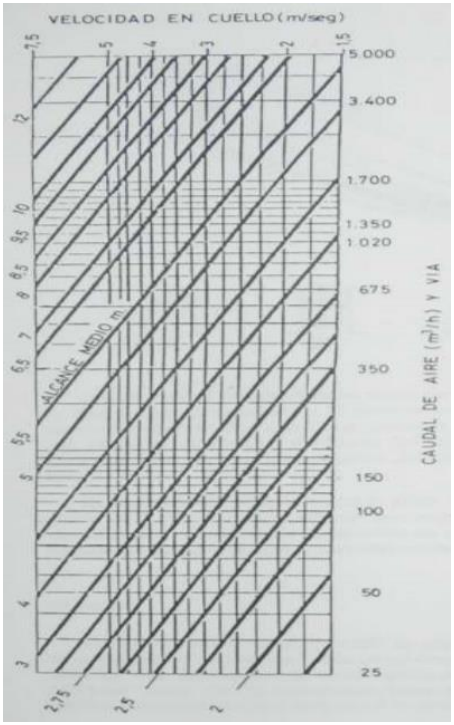
Figura No. 126. Difusor de 4 vías



Para los difusores, la caída de presión se calcula mediante las figuras no. 6 y 7 de caudal vs. alcance medio y velocidad en el cuello del difusor. Para los filtros y serpentines la caída de presión se obtiene por medio de tablas de especificaciones de manejadoras, que el fabricante proporciona para encontrar la caída total por la unidad manejadora de aire.

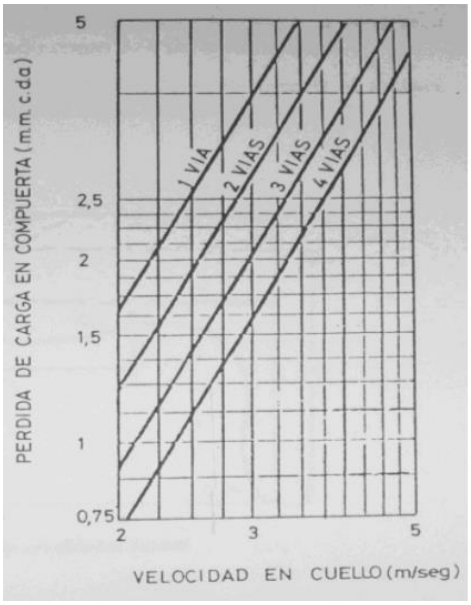
Para los difusores de 4 vías o direcciones de salida del flujo de aire, la pérdida por presión viene determinada por la Figura no. 6 que esta en función de la velocidad en el cuello o salida del difusor según las vías que tenga. Sólo se debe intersectar el caudal de suministro con el alcance medio o radio de trascendencia del difusor seleccionado en el espacio con las vías que tenga para obtener la velocidad en el cuello del mismo.

Figura No. 127. Velocidad en el cuello según alcance medio del difusor



(Royo Carnicer, Aire Acondicionado)

Figura No. 128. Pérdida por presión según el número de vías



(Royo Carnicer, Aire Acondicionado)

Para encontrar la pérdida se relaciona la velocidad en el cuello y el número de vías que tiene el difusor (1, 2, 3 o 4 vías). Ahora ya sólo se multiplica el valor de la pérdida encontrada por el número de difusores presentes en el recinto. Siempre se debe consultar el catalogo del fabricante para averiguar las características del difusor que corresponda.

Adicionalmente, se debe corroborar que el nivel sonoro y velocidad en el cuello se encuentren dentro de los límites tolerables presentes en la Cuadro no. 9.

Cuadro No. 67. Velocidad máxima recomendada en el cuello del difusor (ft/min)

Aplicaciones	Caudal total por difusor CFM		
	150	580	2000
Estudios de radio	500	390	300
Estudios de sonido			
Salas de concierto			
Salas de conferencias	780	600	
Escuelas, teatros			
Salas de cine, hospitales e iglesias			
Oficinas	1000	780	600
Hoteles			
Restaurantes	1200	880	600
Oficinas			
Edificios públicos			
Cocinas	1400	1000	780
Garajes			
Gimnasios			
Fabricas(industria ligera)	1500	1200	1000
Fabricas(industria pesada)	2300	2000	1600

(Royo Carnicer, Aire Acondicionado)

Cuadro No. 68. Niveles de sonido NC “Noise Criteria” para difusores aceptables para diversas actividades

TIPO DE APLICACIÓN	CURVAS NC		DECIBELES DB	
Auditorios para concierto.	20	30	25	35
Teatros y cines.	30	40	35	45
Estudios de grabación.	20	30	25	35
Salas de conferencias y juntas.	25	35	30	40
Bancos.	35	50	40	55
Salas de cómputo.	40	60	50	65
Casas y departamento.	30	40	35	45
Bibliotecas.	20	30	25	35
Salones de clases.	30	40	35	45
Laboratorios.	35	45	40	50
Arenas, boliches, gimnasios, albercas.	35	45	40	50
Hospitales.	25	35	30	40
Hoteles.	30	40	35	45
Industrias.	55	70	60	80
Oficinas.	30	40	35	45
Restaurantes.	35	50	40	55
Tiendas departamentales (Supermercados).	40	50	45	65

(Proveedor Clima Real, México)

Cuadro No. 69. Selección de difusores (extracto)

TABLA DE SELECCIÓN DE DIFUSORES DLC-4 VIAS										
TAMAÑO PULGADAS	AREA Ft²	VEL. PPM	PCM POR VIA A	PCM POR VIA B	TOTAL P.C.M.	PRESIÓN (") PT	PRESIÓN (") PS	TIRO Ft. A	TIRO Ft. B	NC
24 x 24	4.000	300	300		1200	.028	.079	9 - 16	- 13	
		400	400		1600	.045	.127	10 - 19	- 23	
		500	500		2000	.067	.170	13 - 22	- 30	
		600	600		2400	.099	.280	14 - 24	- 34	
		700	700		2800	.133	.376	15 - 26	- 40	
		800	800		3200	.175	.495	18 - 28	- 42	
		900	900		3600	.216	.611	19 - 30	- 48	
27 x 27	5.063	300	380		1518	.028	.084	10 - 17	- 14	
		400	505		2020	.045	.135	12 - 20	- 24	
		500	632		2530	.067	.201	13 - 22	- 31	
		600	759		3036	.099	.297	15 - 24	- 35	
		700	885		3542	.133	400	16 - 28	- 40	
		800	1012		4048	.175	.525	17 - 30	- 43	
		900	1138		4554	.216	.648	18 - 32	- 44	
30 x 30	6.250	300	469		1875	.028	.092	11 - 18	- 15	
		400	625		2500	.045	.148	13 - 22	- 24	
		500	781		3125	.067	.221	14 - 24	- 32	
		600	938		3750	.099	.327	16 - 26	- 36	
		700	1094		4375	.133	.439	17 - 30	- 40	
		800	1250		5000	.175	.578	18 - 32	- 44	
		900	1406		5625	.216	.713	20 - 34	- 50	
33 x 33	7.563	300	567		2270	.028	.098	12 - 21	- 16	
		400	756		3025	.045	.157	13 - 22	- 25	
		500	946		3785	.067	.234	15 - 26	- 33	
		600	1134		4536	.099	.346	17 - 28	- 37	
		700	1323		5292	.133	.465	18 - 30	- 41	
		800	1512		6050	.175	.612	19 - 32	- 44	
		900	1701		6800	.216	.756	20 - 34	- 50	
36 x 36	9.000	300	675		2700	.028	.106	13 - 22	- 18	
		400	900		3600	.845	.171	14 - 24	- 26	
		500	1125		4500	.067	.255	16 - 28	- 34	
		600	1350		5400	.099	.376	18 - 30	- 39	
		700	1575		6300	.133	.505	19 - 32	- 42	
		800	1800		7200	.175	.665	20 - 34	- 45	
		900	2025		8100	.216	.820	21 - 36	- 51	

(Proveedor Clima Real, México)

Normalmente, el diseño estructural y requerimientos funcionales de los edificios afectan al diseño en general ya que el espacio a veces es reducido para colocar determinada dimensión de ducto. Por lo común, las estructuras comerciales están construidas de tal forma que no permiten instalar los conductos del sistema de distribución de aire de una manera apropiada. Se debe tener experiencia en el diseño de los sistemas de distribución de aire para tener una mejor comprensión de por donde debe pasar la ductería y así obtener el diseño más eficiente posible.

Es imperativo utilizar un ventilador dentro del sistema de aire acondicionado el cual se encargará de impulsar o extraer aire del recinto. Muchas veces se presenta energía consumida por el roce del aire con las paredes de los ductos o los cambios de dirección por lo que la optimización del diseño requiere que se lleven al mínimo este tipo de pérdidas.

El consumo de un ventilador es directamente proporcional a la presión total a la que trabaja, es por ello que el diseño de la ductería debe tener un especial cuidado, de lo contrario, puede darse el caso de gastar un porcentaje más de energía del necesario.

Para encontrar la capacidad del ventilador, verificar el funcionamiento del sistema y balancear las cantidades de aire, es imperativo calcular las pérdidas de presión el sistema. La presión del aire necesaria para vencer la fricción en un conducto es la que determina el gasto de energía del ventilador. Se define a la pérdida total de presión del sistema como la pérdida de presión total a través del trayecto del ducto que tiene las mayores pérdidas de presión. Este trayecto es normalmente el más largo, pero puede ser uno más corto que contenga un número considerado de conexiones con grandes pérdidas de presión.

Para calcular la pérdida total de presión en el sistema, se suman las pérdidas para cada sección de tubo recto y cada conexión en el trayecto que se haya elegido. Se deben incluir las pérdidas de presión a través de cualquier equipo.

Los cambios de dirección como codos, transiciones, nudos, que forman parte de estos sistemas son conocidos como conexiones de conductos. En un sistema de conductos en donde se encuentra una transición y ramal combinados, la pérdida de presión en el ducto recto principal y en el ramal se deben calcular por separado y el valor total de dicha presión dependerá de la forma de la conexión.

Normalmente, se utilizan ductos de diseño rectangular por su facilidad de ajustarse a la estructura del recinto variando sus dimensiones laterales sin afectar la capacidad del conducto. Si la sección del conducto no es circular, es necesario determinar antes la sección circular equivalente, esto es, aquella que presenta la misma pérdida de carga que la rectangular considerada.

Se pensaría que un ducto redondo equivalente tendría la misma área de sección transversal que uno cuadrado, para tener la misma pérdida por fricción cuando en realidad esto no es cierto. Un ducto rectangular con la misma pérdida por fricción tendrá una mayor área que un ducto redondo.

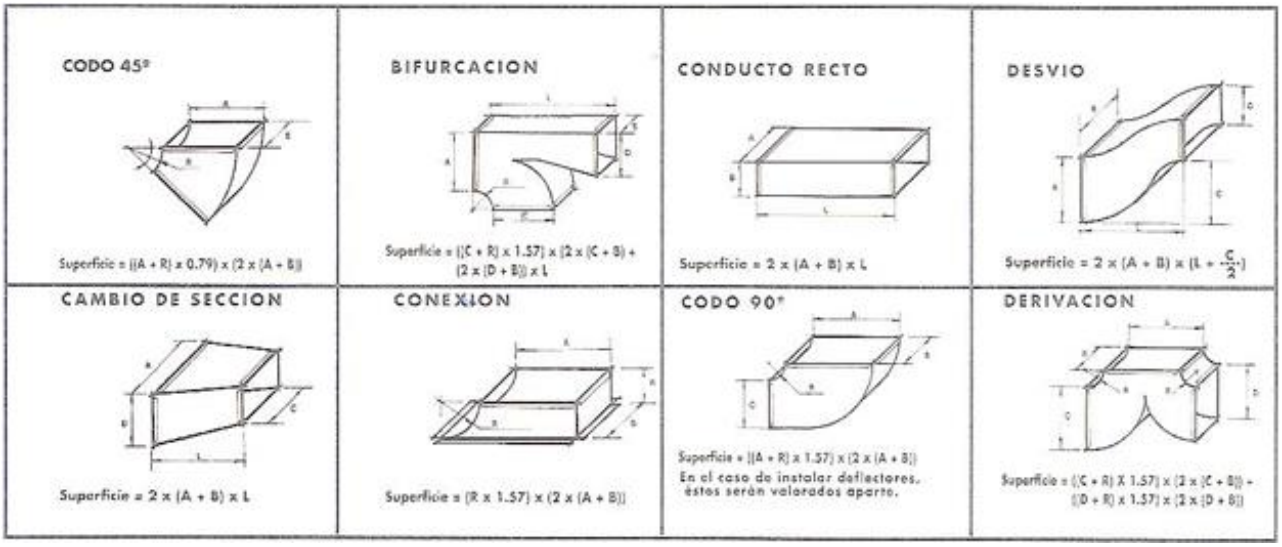
Esto es debido a su forma rectangular, que tiene una mayor relación de superficie de ducto con área transversal, por lo que causa mayor fricción. Este problema empeora a medida que aumenta la relación de aspecto.

La relación de aspecto, se refiere a la relación de las dimensiones de los dos lados adyacentes de un ducto rectangular. Como regla de diseño, las relaciones de aspecto de los conductos rectangulares deben ser tan bajas como sea posible para promover que las pérdidas por fricción sean considerablemente bajas y por lo tanto, evitar un exceso de consumo de energía.

Una relación de aspecto muy grande requiere un uso de más lámina metálica y por lo tanto un sistema menos económico. Normalmente, el espacio disponible para los conductos horizontales es restringido debido a la profundidad de los cielos rasos suspendidos, que a veces obliga a usar altas relaciones de aspecto.

No siempre los conductos están compuestos de ramales rectilíneos sino que se presentan cambios en su trayectoria que obligan al uso de codos, desviaciones, entradas, salidas, obstáculos, nudos, etc. Todos estos generan resistencia al paso del aire provocando pérdidas de carga. Para conocer la resistencia total de un sistema de conductos será necesario calcular las pérdidas de cada uno de tales conexiones y sumarlas a las de los tramos rectos.

Figura No. 129. Tipos de conductos de ventilación



(Pita E., 1999)

Para cada área a acondicionar se debe considerar una cantidad de aire, en ello va incluida la capacidad equivalente y caudal necesarios. Para dimensionar conductos existen dos métodos los cuales son:

- Igual fricción (Utilizado para el proyecto)
- Recuperación Estática

1) Método de igual fricción. Este método consiste en seleccionar un valor para la pérdida de presión por fricción por longitud de ducto, y se mantiene constante para todas las secciones de ducto del sistema. El valor que se usa está basado en la velocidad máxima permisible en el conducto cabezal que sale del ventilador, para evitar ruido excesivo.

Cuadro No. 70. Velocidades sugeridas en sistemas de acondicionamiento de aire con baja velocidad

TABLA 8.11. VELOCIDADES SUGERIDAS EN SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE CON BAJA VELOCIDAD

	Velocidades recomendadas, ft/min			Velocidades máximas, ft/min		
Componente	Residencias	Escuelas, teatros, edificios públicos	Construcciones industriales	Residencias	Escuelas, teatros, edificios públicos	Construcciones industriales
Entradas de aire exterior[a]	500	500	500	800	900	1200
Filtros[a]	250	300	350	300	350	350
Serpentines de calentamiento[a]	450	500	600	500	600	700
Lavadores de aire	500	500	500	500	500	500
Conexiones de succión	700	800	1000	900	1000	1400
Descargas de ventilador	1000 – 1600	1300 – 2000	1600 – 2400	1700	1500 – 2200	1700 – 2800
Ductos principales	700 – 900	1000 – 1300	1200 – 1800	800 – 1200	1100 – 1600	1300 – 2200
Ductos de ramal	600	600 – 900	800 – 1000	700 – 1000	800 – 1300	1000 – 1800
Subidas de ramal	500	600 – 700	800	650 – 800	800 – 1200	1000 – 1600

[a] Estas velocidades son para toda la superficie de la cara, y no la superficie libre. Las demás velocidades son para superficie libre neta.

(Pita E., 1999)

Las pérdidas de presión en conductos largos se expresan asi:

$$Hf = (Hf/100) \times L \text{ (in de agua)}$$

en donde L es la longitud del ducto en pies, Hf/100 representa las pérdidas por fricción en pulgadas de agua por 100 pies de largo de tubería.

Las pérdidas de presión en conexiones de conductos se representan de la siguiente forma:

$$Hf = C \times (V/4000)^2 \text{ (in de agua)}$$

en donde C es el coeficiente de fricción, V es la velocidad de aire en ft/min, Hf es la pérdida de presión.

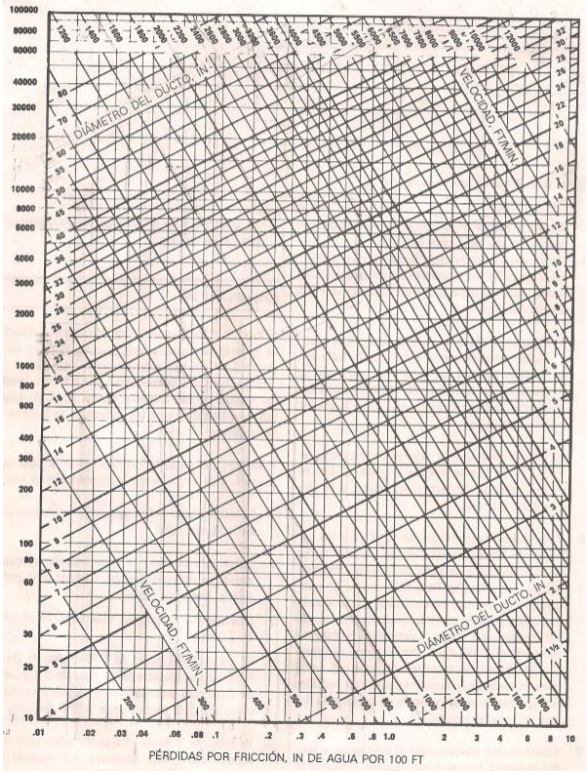
Las pérdidas de presión en transiciones se expresan asi:

$$Hf = 1.1 [(Vo/4000)^2 - (Vf/4000)^2] \text{ (in de agua)}$$

en donde Vo es la velocidad de entrada a la trancisión y Vf es la velocidad de salida en la transición.

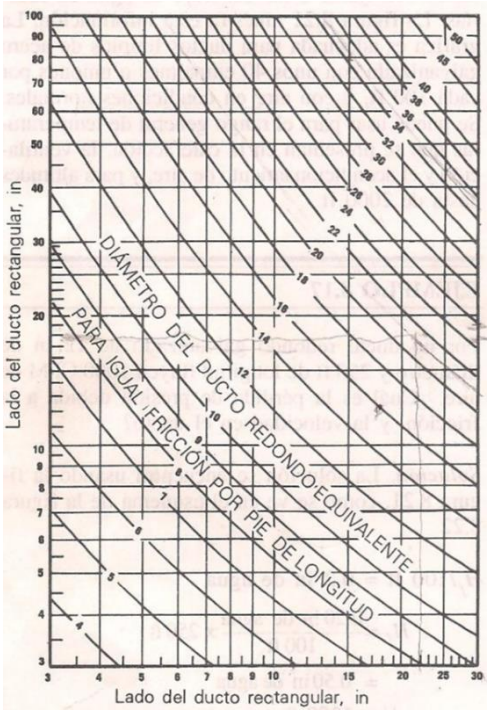
A continuación, se presentan las gráficas utilizadas para el diseño de conductos de aire acondicionado. La Figura No. 9 representa las pérdidas por fricción en ductos redondos de lámina galvanizada. Ya teniendo las pérdidas, se procede a encontrar la dimensión equivalente rectangular en la Figura No. 10.

Figura No. 130. Pérdidas por fricción para flujo de aire en ductos redondos de lámina galvanizada



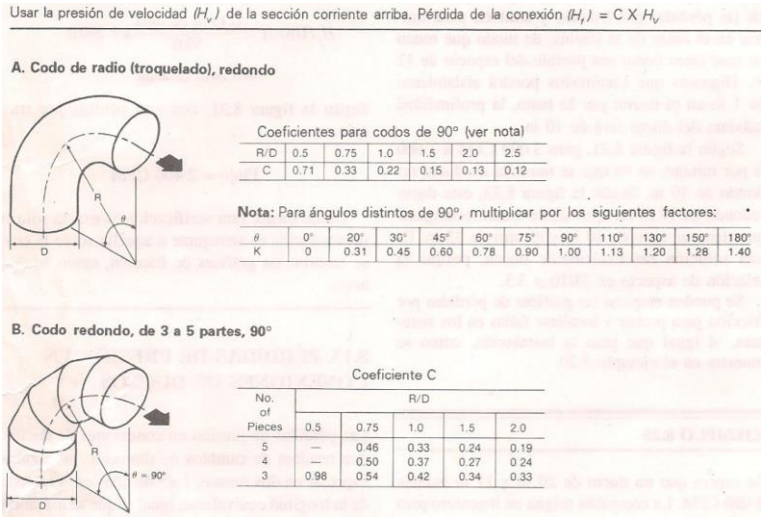
(Pita E., 1999)

Figura No. 131. Diámetros de ductos redondos equivalentes



(Pita E., 1999)

Figura No. 132. Coeficientes de pérdida codos



Usar la presión de velocidad (H_v) de la sección corriente arriba. Pérdida de la conexión (H_f) = C X H_v

A. Codo de radio (troquelado), redondo

Coeficientes para codos de 90° (ver nota)

R/D	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0	2.5
C	0.71	0.33	0.22	0.15	0.13	0.12

Nota: Para ángulos distintos de 90°, multiplicar por los siguientes factores:

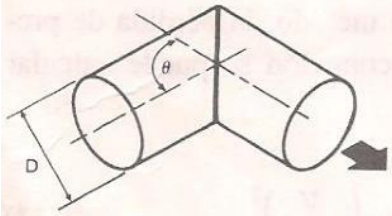
θ	0°	20°	30°	45°	60°	75°	90°	110°	130°	150°	180°
K	0	0.31	0.45	0.60	0.78	0.90	1.00	1.13	1.20	1.28	1.40

B. Codo redondo, de 3 a 5 partes, 90°

Coeficiente C

No. of Pieces	R/D 0.5	0.75	1.0	1.5	2.0
5	—	0.46	0.33	0.24	0.19
4	—	0.50	0.37	0.27	0.24
3	0.98	0.54	0.42	0.34	0.33

C. Codo de ángulo, redondo



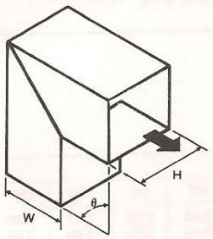
Coeficiente C

θ	20°	30°	45°	60°	75°	90°
C	0.08	0.16	0.34	0.55	0.81	1.2

(Pita E., 1999)

Figura No. 133. Coeficientes de pérdida codos (Continuación)

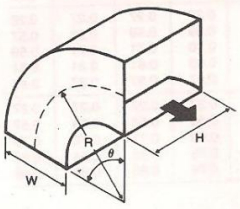
D. Codo de ángulo, rectangular



Coeficiente C

θ	H/W 0.25	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0
20°	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05
30°	0.18	0.17	0.17	0.16	0.15	0.15	0.13	0.13	0.12	0.12	0.11
45°	0.38	0.37	0.36	0.34	0.33	0.31	0.28	0.27	0.26	0.25	0.24
60°	0.60	0.59	0.57	0.55	0.52	0.49	0.46	0.43	0.41	0.39	0.38
75°	0.89	0.87	0.84	0.81	0.77	0.73	0.67	0.63	0.61	0.58	0.57
90°	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	0.98	0.92	0.89	0.85	0.83

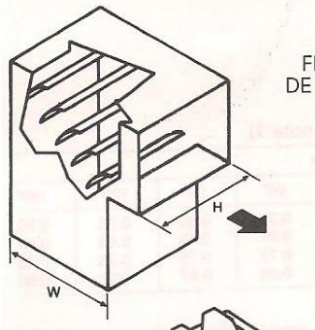
E. Codo, rectangular de radio uniforme sin álabes

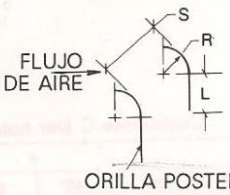


Coeficientes para codos de 90° (ver nota)

R/W	H/W 0.25	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0
0.5	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2
0.75	0.57	0.52	0.48	0.44	0.40	0.39	0.39	0.40	0.42	0.43	0.44
1.0	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.18	0.19	0.20	0.27	0.21
1.5	0.22	0.20	0.19	0.17	0.15	0.14	0.14	0.15	0.16	0.17	0.17
2.0	0.20	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.13	0.14	0.14	0.15	0.15

F. Codo, rectangular, en ángulo, con álabes de direccionamiento



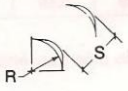


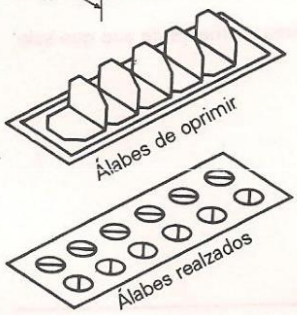
ÁLABES DE ESPESOR SENCILLO

*No.	Dimensiones, pulgadas			Coeficiente
	R	S	L	C
1*	2.0	1.5	0.75	0.12
2	4.5	2.25	0	0.15
3	4.5	3.25	1.60	0.18

*Los números son sólo referencia

Cuando no se tiene extensión de la orilla posterior para este codo, las pérdidas permanecen aproximadamente igual para codos sencillos, pero aumentan mucho para codos en serie





ÁLABES DE ESPESOR DOBLE

Coeficiente C

*No.	Dimensiones, in		Velocidad (V), ft/min				Observaciones
	R	S	1000	2000	3000	4000	
1	2.0	1.5	0.27	0.22	0.19	0.17	Embossed Vane Runner
2	2.0	1.5	0.33	0.29	0.26	0.23	Push-On Vane Runner
3	2.0	2.13	0.38	0.31	0.27	0.24	Embossed Vane Runner
4	4.5	3.25	0.26	0.21	0.18	0.16	Embossed Vane Runner

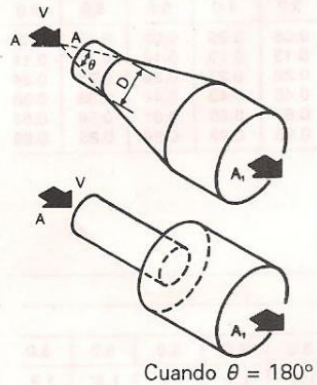
*Los números son sólo referencia

(Pita E., 1999)

Figura No. 24. Coeficientes de pérdida para transiciones (flujos divergentes)

Use la presión de velocidad (H_v) en la sección corriente arriba. Pérdida de la conexión (H_f) = $C \times H_v$

A. Transición, redonda, cónica



Cuando $\theta = 180°$

$R_e = 8.56\ DV$

en la cual

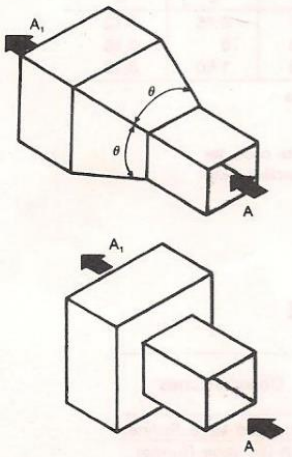
D = Diámetro corriente arriba (pulgadas)

V = Velocidad corriente arriba (ft/min)

Coeficiente C (ver nota)

R_e	A_1/A	θ							
		16°	20°	30°	45°	60°	90°	120°	180°
0.5×10^5	2	0.14	0.19	0.32	0.33	0.33	0.32	0.31	0.30
	4	0.23	0.30	0.46	0.61	0.68	0.64	0.63	0.62
	6	0.27	0.33	0.48	0.66	0.77	0.74	0.73	0.72
	10	0.29	0.38	0.59	0.76	0.80	0.83	0.84	0.83
	≥16	0.31	0.38	0.60	0.84	0.88	0.88	0.88	0.88
2×10^5	2	0.07	0.12	0.23	0.28	0.27	0.27	0.27	0.26
	4	0.15	0.18	0.36	0.55	0.59	0.59	0.58	0.57
	6	0.19	0.28	0.44	0.90	0.70	0.71	0.71	0.69
	10	0.20	0.24	0.43	0.76	0.80	0.81	0.81	0.81
	≥16	0.21	0.28	0.52	0.76	0.87	0.87	0.87	0.87
$\geq 6 \times 10^5$	2	0.05	0.07	0.12	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
	4	0.17	0.24	0.38	0.51	0.56	0.58	0.58	0.57
	6	0.16	0.29	0.46	0.60	0.69	0.71	0.70	0.70
	10	0.21	0.33	0.52	0.60	0.76	0.83	0.84	0.83
	≥16	0.21	0.34	0.56	0.72	0.79	0.85	0.87	0.89

B. Transición, rectangular, piramidal



Cuando $\theta = 180°$

Coeficiente C (ver nota 1)

A_1/A	θ							
	16°	20°	30°	45°	60°	90°	120°	180°
2	0.18	0.22	0.25	0.29	0.31	0.32	0.33	0.30
4	0.36	0.43	0.50	0.56	0.61	0.63	0.63	0.63
6	0.42	0.47	0.58	0.68	0.72	0.76	0.76	0.75
≥10	0.42	0.49	0.59	0.70	0.80	0.87	0.85	0.86

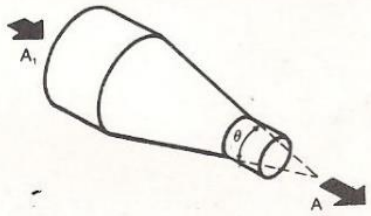
Nota: A = área, corriente de aire que entra, A_1 = área, corriente de aire que sale

(Pita E., 1999)

Figura No. 135. Coeficientes de pérdida para transiciones (flujos convegentes)

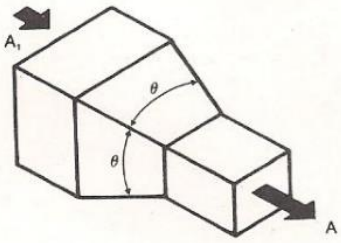
Usar la presión de velocidad (H_v) de la sección corriente abajo. Pérdida en la conexión = $C \times H_v$

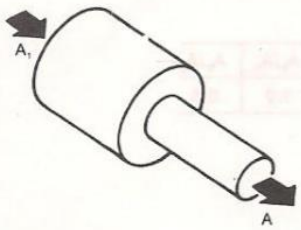
A. Contracción. Redonda y rectangular, gradual a abrupta



Coeficiente C (ver nota)

A_1/A	θ						
	10°	15°-40°	50°-60°	90°	120°	150°	180°
2	0.05	0.05	0.06	0.12	0.18	0.24	0.26
4	0.05	0.04	0.07	0.17	0.27	0.35	0.41
6	0.05	0.04	0.07	0.18	0.28	0.36	0.42
10	0.05	0.05	0.08	0.19	0.29	0.37	0.43





Cuando $\theta = 180°$

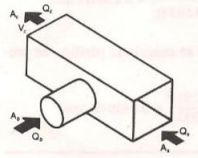
Nota: A_1 = área de la corriente que entra, A = área de la corriente que sale

(Pita E., 1999)

Figura No. 336. Coeficientes de pérdida para uniones convegentes

Usar la presión de velocidad (H_v)en la sección corriente abajo. Pérdida de la conexión = $C \times H_v$

A. Te convergente. Ramal redondo a cabezal rectangular



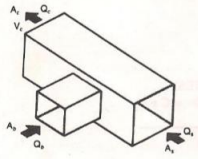
Ramal, coeficiente C (ver nota)

V_c	Q_b/Q_c									
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
< 1200 ft/min	-.63	-.55	0.13	0.23	0.78	1.30	1.93	3.10	4.88	5.60
> 1200 ft/min	-.49	-.21	0.23	0.60	1.27	2.06	2.75	3.70	4.93	5.95

Cuando:

A_b/A_s	A_s/A_c	A_b/A_c
0.5	1.0	0.5

B. Te convergente. Ramal y cabezal rectangulares



Ramal, coeficiente C (ver nota)

V_c	Q_b/Q_c									
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
<1200 ft/min	-.75	-.53	-.03	0.33	1.03	1.10	2.15	2.93	4.18	4.78
>1200 ft/min	-.69	-.21	0.23	0.67	1.17	1.66	2.67	3.36	3.93	5.13

Cuando:

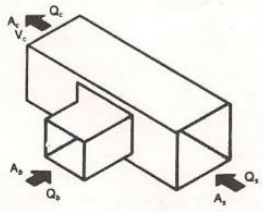
A_b/A_s	A_s/A_c	A_b/A_c
0.5	1.0	0.5

Nota: A = área, in² Q = flujo de aire, CFM, V = velocidad (ft/min)

(Pita E., 1999)

Figura No. 137. Coeficientes de pérdida para uniones convegentes

C. Te convergente, entrada 45° al cabezal rectangular



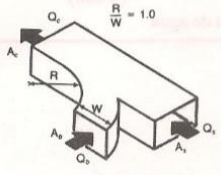
Cuando:

A_b/A_s	A_s/A_c	A_b/A_c
0.5	1.0	0.5

Ramal, coeficiente C (ver nota)

V_c	Q_b/Q_c									
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
< 1200 ft/min	-.83	-.68	-.30	0.28	0.55	1.03	1.50	1.93	2.50	3.03
> 1200 ft/min	-.72	-.52	-.23	0.34	0.76	1.14	1.83	2.01	2.90	3.63

D. Ye convergente, rectangular



Ramal, coeficiente (ver nota)

A_b/A_s	A_b/A_c	Q_b/Q_c								
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.25	0.25	-.50	0	0.50	1.2	2.2	3.7	5.8	8.4	11
0.33	0.25	-1.2	-.40	0.40	1.6	3.0	4.8	6.8	8.9	11
0.5	0.5	-.50	-.20	0	0.25	0.45	0.70	1.0	1.5	2.0
0.67	0.5	-1.0	-.60	-.20	0.10	0.30	0.60	1.0	1.5	2.0
1.0	0.5	-2.2	-1.5	-.95	-.50	0	0.40	0.80	1.3	1.9
1.0	1.0	-.60	-.30	-.10	-.04	0.13	0.21	0.29	0.36	0.42
1.33	1.0	-1.2	-.80	-.40	-.20	0	0.16	0.24	0.32	0.38
2.0	1.0	-2.1	-1.4	-.90	-.50	-.20	0	0.20	0.25	0.30

Cabezal, coeficiente C (ver nota)

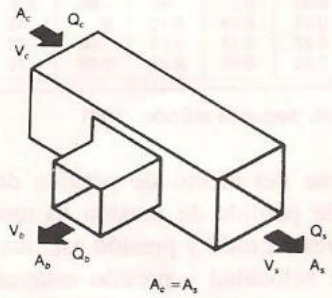
A_s/A_c	A_b/A_c	Q_b/Q_c								
		0.1	0.2	.0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.75	0.25	0.30	0.30	0.20	-.10	- .45	-.92	-1.5	-.2.0	-2.6
1.0	0.5	0.17	0.16	0.10	0	-0.08	-.18	-.27	-.37	-.46
0.75	0.5	0.27	0.35	0.32	0.25	0.12	-.03	-.23	-.42	- 58
0.5	0.5	1.2	1.1	0.90	0.65	0.35	0	-.40	-.80	-1.3
1.0	1.0	0.18	0.24	0.27	0.26	0.23	0.18	0.10	0	-.12
0.75	1.0	0.75	0.36	0.38	0.35	0.27	0.18	0.05	-.08	-.22
0.5	1.0	0.80	0.87	0.80	0.68	0.55	0.40	0.25	0.08	-.10

(Pita E., 1999)

Figura No. 138. Coeficientes de pérdida para uniones divegentes

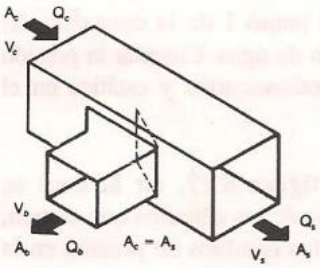
Usar la presión de velocidad (H_v) de la sección corriente arriba. Pérdida en la conexión (H_t) = C x H_v

A. Te, entrada a 45°. Cabezal y ramal rectangulares



V_b/V_c	Ramal, coeficiente C (ver nota) Q_b/Q_c								
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.2	0.91								
0.4	0.81	0.79							
0.6	0.77	0.72	0.70						
0.8	0.78	0.73	0.69	0.66					
1.0	0.78	0.98	0.85	0.79	0.74				
1.2	0.90	1.11	1.16	1.23	1.03	0.86			
1.4	1.19	1.22	1.26	1.29	1.54	1.25	0.92		
1.6	1.35	1.42	1.55	1.59	1.63	1.50	1.31	1.09	
1.8	1.44	1.50	1.75	1.74	1.72	2.24	1.63	1.40	1.17

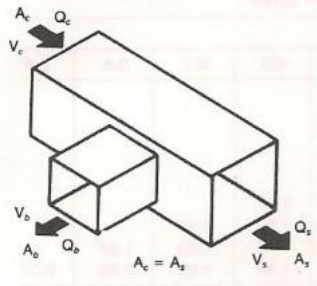
B. Te, entrada a 45°. Cabezal y ramal rectangulares con compuerta



V_b/V_c	Ramal, coeficiente C (ver nota) Q_b/Q_c								
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.2	0.61								
0.4	0.46	0.61							
0.6	0.43	0.50	0.54						
0.8	0.39	0.43	0.62	0.53					
1.0	0.34	0.57	0.77	0.73	0.68				
1.2	0.37	0.64	0.85	0.98	1.07	0.83			
1.4	0.57	0.71	1.04	1.16	1.54	1.36	1.18		
1.6	0.89	1.08	1.28	1.30	1.69	2.09	1.81	1.47	
1.8	1.33	1.34	2.04	1.78	1.90	2.40	2.77	2.23	1.92

Nota: A = área, in², Q = flujo de aire cfm, V = velocidad, pies por minuto.

C. Te. Cabezal y ramal rectangulares

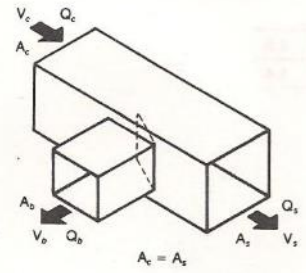


V_b/V_c	Ramal, coeficiente C (ver notas) Q_b/Q_c								
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.2	1.03								
0.4	1.04	1.01							
0.6	1.11	1.03	1.05						
0.8	1.16	1.21	1.17	1.12					
1.0	1.38	1.40	1.30	1.36	1.27				
1.2	1.52	1.61	1.68	1.91	1.47	1.66			
1.4	1.79	2.01	1.90	2.31	2.28	2.20	1.95		
1.6	2.07	2.28	2.13	2.71	2.99	2.81	2.09	2.20	
1.8	2.32	2.54	2.64	3.09	3.72	3.48	2.21	2.29	2.57

(Pita E., 1999)

Figura No. 139. Coeficientes de pérdida para uniones divegentes (Continuación)

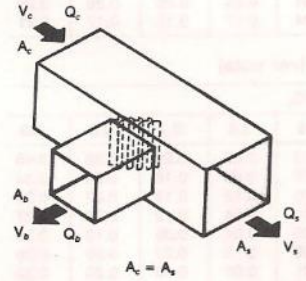
D. Te. Cabezal y ramal rectangulares, con compuerta



Ramal, coeficiente C (ver nota)

V_b/V_c	Q_b/Q_c								
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.2	0.58								
0.4	0.67	0.64							
0.6	0.78	0.76	0.75						
0.8	0.88	0.98	0.81	1.01					
1.0	1.12	1.05	1.08	1.18	1.29				
1.2	1.49	1.48	1.40	1.51	1.70	1.91			
1.4	2.10	2.21	2.25	2.29	2.32	2.48	2.53		
1.6	2.72	3.30	2.84	3.09	3.30	3.19	3.29	3.16	
1.8	3.42	4.58	3.65	3.92	4.20	4.15	4.14	4.10	4.05

E. Te. Cabezal y ramal rectangulares con extractor



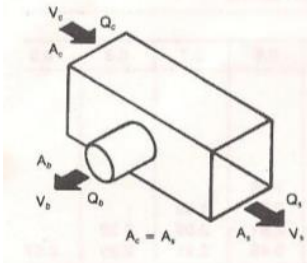
Ramal, coeficiente C (ver nota)

V_b/V_c	Q_b/Q_c								
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.2	0.60								
0.4	0.62	0.69							
0.6	0.74	0.80	0.82						
0.8	0.99	1.10	0.95	0.90					
1.0	1.48	1.12	1.41	1.24	1.21				
1.2	1.91	1.33	1.43	1.52	1.55	1.64			
1.4	2.47	1.67	1.70	2.04	1.86	1.98	2.47		
1.6	3.17	2.40	2.33	2.53	2.31	2.51	3.13	3.25	
1.8	3.85	3.37	2.89	3.23	3.09	3.03	3.30	3.74	4.11

Cabezal, coeficiente C (ver nota)

V_b/V_c	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8
C	0.03	0.04	0.07	0.12	0.13	0.14	0.27	0.30	0.25

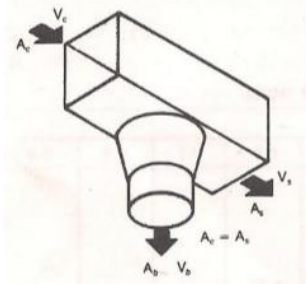
F. Te. Cabezal rectangular con ramal redondo



Ramal, coeficiente C (véase nota)

V_b/V_c	Q_b/Q_c								
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.2	1.00								
0.4	1.01	1.07							
0.6	1.14	1.10	1.08						
0.8	1.18	1.31	1.12	1.13					
1.0	1.30	1.38	1.20	1.23	1.26				
1.2	1.46	1.58	1.45	1.31	1.39	1.48			
1.4	1.70	1.82	1.65	1.51	1.56	1.64	1.71		
1.6	1.93	2.06	2.00	1.85	1.70	1.76	1.80	1.88	
1.8	2.06	2.17	2.20	2.13	2.06	1.98	1.99	2.00	2.07

G. Te. Cabezal rectangular con ramal cónico (2)

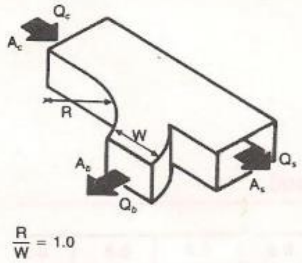


Ramal, coeficiente C (ver nota)

V_b/V_c	0.40	0.50	0.75	1.0	1.3	1.5
C	0.80	0.83	0.90	1.0	1.1	1.4

Figura No. 440. Coeficientes de pérdida para uniones divegentes (Continuación)

H. Ye, Rectangular (15)



$\frac{R}{W} = 1.0$

Ramal de 90°

Ramal, coeficiente C (ver nota)

A_b/A_s	A_b/A_c	Q_b/Q_c 0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.25	0.25	0.55	0.50	0.60	0.85	1.2	1.8	3.1	4.4	6.0
0.33	0.25	0.35	0.35	0.50	0.80	1.3	2.0	2.8	3.8	5.0
0.5	0.5	0.62	0.48	0.40	0.40	0.48	0.60	0.78	1.1	1.5
0.67	0.5	0.52	0.40	0.32	0.30	0.34	0.44	0.62	0.92	1.4
1.0	0.5	0.44	0.38	0.38	0.41	0.52	0.68	0.92	1.2	1.6
1.0	1.0	0.67	0.55	0.46	0.37	0.32	0.29	0.29	0.30	0.37
1.33	1.0	0.70	0.60	0.51	0.42	0.34	0.28	0.26	0.26	0.29
2.0	1.0	0.60	0.52	0.43	0.33	0.24	0.17	0.15	0.17	0.21

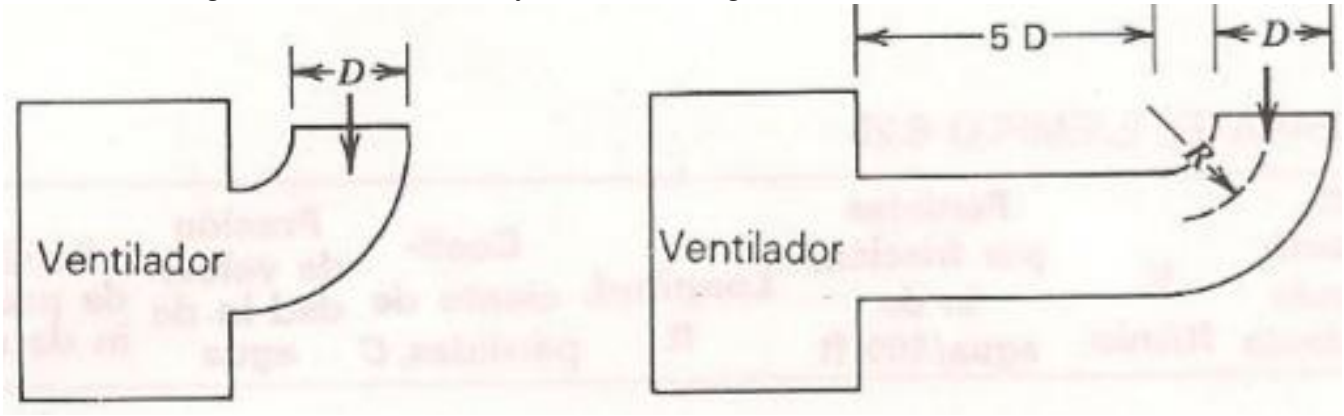
Cabezal, coeficiente C (ver nota)

A_b/A_s	A_b/A_c	Q_b/Q_c 0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.25	0.25	-.01	-.03	-.01	0.05	0.13	0.21	0.29	0.38	0.46
0.33	0.25	0.08	0	-.02	-.01	0.02	0.08	0.16	0.24	0.34
0.5	0.5	-.03	-.06	-.05	0	0.06	0.12	0.19	0.27	0.35
0.67	0.5	0.04	-.02	-.04	-.03	-.01	0.04	0.12	0.23	0.37
1.0	0.5	0.72	0.48	0.28	0.13	0.05	0.04	0.09	0.18	0.30
1.0	1.0	-.02	-.04	-.04	-.01	0.06	0.13	0.22	0.30	0.38
1.33	1.0	0.10	0	0.01	-.03	-.01	0.03	0.10	0.20	0.30
2.0	1.0	0.62	0.38	0.23	0.13	0.08	0.05	0.06	0.10	0.20

(Pita E., 1999)

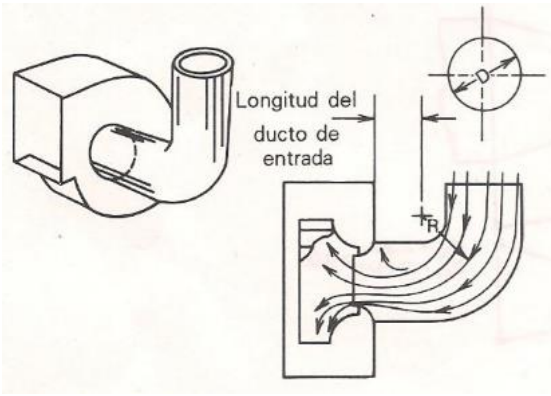
Ahora que ya se tienen las pérdidas por presión de los accesorios y el ducto analizados, se procede a calcular las pérdidas de presión en la entrada y salida de ventiladores. Este tipo de pérdidas depende exclusivamente de la forma de la conexión entre el ventilador y el ducto a lo cual se le conoce como “efecto del sistema”. Se recomienda que haya una longitud de cinco veces el diámetro del ducto que llegará a conectarse al ventilador para garantizar los menores valores de pérdidas por presión en el efecto del sistema. En la Figura no. 20 se presenta una conexión “mala” de un ducto a un ventilador y una “buena”.

Figura No. 141. Conexión con y sin ducto recto largo en la succión del ventilador



(Pita E., 1999)

Figura No. 142. Coeficientes de pérdia “C” para conexiones de ducto recto redondo a succión de ventilador



Coeficiente C de pérdidas			
	Longitud de la entrada, en diámetros		
R/D	0	2D	5D
0.75	1.6	0.8	0.4
1.0	1.3	0.7	0.3
2.0	1.2	0.5	0.25
3.0	0.7	0.4	0.20

(Pita E., 1999)

Para facilitar el diseño de las dimensiones de los ductos, se utilizará la herramienta conocida como ductulador. Es un programa en el cual es mucho más sencillo el diseño ya que solo se debe ingresar el coeficiente de rugosidad del material que deseemos que estén hechos los ductos (lámina galvanizada, fibra de vidrio, aluminio o acero inoxidable), los CFM o caudal de aire en ft3/min y las pérdidas por fricción predeterminadas para todos los ductos para obtener las dimensiones tanto de los ductos rectangulares como los diámetros de ductos redondos equivalentes.

Una "regla de dedo" es utilizar un valor de 0.1 in de agua en toda la red de ductos, con lo que se garantiza bajas caídas de presión para el motor de suministro de aire y un bajo nivel de ruido.

2) Método de recuperación estática. Normalmente, este método se utiliza para diseñar sistemas de alta velocidad con más de 3000 ft/min. La diferencia con el otro sistema de cálculo de dimensiones de ductos es que en la recuperación estática se reducen las velocidades en cada sección del ducto de modo que el aumento resultante de presión estática sea el suficiente como para lograr compensar las pérdidas por fricción en la siguiente sección. Por lo tanto, la presión estática siempre será constante en cada unión del cabezal principal.

El incremento de presión estática (recuperación debida a la disminución de velocidad) en cada ramal, compensa la pérdida por presión del ramal siguiente. Si se compara con el método de igual fricción, resulta más caro debido a que se necesita de un 15 a 20% más de material en la construcción de los ductos.

l. Tipos de sistemas de acondicionamiento de aire. Los tipos de sistemas de acondicionamiento de aire son:

- Ventana
- Split
- Paquete o unidad central

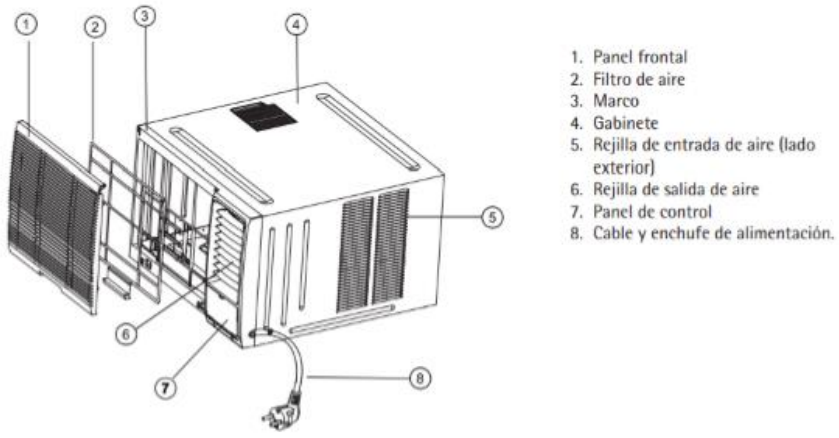
- Chiller

1) Ventana. A este tipo de equipos se le llama equipo compacto o autónomo. El aire enfriado es expulsado directamente al recinto por acondicionar a través del mismo equipo. Normalmente se usan para acondicionar espacios pequeños e individuales.

Se instala en el hueco de una ventana o muro exterior en donde queda medio equipo fuera y medio dentro. Este tipo de equipos posee la ventaja de tener un bajo costo de instalación y fácil mantenimiento. El principal problema es que el consumo energético es bastante alto y la producción de sonido es de cierta manera incómoda.

En el sistema unitario, todos los componentes de enfriamiento vienen en una caja compacta. Ésta expulsa el calor por un extremo e inyecta aire enfriado por el otro extremo.

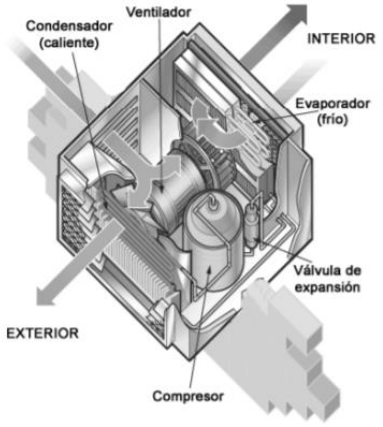
Figura No. 143. Partes de un sistema tipo ventana



(Manual TRANE, 1965)

El sistema tipo ventana logra ajustar la temperatura y deshumidificar el recinto según los requerimientos del ambiente a controlar.

Figura No. 144. Funcionamiento interno del sistema tipo ventana



(Manual TRANE, 1965)

A continuación se presentan las capacidades y medidas más comunes en los sistemas tipo ventana.

Cuadro No. 71. Capacidades y medidas del sistema tipo ventana.

CAPACIDAD	LARGO	ANCHO	ALTO
Hasta 8000 BTU	0.45m	0.53m	0.30m
12000 BTU	0.56m	0.65m	0.40m
24000 BTU	0.66m	0.77m	0.45m

(Manual TRANE, 1965)

El aire acondicionado compacto requiere de un mantenimiento que consiste en limpiar periódicamente el filtro de aire, como también la parte externa de manera superficial.

2) Split. Tienen una categoría separada de los de ventana porque se dividen en dos partes, una exterior y otra interior, con la idea de separar en el circuito de refrigeración la zona de evaporación en el interior de la zona de condensación en el exterior, por eso el término “Split” en inglés. Se les llama también sistemas descentralizados Ambas unidades se conectan por medio de tuberías de cobre para la conducción del gas refrigerante.

Según el propósito y espacio para instalación, las unidades de evaporación tienen diferentes tipos entre los cuales se encuentran:

- Pared alta
- Cassette
- Piso-techo

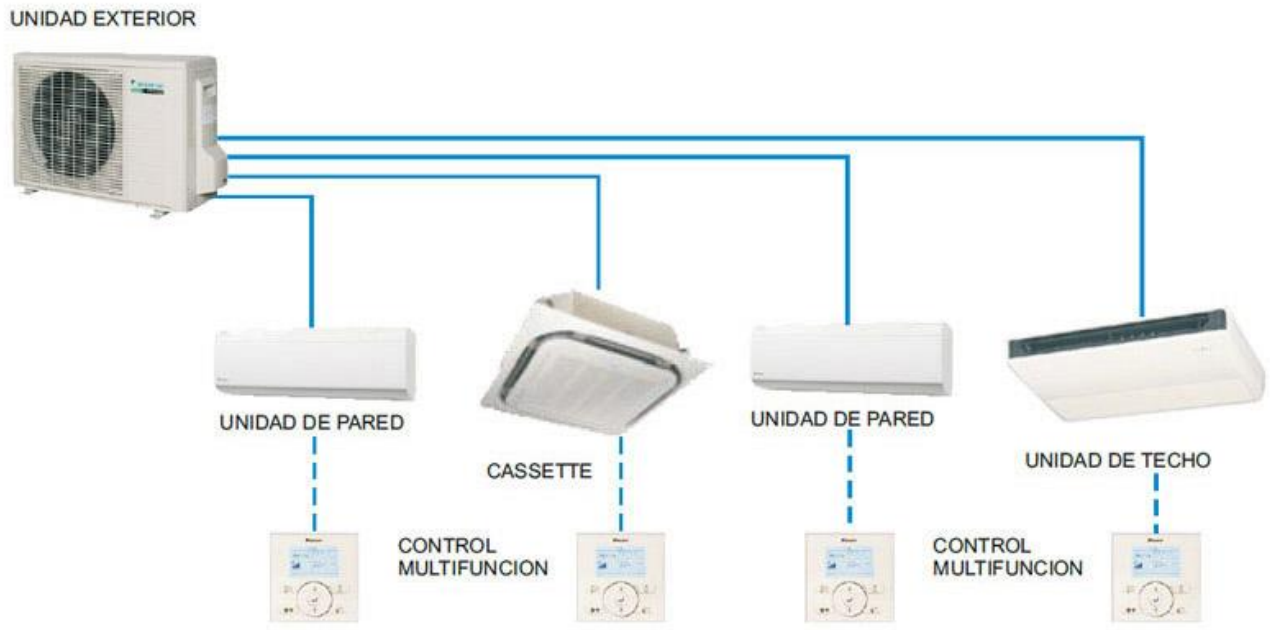
Pared alta: Es el tipo de evaporadora más común y se instala en la parte alta de paredes por lo que se conoce como High Wall.

Cassette o techo: Este tipo de unidad se instala en el cielo falso de los espacios.

Piso-techo: Se instala en la parte baja de una pared, esta unidad se le conoce como flexiline.

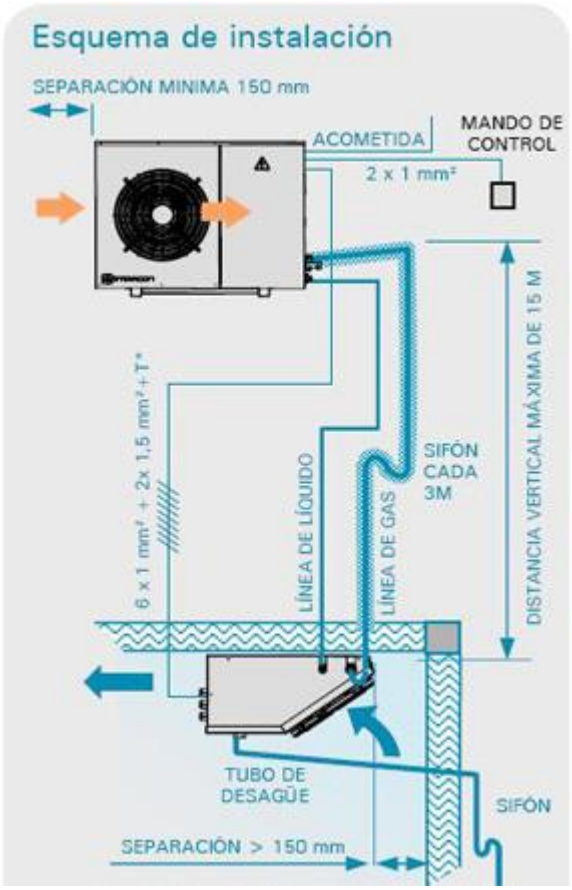
Todas estas evaporadoras van conectadas a la unidad condensadora que se ubica a la intemperie para rechazar el calor proveniente de la zona acondicionada. A continuación, se muestran los tipos de evaporadoras que hay:

Figura No. 145. Tipos de evaporadoras



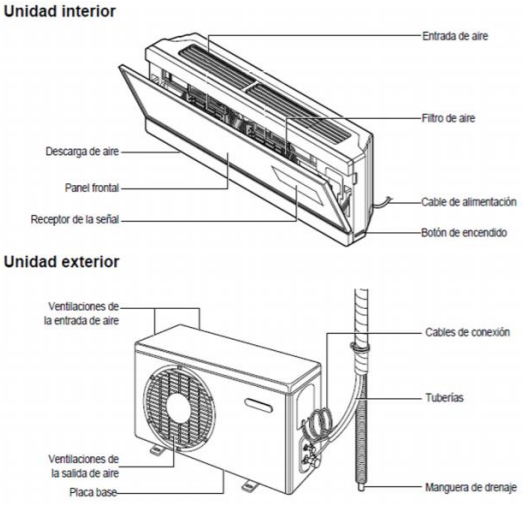
(Manual TRANE, 1965)

Figura No. 146. Instalación sistemas Split



(Manual TRANE, 1965)

Figura No. 147. Esquema sistema Split



(Manual TRANE, 1965)

Existen ahora unos sistemas llamados multi Split que consisten en una unidad condensadora exterior que puede conectarse con dos o más unidades evaporadoras interiores. Actualmente, existe la tecnología de volumen de aire variable “VRV” que regula la cantidad de aire que se debe suministrar a cada espacio independientemente de los otros que estén conecctados a la misma unidad condenzadora externa según los requerimientos de humedad y temperatura de cada recinto.

Los rangos de capacidad de los equipos Split oscilan entre 7000 y 24000 BTU. A continuación se presentan las medidas más comunes en los sistemas tipo Split.

Cuadro No. 72. Medidas de un sistema tipo Split

UNIDAD	LARGO	ANCHO	ALTO
CONDENSADORA	0.70 a 0.85m	0.20 a 0.35m	0.53 a 0.70 m
EVAPORADORA	0.75 a 1.20m	0.25 a 0.35 m	0.15 A 0.21m

(Manual TRANE, 1965)

La unidad evaporadora está compuesta por el evaporador, el ventilador, el filtro de aire y el sistema de control. La unidad condensadora rechaza el calor hacia el exterior por lo que el aire que sale es caliente, es por eso que no se debe colocar en un lugar encerrado ya que al no haber ventilación el equipo se puede sobrecalentar. La unidad evaporadora y condensadora deben de estar conectadas entre sí por medio de una tubería de cobre para gas refrigerante, el cable de conexión eléctrica, a la vez se hace la evacuación de los condensados de la evaporadora por una tubería que sale al exterior por la misma tubería.

La unidad evaporadora debe estar alejada de cualquier fuente de calor, debe instalarse en un lugar sin obstáculos frente a ella, debe drenar hacia el exterior. La unidad condensadora debe estar ubicada en espacios libres y ventilados ya sea en un patio o techo, donde pueda recibir sombra al tiempo que se use el equipo. El orificio necesario para unir la unidad interior y la exterior es muy pequeño, aproximadamente de 10 a 15cm de diámetro para pasar el tubo del refrigerante, el tubo de condensación de la unidad evaporadora y el cable de conexión eléctrica.

El mantenimiento del aire acondicionado tipo Split consiste en limpiar el serpentín y filtro de aire que se encuentra en la unidad evaporadora, por lo menos una vez al mes, ya que de esta forma se impedirá que el aire se vicie y que sustancias contaminantes y polvos circulen por el ambiente. La parte externa debe limpiarse

superficialmente para evitar la acumulación de polvo, de igual manera se hace con la unidad condensadora, se lava quitando el exceso de polvo y grasa pegada, sin que las partes eléctricas sean mojadas.

Cuando los sistemas Split se utilizan para propósitos industriales, la unidad evaporadora posee salidas con ductos donde después se reparte el aire a través de difusores y así poder acondicionar varios espacios al mismo tiempo. A esto se le llama un “Sistema Central Separado” y la diferencia también radica en las capacidades que posee el equipo.

Figura No. 148. Sistema central separado



(Manual Carrier, 1995)

Las medidas y capacidades de la unidad evaporadora son las siguientes:

Cuadro No. 73.Capacidades y medidas de unidad evaporadora de sistema central separado.

CAPACIDAD	LARGO	ANCHO	ALTO
3.0 TR – 5.0 TR	1.50m	0.60m	0.65m
6.0 TR – 10.0 TR	1.50m	1.30m	0.72m
12.5 TR – 20.0 TR	1.50m	2.30m	0.72m

(Manual TRANE, 1965)

Las medidas y capacidades de la unidad condensadora con las siguientes:

Cuadro No. 74. Capacidades y medidas de unidad condensadora.

CAPACIDAD	LARGO	ANCHO	ALTO
3.0 TR – 5.0 TR	0.9m	0.9m	1.0m
6.0 TR – 12.5 TR	1.5m	1.2m	1.3m
15.0 TR – 20.0 TR	1.9m	1.2m	1.3m

(Manual TRANE, 1965)

Se necesita inspección y limpieza de los serpentines internos y externos, requieren de revisión para la adecuada circulación del aire (succión y descarga) por lo menos una vez al mes y limpieza de las superficies. En lo que corresponde al mantenimiento de ductos y de la unidad evaporadora es importante dejar una compuerta que permita facilidad al acceso.

3) Paquete. Los equipos tipo paquete tienen un diseño en el cual todos sus componentes están integrados en un mismo cuerpo, es decir, tanto la unidad condensadora como la evaporadora están juntas y este equipo debe instalarse al exterior por el motivo de una recuperación de aire ambiente y también para expulsar todo el calor de las zonas enfriadas.

Estos sistemas trabajan con gas refrigerante, tienen en su interior un serpentín de cobre con una aleación de aluminio que circula el gas refrigerante y por medio de un ventilador es expulsado hacia las zonas acondicionadas, este aire es conducido por medio de ductos. Pueden proporcionar calefacción ya sea por medio de un sistema de ciclo reversible como trabajaría una bomba de calor o resistencias eléctricas.

Estos equipos se instalan en el exterior, generalmente en losas de techos; las dimensiones de estas unidades varían de acuerdo a la capacidad, las más usadas van desde 3 a 30 TR.

Figura No. 149. Sistema tipo paquete



(Manual Carrier, 1995)

Es una caja rectangular con conexiones de suministro y retorno en el frente y tomas para succión y descarga del aire de condensación en los laterales y en la parte trasera del mismo. El aire de retorno es succionado a través del evaporador por un ventilador que después lo descarga como aire de suministro por el frente. Adicionalmente, cuenta con una pared aislante para reducir al mínimo la transmisión de calor y ruido que separa el compartimiento del evaporador del condensador. El aire de retorno pasa a través del filtro y luego a través del evaporador donde es enfriado y deshumidificado. El aire se enfría al pasar por el serpentín y finalmente será distribuido al espacio a acondicionar.

Cuando es instalada a nivel de piso, esta plataforma no debe estar en contacto con ninguna pared o cimientos ya que esto previene transmitir vibraciones a la edificación. Cuando es ubicado en losa de techo se toma en cuenta el peso del equipo y las vibraciones se lleguen a producir. Estos sistemas poseen requerimientos de espacios libres en su alrededor para evitar la recirculación del aire de descarga, ventilación y mantenimiento, la distancia entre estos puede ser de 1.50 a 2.00 metros.

Las medidas y capacidades de la unidad tipo paquete son las siguientes:

Cuadro No. 75. Capacidades y medidas de unidad tipo paquete

CAPACIDAD	LARGO	ANCHO	ALTO
3.0 TR – 6.0 TR	1.90m	1.20m	0.90m
7.5 TR – 12.5 TR	2.30m	1.50m	1.30m
15.0 TR – 25.0 TR	2.30m	2.20m	1.30m

(Manual TRANE, 1965)

De forma periódica, se necesita de revisión y limpieza de filtros y ductos. También se debe inspeccionar el serpentín, el desagüe y las conexiones eléctricas.

4) Chiller. Es un equipo que se compone por un sistema central que se encarga de enfriar un fluido, generalmente agua, que después se reparte a los diferentes equipos de enfriamiento ubicados en las áreas que necesitan acondicionamiento. El agua fría pasa desde la unidad exterior a través de ductos hacia las unidades manejadoras de aire (UMA) o unidades conocidas como “Fan Coils”, que son las que se encargan de distribuir el aire acondicionado hacia los ductos. Los “Fan Coils” realizan la función de las evaporadoras así como en los demás sistemas previamente descritos.

En el chiller, el agua circula de manera forzada sobre un intercambiador de temperatura en el cual se realiza el cambio de estado de la misma. El agua que sale del intercambiador circula por el circuito hidráulico a cada una de las unidades manejadoras de aire, las cuales se encargan de distribuir el aire refrigerado con determinada temperatura, modificando así la temperatura ambiente y luego el agua regresa de nuevo al intercambiador para bajar su temperatura, repitiéndose el ciclo de refrigeración para repartirse nuevamente.

Tanto el condensador como el evaporador pueden estar juntos en la misma máquina, donde el enfriamiento es por aire o separados la cual debe contar de una torre de enfriamiento de agua con un circuito secundario de enfriamiento del condensador, lo cual es más eficiente, pero requiere de más espacio y un tratamiento del agua muy delicado.

Figura No. 150. Sistema tipo chiller



(Manual Carrier, 1995)

Distintos procesos se alimentan con distintos caudales, presiones y temperaturas de agua. El agua se puede enfriar a temperaturas finales que alcanzan los 20°C o inclusive temperaturas negativas con la adición de anticongelantes hasta los -20°C.

El chiller se ubica en el exterior del edificio, ya que se necesita de buena ventilación logrando que el aire pueda circular y descargarse libremente. En el interior del edificio entre cielo falso o en el cuarto de máquinas se ubicarán las UMA. La conexión entre la unidad interna y externa es un circuito hidráulico cerrado. La distancia entre el chiller y el muro debe ser de por lo menos 1.80m y el espacio entre ellos debe ser entre 1.50 y 3.00 metros para tener un fácil acceso de mantenimiento y ventilación.

Las medidas y capacidades de la unidad tipo chiller son las siguientes:

Cuadro No. 76. Capacidades y medidas de unidad tipo chiller.

CAPACIDAD	LARGO	ANCHO	ALTO
80.0 TR – 100.0 TR	4.80m	2.30m	2.30m
140.0 TR – 160.0 TR	6.00m	2.30m	2.30m
180.0 TR – 200.0 TR	7.20m	2.30m	2.30m

(Manual TRANE, 1965)

V. Diagnóstico del proyecto

A. Diagnóstico estructural

1. Descripción del proyecto. El Centro de Innovación y Tecnología de la Universidad del Valle de Guatemala cuenta con once niveles en total. Siete están constituidos por salones de clase, laboratorios y áreas de estudio mientras que los cuatro restantes están destinados para parqueos, es decir: en el área de sótanos. La profundidad promedio del área de excavación es de 14.62 metros, tiene una longitud total de 305 metros para un área total de 7,351.89 metros cuadrados. La inclinación de los muros será de 0°, es decir que serán totalmente verticales.

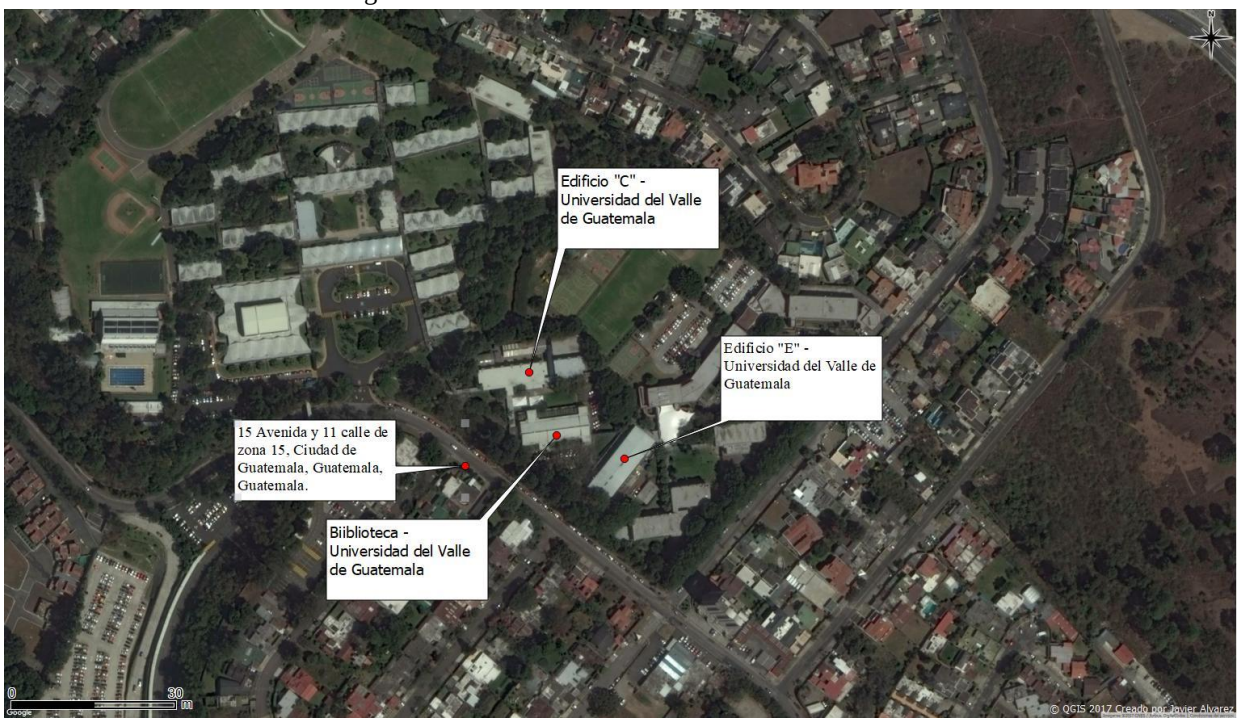
2. Caracterización del suelo. Actualmente el área donde se construirá el nuevo edificio "CIT" está ocupado por la biblioteca de la universidad del Valle de Guatemala, así como parqueos para el uso del personal docente y administrativo. El suelo no tiene indicios de haber sido utilizado para un uso diferente al actual por lo cual se asumirá que este se asemeja a su estado natural.

Cuadro No. 77. Áreas según lindero.

Lindero	Edificio	Área (m^2)
A	"C"	1,111.74
B	Parqueo 9	3,717.60
C	"E"	1,035.43
D	15 avenida y 11 Calle de zona 15, Ciudad de Guatemala, Guatemala	1,188.02
E	15 avenida y 11 Calle de zona 15, Ciudad de Guatemala, Guatemala	299.10

Fuente: elaboración propia.

Figura No. 151. Ubicación de nuevo edificio “CIT”.



Fuente: elaboración propia.

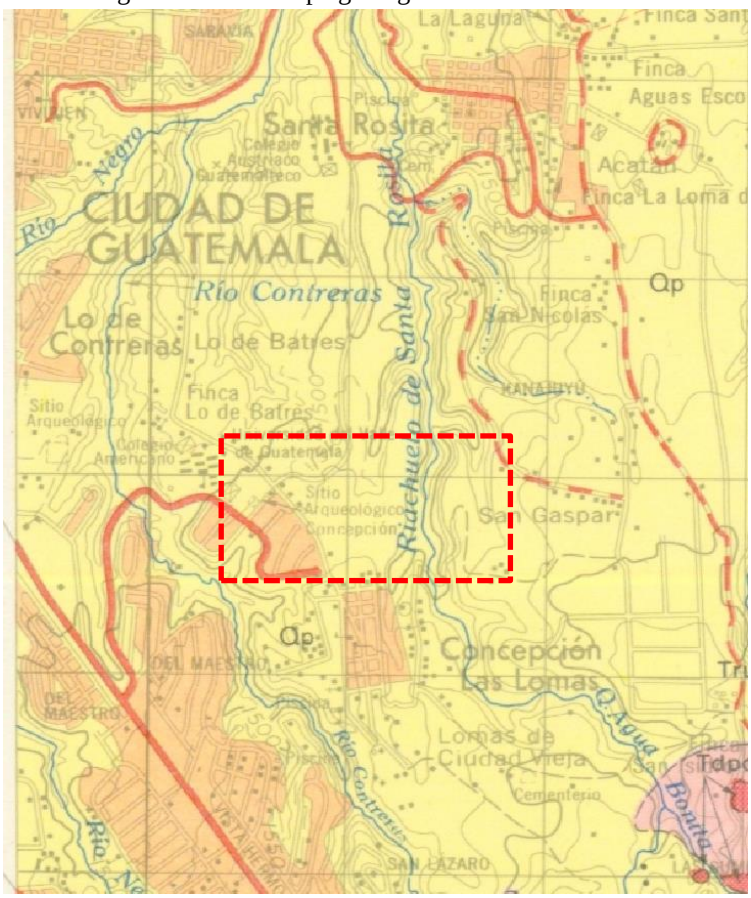
3. Geología.

a. Información geológica.

1) Marco geológico general. En Guatemala interactúan tres placas tectónicas principales: “Cocos”, “Caribe” y la “norteamericana” cuyos movimientos provocan sismos. La Ciudad de Guatemala se subdivide en cuatro provincias geológicas: “La planicie costera del pacífico”, “La provincia volcánica o cinturón volcánico”, “la cordillera central de Guatemala” y “las tierras bajas del peten”. Este proyecto se encuentra en la zona fisiográfica “cinturón volcánico”.

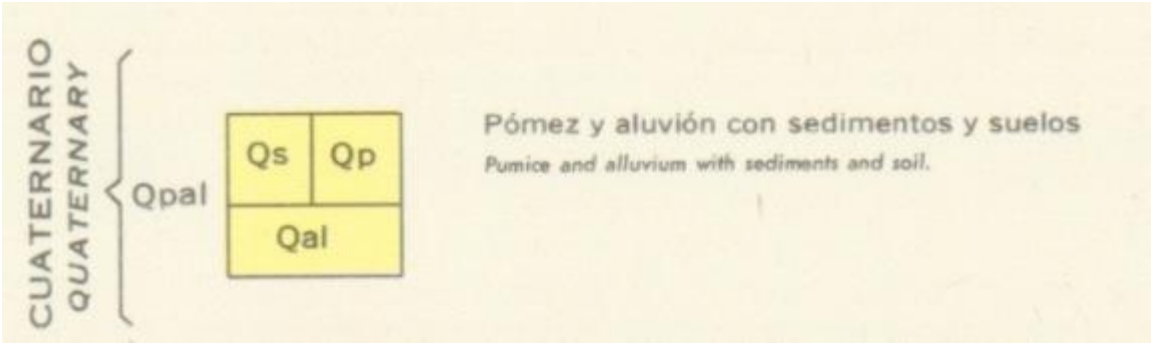
De acuerdo con el mapa geológico del Instituto Geográfico Nacional de Guatemala, el proyecto se encuentra ubicado en una zona de piedra pómez y aluvión con sedimentos y suelos de la era cuaternaria de la formación Qp (Rellenos y cubiertas gruesas de cenizas pómez de origen diverso. Del mismo mapa se puede observar que en el área del proyecto no se localizan fallas geológicas significativas.

Figura No. 152. Mapa geológico de San José Pinula.



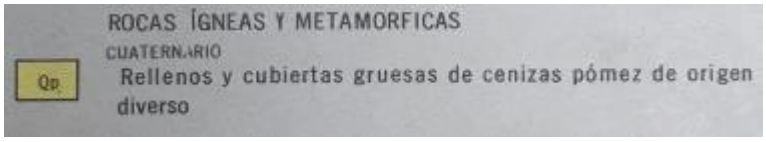
Fuente: Instituto Geográfico Nacional. Primera Edición 1975.

Figura No. 153. Explicación de suelo.



Fuente: Mapa geológico del Instituto Geográfico Nacional. Primera Edición 1975.

Figura No. 154. Mapa geológico de Guatemala.



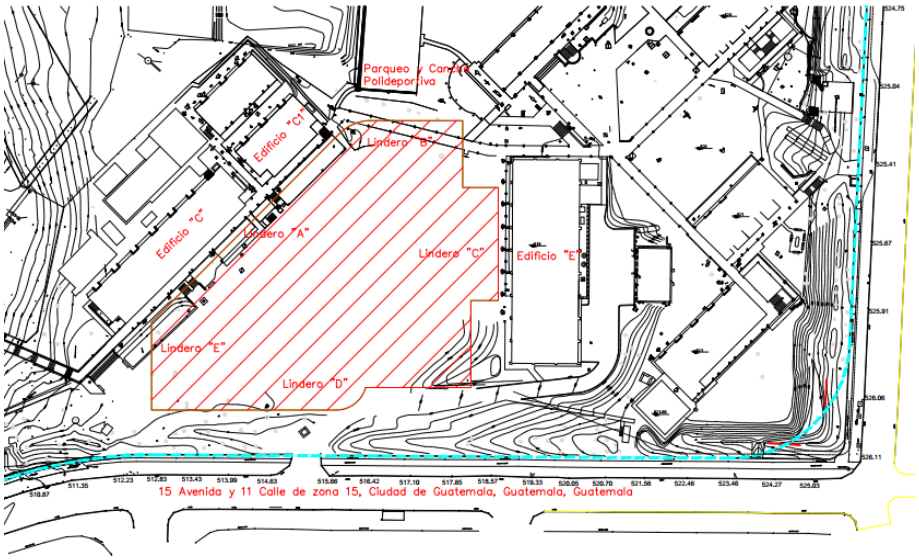
Fuente: Instituto Geográfico Nacional. Primera Edición 1975.

2) Geología local. Geológicamente el subsuelo donde se encuentra la mayor parte de la ciudad de Guatemala, incluyendo el terreno donde se realizará la construcción del nuevo edificio “CIT”, está formado por depósitos recientes piroclásticos de gran espesor. Los cuáles están compuestos principalmente de pómez, cenizas y arenas. (Zonificación Sísmica Urbana en Guatemala, 2001). Según el documento “Síntesis Geológica de Guatemala” del Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM) de la USAC, la ciudad de Guatemala se encuentra ubicada en la zona fisiográfica llamada “Cinturón Volcánico”. En esta zona se encuentran rocas (lavas, lahares y robas) ya que su formación fue provocada por la aparición de la cadena volcánica que se localiza en Guatemala de Este a Oeste. Estas se formaron a inicios del período Cuaternario. (Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas – CESEM, n/f)

4. Colindancias. Según la modulación de la Figura No.47 las colindancias son las siguientes:
    - Lindero A y E: Edificio C y C1
    - Lindero B: Parqueo
    - Lindero C: Edificio E
    - Lindero D y E: 15 Avenida y 11 calle de zona 15, Ciudad de Guatemala, Guatemala, Guatemala.

Como propuesta inicial, basado en el capítulo uno, sería conveniente colocar muros de contención enclavado (o soil nailing) en el lindero “A”, “B”, “D” y “E” ya que soportaran suelo que no tendrá una sobrecarga considerable. Sin embargo, para el “C” se recomienda utilizar una pantalla de pilotes debido a la sobrecarga a la que el suelo estará sometido y la proximidad del Edificio E.

Figura No. 155. Mapa de vista de Planta de ubicación de nuevo edificio CIT. Las líneas verdes marcan la ubicación de los muros de contención. Se muestran los edificios y calles colindantes.



Fuente: elaboración propia.

5. Perfil del suelo. Los estudios geotécnicos tienen como objetivo dar a conocer las condiciones del terreno y del estrato para anticipar problemas que puedan ocurrir durante la vida útil de las obras de ingeniería. Es decir que son utilizados para determinar la aptitud del terreno para cargar una construcción de cualquier índole.

AGIES en su documento NSE 2.1-10 Estudios Geotécnicos y de Microzonificación establece los requisitos que debe llenar un estudio de suelos, los cuales están clasificados según el tipo de edificación que se realizara. Estos pueden ser de tipo I (para edificaciones y obras menores), II (obras ordinarias), III (obras importantes, proyectos de gran envergadura o riesgo) o IV (obras esenciales) e incluye un estudio de reconocimiento. Para este estudio aplica un estudio geotécnico tipo III cuyas características se muestran a continuación:

Aplicación: Obras esenciales
Tipo de obras: Edificaciones de 5 a 10 niveles
Amenaza: Sujeto a amenazas geológicas evidentes
Equipo: Ingeniero civil geotecnista y geólogo geotecnista

Además, se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Exploración de campo
    - Análisis geotécnico
    - Estudios sísmicos y dinámicos
    - Estabilidad de taludes

Anteriormente se definió que el edificio CIT se encuentra en una ubicación donde se encuentran suelos de piedra pómez y aluvión con sedimentos y suelos de la era cuaternaria de la formación Qp (Rellenos y cubiertas gruesas de cenizas pómez de origen diverso).

Para obtener las propiedades y valores del suelo más acordes a la ubicación del edificio “CIT” se obtuvo acceso a un estudio de suelos realizado en la capital, a 2.28 km de la construcción del nuevo edificio “CIT”, el cual presenta características muy similares: Tephra (pómez y ceniza transportada por aire) sobre yaciendo a rocas volcánicas no divididas y avalanchas de lodo (se realizaron tres pozos en la zona con una profundidad de 35 metros cada uno) Otra razón por la cual se tomó en cuenta dicho estudio es debido a que tienen un entorno geológico similar y una cota sobre el nivel del mar parecida. (Ver Figura No.48 y Figura No.49). A continuación, se detalla la descripción visual de los estratos

- Estrato No. 1 - Losa de concreto.
- Estrato No. 2 - Limo orgánico con arcilla y poca arena fina a media, café oscuro, con trazas de piedra pómez y grava fina a media, con pocas raíces, poco a medio compacto, medio plástico (Relleno de mala calidad).
- Estrato No. 3 - Limo arcilloso orgánico con poca arena fina a media, café oscuro, con trazas de piedra pómez y grava fina a media, medio compacto, medio plástico (Capa vegetal).

- Estrato No. 4 - Arcilla limosa con trazas de arena fina a media, café claro, con trazas de piedra pómez pequeña, medio compacto, plástico.
- Estrato No. 5 - Limo arcilloso con arena media a fina, café amarillento, con trazas de piedra pómez pequeña a media, medio compacto, medio plástico a plástico.
- Estrato No. 6 - Arena pómez media a fina con trazas de limo, beige amarillento, con trazas de piedra pómez pequeña, medio denso, no plástico (Arena pómez).
- Estrato No. 7 - Limo con poca arena fina y poca arcilla, café amarillento, con trazas de piedra pómez pequeña a media, medio compacto, ligeramente a poco plástico (Talpetate).
- Estrato No. 8 - Arena pómez media a fina con poco limo, beige amarillento, con trazas de piedra pómez pequeña a media, medio denso, no plástico (Arena pómez).
- Estrato No. 9 - Limo con poca arena fina y trazas de arcilla, café amarillento, con trazas de piedra pómez pequeña a media, compacto, ligeramente plástico (Talpetate).
- Estrato No. 10 - Arena fina a media con poco limo, beige amarillento, con piedra pómez pequeña a regular, medio compacto a compacto, no plástico (Polvillo).
- Estrato No. 11 - Arena pómez media a fina con trazas de limo, beige, con trazas de piedra pómez pequeña a media, denso, no plástico (Arena china).
- Estrato No. 12 - Limo con poca arcilla y trazas de arena fina a media, café amarillento, con trazas de piedra pómez pequeña, compacto, ligeramente a poco plástico (Talpetate).
- Estrato No. 13 - Arena media a fina limosa, gris, con piedra pómez pequeña a regular y trazas de grava media a fina, medio compacto a compacto, no plástico (Selecto).

En este estudio se dedujeron cinco estratos, sin embargo, para este análisis se utiliza el más crítico:

Estrato de Talpetate

- Ángulo de fricción interna: 29° 00’
- Cohesión: 0.35 kg/cm2
- Peso Unitario del suelo: 1,400.0 kg/m3

Figura No. 156. Mapa de ubicación de Edificio de referencia y Edificio CIT.

La línea marca la distancia en kilómetros (2.28 km) entre el edificio de referencia y el edificio CIT, así como el perfil entre estos. En esta imagen se muestra que la altura sobre el nivel del mar del edificio CIT es de 4949 ft.



(Fuente: Google Earth)

Figura No. 157. Mapa de ubicación de Edificio de referencia y Edificio CIT.

La línea marca la distancia en kilómetros (2.28 km) entre el edificio de referencia y el edificio CIT, así como el perfil entre estos. En esta imagen se muestra que la altura sobre el nivel del mar del edificio CIT es de 4938 ft.



(Fuente: Google Earth)

6. Consideraciones sísmicas. Según la norma NSE 2 de AGIES del año 2010 “Demandas Estructurales, condiciones de sitio y niveles de protección” en el anexo A especifica que para la Ciudad de Guatemala se debe utilizar un índice de sismicidad Io de 4. Según AGIES NSE 1 del año 2010 “Administración de las normas y supervisión técnica” en el capítulo tres especifica la Clasificación de Obras según su uso el cual, para este caso al ser una obra que será utilizada con fines educativos se considera una “Obra importante” – Categoría Tres. Regresando al NSE2 de AGIES del año 2010, es posible apreciar que en la Tabla 4-1 se asocia el índice de sismicidad con la clase de obra, obteniendo un nivel de protección sísmica “D” y probabilidad del sismo de diseño de 5% en 50 años.

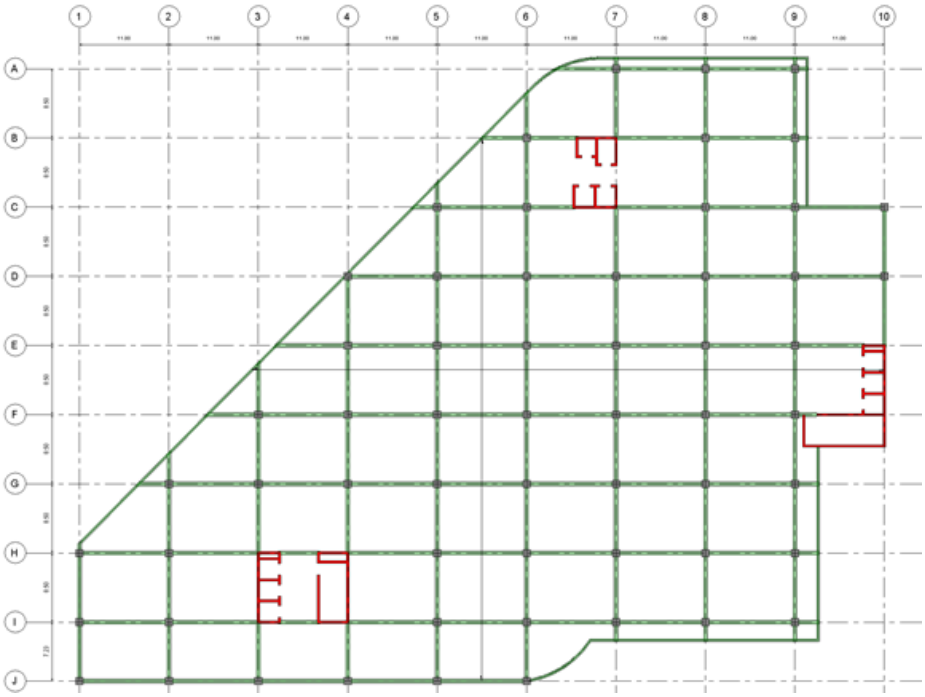
Para el municipio de Guatemala, la ordenada espectral de periodo corto (Scr) es de 1.50g y con un periodo de un segundo del sismo extremo S1r de 0.55g (este dato se encuentra en el Anexo A del AGIES NSE 2 año 2010). La clasificación del sitio es “D” con un coeficiente de sitio para periodos cortos de vibración (Fa) de 1.0 (Ver Tabla 4-2 del AGIES NSE 2 año 2010) y para períodos largos (Fv) igual a 1.5 (Ver Tabla 4-3 del AGIES NSE 2 año 2010). Con estos factores definidos se obtiene un Scs de 1.50 y un S1s de 0.825 (según inciso 4.3.3.2 del AGIES NSE 2 año 2010). Por último, para una probabilidad de excedencia (5% en 50 años) se obtiene un período de escala Kd de 0.80 (según inciso 4.3.4.1 y 4.3.4.2 de AGIES NSE 2 Año 2010), el cual da las ordenadas espectrales de diseño (Scd) de 1.20 y (S1d) de 0.66. /Ver Anexo1)

Es pertinente mencionar que para el diseño se debe utilizar una aceleración máxima del suelo AMS de 0.48g con una componente vertical de 0.18g. Estos valores son el 40% y 15% del Scd respectivamente (según incisos 4.3.4.3. y 4.3.4.4. del AGIES NSE 2 año 2010).

7. Simetría. Es una propiedad geométrica del edificio, en donde un edificio es simétrico respecto a sus ejes en planta y e idéntica en cualquiera de los ejes que se consideren. El CIT presenta una simetría en los sótanos y luego cada nivel se vuelve asimétrico uno del otro. Una de las desventajas de tener un modelo asimétrico es que este produce torsión, otra es que el peso de la estructura sufre variaciones la cual produce distintas concentraciones de esfuerzos en los nodos.

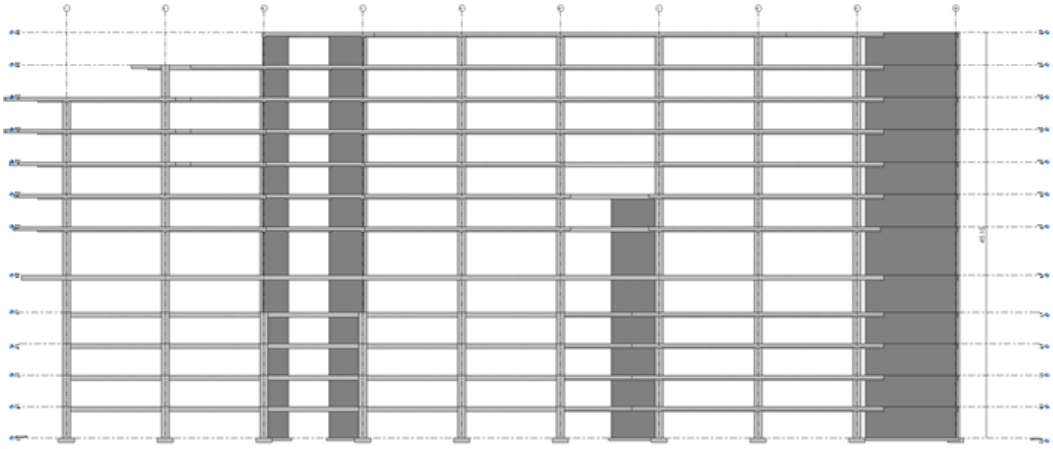
Sin embargo, cuanto se tiene un edificio asimétrico tal como se puede observar en la Figura No. 19 y 20, es posible tener un sistema que funcione dinámicamente de un modo simétrico, por lo que los núcleos de servicio van a estar configurados de un modo asimétrico. A esto se le llama falsa simetría.

Figura No. 158. Planta sótano 4 del CIT



Fuente: elaboración propia

Figura No. 159. Elevación Sur del Edificio del edificio



Fuente: elaboración propia

8. Proporción. La proporción de un edificio puede ser más importante que su tamaño, esta depende de la relación altura/ancho. Mientras más esbelto sea el edificio, los efectos de volteo ante cargas sísmicas o de viento serán más significativos. A continuación, se detalla la proporción del edificio a analizar:

- Altura desde el sótano 4 hasta el séptimo nivel: 45.1 mts.
- Ancho mayor: 88 mts.
- Proporción: 45.1 mts / 88.0 mts = ½, por lo tanto, la proporción es de 1:0.5

9. Códigos de diseño. Estos son propios de cada país y son aplicados según parámetros desarrollados y basados en estudios de escritorio, laboratorio y campo. En Guatemala, hasta el año de 1,996 la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural (AGIES), pública la primera edición de las Normas Estructurales de Diseño y Construcción recomendadas para la república de Guatemala. (Saravia, 2013) Por lo tanto, se tienen los siguientes códigos:

- Normas Estructurales de Diseño y Construcción recomendadas para la República de Guatemala. AGIES
- International Building Code IBC-09
- Reglamento de las construcciones de Concreto Reforzado ACI318-14
- ASCE7/SEI 7-10 Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures.

Para el diseño estructural se utilizará ETABS y la plataforma estructural de AUTODESK que es Robot, también teoría específica para el diseño de losas, vigas, columnas por medio de los programas y Excel. Toda la información de los programas tiene que coincidir con las memorias de cálculo de Excel.

La información generada, será presentada en:

- Una memoria descriptiva: detallarán los códigos a utilizar, los procedimientos analíticos y todas las características que surjan del modelo. De igual manera, esto deberá permitir la interpretación analítica de la edificación.
- Una memoria de cálculo: contendrá todos los procedimientos y resultados de los análisis, permitiendo ver la verificación de lo realizado.

10. Aplicación del modelaje de la estructura.

a. Creación del modelo arquitectónico. En primer lugar, se realiza el modelo Arquitectónico en REVIT con todo el detallado posible como: muros de contención, sistema de vigas, losas, columnas, acabado de muros y muros cortina, también se desarrolla el amueblado del mismo.

De los archivos proporcionados por la Universidad del Valle de Guatemala, se tuvo acceso a un dibujo 3D en el programa SketchUp, del cual se extrajo cierta información de detallado como: la topografía del terreno en donde será construido el edificio y cuenta con una representación del campus de la misma, así como con los edificios aledaños (no se pudo tener acceso al estudio topográfico y por las circunstancias de tiempo y complejidad no se realizó el respectivo levantamiento). También se extrajo la celosía que forma parte de la cubierta del edificio, Por lo que estos dos elementos no tienen ninguna información y características BIM, lo cual, los convierte simplemente en dibujos tridimensionales.

b. Creación del modelo estructural en Revit Structure. El modelo estructural se trabaja mediante el programa Autodesk Revit Structure, que es la plataforma BIM en donde se llevará a cabo el modelaje de la estructura, a través de la interacción de elementos estructurales en 3D, las cuales permiten definir sus dimensiones, características mecánicas del material y la integración en el sistema estructural.

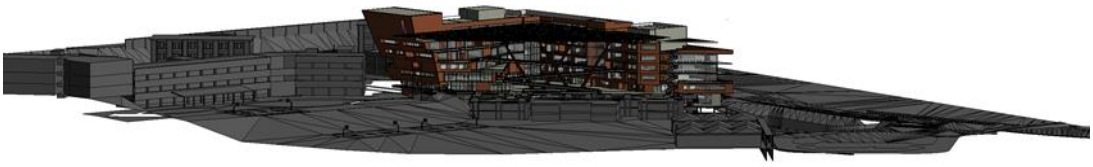
La firma de Autodesk da un par de definiciones acerca del programa, con las cuales denota el potencial BIM:

"El programa Revit Structure integra un modelo físico para múltiples materiales con un modelo analítico que se puede editar independientemente para realizar análisis, diseño y documentación eficientes."

"Revit Structure es el programa para modelación estructural de múltiples materiales y dibujo, que brinda modelación física y analítica para hacer diseños, coordinación y documentación—como también enlaces bidireccionales a aplicaciones de análisis que son líderes en la industria."

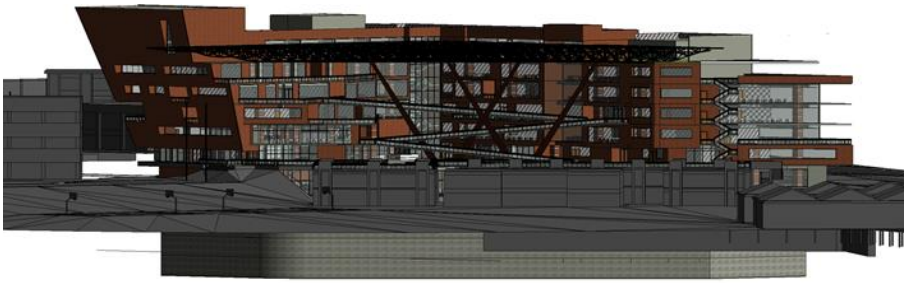
Para el pre-dimensionamiento del modelo se ha escogido el concreto reforzado como material. Teniendo en cuenta los alcances de Revit Structure y luego de tener definido el modelo arquitectónico que se puede ver en la Figura No. 21, 22 y 23 se procede a extraer únicamente los elementos estructurales a través de la función de **Seleccionar objetos por categoría**, dejando así, únicamente los elementos estructurales como: losas, vigas, columnas y muros

Figura No. 160. Vista 1 del modelo arquitectónico del CIT



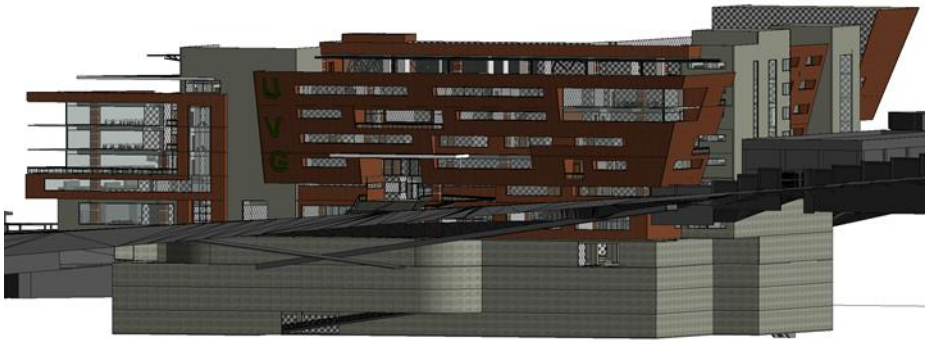
Fuente: elaboración propia

Figura No. 161. Vista 2 del modelo arquitectónico del CIT



Fuente: elaboración propia

Figura No. 162. Vista 3 del modelo arquitectónico del CIT



Fuente: elaboración propia

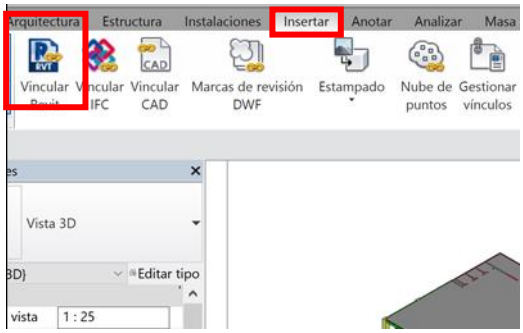
Figura No. 163. Elementos estructurales del CIT



Fuente: elaboración propia

Por facilitar la creación de un nuevo modelo estructural entre Revit e ETABS, se procede a exportar el modelo de la plantilla arquitectónica de Revit a una plantilla estructural en Revit Structure. En este paso se intenta vincular el archivo para extraer el sistema estructural a través de la herramienta **Insertar - Vincular Revit.**

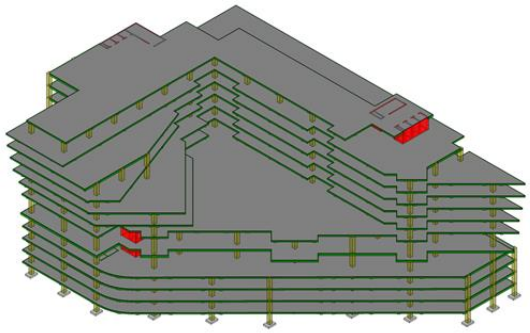
Figura No. 164. Vinculación de modelo en Revit



Fuente: elaboración propia

Los elementos exportados a una plantilla estructural se pueden ver en la Figura No. 163 a manera de que a todo el sistema este enlazado en el Modelo Analítico que tiene determinado Revit Structure, para fines de análisis.

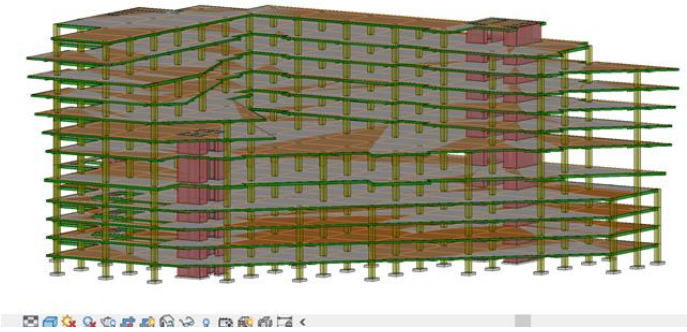
Figura No. 165. Modelo estructural en Revit



Fuente: elaboración propia

El modelo analítico se activa con la opción de Modelo Analítico que es resaltada en la Figura No. 27. Es importante recalcar la importancia que tiene esta función, para que el modelo BIM sea correctamente legible por ETABS y Robot, ya que muestras las conexiones lógicas entre nodos barras y paneles.

Figura No. 166. Modelo analítico en Revit



Fuente: elaboración propia

11. Diseño y aplicación de cargas al modelo. Para realizar el pre-diseño del CIT, que consta de 11 niveles en concreto reforzado, se pretende reunir una serie de conceptos de ingeniería estructural, con los cuales se espera dejar claro el uso de programas de punta como ETABS para el análisis estructural. Siempre quedando abiertos a recomendaciones, comentarios y sugerencias por parte de todos los especialistas del diseño estructural y modelaje BIM. Toda estructura debe de ser diseñada para que tenga la rigidez y resistencia adecuada bajo las cargas de diseño a las que se someterá la estructura. Las cargas vivas y muertas se presentan a continuación:

Cuadro No. 78. Cargas muertas y vivas NSE 2, tablas C3-1

CARGAS DE SÓTANOS	
MUERTA=	90.00
Nivelador (3 cm)	60.00
Instalaciones	30.00
VIVA=	500.00
Carga de garaje para vehículos	500.00
Cargas en kgf/m^2	

Fuente: elaboración propia

Cuadro No. 79. Cargas muertas y cargas vivas que se aplican a los niveles 1 y 2 según el código NSE-2.

CARGAS DE ENTREPISO N1-N2	
MUERTA=	198.00
Cielo suspendido	15.00
Instalaciones	15.00
Nivelador (2 cm)	40.00
Piso de cerámica	27.00
Muros internos y tabiques	100.41
VIVA=	*300.00*
Carga de centro educativo	300.00
Cargas en kgf/m^2	

Fuente: elaboración propia

Cuadro No. 80. Cargas muertas con y cargas vivas que se aplican a los niveles 3 al 7 según el código NSE-2.

CARGAS DE ENTREPISO N3-N7	
MUERTA=	275.00
Cielo suspendido=	15.00
Instalaciones=	15.00
Nivelador (2 cm)	40.00
Piso de cerámica	27.00
Muros internos y tabiques	177.39
VIVA=	*300.00*
Carga de centro educativo	300.00
Cargas en kgf/m^2	

Fuente: elaboración propia

Cuadro No. 81. Cargas muertas y vivas que se aplican al techo según el código NSE-2.

CARGAS DE TECHO	
MUERTA=	105.00
Cielo suspendido=	15.00
Instalaciones=	30.00
Pañuelos (3 cm) =	60.00
VIVA=	100.00
Carga de techo=	100.00
Cargas en kgf/m^2	

Fuente: elaboración propia

De igual manera, en el edificio existen otras cargas que se tienen que analizar para que los resultados sean lo más cercano posible a la realidad, y una de ellas es la carga que generan las escaleras y las rampas.

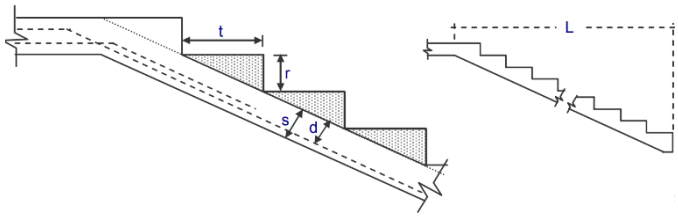
Estas no cumplen ninguna función estructural para dicho análisis, pero su peso es tomado en cuenta en los programas y para simplificar la iteración de estas al modelo, se determina el peso total de las escaleras y luego es distribuida de forma lineal sobre las vigas que las cargan. En estos sistemas, solo las vigas y los muros frontales cumplirán con la distribución de las cargas. Lateralmente, los muros no cumplen ninguna función de soporte a las escaleras y pasa lo mismo con las rampas.

Cuadro No. 82. Cargas lineales proporcionadas por las escaleras y distribuida en las vigas secundarias.

CARGA DE ESCALERAS		
Longitud horizontal=	6.00	m
Ancho de las escaleras	1.78	m
Ancho de contra huella	0.20	m
Alto de contrahuella	0.16	m
Espesor de losa de gradas	0.15	m
Altura total de gradas	2.55	m
Wescaleras	2,044.80	kg
Wlosa	4,165.89	kg
CWtotal=	6,210.69	kg
Carga lineal distribuida en viga secundaria		
Cesc=	875.00	*kg/ml*

Fuente: elaboración propia

Figura No. 167. Dimensiones de las escaleras



Fuente: elaboración propia

Cuadro No. 83. Cargas proporcionadas por las rampas de los sótanos 1-4.

CARGA DE RAMPA- VIGA CENTRAL			CARGA DE RAMPA-VIGA LATERAL		
Longitud=	22.00	m	Longitud=	22.00	m
Ancho=	5.50	m	Ancho=	5.50	m
Espesor=	0.15	m	Espesor=	0.15	m
Altura=	3.50	m	Altura=	3.50	m
Wlosa	44,107.81	kg	Wlosa	44,107.81	kg/ml
Carga lineal distribuida en viga principal central			Carga lineal distribuida en viga principal orillas		
Cr1=	2871.60	*kg/ml*	Cr2=	1435.80	*kg/ml*
CARGA DE RAMPA CURVA-VIGA CENTRAL			CARGA DE RAMPA CURVA-VIGA LATERAL		
Longitud=	11.00	m	L1=	11.00	m
Ancho=	6.00	m	b	6.00	m
Espesor=	0.15	m	t=	0.15	m
Altura=	3.50	m	h=	3.50	m
Área descanso=	25.00	m2	Área descanso=	25.00	m2
W losa	33,933.74	kg	W losa	33,933.74	kg
Carga lineal distribuida en viga principal central			Carga lineal distribuida en viga principal orillas		
Cr1=	1996.10	*kg/ml*	Cr1=	1996.10	*kg/ml*

Fuente: elaboración propia

Los muros de borde tienen que ser distribuidos de forma lineal sobre las vigas de borde. Para el peso de los muros, se promedió de los perímetros de cada uno de los niveles, contando desde el nivel 1 al nivel 7. La finalidad del promedio es para simplificar el proceso y para esto se utiliza la condición más crítica que era el tener muros de mampostería que cubrían el alto total de cada nivel.

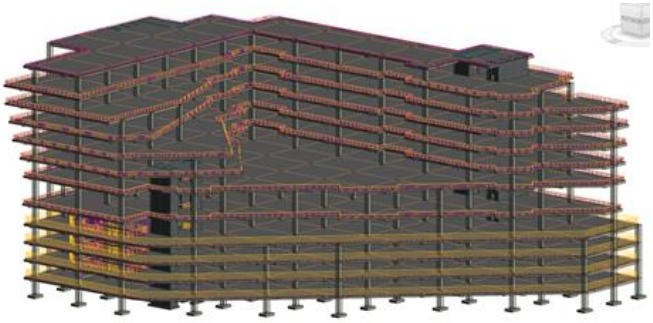
Cuadro No. 84. Cargas lineales promedio para techo y niveles típicos, generadas por los muros de borde.

CARGA PROMEDIO DE MUROS DE BORDE TECHO			CARGA PROMEDIO DE MUROS DE BORDE NIVEL 1-7		
Longitud=	52.00	m	Longitud=	54.75	m
Perímetro=	300.00	m	Perímetro=	370.00	m
Espesor=	0.20	m	Espesor=	0.20	m
Altura=	1.00	m	Altura=	3.75	m
Carga de muros	**83.20**	**kg/ml**	**Carga de muros**	**167.00**	**kg/ml**

Fuente: elaboración propia

Una vez definida las cargas, se procede a aplicarlas en Revit Structure. Esto se realiza para simplificar la asignación en ETABS ya que, al exportarlo las cargas también se mantienen.

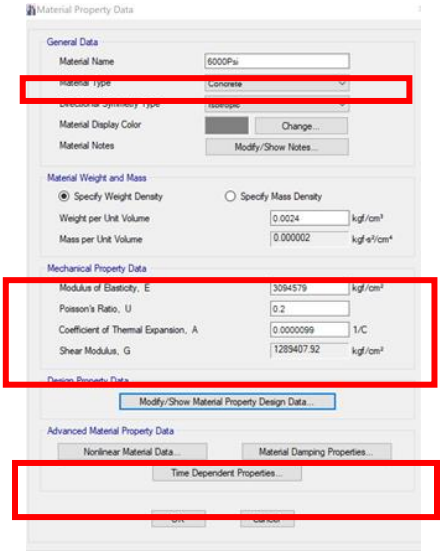
Figura No. 168. Asignación de cargas muertas y vivas al modelo de Revit



Fuente: elaboración propia

12. Pre-diseño estructural en concreto reforzado con ETABS. Una vez exportado el modelo en ETABS, tal como se explicó en el capítulo 2**,** se procede a determinar las propiedades básicas del material y las secciones estructurales. En primer lugar, se definen las propiedades del material. Para esto se hace clic en el menú **Define – Material Properties – Add New Material** para este proyecto se utilizar concreto de resistencia 6,000 Psi y se definirá con las siguientes propiedades. En la opción **Modify/Show Material Property Design Data** se asigna el valor de "f´c" del concreto, el cual corresponde a 420 kgf/cm^2, también se sustituye el valor del módulo de elasticidad del concreto y este corresponde a 3,094,579 kgf/cm^2. A continuación se visualiza la ventana de **Material Property Data.**

Figura No. 169. Aplicación de propiedades del concreto

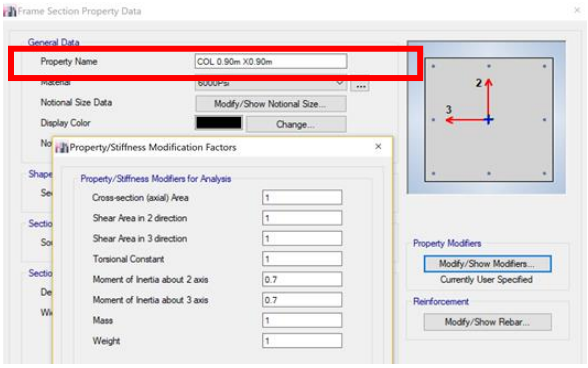


Fuente: elaboración propia

Como segundo paso se verifican las proporciones y propiedades de las secciones estructurales, para columnas, vigas, muros y losas. Esto se realiza en el menú Define **– Section Properties –** y se selecciona el tipo de elemento a necesitar.

Para las columnas y vigas de realiza un cambio de propiedades, en la opción **Modify/Show Modifiers** en la cual se trabajan como secciones agrietadas y para esto se modifican los factores de inercia en **Moment of Inertial about 2 axis** y **Moment of Inertial about 3 axis** con valores de 0.7 para columnas, tal como se especifica el código en la tabla 6.6.3.1.1(a) del ACI 318-14.

Figura No. 170. Momentos de inercia agrietados



Fuente: elaboración propia

Para el análisis elástico de las vigas se usará un factor de inercia de 0.35 y de igual manera para los muros.

Este cambio en la rigidez de las estructuras de concreto reforzado sirve para determinar con mejor precisión el periodo de vibración de edificios y en consecuencia su respuesta sísmica. Esta reducción de rigidez a flexión juega un papel muy importante para la respuesta no lineal de carga-deformación bajo las cargas de servicio. En conclusión, se puede decir que el agrietamiento del concreto da lugar a la amplificación de la deflexión lateral de los edificios, los cuales al ser muy excesivos pueden generar efectos de segundo orden (efectos PΔ). (Ahmed, 2008)

De igual forma, en el análisis sísmico de una estructura puede haber variaciones e imprecisiones en los resultados de las fuerzas sísmicas, esto debido a que el cálculo de los periodos elásticos es erróneo si no se considera la rigidez agrietada en los elementos estructurales; sin importar que se encuentre dentro del rango lineal. (Priestley, 2003)

Cuadro No. 85. Momentos de inercia para las columnas, vigas y muros.

Member and condition		Moment of Inertia	Cross-sectional area
Columns		$0.70I_g$	$1.0A_g$
Walls	Uncracked	$0.70I_g$	
	Cracked	$0.35I_g$	
Beams		$0.35I_g$	
Flat plates and flat slabs		$0.25I_g$	

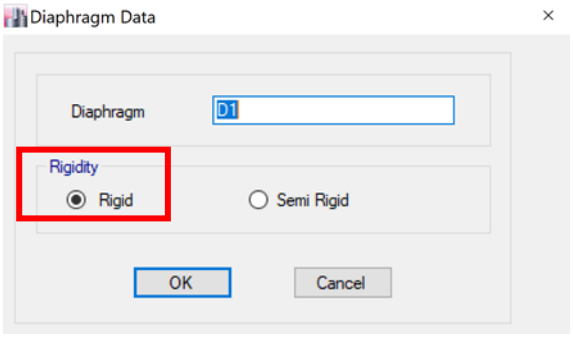
Fuente: Código de diseño ACI 318-14

a. Diseño sísmico de la estructura en ETABS. El diseño sísmico por realizar es el método modal espectral; el cual consiste en la determinación de los modos naturales de vibración de la estructura modelada en tres dimensiones y los respectivos periodos de vibración según la NSE-3. Para este análisis en ETABS, es importante definir previamente una serie de acciones que se describirán a continuación:

1) Aplicación de diafragma a las losa. Se seleccionan todas las losas del edificio y en el menú **Assigne – Shell – Diaphragm,** se crea un nuevo diafragma el cual será **rígido**. Un diafragma rígido, la transferencia de cargas ocurren en función de las rigideces de los elementos portantes.

En cambio, cuando es flexible las deformaciones ocurren en él, por lo que la repartición no se logra de forma periférica en los elementos verticales que sí son relativamente rígidos.

Figura No. 172. Asignación del diafragma rígido a las losas de la estructura

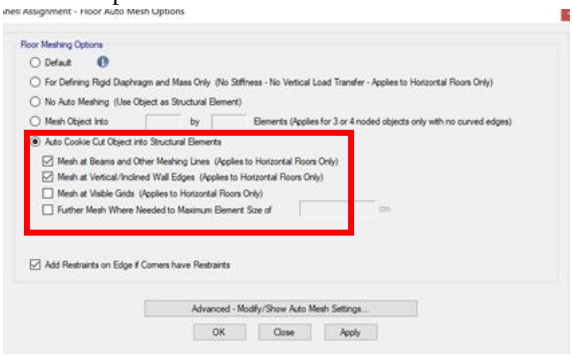


Fuente: elaboración propia

2) Auto-Mesh a losas y muros. Para la aplicación del Auto Mesh (mallado de elementos finitos) a las losas, se selecciona el menú **Assign - Shell – Floor Auto Mesh Option,** en donde para losas se selecciona de manera automática en la opción **Auto Cookie Cut Object into Structural Element.** Para los muros se realiza de forma manual y en vista de elevación, se seleccionan los muros y en el menú **Edit – Edit Shells – Divide Shell,** se coloca la cantidad de objetos en la que se quiere dividir el muro.

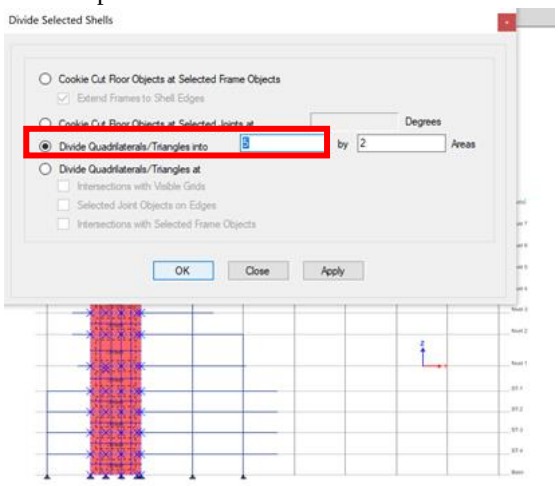
La división de estos elementos estructurales ayuda a distribuir las cargas de una forma más realista, por lo tanto, los resultados del análisis serán lo más preciso posible.

Figura No. 173. Aplicación de auto-mesh o mallado de EF a las losas



Fuente: elaboración propia

Figura No. 174. Aplicación de auto-mesh o mallado de EF a los muros

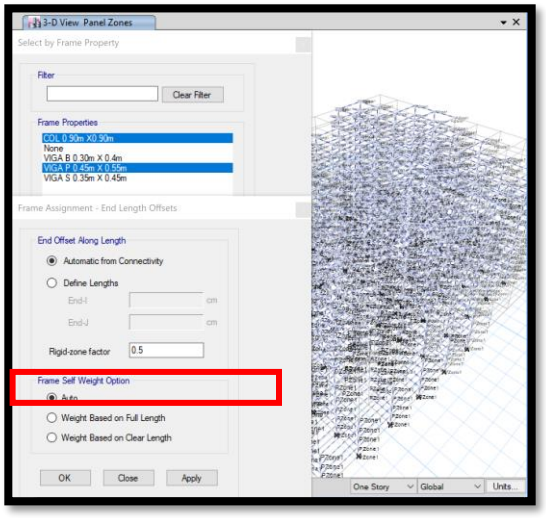


Fuente: elaboración propia

3) End Lenght Offset. Para este paso se seleccionan todos los elementos estructurales de primer orden como las columnas y vigas principales, luego en el menú **Assign – Frame Section – End Lenght Offset.** Se aplica un factor de 0.5 en la opción **Rigid-zone factor**. Esta opción, permite dos condiciones: la primera, es para diseñar las vigas con los momentos obtenidos a la cara del elemento de apoyo, ya sea un muro o una columna.

La segunda, es para considerar la rigidez del nodo en el modelo y por eso, el factor antes colocado de 0.5 en la Rigid-zone, sirve para que se cumpla esta condición.

Figura No. 1755. Aplicación de la Excentricidad a los nodos de la estructura



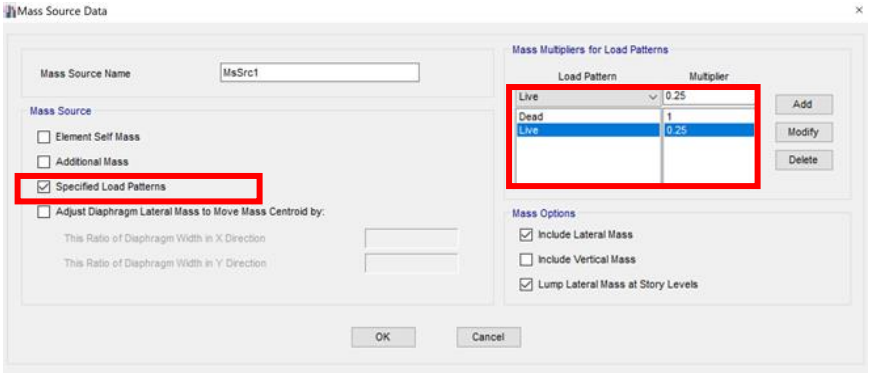
Fuente: elaboración propia

4) Panel Zone. Para la aplicación se seleccionan todos los nodos del sistema y luego en el menú **Assign – Joint – Panel Zone,** esto permite diferencias en la rotación y también deferencias en la translación entre vigas y columnas.

b. Masa de análisis. Es importante especificar la fuente de la masa y esto se realiza en el menú **Define – Mass Source Data**, en este ejemplo se seleccionará la opción: **Specified Load Patterns**. Esto permite aplicar una combinación de carga que define la masa de la estructura.

Se utilizará un factor de 1 para la carga muerta y un factor de 0.25 para la carga viva. Con esto, solo las cargas generadas en la dirección global en Z serán consideradas en el cálculo de la masa. Esta masa se aplica a cada uno de los nodos de la estructura a través de las tres direcciones de traslación.

Figura No. 176. Creación de la masa de análisis para la estructura



Fuente: elaboración propia

c. Espectro sísmico para el diseño. El espectro sísmico para diseño se realiza en base al Capítulo 4 de la NSE 2, que habla de los aspectos sísmicos y específicamente de la sección 4.3.4.2. Este código funciona como una guía para determinar los niveles de protección sísmica que se requiere según las condiciones sísmicas de cada localidad y de la clasificación de la obra.

A continuación, se presentan las tablas que son utilizadas para realizar el diseño sísmico. En los códigos NSE 2 y NSE 3, se detalla paso a paso la determinación de cada uno de los coeficientes y valores, ya que esto no es el objetivo de la investigación. En las siguientes tablas se detallan los datos generales.

Cuadro No. 86. Datos generales de la estructura

Datos generales		
Ubicación	Guatemala	
Clase de sitio	D	
Clase de obra	Esencial	
ξ	0.05	
Altura de cada piso	3.6	m
Número de niveles	11	

Fuente: elaboración propia

Cuadro No. 87. Parámetros de diseño según la ubicación

Parámetros de diseño según ubicación		
Ubicación	Guatemala	
Io	4	
Scr	1.5	g
S1r	0.55	g

Cuadro No. 88. Características del nivel mínimo de protección sísmica

Nivel mínimo de protección sísmica	
Io	4
Clase de obra	Esencial
Nivel mínimo de protección sísmica	D
Probabilidad de exceder un sismo de diseño	5% en 50 años
Kd	0.8

Cuadro No. 89. Período de transición

Nivel mínimo de protección sísmica		
Fa	1	
Fv	1.5	
Scd	1.5	g
S1d	0.825	g
Ajuste por intensidades sísmicas especiales		
Na	1	
Nv	1	
Scs	1.5	g
S1s	0.825	g
Período de transición		
Ts= S1s/Scs	0.55	s

Fuente: elaboración propia

Cuadro No. 90. Definición del sistema estructural

Sistema estructural	
Tipo de sistema estructural	E-4 Sistema Dual
R	7
Ωr	2.5
Cd	5.5
ρ	1

Fuente: elaboración propia

Cuadro No. 91. Período de vibración empírico

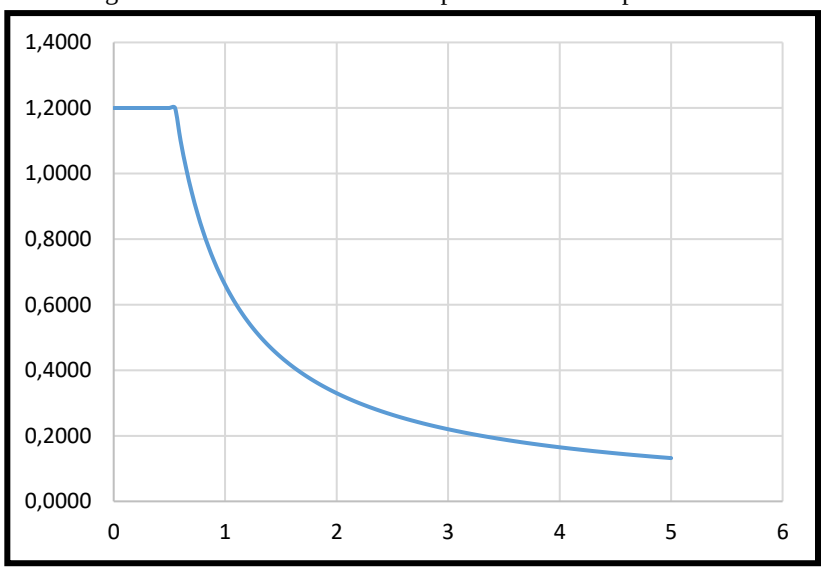
Período de vibración empírico		
Ta=Kt(hn)^x	0.77	s
Kt=	0.047	
X=	0.75	
hn=	41.6	m

Fuente: elaboración propia

Cuadro No. 92. Espectro calibrado al nivel de diseño requerido

Espectro calibrado al nivel de diseño requerido		
Scd=Kd*Scs*Na	1.2	g
S1d=Kd*S1s*Nv	0.66	g
Kd=	0.8	
Sa(T)=S1d/T	0.61	s
Ts=	0.55	s
Scd	1.2	g
S1d	0.66	g

Figura No. 177. Definición del espectro de diseño para el CIT



Fuente: elaboración propia

Una vez obtenido el espectro sísmico, se copia la tabla de los periodos y la aceleración en una nueva Hoja de Excel y se guarda como archivo de texto (.txt). Determinar el espectro de diseño es muy importante ya que, muestra la respuesta que tendrá la estructura en su sitio de localización.

ETABS es un programa que en su base de datos tiene definidos diferentes espectros de diseño según la ubicación y códigos de cada lugar; incluso tiene definido un espectro de diseño sísmico para la región de Guatemala basado en la NSE 2-10.

Trabajar de esta manera es muy general y por eso el diseño se adecúa a las propiedades y características del edificio. Para aplicar el espectro de diseño en ETABS, hay que ir al menú **Define – Function – Response Spectrum.** En la opción **Choose Function Type to Add** se selecciona la opción **From File,** el cual permite cargar un archivo de texto que contiene la información del espectro.

Luego, al seleccionar la opción **Add New Function,** despliega una ventana en la cual se busca el archivo de texto guardado anteriormente y se carga. Esto debe generar la misma gráfica y los mismos períodos que se obtuvieron de Excel.

Figura No. 178. Creación del espectro de diseño para el análisis símico

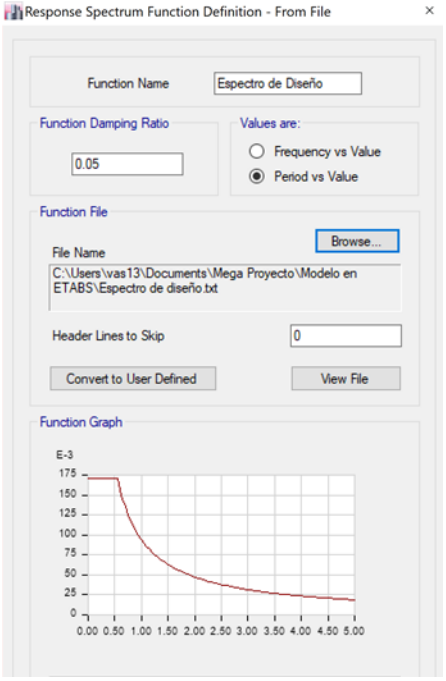
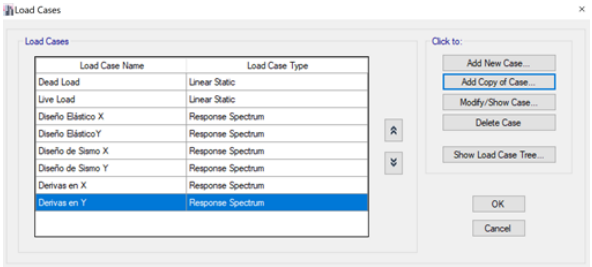


Figura: elaboración propia

d. Casos de cargas de diseño. Se definen los casos de carga para el diseño, en primer lugar, se agregan dos casos para el diseño elástico, uno en X y Y. De estos dos casos se determinan los cortantes de la estructura, el peso sísmico y los periodos de vibración. Con estos dos casos, se obtiene los factores de calibración que serán necesarios para encontrar los cortantes reales de la estructura.

Para aplicar los factores de cortante, se crearon dos casos, los cuales corresponden al diseño de sismo, uno en X y otro en Y. Conjuntamente se crean otros dos casos que servirán para determinar las derivas de la estructura, de igual manera, uno en X y otro en Y.

Figura No. 179. Casos de diseño sísmico y derivas para X y Y.

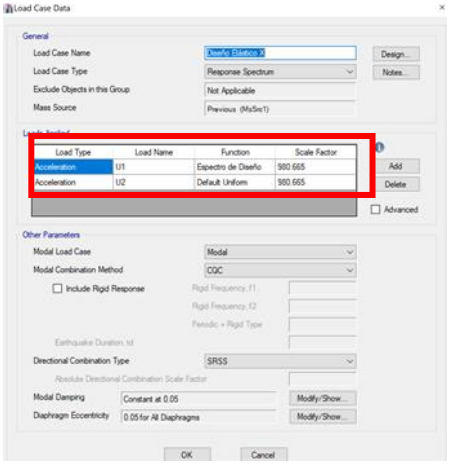


Fuente: elaboración propia

Para cada uno de los casos creados anteriormente, en **Modify/Show Case,** se detallan las características de cada caso. A los seis casos creados, se les colocará en **Load Case Type** la opción “Response Spectrum”, lo cual hace referencia al espectro de diseño que se creó anteriormente.

Luego, en **Loads/Aplied**, se genera un tipo de carga que corresponderá a “Acceleration” y a las que son en dirección X, corresponderá el nombre “U1” y para los casos en Y, el nombre “U2”, tal como se presenta en la Figura No. 180. En la opción **Function,** se seleccionará el nombre con el cual fue definido nuestro espectro de diseño en este caso con “Espectro de Diseño”. En la opción **Scale/Factor,** para los casos de Diseño de sismo y para Derivas (tanto en X como en Y), se aplican los factores que se determinarán a través de la NSE 2 y NSE 3.

Figura No. 180. Asignación del espectro para combinaciones



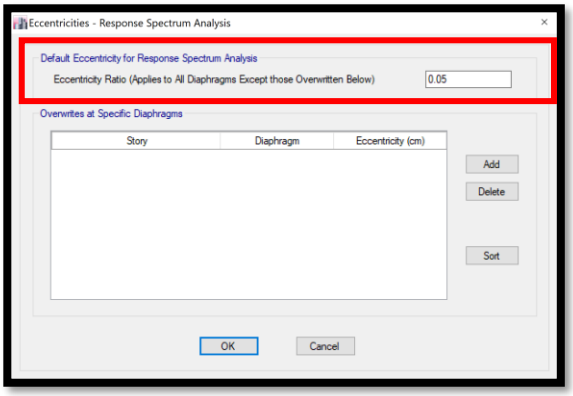
Fuente: elaboración propia

e. Excentricidad. Según la sección 2.3.2 de la NSE 3-10, cuando los diafragmas son rígidos se deberá considerar además una excentricidad accidental adicional a la excentricidad inherente. La torsión que genera el edificio es muy grande y se debe a la variación en la simetría, por lo que se tendría que obtener la excentricidad de una forma manual y luego elegir la mayor entre esa y el 5% que demanda la norma.

Para este caso de utilizó un 5% de excentricidad accidental, el cual se debe a las fuerzas aplicadas paralelas a alguna de las direcciones de análisis, estas se sumarán al momento inherente de giro, causando así; un giro accidental que es producto de la fuerza inercial multiplicada por la excentricidad accidental de la dimensión de cada nivel y también por los conocimientos que requiere el autor en el diseño estructural.

Para aplicar la excentricidad en ETABS en necesario estar en la opción anteriormente descrita en la Figura No. 181 e ir a la opción de **Diaphragm Eccentricity – Modify/Show,** en donde se aplica el factor de “0.05”.

Figura No. 181. Aplicación de excentricidad



Fuente: elaboración propia

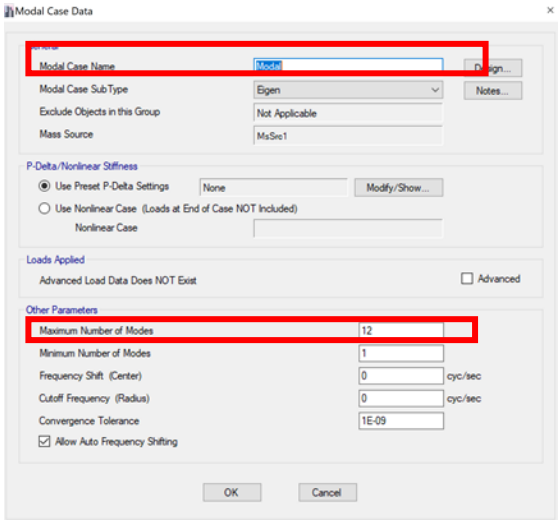
f. Metodologías de análisis modal. Según la sección 3.2.5 de la NSE 3-10, los valores y vectores característicos de la estructura que resultan del análisis modal son los periodos de vibración y las formas geométricas de vibración. Estos valores son propios de la estructura y dependen de la configuración, rigidez y masa.

Para el análisis se utilizan procedimientos de análisis bien establecidos que son el método de Ritz o el de eagenvalores. Por último, para aplicar estas metodologías a ETABS se va al menú **Define – Modal Case Data – Add New case** y en las opciones se elige el tipo de análisis modal.

Es importante considerar el número de modos de vibración, para este análisis se utilizan 12, los cuales según la sección 3.3.4 de la NSE 3-10, el análisis deberá incluir un número suficiente de modos de vibración que aseguren al menos el 90% de la masa del modelo analítico que esté participando.

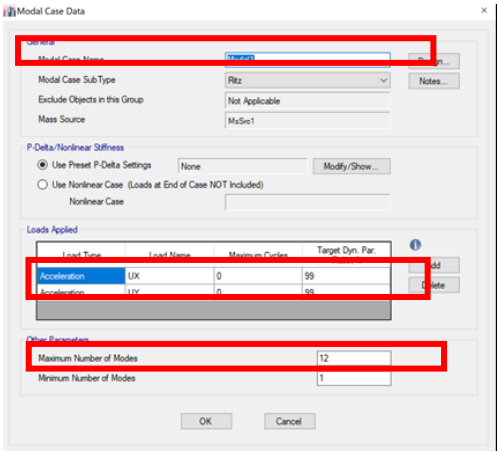
La cantidad de modos se establece por el criterio de prueba y error. Luego de probar, se define que más del 90% de la masa de análisis se genera con 12 modos de vibración.

Figura No. 182. Definición de los modos de vibración por el método de Eagenvalores



Fuente: elaboración propia

Figura No. 183. Definición de los modos de vibración por el método de Ritz

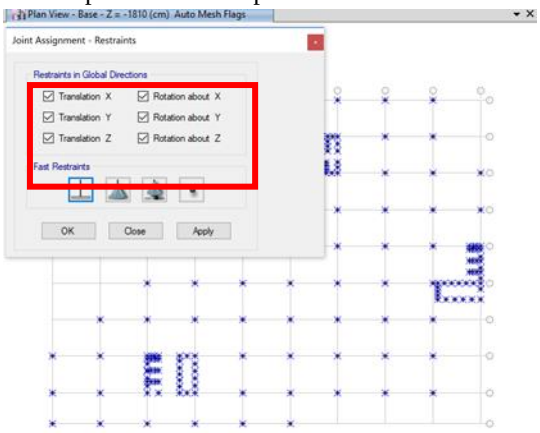


Fuente: elaboración propia

g. Empotramiento en la base. Es importante asignar a todos los apoyos en la base, la restricción de movimiento en las direcciones X, Y y Z. En otras palabras, los apoyos deben estar empotrados para restringir los desplazamientos verticales, horizontales y la rotación, por lo tanto, en el ETABS se desarrollan las tres reacciones que son: RX, RY y MZ.

Para su aplicación al modelo estructural en ETABS, se seleccionan todos los nodos en la planta nombrada "BASE", se va al menú **Assing – Joint Assigment - Restraints,** y en la opción de **Restraints in Global Directions** se seleccionan todas las direcciones.

Figura No. 184. Aplicación de empotramiento a la base de la estructura



Fuente: elaboración propia

Ahora bien, luego de aplicar las propiedades anteriores al modelo, se presiona la opción de **Run**, con la finalidad de que el modelo corra y todas las propiedades sean aplicadas para obtener la información necesaria y proceder con el análisis.

h. Calibración de los factores del sismo de diseño en X y Y. En el Cuadro No 93, se presentan los cálculos de cortantes, peso sísmico generado por cargas muertas y vivas, y por último la combinación del peso sísmico que está conformado por el total de la carga muerta y el 25% de la carga viva, según la sección 1.10.3 de la NSE 3-10.

Cuadro No. 93. Cortantes y pesos sísmicos obtenidos en ETABS.

Datos del modelo		
V1x	2,550.72	ton
V1y	2,535.40	ton
LL (carga viva)	17,453.98	ton
DL (carga puerta)	40,481.05	ton
Ws (peso sísmico)	44,844.55	ton

Fuente: elaboración propia

Cuadro No. 94. Análisis estático determinado por la NSE 3-10

Análisis estático		
Csx	0.09	
Csy	0.09	
Vex=Csx*Ws	3922.92	ton
Vey=Csy*Ws	3922.92	ton
0.85Vex/V1x	1.31	ton
0.85Vey/V1y	1.32	ton

Fuente: elaboración propia

Los factores de calibración que se muestran en el Cuadro No. 95, corresponden a los factores que se describen en la sección anterior de los casos de carga sísmica. Estos son aplicados en la función **Factors** para el "sismo de diseño" tanto en X como en Y respectivamente.

Cuadro No. 95. Factores de calibración para el sismo de diseño en X y Y

Factores de calibración	
Fx	1.31
Fy	1.32

Fuente: elaboración propia

i. Calibración de los factores del sismo de derivas en X y Y. Las derivas son definidas como la diferencia entre los desplazamientos del centro de masa de un nivel en comparación con el desplazamiento del centro de masa del nivel inmediato inferior según la sección 4.3.1 de la NSE 3-10.

Para la determinación de estos factores se siguieron los pasos descritos por el código NSE 3. Los factores que muestran en el Cuadro No. 96 y 97 resaltados de color rojo, son los que se usarán para calibrar los casos de carga expuestos en la sección anterior, con la diferencia de que corresponde a los casos de derivas en X y Y.

Cuadro No. 96. Factor de calibración para derivas en X

Derivas Eje X		
Espectro calibrado		
Scd= kd*Scs	1.2	g
S1d= kd*S1s	0.66	g
T<Ts= Sa(T)=Scd		
T>Ts=Sa(T)=S1d/T		
Sa(T)	0.535	s
Coeficiente sísmico al límite de cedencia		
Csx=Sa(T)/R	0.076	
R	7	
Sa(T)	0.535	s
Veex	3429.20	ton
V1x	2550.72	ton
Fdx	1.143	

Fuente: elaboración propia

Cuadro No. 97. Factor de calibración para derivas en Y

Derivas Eje Y		
Espectro calibrado		
Scd= kd*Scs	1.2	g
S1d= kd*S1s	0.6600	g
T<Ts= Sa(T)=Scd		
T>Ts=Sa(T)=S1d/T		
Sa(T)	0.618	s
Coeficiente sísmico al límite de cedencia		
Csy=Sa(T)/R	0.088	
R	7	
Sa(T)	0.62	s
Veey	3958.989	ton
V1y	2535.40	ton
Fdy	1.327	

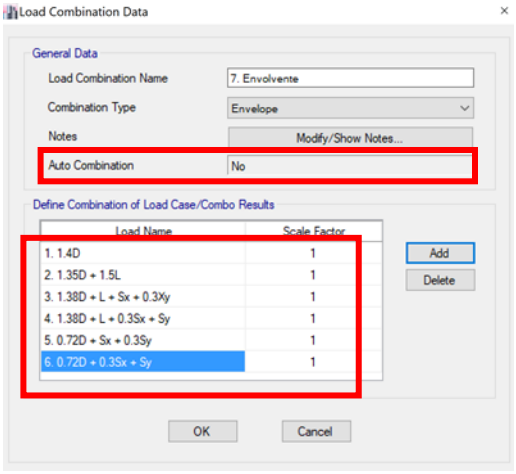
Fuente: elaboración propia

Luego de realizar la calibración respectiva en ETABS, se procede a correr nuevamente el modelo en la opción **Run** y obtener los resultados que se presentarán en el siguiente capítulo.

13. Pre-diseño de muros en concreto reforzado con ETABS. Para definir los muros se crean los distintos casos para combinación de cargas, los cuales están descritos en el capítulo 8 de la NSE 2-10 y los cuales se pueden ver agregados en ETABS a través del menú **Define – Load Combination – Add** y se va agregando una por una conforme la necesidad del diseño y de la estructura.

Por último, se agrega una combinación que hace referencia a la "Envelope" en **Combination Type**, esta combinación toma el resultado más crítico de los esfuerzos generado por las seis combinaciones utilizadas para esta estructura. Las demás combinaciones se definen previamente a ser agregarlas en esta última combinación.

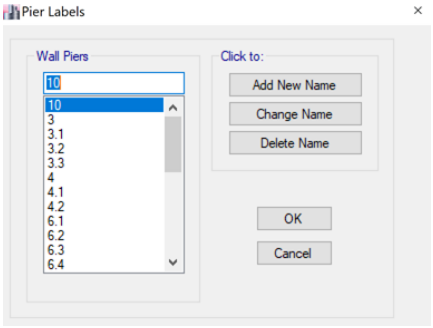
Figura No. 185. Combinaciones de cargas a utilizar según el Capítulo 9 de la NSE 2



Fuente: elaboración propia

Los “Pier Labels” son credos desde el menú **Define – Pier Labels – Add New Name,** con la finalidad de asignarle a cada uno de los muros. Estos son utilizados para obtener los cortantes de cada uno de los muros y para definir los mismos por un nombre específico. Si este paso no se realiza, es difícil saber las características y propiedades de los mismos.

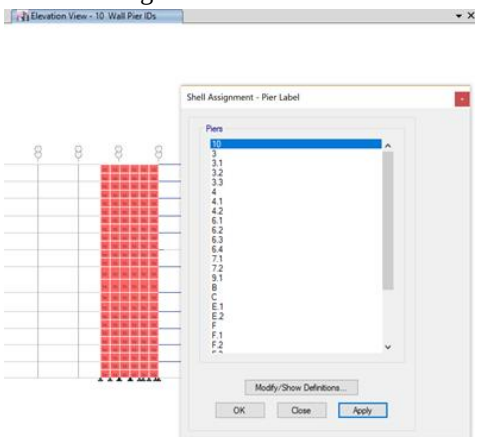
Figura No. 186. Creación de Pier Labels en ETABS



Fuente: elaboración propia

Para colocar el Pier Labels se selecciona el muro en una vista de elevación, preferentemente el Pier debe de tener el mismo nombre de la elevación y si en la elevación existen más de un muro, se colocará el nombre de la elevación seguido de otra letra o número que la identifique.

Figura No. 187. Asignación de Pier Labels en a cada muro



Fuente: elaboración propia

Al momento de asignar los Pier Labels, el modelo debe ser corrido nuevamente en la opción **Run**, luego en **Display – Show Tables – Results – Wall Section – Pier Forces,** se encuentran las tablas que contienen los cortantes.

Para realizar el diseño del espesor de los muros, es necesario calcular el cortante último del concreto, en esta estructura se utilizará concreto 6,000 Psi y el valor de Φ es obtenido de la tabla 21.2.4.1 del ACE 318-14 y hace referencia al factor para cortante, basado en Muros estructurales intermedios prefabricados en estructuras asignadas a las Categorías de Diseño Sísmico D. El resultado del cortante último del muro se expone a continuación:

$$Ƈad= 2.2* \Phi *\sqrt{F´_c}$$

Cuadro No. 98. Cortante último del concreto 6,000 Psi

τad	**26.07**	**kg/cm²**
F´c	420	kg/cm²
ϕ=	0.6	

Fuente: elaboración propia

En el Cuadro No. 99. que se presenta a continuación, hace referencia al Pier B de la elevación B del modelo, por motivos de ejemplificación y espacio se coloca un solo Pier en la cual, las primeras seis columnas son proporcionadas por ETABS.

La columna especificada como “ancho”, es la propiedad que debe de tener el muro para que cumpla por corte. La columna “V2” hace referencia al cortante paralelo en el sentido del muro y la “V3” al cortante que es perpendicular al sentido del muro. Por este motivo los valores de mayor interés son los proporcionados por “V2”, generalmente no se tiene que tener un corte muy grande o de la misma magnitud perpendicular al muro.

El valor de columna nombrada como “C2” tiene que ser menor al cortante último del concreto expuesto anteriormente para que los muros cumplan en base a sus propiedades.

La columna definida como “C 3” es útil para determinar que tanto porcentaje del cortante está siendo utilizado y en él se puede ver que si está por debajo del 100% como muestra la columna nombrada como “condición 2”. Si el muro cumple termina el proceso, por lo contrario, están excedidos en su capacidad y se vuelve a realizar la iteración de cambiar el espesor de los muros hasta que cumpla. Luego de cambiar el espesor de un muro dos veces y que aún no cumpla, el diseño sísmico se vuelve a calibrar con los períodos de vibración y los cortantes de diseño elástico, expuesto anteriormente.

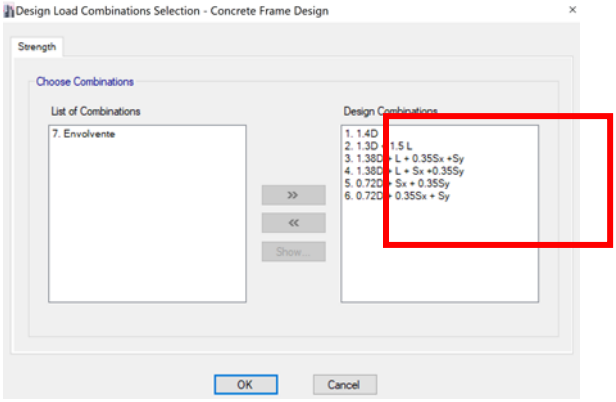
Cuadro No. 99. Iteración del espesor de los muros a través del cortante último del concreto y del cortante de cada muro

PIER B										
Story	Pier	Load Case/Combo	Location	V2	V3	Largo	Ancho (cm)	C 2	C 3	Condicion 2
				kgf	kgf	m	m	kgf/m2	kgf/m2	
3	B	7. Envolvente Max	Top	289689.7	125.18	4.8	0.55	10.97	0.00	42%
3	B	7. Envolvente Max	Bottom	288920.2	6514.61	4.8	0.55	10.94	0.25	42%
3	B	7. Envolvente Min	Top	-604017.56	-19762.16	4.8	0.55	22.88	0.75	88%
3	B	7. Envolvente Min	Bottom	-602705.73	-20067.93	4.8	0.55	22.83	0.76	88%
2	B	7. Envolvente Max	Top	208570.34	405.01	4.8	0.55	7.90	0.02	30%
2	B	7. Envolvente Max	Bottom	208071.71	2478.91	4.8	0.55	7.88	0.09	30%
2	B	7. Envolvente Min	Top	-309657.91	-7086.62	4.8	0.55	11.73	0.27	45%
2	B	7. Envolvente Min	Bottom	-309531.64	-5280.07	4.8	0.55	11.72	0.20	45%
1	B	7. Envolvente Max	Top	213740.33	-717.78	4.8	0.55	8.10	0.03	31%
1	B	7. Envolvente Max	Bottom	212549.78	5997.19	4.8	0.55	8.05	0.23	31%
1	B	7. Envolvente Min	Top	-265556.71	-12887.29	4.8	0.55	10.06	0.49	39%
1	B	7. Envolvente Min	Bottom	-264985.78	-4771.38	4.8	0.55	10.04	0.18	39%
-1	B	7. Envolvente Max	Top	229569.97	-779.61	4.8	0.55	8.70	0.03	33%
-1	B	7. Envolvente Max	Bottom	227928.89	7126.5	4.8	0.55	8.63	0.27	33%
-1	B	7. Envolvente Min	Top	-254344.05	-15051.27	4.8	0.55	9.63	0.57	37%
-1	B	7. Envolvente Min	Bottom	-253608.42	-3868.23	4.8	0.55	9.61	0.15	37%
-2	B	7. Envolvente Max	Top	272572.72	-389.32	4.8	0.55	10.32	0.01	40%
-2	B	7. Envolvente Max	Bottom	270592.4	8189.76	4.8	0.55	10.25	0.31	39%
-2	B	7. Envolvente Min	Top	-294582.88	-17355.8	4.8	0.55	11.16	0.66	43%
-2	B	7. Envolvente Min	Bottom	-293660.68	-3636.92	4.8	0.55	11.12	0.14	43%
-3	B	7. Envolvente Max	Top	343540.5	392.94	4.8	0.55	13.01	0.01	50%
-3	B	7. Envolvente Max	Bottom	341019.76	9951.53	4.8	0.55	12.92	0.38	50%
-3	B	7. Envolvente Min	Top	-355523.65	-19556.7	4.8	0.55	13.47	0.74	52%
-3	B	7. Envolvente Min	Bottom	-354274.64	-1051.05	4.8	0.55	13.42	0.04	51%
-4	B	7. Envolvente Max	Top	439197.87	14814.25	4.8	0.55	16.64	0.56	64%
-4	B	7. Envolvente Max	Bottom	440187.43	8042.96	4.8	0.55	16.67	0.30	64%
-4	B	7. Envolvente Min	Top	-443466.93	-31314.74	4.8	0.55	16.80	1.19	64%
-4	B	7. Envolvente Min	Bottom	-445832.66	-1079.03	4.8	0.55	16.89	0.04	65%

Fuente: elaboración propia

14. Pre-diseño de vigas y columnas en ETABS. Una vez definidos los muros se procede al diseño de las vigas y columnas en la opción **Concrete Frame**, para ello se agregan las combinaciones ya definidas de la siguiente manera, en el menú **Design – Concrete Frame Desing – Select Design Combination,** se agregan los casos críticos que van a actuar en estos elementos. De la opción **List of Combination,** se seleccionan las combinaciones y se envían a la opción **Design Combination** a excepción de la combinación de la envolvente, esto se debe a que en el diseño de vigas y columnas.

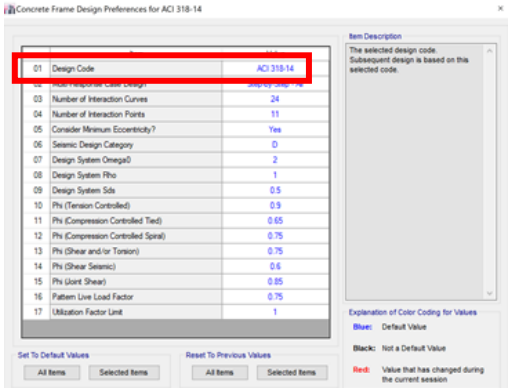
Figura No. 188. Asignación de las cargas críticas para el diseño de vigas y columnas



Fuente: elaboración propia

Es importante seleccionar el código con el que se trabaja, para este análisis se usa el ACI 318-14 y para ellos se va al menú **Design – Concrete Frame Desing – View/Revise Preferences,** esta opción hace que nuestro análisis esté regido por el código antes mencionado y con todas sus propiedades y características.

Figura No.189. Asignación para trabajar en base a las normativas del código ACI 318-14



Fuente: elaboración propia

Por último, una vez asignado el código con el cual se trabaja en el análisis, se va al menú **Design – Concrete Frame Desing – Start Design/Check,** con esta herramienta, el programa hace el análisis de las solicitaciones y características de cada uno de los elementos de la estructura. El objetivo es que aumentar las secciones, tanto de vigas como de columnas y para ello ETABS muestra aquellos elementos que no cumplen, ya sea por corte, flexión, sobredimensionamiento de las secciones, entre otras.

Lo que prosigue, es aumentar y modificar aquellas secciones que no cumplen, y de nuevo hacer el proceso de correr el programa y realizar el diseño de los marcos de concreto. Este proceso es de prueba y error. El área de acero que tiene cada elemento es muy importante y para esta estructura no debe de sobrepasar del 4%, para visualizar esto de una manera más fácil en el menú **Design – Concrete Frame**

Desing – Display Design Info – Design Output – Rebar Area, genera el porcentaje de acero de refuerzo con el que está trabajando cada elemento. En las columnas el área de acero mayor fue de 1.58%, lo que indica que está por debajo del 4%.

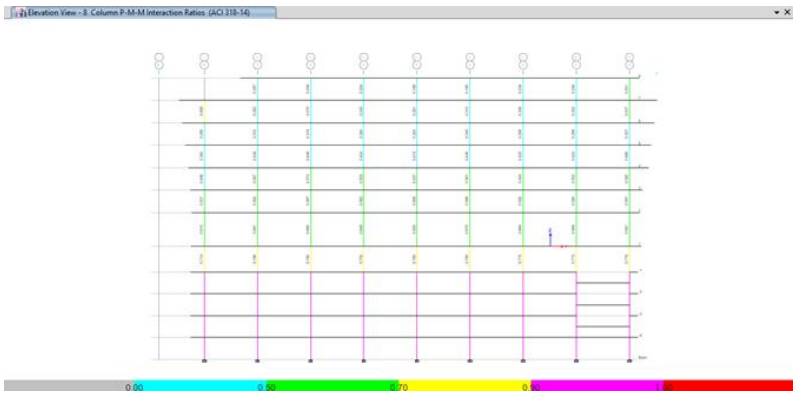
Figura No. 190. Área de refuerzo con el cual están trabajando algunas columnas y vigas.



Fuente: elaboración propia

Para visualizar por colores aquellas secciones que fallan, se va al menú **Design – Concrete Frame Desing – Display Design Info – Design Output – Column P-M-M Interaction Ratios,** despliega una barra de colores, en donde lo aceptable es estar entre el color verde y magenta, cuando un elemento está de color rojo; significa que no cumple la sección y que está fallando por corte o por flexión, por ende hay que redefinir la sección del elemento.

Figura No. 191. Sección 8: visualización de los rangos en que cumplen o no cumplen las columnas a través de colores

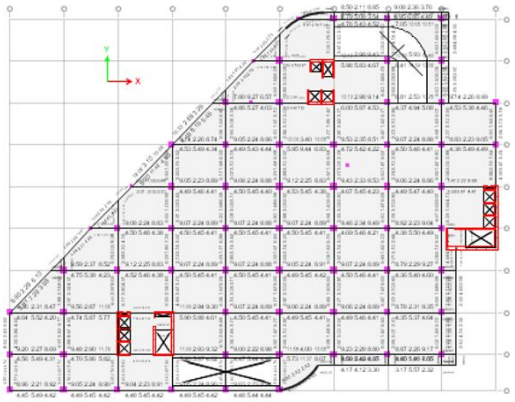


Fuente: elaboración propia

A continuación, se puede observar la Figura No. 192 y 193 la planta del sótano 4 y nivel 4 del edificio, en el cual todas las secciones cumplen y se encuentran en el rango del color magenta. En el

siguiente capítulo se presentan los resultados y las dimensiones con las que se pre-dimensionan las vigas y las columnas.

Figura No. 192. Chequeo de columnas y vigas Sótano



Fuente: elaboración propia

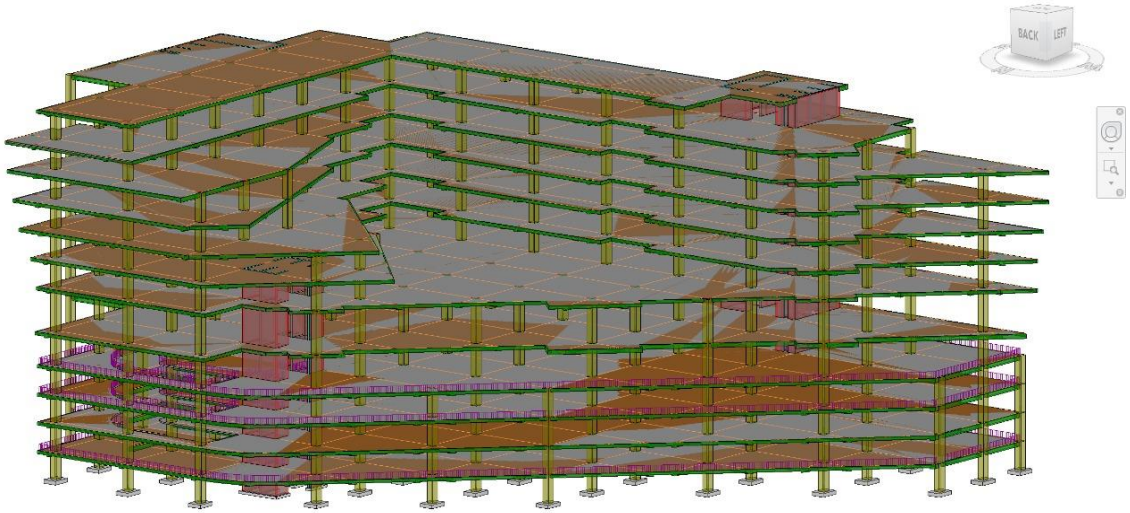
Figura No. 193. Chequeo de columnas y vigas Nivel 4



Fuente: elaboración propia

15. Estructura en acero. En el siguiente capítulo del subtema del megaproyecto se enfocará en realizar el análisis estructural en estructura de acero del Centro de Innovación y Tecnología de la Universidad del Valle de Guatemala, donde se realizó un modelo en el programa ETABS para calcular y diseñar la estructura incorporando todas las cargas necesarias y los cálculos necesarios para la realización del mismo. El proyecto tiene como objetivo el pre-dimensionamiento de los elementos del edificio, por ningún motivo el presente trabajo puede utilizarse para fines constructivos.

Figura No. 194. Visualización de la estructura en REVIT.

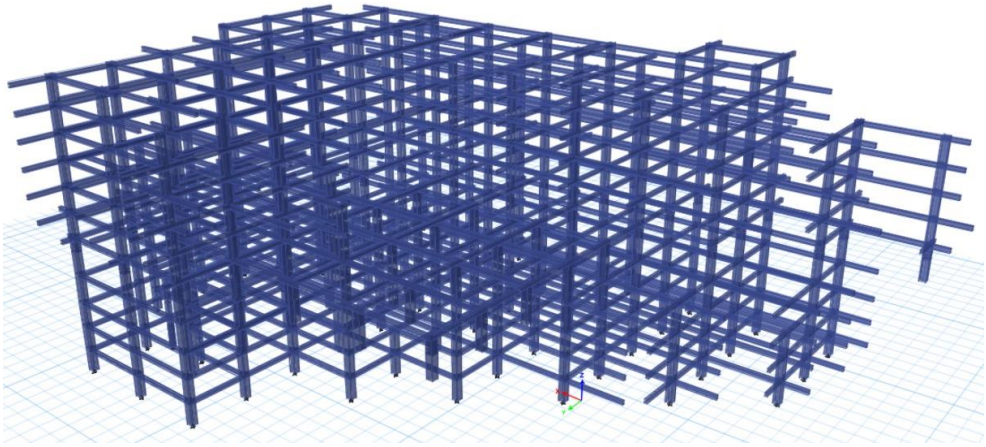


a. Evaluación de necesidades. Debido a que REVIT no es un programa para análisis estructural, se utilizó la última versión del programa ETABS 2016, el cual "ofrece herramientas inigualables de modelado y visualización de objetos 3D, alta capacidad de análisis lineal y no lineal, opciones de dimensionamiento sofisticadas y que abarcan una amplia gama de materiales, esclarecedores gráficos, informes y diseños esquemáticos que facilitan la comprensión del análisis y de los respectivos resultados." Además, es un programa compatible con la tecnología BIM.

Para permitir el intercambio entre REVIT y ETABS es necesario descargar un *plugin* llamado CSiXRevit, el cual se debe instalar en REVIT para exportar un archivo de REVIT a ETABS. Esta es una herramienta con gran potencial que permite realizar la integración del modelo arquitectónico con el área estructural, y promueve la productividad entre los equipos de trabajo del proyecto. Este plugin realiza cuatro funciones importantes:

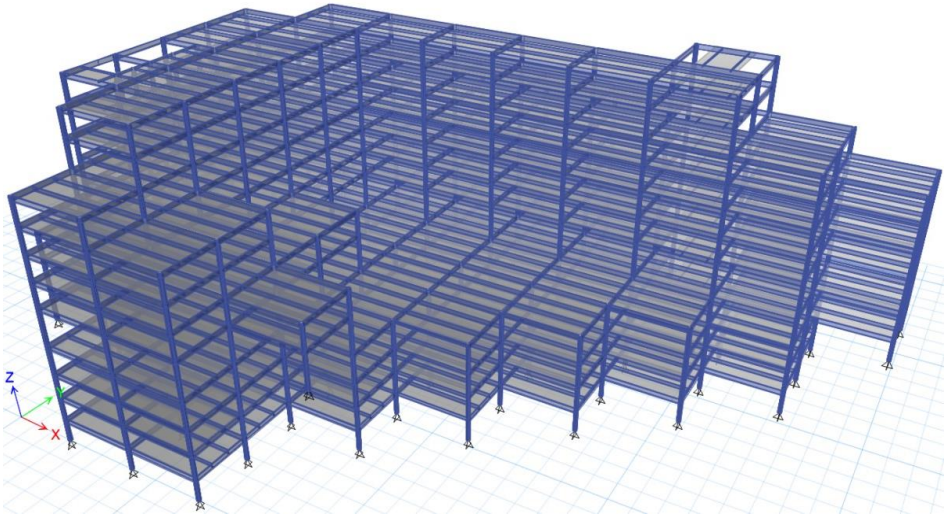
- Exportar un modelo de Revit Structure para crear un nuevo modelo en SAP2000, ETABS y/o SAFE.
- Exportar un modelo de Revit Structure para actualizar un modelo existente en SAP2000, ETABS y/o SAFE.
- Importar un modelo de SAP2000, ETABS y/o SAFE para crear un nuevo modelo en Revit Structure.
- Importar un modelo SAP2000, ETABS y/o SAFE para actualizar un modelo existente en Revit Structure.

Figura No. 195. Visualización de la estructura en ETABS recién exportada de REVIT.



Al momento de realizar la exportación de REVIT a ETABS, se puede observar la comparación entre la Figura No.195 y la Figura No.196 que hubo una gran confusión en la estructura, dando como resultado varias vigas y columnas fuera de lugar o flotando en el aire, por lo cual se tuvo que sistemar toda la grilla y sus elementos para que cazaran con la estructura original. La retícula de la estructura fue diseñada y modelada en concreto, por lo cual se reemplazaron todos los miembros de concreto por miembros de acero utilizando la misma retícula. Esto afecta considerablemente el diseño debido a que no se están aprovechando las grandes cualidades que posee el acero al tener claros mayores dentro de la estructura y asimismo eliminar uno o dos ejes de columnas, modificando la retícula de tres parqueos a cuatro parqueos entre columnas para optimizar la estructura.

Figura No. 196. Visualización de la estructura en ETABS ya corregida.



En la Figura No.196 se puede observar el modelo final, donde se sustituyeron todos los elementos de concreto con elementos de acero, donde se utilizaron únicamente perfiles W y una lámina troquelada el cual va orientada perpendicular a las vigas secundarias. En la base de cada columna, se utilizó un empotramiento, restringiendo la translación en todos los ejes.

16. Integración de cargas axiales. Para la integración de cargas del edificio se consultó el manual ASCE 7-10 el cual proporciona las diferentes cargas vivas y muertas para todas las áreas que habrán dentro del edificio. La carga está dada en sistema inglés en las unidades psf (lb/ft^2). En estructuras de acero se utiliza mucho este sistema, debido a que todos los manuales provienen de Estados Unidos de América, algunos de ellos de Europa y América del Sur y ellos utilizan el sistema internacional, por lo que en este proyecto se utilizó este sistema para la mayoría de los cálculos.

Cuadro No. 100. Cargas muertas y vivas del edificio según el código ASCE 7-10

Sótanos		
Muerta=	**55.00**	**psf**
Nivelador (2 cm)	9.00	psf
Losa de concertó=	40.00	psf
Instalaciones=	6.00	psf
Viva=	**40.00**	**psf**
Carga de garaje para vehículos	40.00	psf
Entrepisos niveles 1-2		
Muerta=	**65.00**	**psf**
Contra piso 2”=	15.00	psf
Losa de concertó=	40.00	psf
Instalaciones=	5.00	psf
Piso de cerámica	5.00	psf
Viva=	**100.00**	**psf**
Carga de centro educativo primer nivel	100.00	psf
Entrepisos niveles 3-7		
Muerta=	**65.00**	**psf**
Contra piso 2”=	15.00	psf
Losa de concertó=	40.00	psf
Instalaciones=	5.00	psf
Piso de cerámica	5.00	psf
Viva=	**70.00**	**psf**
Carga de centro educativo	70.00	psf
Techo		
Muerta=	**65.00**	**psf**
Instalaciones=	5.00	psf
Losa de concertó=	40.00	psf
Impermeabilización=	5.00	psf
Pañuelos (3 cm)=	15.00	psf

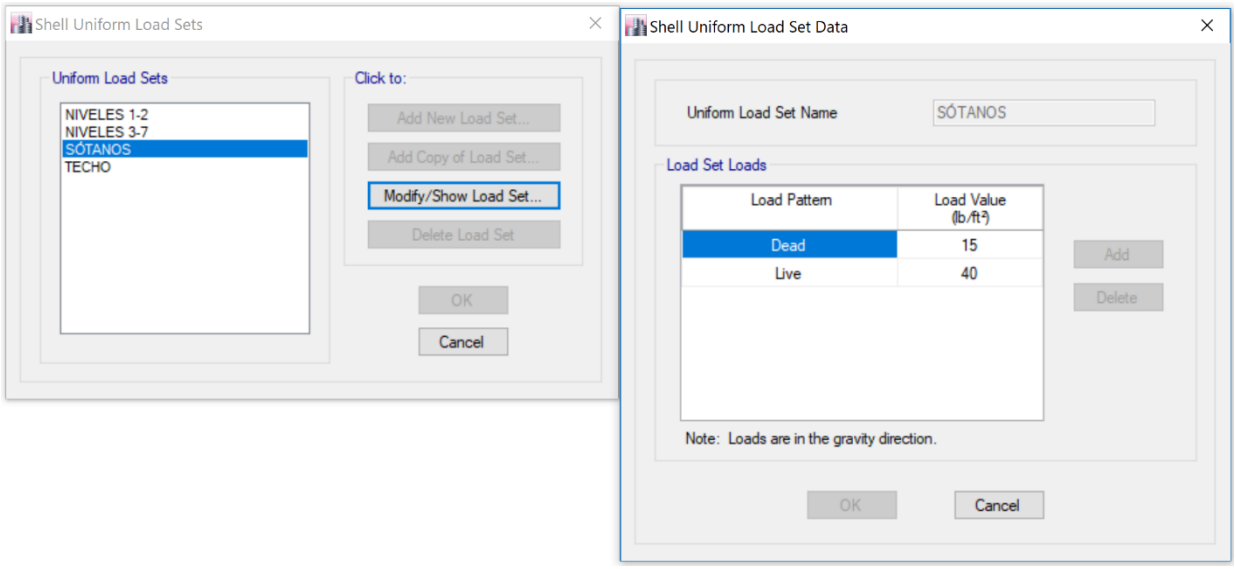
Continuación Cuadro 100

Viva=		**20.00**	psf
	Carga de techo=	20.00	psf

De esta manera se realizó la iteración de cargas el cual se definió en ETABS de la misma manera, definiendo cada nivel con su respectiva carga viva y muerta. Se puede observar que en los entrepisos del edificio existe una gran diferencia de cargas, esto es debido a que la carga viva del centro educativo siempre será mayor que la muerta, debido a que el mayor peso serán los estudiantes y mobiliario.

Los primeros dos niveles tienen una mayor carga viva a comparación de los otros niveles, esto es debido a que el código ASCE 7-10 exige mayor carga en los primeros dos niveles debido a que hay más flujo de gente circulando y en momentos de emergencia se acumularan las masas de personas en esos niveles.

Figura No. 197. Asignación de cargas en ETABS



Como se puede observar, al momento de ingresar las cargas gravitacionales en el programa ETABS, se ignora el peso propio de todos los elementos estructurales, debido a que se integra automáticamente, si se ingresara se tendrá esa carga muerta duplicada, por lo que no se coloca en el programa.

17. Combinación de carga por Método de Resistencia La selección de combinaciones de carga para diseño estructural depende del método de diseño,

En los casos en que las normas de la serie NSE 7, u otras normas NSE, especifiquen el “método de diseño por factores de carga y resistencia”, se utilizó las combinaciones según el método de resistencia, más conocido también como método de diseño por factores de carga y resistencia (Load and Resistance Factor Design, LRFD por sus siglas en inglés) (AGIES NSE 2-10, 2010)

a. Notación

M Cargas muertas

V Cargas vivas

Vt Cargas vivas de techo

Sh Carga sísmica horizontal

Sv Carga sísmica vertical

W Cargas de viento

b. Combinaciones

1.4M. (CR1)

1.3M + 1.6V (CR2)

1.3M + V (CR3)

1.2M + V + $S_v \pm S_h$ (CR4)

0.9M – $S_v \pm S_h$ (CR5)

1.0M – $S_v \pm S_h$ (CR5a)

1.2M + V + 1.3W (CR6)

0.9M + 1.3W (CR7)

Figura No. 198. Asignación de combinaciones

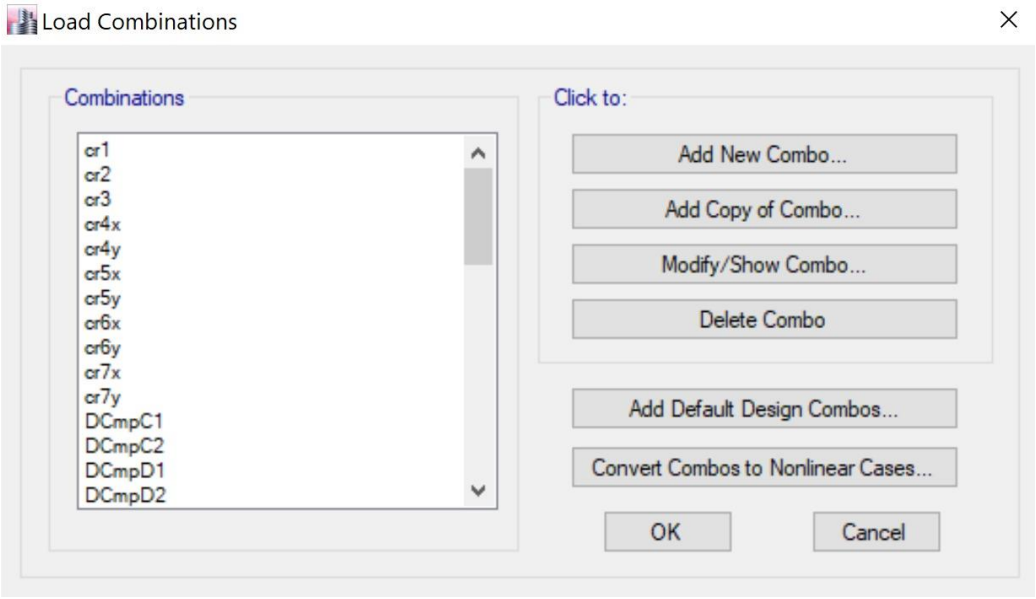
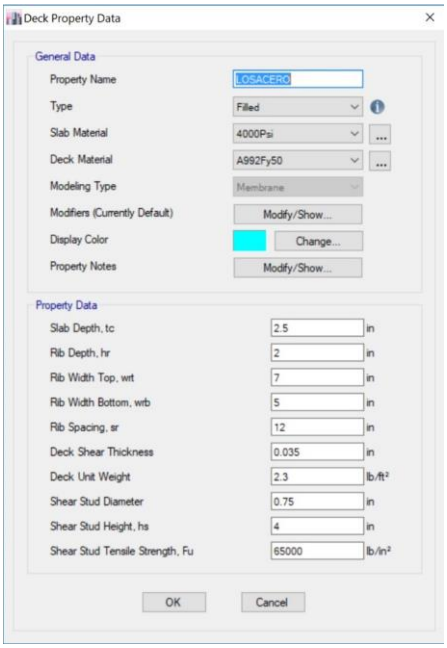


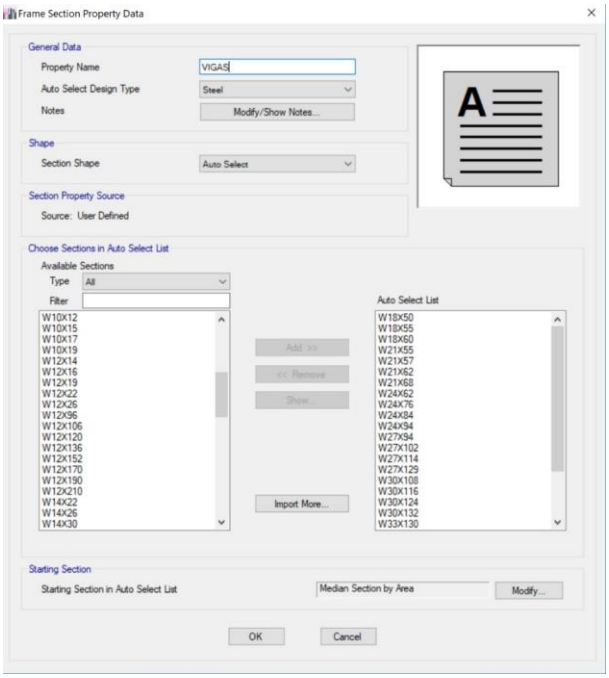
Figura No. 199. Imagen de propiedades de la lámina troquelada



En la Figura No.199 se puede observar las propiedades seleccionadas para la lámina troquelada del edificio, esta losa se calculará más adelante con el fin de comprobar que esta losa chequea y es óptima para el diseño.

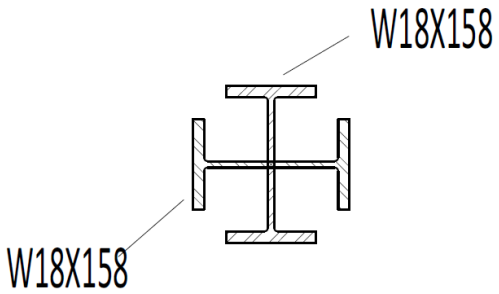
Para el diseño de vigas se creó una familia de vigas en ETABS con un listado de todas las vigas tipo W existentes, donde el programa pre dimensiona cada viga principal y secundaria a sección compuesta bajo los criterios del AISC y AGIES.

Figura No. 200. Imagen de propiedades de vigas



Para el diseño de columnas cruciformes, se utilizó un sistema de columna en cruz, esto quiere decir que se utilizaron dos perfiles W una perpendicular a la otra formando una cruz. Esto se utilizó para eliminar el componente débil de los perfiles W, según el eje y-y, teniendo así dos ejes fuertes y así crear un sistema de momentos en los marcos ordinarios en todo el edificio. Gracias a este sistema no hubo necesidad de colocar ningún tipo de arrostramiento en el edificio.

Figura No. 201. Imagen de propiedades de columna



Todos estos elementos se estarán chequeando con sus debidos cálculos matemáticos más adelante.

18. Modelación e integración de cargas de sismo. Para la realización del modelo se inició con establecerle un diafragma rígido a todas las losas del edificio, esto permite garantizar que todas las losas se vayan a fundir uniformemente y sea un solo diafragma rígido para que la fuerza de sismo pueda distribuirse uniformemente hacia los elementos principales de la edificación, para que pueda soportar de mejor manera todas las cargas del edificio.

Luego que el modelo ya está modelado, se debe iniciar a realizar la integración de las cargas sísmicas. Para esto se hará referencia a todos los manuales de AGIES el cual contienen toda la información para el análisis sísmico en Guatemala.

a. Aspectos sísmicos. El primer paso es determinar la sismicidad y nivel de protección que tendrá el proyecto, para esto se debe contar con el lugar en donde el proyecto estará ubicado (en este caso la ciudad de Guatemala), ya que el índice de sismicidad depende de la ubicación del lugar, este dato nos indica la aceleración esperada del sismo en determinado lugar.

Cuadro No. 101. Sismicidad y nivel de protección.

Sismicidad y nivel de protección		
I_o	4	
S_{cr}	1.5	g
S_{1r}	0.55	g

Debido a la ausencia ded un estudio de suelos, se utilizó un suelo tipo D que es el suelo más común en la ciudad de Guatemala. AGIES NSE 2-10 indica que "Cuando se desconozcan parcialmente las propiedades del perfil del suelo y no se tenga detalle suficiente para enmarcarlo dentro de alguna de las categorías, se deberá utilizar la clasificación D a menos de que el profesional responsable del suelo o bien datos geotécnicos generales indiquen que la clasificación pudiera ser E".

Cuadro No. 102. Guía para clasificación de sitio

Clase de Sitio		V_{ps} todo el perfil	Np todo el perfil	N_{nc} sector no-cohesivo	S_{uc} sector cohesivo
AB	Roca	750 m/s	No aplica	No aplica	No aplica
C	Suelo muy denso o roca suave	750 a 360 m/s	≥ 30	≥ 30	> 200 kPa
D	Suelo firme y rígido	360 a 180 m/s	30 a 5	30 a 5	200 a 50 kPa
E	Suelo suave	< 180 m/s	≤ 5	≤ 5	< 50 kPa
		Cualquier perfil de suelo con un estrato de 3.0 m o más con índice de plasticidad IP>20; humedad w ≥ 40% y Suc < 25 kPa			
F	Suelo con problemas especiales	Véase NSE 2.1 Capítulo 5			

Se debe categorizar el nivel del sismo para el diseño estructural, este caso se utilizó un sismo básico, este tiene un 5% de probabilidad de ser excedido en un período de 50 años, debido a que es una obra importante según las normas NSE 3, por lo que luego se debe definir la clase de sitio, esto permite conocer el comportamiento del sismo, si se amplifica o se disminuye según el sitio donde pasan, en este caso se tiene un clase de sitio tipo D, el cual se define como suelo firme y rígido.

Cuadro No. 103. Nivel mínimo de protección sísmica y probabilidad del sismo de diseño

Índice de Sismicidad	Clase de obra			
	Esencial	Importante	Ordinaria	Utilitaria
Io = 5	E	E	D	C
Io = 4	E	D	D	C
Io = 3	D	C	C	B
Io = 2	C	B	B	A
Probabilidad de exceder un sismo de diseño	5% en 50 años	5% en 50 años	10% en 50 años	No aplica

Luego se debe realizar un ajuste de clase de sitio, por lo que se encuentran los coeficientes de sitios según sus índices de sismicidad Fa y Fv. Para realizar el ajuste, se debe adecuar Scr y S1r según las condiciones de la superficie de la siguiente manera.

Cuadro No. 104. Ajuste por clase de sitio

Fa	1
Fv	1.5
$S_{cs} = S_{cr} * F_a$	1.5
$S_1 = S_{1r} * F_v$	0.825

Se necesita realizar un coeficiente de diseño para marcar un parámetro de aceleración espectral en el diseño

Cuadro No. 105. Parámetros de aceleración espectral de diseño

$S_{DS} = 2/3\ S_{cs}$	1.00
$S_{D1} = 2/3\ S_1$	0.55

Es importante conocer la categoría de riesgo de una estructura para el diseño sísmico, pues dependiendo la importancia de la estructura, es el riesgo que tendrá al momento de un sismo. Los manuales castigan con coeficientes más conservadores a los edificios con una clasificación más importante. El Centro de Innovación y Tecnología de la Universidad del Valle de Guatemala, entra en una categoría de riesgo lll (3 en números romanos) debido a ser una estructura substancial. Con esta categoría se puede tener un factor de importancia I_e de 1.25.

Después se define un sistema estructural según su sistema de resistencia lateral, en este caso, se cuenta con un sistema de marcos a momentos, por lo tanto se clasifica como un sistema estructural E1-A Marcos tipo A.

Cuadro No. 106. Coeficientes y factores para diseño de sistemas sismorresistentes

Dirección	X	Y
Sistema	E1-A	E1-A
R	8	8
Ω_r	3	3
C_d	5.5	5.5

b. Análisis modal espectral. La masa del edificio corresponde al peso sísmico efectivo siendo este 100% de la carga muerta y el 25% de la carga viva, este es debido a que la carga viva en un edificio varía según su ocupación, “en un iglesia podría ser casi cero, en un edificio de oficinas de 25 al 30% y tal vez de 75% o más en algunas bibliotecas o naves industriales. Además, el porcentaje en una parte del edificio puede ser enteramente diferente del porcentaje en otra parte del mismo.” (McCormac. J, S. Csernak, 2015)

Donde se decidieron colocar 30 nodos del modelo estructural para ser distribuida a la masa de análisis para lograr a un 90% de la masa del modelo analítico. Se utilizó el método de eigenvalores para analizar los períodos de vibración y las formas geométricas de vibración, donde estás son propias de la estructura y dependen únicamente de la configuración, rigidez y masa de la estructura.

19. Respuesta modal. Los cortantes basales en la estructura, corresponden a cada modo de vibración en cada dirección horizontal ortogonal, combinados con el método de CQC (combinación cuadrática completa, por sus siglas en inglés), ya que el método de CQC resuelven de una manera más eficaz que el SRSS (raíz cuadrada de la suma de cuadrados, por sus siglas en inglés) los casos de modos con períodos de vibración cercanos entre sí y asimismo obtener los cortantes basales dinámicos ortogonales de primera iteración. (AGIES NSE 3-10, 2010)

Se realizó un análisis de proporción de masa participante modal, ya que en los sistemas reales suele haber una masa que participa en una función forzada, como lo es la masa de la tierra en un sismo, y la masa que participa en los efectos de inercia, siendo esta la masa de la estructura. El factor de participación modal es una comparación entre ambas masas para un solo grado de libertad.

Cuadro No. 107. Tabla de factores de proporción de masa participante modal generados por ETABS

Case	Mode	Period sec
Modal	1	1.82
Modal	2	1.743

Siendo el modal de modo 1 el factor del período modal en el eje X y el modo 2 para el eje Y, siendo este período útil calcular el período a utilizar.

Cuadro No. 108. Parámetros del período a utilizar

$T_a=C_th_n^x$	1.4423	seg
$C_t=$	0.028	
$h_n=$	138	ft
x=	0.8	
Cu=	1.4	
T=CuTa=	2.0192	seg
Tmodal=	1.82	seg
T a usar=	1.82	seg

Se debe elegir el período más pequeño entre el período calculado y el período modal del programa. Este valor sirve para calcular el coeficiente sísmico real

Cuadro No. 109. Coeficiente sísmico

Cs max=$D_{ds}/(R/I_e)$	0.1563
Cs calc= $S_{D1}/T(R/I_e)$=	0.0472
Cs min=$0.044S_{Ds}I_e$	0.0550
Cs a usar=	0.0550

Si el coeficiente sísmico real calculado es menor que el coeficiente mínimo, se utiliza el coeficiente sísmico mínimo de 5.5% en ambos ejes.

Se debe utilizar un factor (k) relacionado con el período de la estructura: si el período es menor a 0.5 el factor k es igual a 1 y si es mayor a 2.5 es igual a 2. Debido a que se obtuvo un período de 2.22 (en promedio en dirección x y y) se debe interpolar y se obtiene un factor igual a 1.64 en ambos ejes. Ambos parámetros, el coeficiente sísmico y el factor k se ingresarán en el programa ETABS para así generar un sismo real.

Figura No. 202. Patrón de carga sísmica con excentricidad en eje X positivo

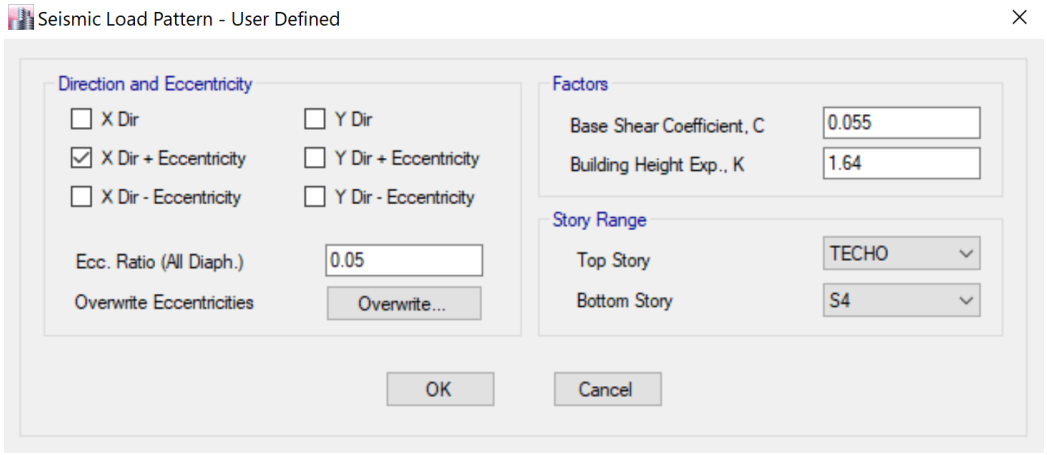


Figura No. 203. Patrón de carga sísmica con excentricidad en eje X negativo

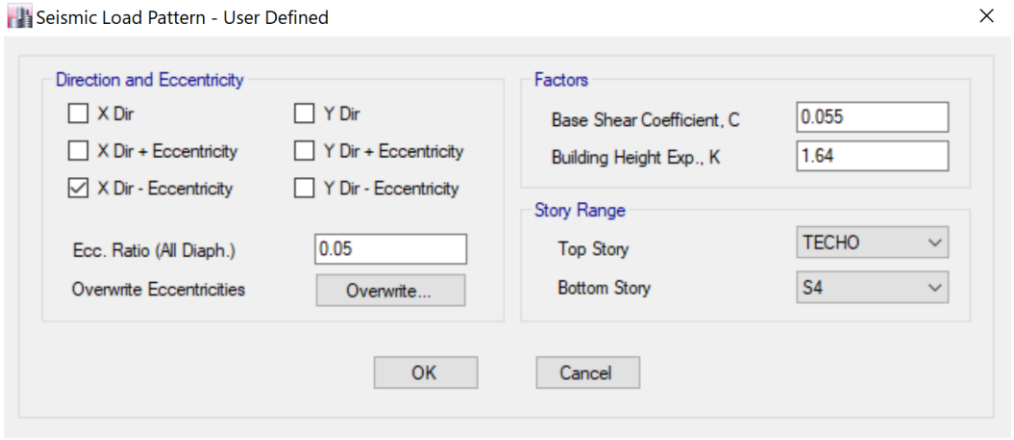


Figura No. 204. Patrón de carga sísmica con excentricidad en eje Y positivo

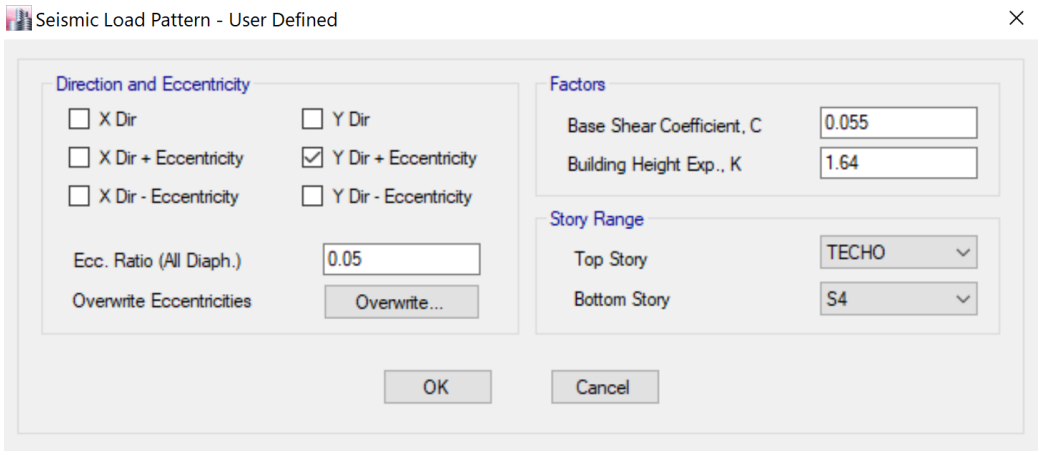
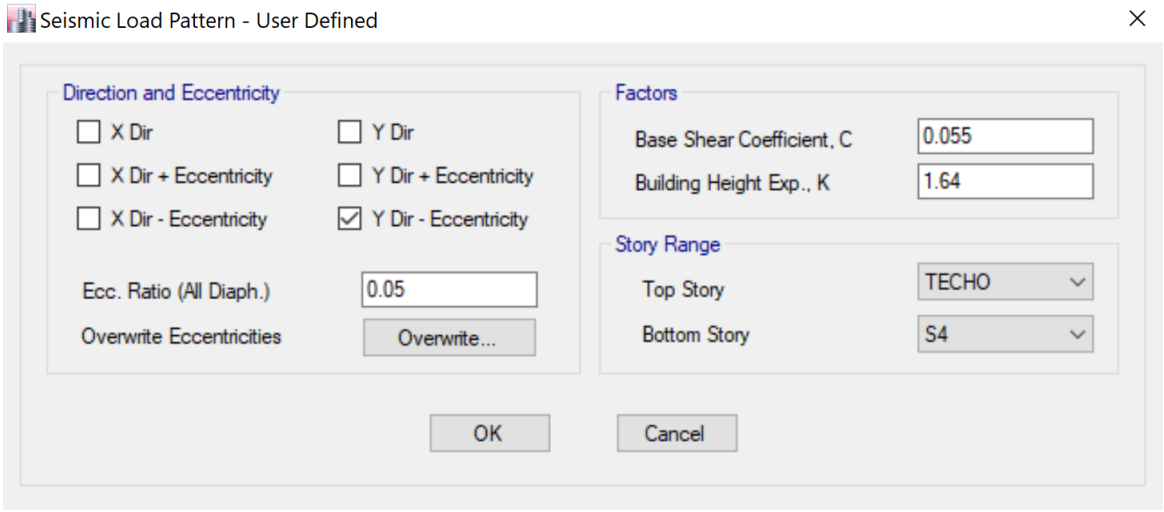


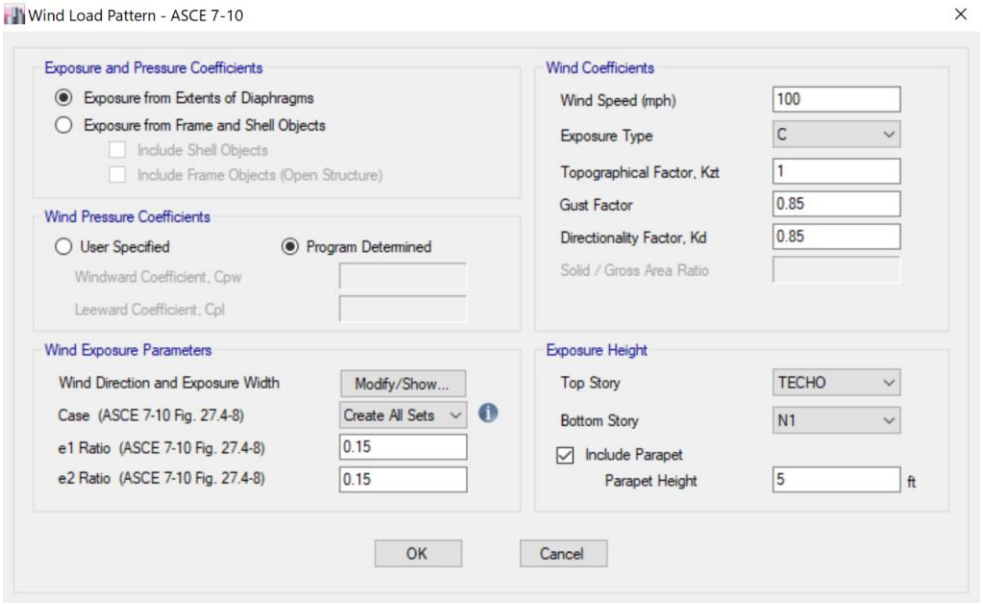
Figura No. 205. Patrón de carga sísmica con excentricidad en eje Y negativo



En los patrones de carga observa que el coeficiente de sísmico y el factor k fueron ingresados manualmente con excentricidad respecto al centro de masa en el sentido positivo y el negativo para ambas direcciones, eje x y eje y. Se ingresa una excentricidad mínima del 5% de la distancia por nivel según lo exige el manual ASCE 7-10. El rango de los niveles al cual se verá afectada la estructura en un sismo es de todos los niveles incluyendo los sótanos previniendo que en algún futuro la Universidad del Valle de Guatemala quisiera ampliar o realizar otro edificio y se tenga que quitar el *soilnailing* en algún lado de la estructura.

Por último se debe de ingresar los patrones de carga por viento en ambas direcciones

Figura No. 206. Patrones de cargas de viento



El edificio estará expuesto al viento únicamente por los niveles por arriba de la calle, es decir a partir del nivel 1 hasta la planta de techo. Para esto se debe de realizar una dirección en el eje x a 0 grados y en el eje y a 90 grados.

Se debe de realizar el cálculo y distribución del corte basal para ambas direcciones (X y Y), donde el corte basal será una multiplicación entre el coeficiente sísmico calculado y el peso sísmico de la estructura es el mismo para ambas direcciones.

Cuadro No. 110. Peso sísmico (Ws) generado por ETABS

Load Case/Combo	FX kip	FY kip	FZ kip
peso sismico	0	0	31375.361

Cuadro No. 111. Cálculo y distribución del corte basal, dirección X y Y

$V=C_S W_S=$	1725.625	kips
$C_S=$	0.0550	
$W_S=$	31375.36	kips

20. Análisis dinámico. Para el análisis sísmico se debe de realizar un análisis dinámico, debido a que cuando una estructura está sujeta a cargas de desplazamientos horizontales en su base, están actuando dinámicamente, ya que desarrollan acciones opuestas al movimiento impuesto por tales cargas o desplazamientos.

Si estos fueran aplicados en una velocidad muy lenta, las fuerzas de inercia serían muy pequeñas, ya que serían aceleraciones sumamente bajas y, por lo tanto, se debe justificar este comportamiento a través de un análisis estático, sin embargo; no resulta útil ni seguro para velocidades mayores.

Se debe realizar los parámetros de diseño para un factor de escala dinámico inicial el cual ayudará para encontrar el cortante basal dinámico inicial.

Cuadro No. 112. Cálculo para el factor de escala inicial

DIRECCIÓN	g	R	I	g/(R/I)	30%
X	385.73	8	1.25	60.27	18.0810
Y	385.73	8	1.25	60.27	18.0810

El factor de escala g/(R/I) es el factor de escala que se ingresa en el sismo dinámico para comparar el sismo estático con el sismo dinámico, además se debe de ingresar el 30% del factor de escala en la dirección perpendicular en el análisis, según lo indican los códigos de diseño NSE.

Figura No. 207. Imagen ingresando factor de escala en análisis dinámico inicial eje X

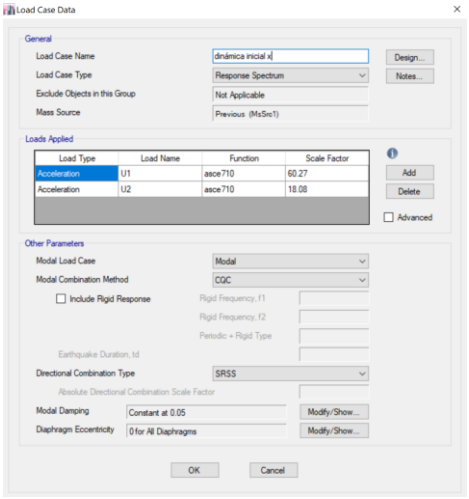
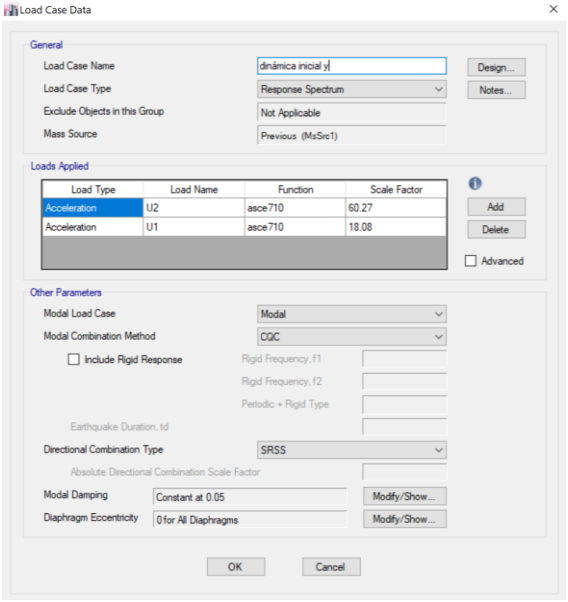


Figura No. 208. Imagen ingresando factor de escala en análisis dinámico inicial eje Y



Luego corremos el programa y conseguimos nuestro valor dinámico inicial.

Cuadro No. 113. Valor de corte dinámico inicial basal generado por ETABS

Load Case/Combo	FX kip	FY kip
dinámica inicial x ...	1264.428	412.151
dinámica inicial y ...	414.856	1254.559

Debido a que el código exige que el corte basal dinámico sea mayor al 85% del corte estático se puede generar un factor Fa el cual será un coeficiente de corrección para nuestro factor de escala, donde si el corte dinámico es menor que el 85% del corte estático, el factor Fa será igual a:

$$Fa = \frac{V_{Est} - V_{Din}}{V_{Din}} + 1$$

De lo contrario, si el corte dinámico es menor al 85% del corte estático, el factor Fa será igual a 1, por lo que no tendrá que ajustarse.

Cuadro No. 114. Validación del análisis dinámico inicial

	V basal	Kips	85% V_{Est}	$V_{Din} < 0.85\ V_{Est}$	Fa
SENTIDO X	Estático=	1725.64	1466.80	NO OK	1.1600
	Dinámico=	1264.43			
SENTIDO Y	Estático=	1725.64	1466.80	NO OK	1.1692
	Dinámico=	1254.56			

Con este nuevo factor, se puede determinar un nuevo factor de escala, el cual será el final para nuestro diseño.

Cuadro No. 115. Cálculo para el factor de escala final

DIRECCIÓN	g	R	I	Fa*g/(R/I)	30%
X	385.73	8	1.25	69.92	20.97
Y	385.73	8	1.25	70.47	21.14

Este nuevo factor de escala se ingresa al programa de ETABS para obtener un nuevo cortante basal dinámico, realizando la misma metodología con el cortante inicial, únicamente que esta vez se espera que el cortante dinámico sea mayor que el 85% del cortante estático.

Figura No. 209. Imagen ingresando factor de escala en análisis dinámico inicial eje X

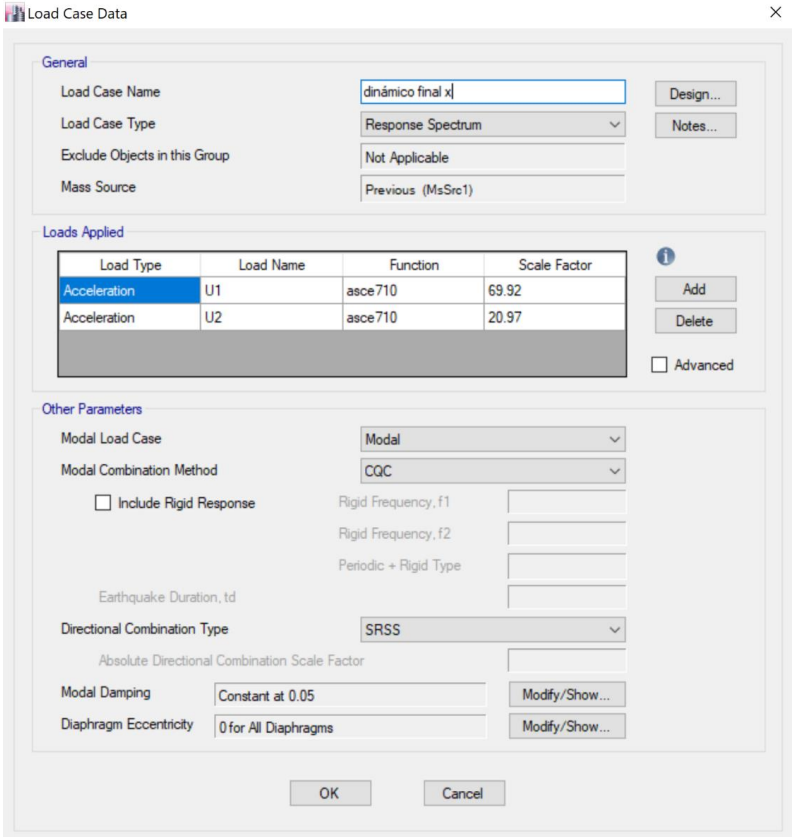
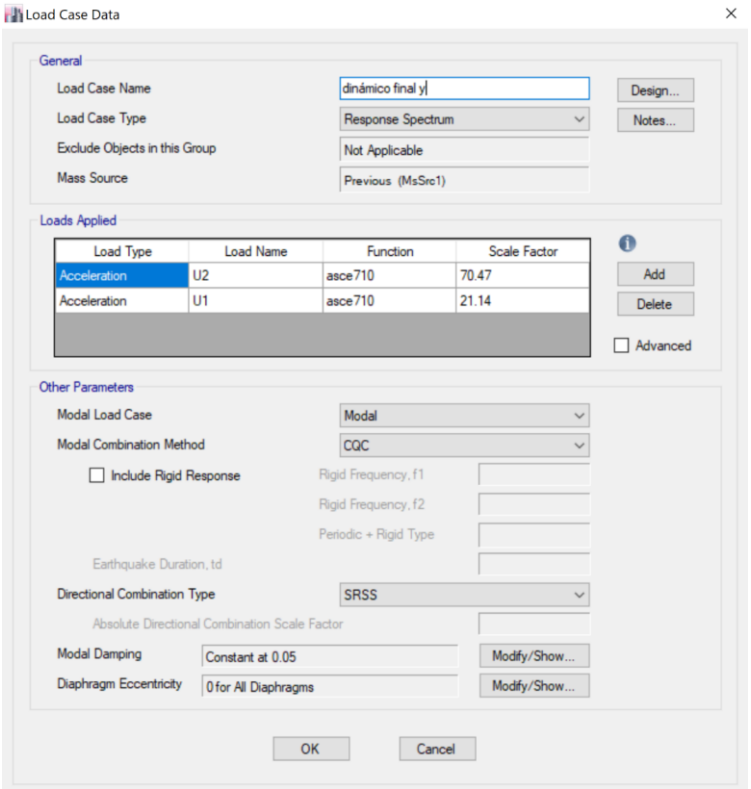


Figura No. 210. Imagen ingresando factor de escala en análisis dinámico inicial eje Y



Cuadro No. 116. Valor de corte dinámico inicial basal generado por ETABS

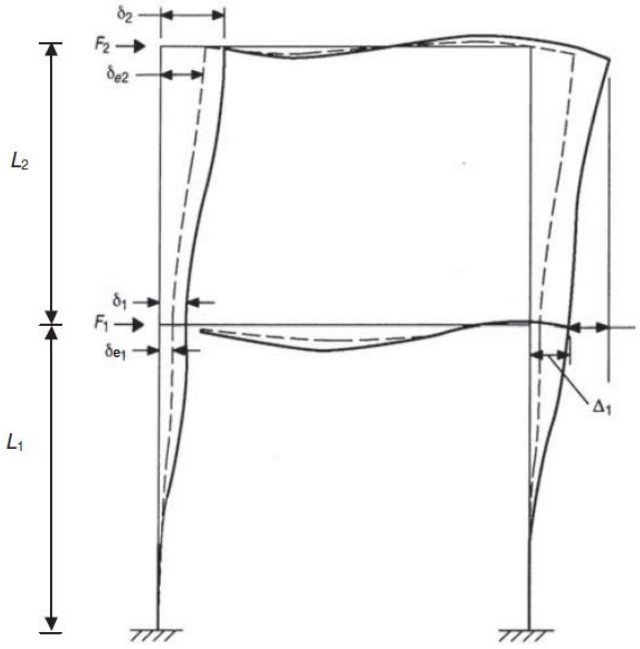
Load Case/Combo	FX kip	FY kip
dinámico final x ...	1466.879	478.049
dinámico final y ...	485.068	1466.879

Cuadro No. 117. Validación para el análisis dinámico final

	SENTIDO X	**Kips**	**85% V_{Est}**	**V_{Din} < 0.85 V_{Est}**
SENTIDO X	Vbasal Estático=	1725.64	1465.07	OK
	Vbasal Dinámico=	1466.88		
SENTIDO Y	Vbasal Estático=	1725.64	1465.07	OK
	Vbasal Dinámico=	1466.88		

21. Revisión de derivas. La revisión de derivas se verá constituida por la diferencia de deflexiones ubicados en los centros de masas superior e inferior de cada piso a considerar.

Figura No. 211. Determinación de deriva por nivel



Observando la figura anterior se puede identificar que los centros de masas no están alineados verticalmente, permitiéndonos calcular una deflexión en la parte inferior basada en la proyección vertical del centro de masa del piso superior. Al utilizar un diseño de tensión permisible, Δ se calcula utilizando fuerzas sísmicas de nivel de resistencias sin reducción para diseño de esfuerzos permisibles para estructuras designadas en el diseño sísmico C, D, E o F con irregularidad horizontal.

Para el cálculo Δ se calculará como la diferencia más grande de las deflexiones de los puntos alineados verticalmente en la parte superior y parte inferior de la historia en consideración a los bordes de la estructura, utilizado para encontrar las derivas de cada piso de diseño, donde se determinará de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\delta_x = \frac{C_d\ \delta_{xe}}{I_e}$$

Donde

C_d= el factor de amplificación de deflexión

δ_{xe}= la deflexión en el lugar requerido por la sección determinada por un análisis elástico

I_e= el factor de importancia

Para determinar el Δ se estará usando la tabla 12.12-1 de la ASCE 7-10 done según su categoría de riesgo y su estructura encontramos la deriva por nivel permisible, Δa.

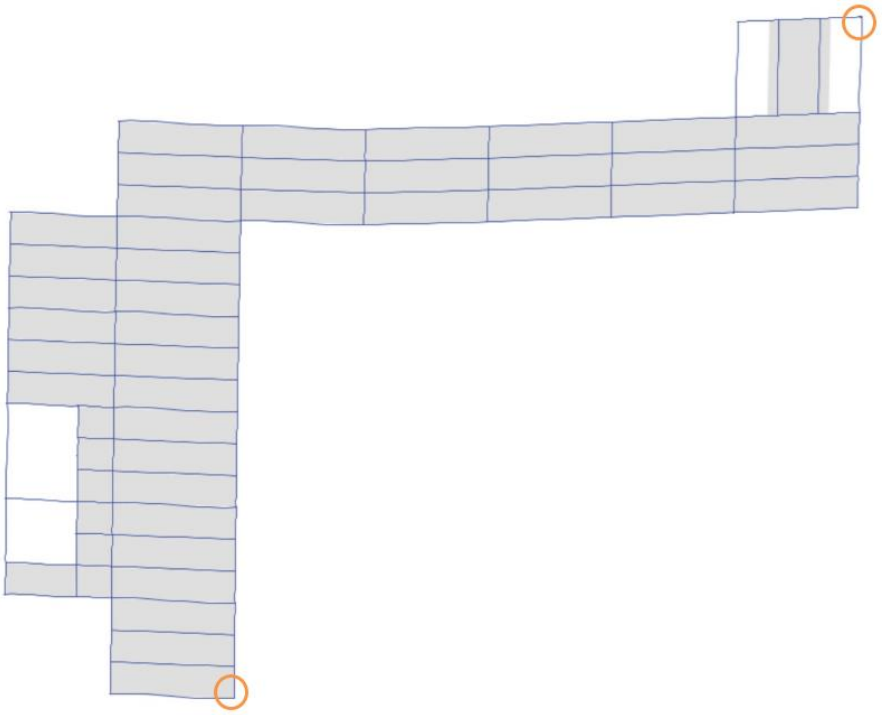
Cuadro No. 118. Deriva por nivel permisible, Δa

Structure	Risk Category		
	I or II	III	IV
Structures, other than masonry shear wall structures, 4 stories or less above the base as defined in Section 11.2, with interior walls, partitions, ceilings, and exterior wall systems that have been designed to accommodate the story drifts.	$0.025h_{sx}$[c]	$0.020h_{sx}$	$0.015h_{sx}$
Masonry cantilever shear wall structures[d]	$0.010h_{sx}$	$0.010h_{sx}$	$0.010h_{sx}$
Other masonry shear wall structures	$0.007h_{sx}$	$0.007h_{sx}$	$0.007h_{sx}$
All other structures	$0.020h_{sx}$	$0.015h_{sx}$	$0.010h_{sx}$

[a] h_{sx} is the story height below Level x.
[b] For seismic force-resisting systems comprised solely of moment frames in Seismic Design Categories D, E, and F, the allowable story drift shall comply with the requirements of Section 12.12.1.1.
[c] There shall be no drift limit for single-story structures with interior walls, partitions, ceilings, and exterior wall systems that have been designed to accommodate the story drifts. The structure separation requirement of Section 12.12.3 is not waived.
[d] Structures in which the basic structural system consists of masonry shear walls designed as vertical elements cantilevered from their base or foundation support which are so constructed that moment transfer between shear walls (coupling) is negligible.

Luego en ETABS se debe correr el programa mostrando la forma deformada según el sismo dinámico final, anteriormente calculado, y encontrar en que punto de la estructura tenemos la deriva más grande para ambos ejes, X y Y.

Figura No. 212**.** Ilustración de la planta de techo ubicando las esquinas a analizar



Al momento de encontrar la deriva máxima en el eje, en una elevación en el eje para encontrar la deriva máxima en cada nivel del edificio, para luego chequear que las derivas cumplen y que el edificio resiste a las fuerzas horizontales según su distribución y elementos estructurales. Estos chequeos se realizarán en el siguiente capítulo.

Figura No. 213. Elevación de la esquina superior derecha de la Figura No. 32.

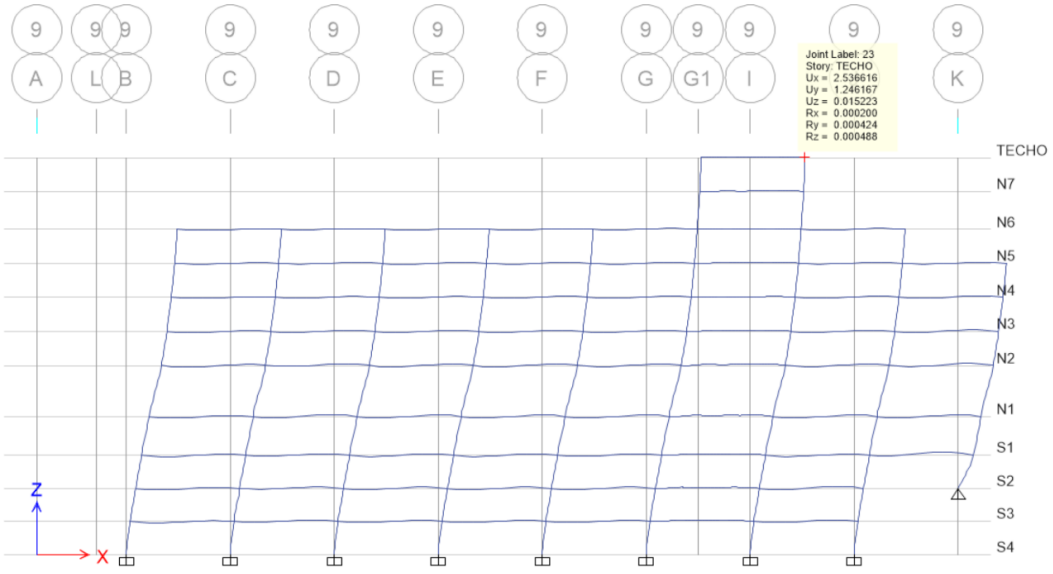
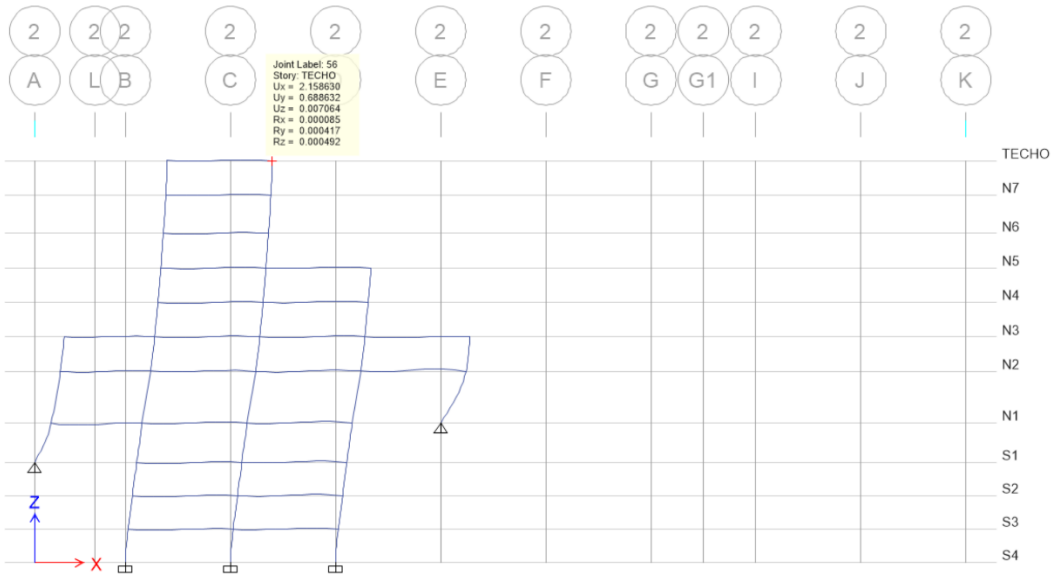


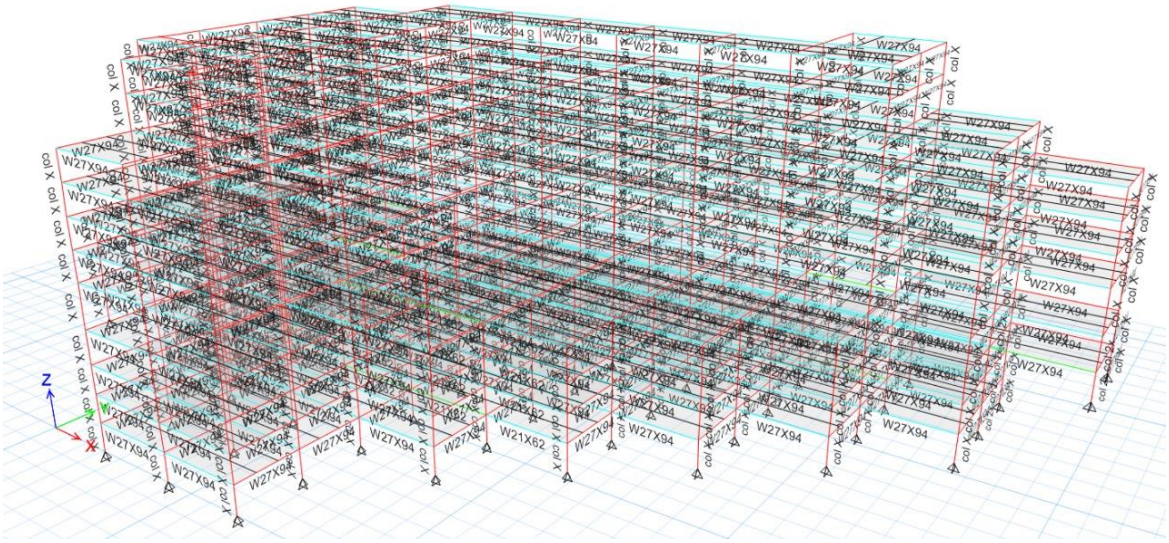
Figura No. 214. Elevación de la esquina inferior derecha de la Figura No. 32.



22. Modelo estructural en ETABS. Al terminar nuestro modelo en ETABS se debe de chequear como quedó la estructura. Para esto se corre el diseño de marcos de acero el programa inicia a diseñar y a chequear todas las vigas principales y columnas según su preferencia de diseño encontrada en el Anexo No. 7. ETABS diseña y chequea cada elemento individualmente y optimiza el proceso, no solo con su velocidad, sino que pre diseña cada elemento optimizando y maximizando su capacidad.

Los elementos son chequeados según el código de diseño AISC 360-10 y realiza todas las iteraciones necesarias que demanda el código de diseño baja una demanda contra capacidad no mayor del 95%. Al terminar de diseñar y diseñar ETABS pre dimensiona cada elemento con una viga W y separa los elementos según su demanda capacidad por colores, donde un color más claro es cercano a cero y un color fuerte rojo es cercana a la unidad. En nuestro diseño se buscó que sea un diseño óptimo y seguro para la estructura.

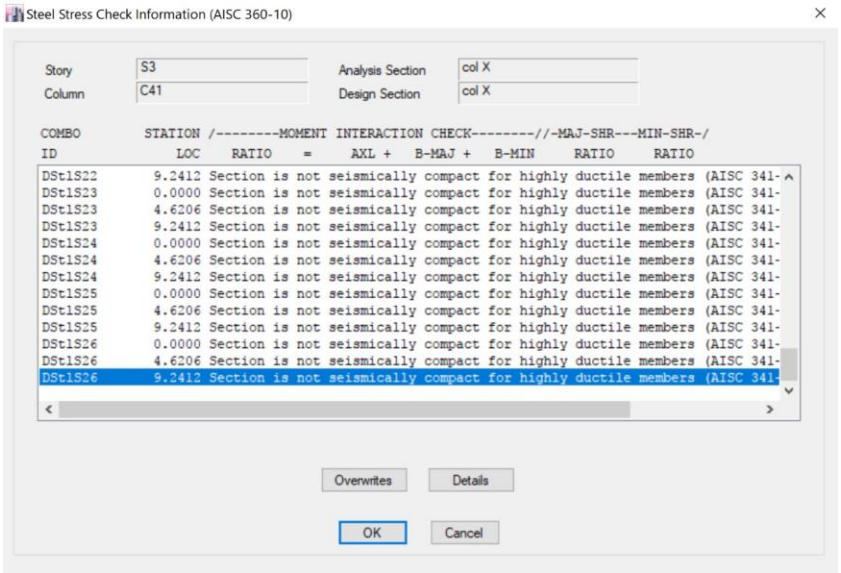
Figura No. 215. Chequeo de columnas y vigas principales



En la Figura No.215 se puede observar que todas las columnas están de color rojo, por lo que se debe de estudiar que está sucediendo en ese elemento, por lo que en la Figura No.216 se puede observar los detalles de la columna según el análisis desarrollado por el programa, el cual implica que la columna no chequea debido a que no es sísmicamente compacta y el diseño de marcos tipo SMF (marcos a momentos en acero, según sus siglas en inglés) no permite columnas que no sean sísmicamente compactas.

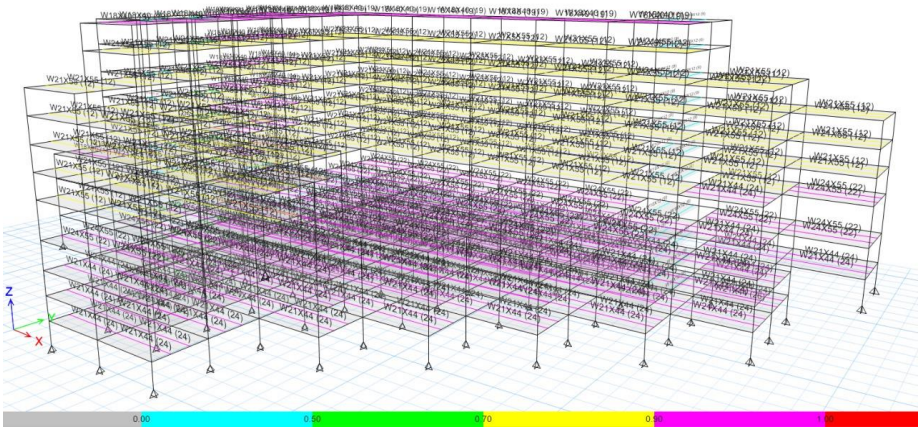
Debido a que las columnas propuestas son columnas diseñadas en forma de cruz, visto anteriormente, el programa no puede determinarlas sísmicamente compactas, por lo que en el capítulo siguiente se verificó que los perfiles propuestos para las columnas sí sean sísmicamente compactas

Figura No. 216. Información del diseño y chequeo de columnas en ETABS



Por último, se realizó un diseño y chequeo de vigas secundarias en sección compuesta y el número de pasadores de corte que requiere cada viga bajo la misma norma y especificaciones de diseño visto anteriormente. Las vigas se diseñaron sin contra flecha alguna.

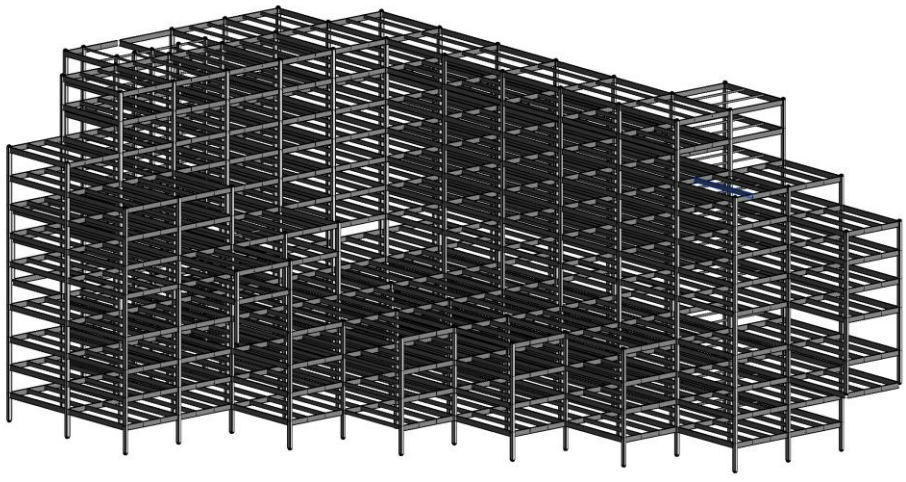
Figura No. 217. Chequeo de vigas secundarias



23. Vinculación ETABS a REVIT. Al tener el modela ETABS ya terminado y chequeado, se procede a realizar la exportación de ETABS a REVIT utilizando el mismo plugin, utilizado anteriormente, CSiXRevit.

Luego de exportarlo en un formato de REVIT se debe realizar la vinculación para que todos los elementos casen adecuadamente a la estructura.

Figura No. 218. Modelo de la estructura vinculada al edificio original en REVIT



Se logró vincular una estructura realizada en ETABS estructuralmente correcta e ingresarla a un programa de dibujo y diseño como REVIT, esto demuestra como un ingeniero y un arquitecto pueden trabajar de la mano en un mismo proyecto sin equivocarse, para luego realizar un análisis constructivo en REVIT y ejecutar la obra de una mejor manera.

B. Diagnóstico hidráulico

1. Uso de manuales para diseño de sistemas contra incendios. Para el análisis se aplicarán: el sistema contra incendios pasivo y el sistema contra incendios activo, para este sistema contra incendios solo se propondrá una propuesta de diseño el cual cumpla con los estándares que nos norman las normas NFPA, sin embargo, no se diseñó el sistema eléctrico del sistema. De esta manera, se propondrá al final del diseño que se lleve a cabo una segunda fase de diseño en el cual solo se enfoque en el diseño eléctrico del sistema y comprarlo con otro tipo de sistema contra incendios que indican la norma.

Además del diseño, se realizará un chequeo de las salidas de emergencia con el fin de verificar si estas rutas de evacuación cumplen con los criterios de diseño y que garantice el bienestar del individuo, basado en normas de la CONRED.

Para la propuesta del diseño del sistema nos basaremos en normas NFPA las cuales listo a continuación:

- NFPA 10 se usará para determinar la ubicación de los extinguidores portátiles en el CIT.
- NFPA 13 se usará para determinar la ubicación del sistema de rociadores y en qué áreas son vulnerables a sufrir accidentes relacionados a incendios. Las áreas para implementar el sistema de rociadores son cocinas de los restaurantes del edificio y en laboratorios de Ingeniería de Alimentos.
- NFPA 14 se usará para el diseño de sistemas de tubería vertical y de manguera. La ubicación donde se pretende llevar a cabo la instalación de las tuberías es en ductos cercanos a rutas de evacuación. Estos serían los módulos de gradas y las salidas de emergencia del edificio.
- NFPA 20 para este proyecto no se utilizará la NFPA-20, pero para futuras fases se recomienda emplear esta norma para diseñar el tipo de bomba que cumpla con las presiones del sistema y para un diseño del cuarto de bombas que requiere el sistema analizado.
- NFPA 72 se empleará para determinar las alturas y el diseño que se debe seguir para instalar toda alarma y detector de humo en el edificio y este se encuentre normado por medio de la norma NFPA y normas estatales de Guatemala como lo es la de CONRED NRD-2.

Se considera importante realizar un diseño de ubicación de las alarmas, detectores de humo, extinguidores, rociadores y mangueras. Se hará un análisis por medio de Revit, mediante el cual se podrá identificar las mejores ubicaciones para su instalación. Y por medio de Revit se podrá realizar un plan de evacuación para emergencias y se podrá detallar las acciones que se deberán tomar a la hora de un incendio.

Al aplicar la metodología BIM a este proyecto, no solo se mostrará en diseño del sistema, sino que se mostrarán planos, renders y además permitirá realizar una cuantificación de los materiales se requieren para llevar a cabo la instalación del sistema contra incendio.

2. Características del modelo. Por lo tanto, la estructura del CIT cuenta con un área de 46,706.83 metros cuadrados dividía en cuatro sótanos de parqueo, siete niveles de aulas y oficinas, a continuación, se describe los siguientes usos:

- Laboratorios.
- Cafeterías.
- Aulas.
- Auditorios.
- Bibliotecas.
- Baños.
- Parqueos.
- Oficinas administrativas.

Se puede decir que el CIT es un edificio muy complejo diseñado para tener alumnos y personal administrativo en la mayor parte del tiempo. Además de todo el equipo de los diferentes laboratorios de los departamentos de ingeniería.

Figura No. 219. Ubicación del CIT.



Fuente: (Seis Arquitectos, 2017)

3. Análisis de espacios. Para el análisis del CIT se dividirá el edificio por las diferentes áreas que posee que serían:

a. Sótanos. El edificio contará con cuatro niveles de sótano con 444 plazas de estacionamientos. Los sótanos también contarán con cuartos de bodegas y mantenimiento, cuartos para equipo eléctrico y dos tanques de cisterna con su cuarto de bombas. Para el cuarto de máquinas del sistema contra incendios se puede destinar a una bodega de los sótanos esto debido a que el cuarto de bombas que se define en el plano es para uso de agua potable del edificio.

Cuadro No. 119. Distribución de estacionamientos de sótanos del CIT.

Descripción	Subtotal (unidades)
Sótano 1	101
Sótano 2	114
Sótano 3	114
Sótano 4	115
Total, de estacionamientos	**444**

Fuente: elaboración propia

El cuadro anterior se extrajo por medio de los planos proporcionados.

b. Nivel 1. Este nivel está constituido básicamente por once laboratorios de ingeniería, además se tiene un área denominada Makerspace el cual se ubicarán escritorios de trabajo, laboratorios de manufactura digital, maquinaria de carpintería y pintura. En este nivel se ubica también una clínica y un cubículo el cual será usado para personal administrativo. Otra característica del primer nivel su altura que posee, ya que tiene una altura de 6 metros y este se encuentra conectado con el edificio C, edificio que actualmente se encuentran laboratorios de química, física y biología.

Cuadro No. 120. Distribución de área de primer nivel del CIT.

Cantidad	Descripción	Subtotal (m2)	Área de construcción (m2)
2	Laboratorios de Ing. Mecánica	311.12	
2	Laboratorios de Ing. Civil	244.89	
2	Laboratorios de Ing. Química	301.53	
1	Laboratorios de Ing. Alimentos	768	
1	Makerspace	698.7	
4	Laboratorios de Mecatrónica y Electrónica	531.53	
1	Clínica Médica	28.3	
1	Cubículo	33.75	
	Total, de m2	**2,917.82**	**4,872.35**

Fuente: elaboración propia.

El cuadro anterior se extrajo por medio de los planos proporcionados.

c. Nivel 2. El segundo nivel del edificio se encontrará conectará con los demás edificios que forman parte del campus de la universidad. Además, contará con una plaza principal. El aula poseerá laboratorios de Ingeniería Industrial, dos aulas de flexspace, aula networking, una librería, un área de foodcourt con capacidad de tres locales y cubículos de estudio. Este nivel tendrá una altura de 3.60 metros y contará con acceso peatonal desde la 11 calle.

Cuadro No. 121. Distribución de área del segundo nivel del CIT.

Cantidad	Descripción	Subtotal (m2)	Área de construcción (m2)
2	Aulas Flexspace	237.71	
2	Laboratorios Ciencias de la Adm.	229.74	
2	Laboratorios Métodos y Procesos	241.69	
1	Aula Networking	198.35	
1	Librería	69.69	
1	Cubículo	54.21	
3	Locales de Foodcourt	115.6	
1	Control	17.73	
1	Mesas de Foodcourt	325.07	
	Total, de m2	**1,489.79**	**3,926.87**

Fuente: elaboración propia

El cuadro anterior se extrajo por medio de los planos proporcionados.

d. Nivel 3. El tercer nivel del edificio cuenta con una biblioteca donde se encontrarán cubículos y salones de estudios. En este nivel se encontrarán salas de capacitaciones y conferencia, áreas de investigación y restauración de libros, cafeterías, un salón de usos múltiples, aulas MakerSpace, área de colección shook y un laboratorio de innovación educativa. Este nivel tendrá una altura de 3.60 metros.

Cuadro No. 122. Distribución de área del tercer nivel CIT.

Cantidad	Descripción	Subtotal (m2)	Área de construcción (m2)
1	Biblioteca	1,058.00	
1	Cafetería	151.15	
1	Colecciones Shook	106.1	
1	Film	60.34	
1	Aula de Innovación Social	75.38	
2	Sala de presentaciones	85.93	
1	Makerspace Steam	194.13	
1	Makerspace Proyectos	377.48	
2	Cowork docentes y estudiantes	201.86	
1	Laboratorio de Innovación Educativa	113.15	
	Total, de m2	**2,423.52**	**4,048.54**

Fuente: elaboración propia

El cuadro anterior se extrajo por medio de los planos proporcionados.

e. Nivel 4. El cuarto nivel del edificio se conforma por siete aulas regulares con capacidad aproximadamente de 20 a 30 alumnos. Además, los dos cubículos de estudio, un salón de catedráticos, dos laboratorios de Ingeniería de Ciencias de la Computación, una cámara Gesell, áreas de arte y diseño, un espacio para diseño de sonido. Este nivel tendrá una altura de 3.60 metros.

Cuadro No. 123. Distribución de área del cuarto nivel del CIT.

Cantidad	Descripción	Subtotal (m2)	Área de construcción (m2)
7	Aulas Regulares	561.63	
2	Cubículos de Estudio	102.75	
1	Salón de Profesores	40.94	
2	Laboratorios de Ingeniería de Ciencias de la Computación	205.82	
1	Cámara Gesell	112.25	
1	Laboratorio de Tecnología y Diseño	185.26	
1	Aula de arte y diseño	246.2	
1	Mantenimiento	97.89	
1	Área de música y diseño de sonido	390.34	
	Total, de m2	**1,943.08**	**3,945.22**

Fuente: elaboración propia

El cuadro anterior se extrajo por medio de los planos proporcionados.

f. Nivel 5. El quinto piso del edifico poseerá para diecinueve aulas regulares, tres cubículos de estudio, un salón de profesores, dos aulas Technology Enhaced Active Learning y un área de mantenimiento. Este nivel tendrá una altura de 3.60 metros.

Cuadro No. 124. Distribución de área del quinto nivel del CIT.

Cantidad	Descripción	Subtotal (m2)	Área de construcción (m2)
16	Aulas Regulares	1,762.93	
3	Cubículos de Estudio	46.88	
1	Salón de Profesores	52.44	
2	Aula Teal	164.68	
1	Mantenimiento	58.86	
	Total, de m2	**2,085.79**	**3,907.36**

Fuente: elaboración propia

El cuadro anterior se extrajo por medio de los planos proporcionados.

g. Nivel 6. El sexto nivel del edificio será ocupado por aulas regulares, dos aulas design thinking, aulas para uso de auditorio, un salón de profesores, tres cubículos de estudio y un área de mantenimiento. Este nivel contará con una altura de 4.00 metros, siendo mayor a los pisos típicos de los niveles anteriores del edificio.

Cuadro No. 125. Distribución de área del sexto nivel del CIT.

Cantidad	Descripción	Subtotal (m2)	Área de construcción (m2)
7	Aulas Regulares	540.4	
2	Aulas design Thinking	174.46	
8	Aulas para uso auditorio	963.59	
1	Salón de profesores	132.53	
3	Cubiculos de estudio	47.31	
1	OTM	65.91	
1	Mantenimiento	77.79	
	Total, de m2	**2,001.99**	**3,621.19**

Fuente: elaboración propia

El cuadro anterior se extrajo por medio de los planos proporcionados.

h. Nivel 7. El séptimo nivel del edificio está constituido por seis aulas regulares con espacios de reunión y lectura, dos salones de usos múltiples, un auditorio con capacidad de 108 personas según planos proporcionados, un cuarto de máquinas, un cuarto de mantenimiento y una cafetería con capacidad de 60 personas. El séptimo nivel tendrá una altura de 3.60 metros.

Cuadro No. 126. Distribución de área del séptimo nivel del CIT.

Cantidad	Descripción	Subtotal (m2)	Área de construcción (m2)
6	Aulas Regulares	462.14	
1	Auditorio	353.18	
1	Cafeteria	182.16	
1	Salón de eventos 1	110.95	
1	Salón de eventos 2	91.19	
1	Cuarto de máquinas	102.01	
1	Cuarto de mantenimiento	33.02	
	Total, de m2	**1,334.65**	**2,103.39**

Fuente: elaboración propia

El cuadro anterior se extrajo mediante de los planos proporcionados.

Al analizar los espacios se puede realizar un resumen de las áreas rentables de todo el edifico con sus respectivas áreas de construcción. Por lo tanto, servirá para determinar la cantidad de detectores de humo y alarmas a poner en cada uno de los ambientes que componen el edificio. Además, también permitirá determinar el número de extinguidores que se deben poner y en que ambientes es aconsejable ubicar los sistemas de rociadores según el tipo de equipo que se tenga. El cuadro que se muestr a continuación fue realizado en base a los planos.

Cuadro No. 127. Resumen de áreas del CIT.

RESUMEN DE ÁREAS DE CONSTRUCCIÓN		ÁREAS RENTABLES	
Nivel	**Total (m2)**	**Totales (m2)**	
NIVEL 1	4,872.35	EDIFICIO	2,917.82
NIVEL 2	3,926.87		1,489.79
NIVEL 3	4,048.54		2,423.52
NIVEL 4	3,945.22		1,943.08
NIVEL 5	3,907.36		2,085.79
NIVEL 6	3,621.19		2,001.99
NIVEL 7	2,103.39		1,334.65
TOTAL, m2 NIVELES	**26,424.92**		
SÓTANO 1	5,102.50	SÓTANOS	
SÓTANO 2	5,112.74		
SÓTANO 3	5,119.30		
SÓTANO 4	4,947.37		
TOTAL, m2 SÓTANOS	**20,281.91**		
TOTAL, m^2	**46,706.83**		**14,196.64**

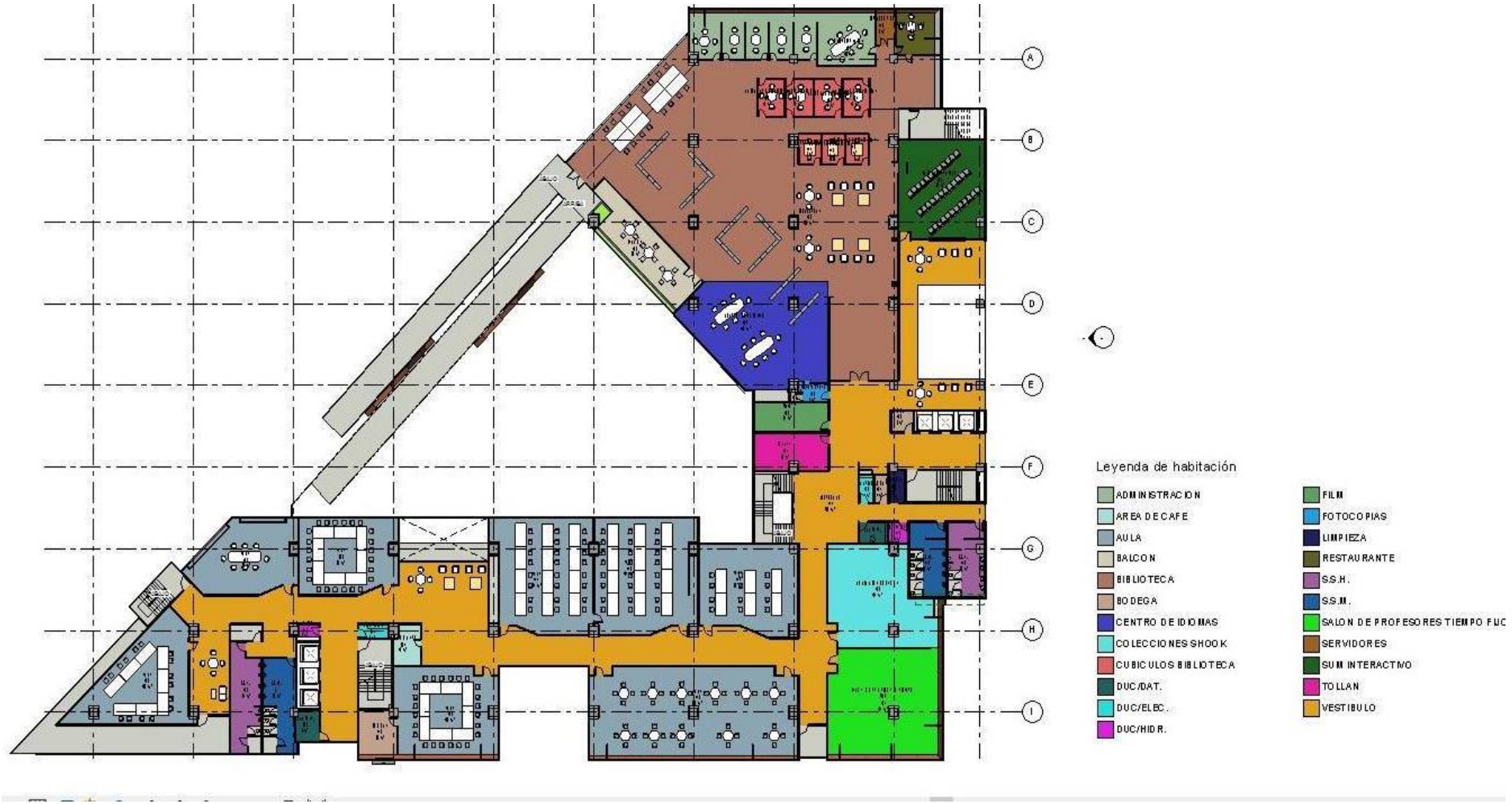
Fuente: elaboración propia

Figura No. 220. Distribución de espacios nivel 2 del CIT.



Fuente: elaboración propia

Figura No. 221. Distribución de espacios nivel 3 del CIT.



Fuente: elaboración propia

Figura No. 222. Render del CIT.



Fuente: elaboración propia

Imagen obtenida de la renderización del modelo del Centro de Innovación y Tecnología de la Universidad del Valle de Guatemala con Tecnología BIM.

C. Diagnóstico eléctrico

1. Descripción del Centro de Innovación y Tecnología CIT. El CIT se encontrará ubicado en el edificio "B" de la biblioteca de la Universidad del Valle de Guatemala. Las coordenadas del proyecto tomadas desde el Banco de marca 5 (BM5) cota 1502.67 son: LATITUD 14º36'13.50" y LONGITUD 90º29'21.85".

El material predominante con el que será construido el edificio es ladrillo y concreto. La edificación cuenta con siete niveles y cuatro sótanos para parqueos, con un total de 46 706.83 m^2 de construcción: 20 281.91 m^2 para sótanos y 26 424.92 m^2 para los siete niveles. El edificio contará con aulas, auditorios, laboratorios, biblioteca, áreas de cafetería y *food courts*, áreas de estacionamiento, entre otros espacios.

Figura No. 223. Ubicación del CIT en el actual edificio "B" en el campus de la Universidad del Valle de Guatemala.



Fuente: elaboración propia

2. Análisis de espacios

a. Sótanos. El edificio cuenta con cuatro niveles de sótanos con 444 plazas de estacionamiento. Los sótanos también cuentan con cuartos de bodegas y mantenimiento, cuartos para equipo eléctrico y dos tanques cisterna con su cuarto de bombas. El sótano 1 cuenta con dos plazas adicionales para uso exclusivo de carga y descarga.

Cuadro No. 128. Distribución de estacionamientos en cada nivel de sótanos

Descripción	Subtotal
Sótano 1	101
Sótano 2	114
Sótano 3	114
Sótano 4	115
Total de plazas de estacionamiento	444

b. Nivel 1. Está constituido por once laboratorios de ingeniería, en el área denominada "MakerSpace" se ubicarán escritorios de trabajo, laboratorio de manufactura digital, maquinaria de carpintería y pintura. Además contará con una clínica médica y un cubículo. El nivel 1 tiene una altura de 6 metros y se conecta con el edificio "C".

Cuadro No. 129. Descripción de áreas del Nivel 1

Cantidad	Descripción	Área (m^2)
2	Laboratorios de ingeniería mecánica	311.12
2	Laboratorio de ingeniería civil	244.89
2	Laboratorios de ingeniería química	301.53
1	Laboratorio de alimentos	768.00
1	Makerspace	698.70
4	Laboratorio de mecatrónica y electrónica	531.53
1	Clínica médica	28.30
1	Cubículo	33.75
Total área rentable		2917.82
Área de construcción		4872.35

c. Nivel 2. Este nivel se conecta con las demás edificaciones del campus de la universidad, ya que cuenta con la plaza principal. El nivel 2 contendrá cuatro laboratorios de Ingeniería Industrial, dos aulas *flexspace*, aula *networking*, una librería, un área de *foodcourt* con capacidad para tres locales y cubículos de estudio. Este tiene una altura de 3.60 metros y cuenta con un ingreso peatonal desde la 11 calle.

Cuadro No. 130. Descripción de áreas del Nivel 2

Cantidad	Descripción	Área (m^2)
2	Aulas flexspace	237.71
2	Laboratorios ciencias de administración	229.74
2	Laboratorios métodos y procesos	241.69
1	Aula networking	198.35
1	Librería	69.69
1	Cubículo	54.21
3	Locales foodcourt	115.60
1	Control	17.73
1	Mesas foodcourt	325.07
Total área rentable		1489.79
Área de construcción		3926.87

d. Nivel 3. El tercer nivel cuenta con una biblioteca, salones de estudio, sala de capacitaciones y conferencias, áreas de investigación y restauración de libros, una cafetería, un salón de usos múltiples, aulas *MakerSpace,* área de colecciones shook y un laboratorio de innovación educativa. Este nivel tiene una altura de 3.60 metros.

Cuadro No. 131. Descripción de áreas del Nivel 3

Cantidad	Descripción	Área (m^2)
1	Aulas flexspace	1058.00
1	Laboratorios ciencias de administración	151.15
1	Laboratorios métodos y procesos	106.10
1	Aula networking	60.34
1	Librería	75.38
2	Cubículo	85.93
1	Locales foodcourt	194.13
1	Control	377.48
2	Mesas foodcourt	201.86
1	Laboratorio de innovación educativa	113.15
Total área rentable		2423.52
Área de construcción		4048.54

e. Nivel 4. Está conformado por siete aulas regulares con capacidad de 20 a 30 alumnos, dos cubículos de estudio, un salón de profesores, dos laboratorios de Ingeniería de Ciencias de la Computación, una cámara Gesell, áreas de arte y diseño, un espacio para diseño de sonido. El cuarto nivel tiene una altura de 3.60 metros.

Cuadro No. 132. Descripción de áreas del Nivel 4

Cantidad	Descripción	Área (m^2)
7	Aulas flexspace	561.63
2	Laboratorios ciencias de administración	102.75
1	Laboratorios métodos y procesos	40.94
2	Aula networking	205.82
1	Librería	112.25
1	Cubículo	185.26
1	Locales foodcourt	246.20
1	Control	97.89
1	Mesas foodcourt	390.34
Total área rentable		1943.08
Área de construcción		3945.22

f. Nivel 5. Este nivel será destinado para diecinueve aulas regulares, tres cubículos de estudio, un salón de profesores, dos aulas *Technology Enhaced Active Learning* y un área de mantenimiento. Al igual que el nivel anterior, cuenta con una altura de 3.60 metros.

Cuadro No. 133. Descripción de áreas Nivel 5

Cantidad	Descripción	Área (m^2)
19	Aulas flexspace	1762.93
3	Laboratorios ciencias de administración	46.88
1	Laboratorios métodos y procesos	52.44
2	Aula networking	164.68
1	Librería	58.86
Total área rentable		2084.79
Área de construcción		3907.36

g. Nivel 6. El sexto nivel será ocupado por aulas regulares, dos aulas *design thinking,* aulas auditorio, un salón de profesores, tres cubículos de estudio y un área de mantenimiento. Este nivel cuenta con mayor altura, siendo esta de 4.00 metros.

Cuadro No. 134. Descripción de áreas Nivel 6

Cantidad	Descripción	Área (m^2)
7	Aulas regulares	540.40
2	Aulas *design thinking*	174.46
8	Aulas auditorio	963.59
1	Salón de profesores	132.53
3	Cubículos de estudio	47.31
1	OTM	65.91
1	Mantenimiento	77.9
Total área rentable		2001.99
Área de construcción		3621.19

h. Nivel 7. El nivel estará constituido por seis aulas regulares con espacios de reunión y lectura, dos salones de usos múltiples, un auditorio con capacidad de 108 personas, un cuarto de máquinas, un cuarto de mantenimiento, y una cafetería con capacidad 60 personas. El séptimo nivel tiene una altura de 3.60 metros.

Cuadro No. 135. Descripción de áreas del Nivel 7

Cantidad	Descripción	Área (m^2)
6	Aulas regulares	462.14
1	Auditorio	353.18
1	Cafertería	182.16
1	Salón de eventos 1	110.95
1	Salón de eventos 2	91.19
1	Cuarto de máquinas	102.01
1	Mantenimiento	33.02
Total área rentable		1334.65
Área de construcción		2103.39

En el siguiente cuadro se puede observar un resumen de áreas rentables de todo el edificio con sus respectivas áreas de construcción.

Cuadro No. 136. Áreas del CIT

Nivel	Área (m^2)	Área rentable (m^2)
1	4872.35	2917.82
2	3926.87	1489.79
3	4048.54	2423.52
4	3645.22	1943.08
5	39.07.36	2085.79
6	3621.19	2001.99
7	2103.39	1334.65
Total	26424.92	
Sotano 1	5102.50	
Sótano 2	5112.74	
Sótano 3	5119.30	
Sótano 4	4947.37	
Total	20281.91	
Total construcción	46706.83	14196.64

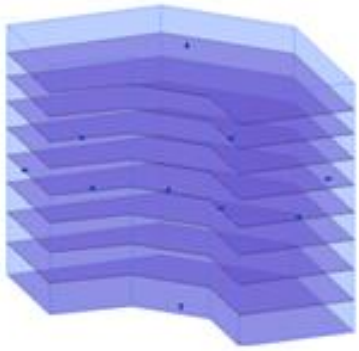
3. Simulación energética en Revit. La simulación energética del Centro de Innovación y Tecnología se efectuó con masas conceptuales. El diseño se estudia utilizando formas para conceptualizar el modelo del edificio, otorgándole características energéticas básicas como la ubicación, el plano de suelo, la fase del proyecto, la ocupación, entre otras.

Previo a la elaboración de las masas conceptuales, se analizó la geometría del proyecto, nivel por nivel. Los pasos realizados para ejecutar el análisis conceptual de energía son (Autodesk, 2014):

a. Crear un modelo de masas con la opción “In-Place Mass” en la sección de “Massing & Site”. Las masas se realizaron en base a la geometría del edificio, simplificándola. En este tipo de análisis, elaborar varias masas para hacer más realista el proyecto genera mayor error. Se recomienda efectuar las masas con la mayor simplicidad posible, el detalle en el modelado no significa un mejor análisis energético.

b. Seleccionar las masas conceptuales y agregarles “mass floors”. Los niveles de masas se utilizan para dividir la masa en niveles predeterminados. Para cada nivel de masa, Revit calcula el área, la superficie exterior, el volumen y el perímetro.

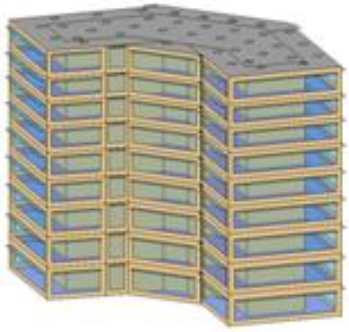
Figura No. 224. Niveles de masa



(Autodesk, 2014)

c. Ir a la pestaña de “Analyze”, en la sección de “Energy Analysis” seleccionar “Create Energy Model”.

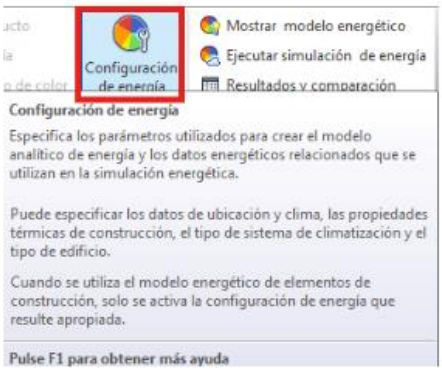
Figura No. 225. Modelo de energía



(Autodesk, 2014)

d. Configurar los parámetros de energía en la opción de “Energy Settings” en la pestaña de “Energy Analysis”. Los parámetros básicos se describen a continuación.

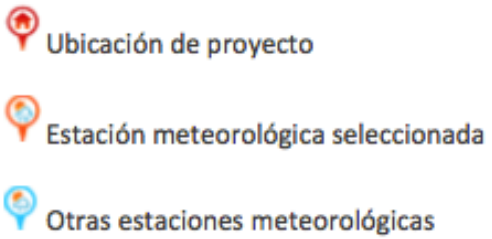
Figura No. 226. Configuración de energía



(Galván, 2017)

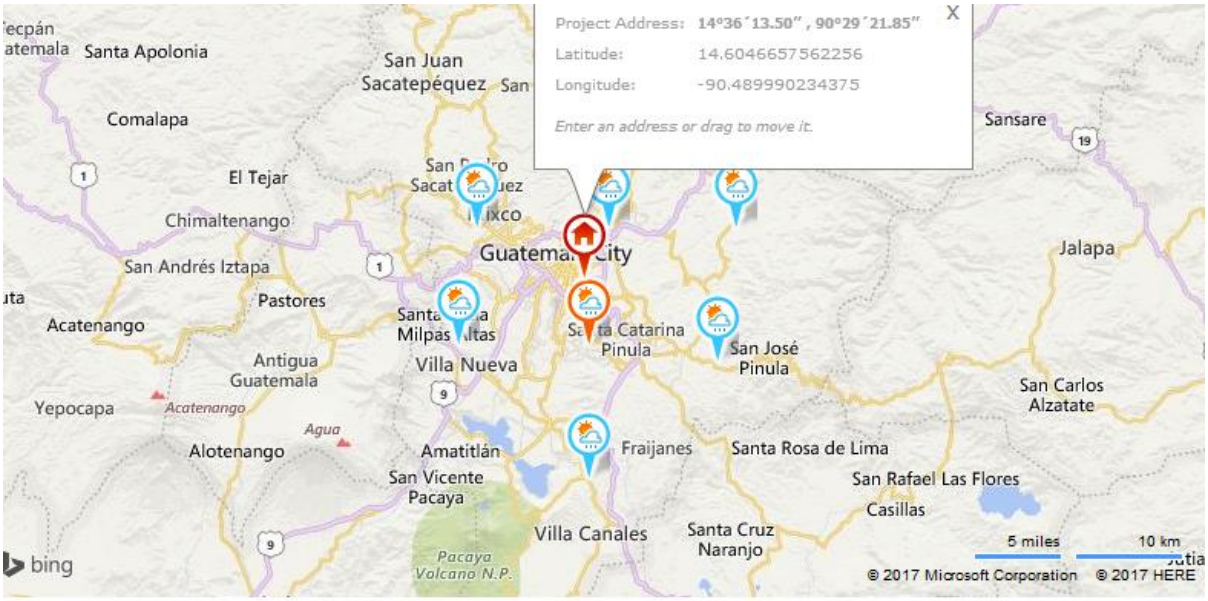
1) Ubicación: determinar la ubicación geográfica del edificio por medio del servicio de información geográfica con internet. En esta opción también es posible visualizar y seleccionar la estación meteorológica que Revit utilizará para efectuar el análisis de clima. La cercanía del proyecto a la estación meteorológica permite obtener datos climáticos más precisos. El programa despliega las estaciones meteorológicas más cercanas al proyecto en un radio aproximado de 14 kilómetros. De igual forma, la altitud del proyecto y la estación deben ser similares.

Figura No. 227. Íconos mostrados en el mapa



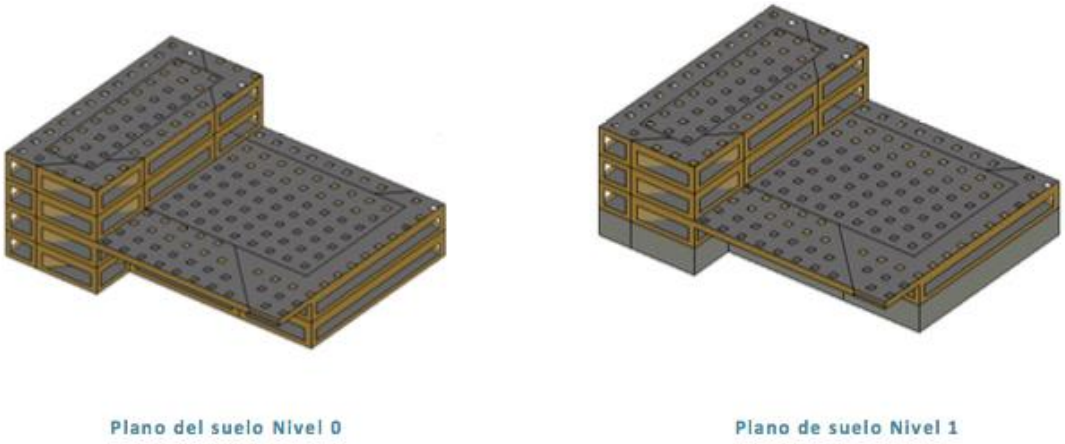
(Galván, 2017)

Figura No. 228. Ubicación del CIT y estaciones meteorológicas cercanas



2) Plano de suelo: es el nivel utilizado como referencia, este no se encuentra enterrado. El programa considera las superficies por debajo del plano de suelo subterráneas y no les asigna cristalera.

Figura No. 229. Comparación de planos de suelo



(Galván, 2017)

3) Fase del proyecto: se selecciona la opción “Nueva Construcción”.

4) Resolución de espacio analítico: específica el tamaño de la máxima separación entre dos elementos de Revit en donde los espacios analíticos no se mezclarán. El valor predeterminado son 457.2 mm (18 pulgadas).

5) Resolución de superficie analítica: permite que los contornos de las superficies analizadas sean más exactas a las superficies reales, mejorando la precisión. El valor predeterminado es de 304.8 mm (1 pie).

6) Desfase de núcleo: es la distancia entre los muros exteriores hacia dentro para determina la zona de núcleo. Revit separa el núcleo del edificio debido a que este posee cargas de calefacción y refrigeración distintas que el perímetro, el cual está expuesto al clima y luz solar directa. El desfase tiene comúnmente un valor entre 4 y 5 metros.

7) División de zonas de perímetro: se puede seleccionar esta opción para separar el perímetro del edificio en cuatro zonas térmicas: noreste, sureste, noroeste y suroeste. Dividir las zonas permite resultado de estimaciones de consumos energéticos más exactos.

8) Porcentaje objetivo de cristalera: se determina el porcentaje de vidrio con respecto al total del área de la fachada exterior. En este proyecto, con base en los planos analizados se estimó un porcentaje del 45%.

9) Altura de antepecho objetivo: es la distancia entre el piso y la parte inferior de la ventana. Para el proyecto se definió de 1 metro con base en los planos de elevación.

10) Profundidad de sombreado.

11) Porcentaje objetivo de tragaluz: especifica el porcentaje del techo que debería ser tragaluz.

12) Tipo de edificio: con base en su ocupación. Se seleccionó la categoría de “School or University”.

13) Cronograma de operación del edificio: se selecciona la opción de “Year-round School”.

e. Ejecutar la simulación energética al hacer clic en “Run Energy Simulation” en la pestaña de “Analyze”. En la ventana emergente se nombra la ejecución, se selecciona la opción de “Crear nuevo” en la sección de Proyecto de Green Building Studio y se nombra el proyecto.

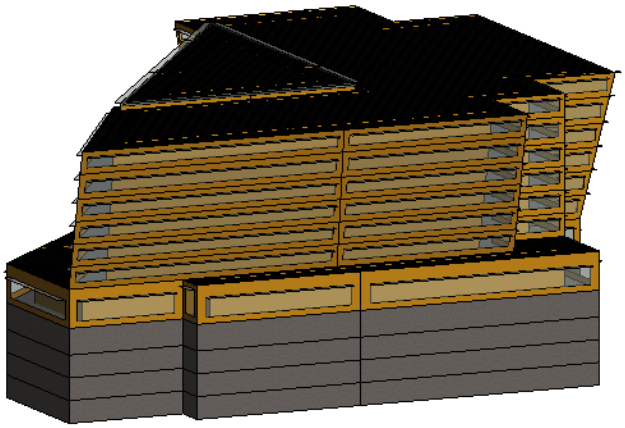
Figura No. 230. Ejecutar simulación de energía



(Galván, 2017)

f. Cuando la simulación finalice, se selecciona el botón de “Results & Compare” en el panel de “Energy Analysis”.

Figura No. 231. Masas conceptuales del CIT

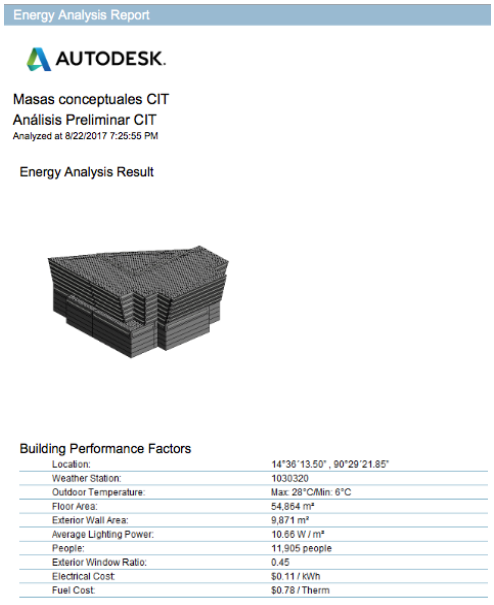


4. Resultados del análisis energético de nivel, Revit calcula el ar mando la preciside suelo subterr encuentre enterrado. El programa de nivel, Revit calcula el ar m

Luego de efectuar la simulación energética del proyecto, se procede a analizar los resultados. Revit genera un reporte de análisis energético, el cual provee la siguiente información:

- Factores de rendimiento del edificio
- Intensidad de uso de energía
- Costo/uso de energía de ciclo de vida
- Potencial de energía renovable
- Emisiones de carbono anuales
- Uso/costo de energía anual
- Carga de calefacción mensual
- Carga de refrigeración mensual
- Consumo de combustible
- Consumo de electricidad mensual
- Demanda máxima mensual
- Rosa de los vientos anual
- Datos de diseño mensuales
- Grupos de temperatura anual
- Medias meteorológicas diurnas
- Humedad

Figura No. 232. Reporte de análisis energético del CIT


Energy Analysis Report

AUTODESK.

Masas conceptuales CIT
Análisis Preliminar CIT
Analyzed at 8/22/2017 7:25:55 PM

Energy Analysis Result

Building Performance Factors

Location:	14°36'13.50", 90°29'21.85"
Weather Station:	1030320
Outdoor Temperature:	Max: 28°C/Min: 6°C
Floor Area:	54,864 m²
Exterior Wall Area:	9,871 m²
Average Lighting Power:	10.66 W / m²
People:	11,905 people
Exterior Window Ratio:	0.45
Electrical Cost:	$0.11 / kWh
Fuel Cost:	$0.78 / Therm

No obstante, para fines de este proyecto los resultados con mayor relevancia son:

a. Factores de rendimiento del edificio. Son aquellos que poseen mayor influencia en el consumo energético del edificio. Se indica la ubicación, la estación climatológica seleccionada para determinar la temperatura máxima y mínima. Además, determina el área bruta del edificio (floor area) y el área externa de pared (el área bruta menos las aberturas). Se establece también el promedio de consumo energético en iluminación por área.

Cuadro No. 137. Resumen de los factores que más influyen en el consumo energético del edificio

Location:	14°36´13.50" , 90°29´21.85"
Weather Station:	1030320
Outdoor Temperature:	Max: 28°C/Min: 6°C
Floor Area:	54,864 m²
Exterior Wall Area:	9,871 m²
Average Lighting Power:	10.66 W / m²
People:	11,905 people
Exterior Window Ratio:	0.45
Electrical Cost:	$0.11 / kWh
Fuel Cost:	$0.78 / Therm

b. Intensidad de uso de energía. Esta medida es útil para comparar el consumo entre edificaciones con distintas áreas. Las medidas determinan el consumo anual de energía o electricidad por área. Con base en este análisis se prevé un consumo anual de 131 kWh por metro cuadrado.

Cuadro No. 138. Intensidad de uso de energía del CIT

Electricity EUI:	131 kWh / sm / yr
Fuel EUI:	102 MJ / sm / yr
Total EUI:	575 MJ / sm / yr

c. Costo/uso de energía de ciclo de vida. El cuadro muestra un estimado de consumo de electricidad y combustible para una vida útil de 30 años, el costo energético sería de $11 555 368 si se considera el costo por kWh a $0.11 y $0.78 el del combustible.

Cuadro No. 139. Consumo energético/costo durante el ciclo de vida

Life Cycle Electricity Use:	216,091,080 kWh
Life Cycle Fuel Use:	168,301,416 MJ
Life Cycle Energy Cost:	$11,555,368

*30-year life and 6.1% discount rate for costs

d. Potencial de energía renovable. El potencial de producción de electricidad por paneles fotovoltaicos con eficiencias de 5%, 10% y 15% se muestran en el siguiente cuadro. El potencial de energía eólica se estima en base a la cantidad de electricidad anual que puede ser generada por una turbina de viento de eje horizontal de 15 pies de diámetro. Si el Centro de Innovación contara con paneles fotovoltaicos de alta eficiencia podría obtener un ahorro energético de 1 657 667 kWh al año, siendo casi 50 millones durante un ciclo de vida de 30 años.

Para lograr el ahorro energético, sería necesario la intalación de 47 paneles solares de 72 celdas de policristalino con una potencia de 8 775 Watts marca Astronergy. El área de cada panel es de 1.93 m^2, estos se

pueden ubicar en el techo del séptimo nivel o en la pérgola. El ahorro de energía anualmente sería de Q1 823 433.70 y la inversión de Q2 664 308.00. La inversión se recuperaría en un año y medio aproximadamente, haciendo esta opción altamente atractiva en términos financieros.

Por otro lado, el potencial de energía eólica del proyecto no es muy significativo siendo la opción más favorable los paneles fotovoltaicos.

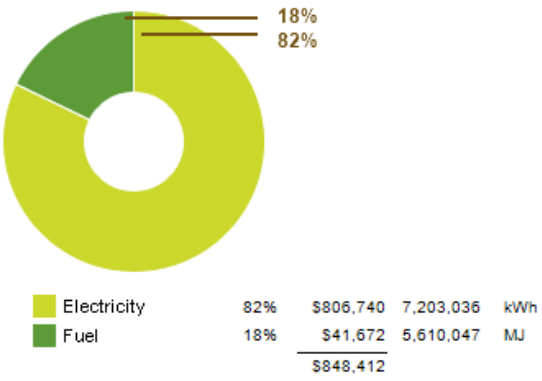
Cuadro No. 140. Potencial de energía fotovoltaica y renovable

Roof Mounted PV System (Low efficiency):	552,556 kWh / yr
Roof Mounted PV System (Medium efficiency):	1,105,112 kWh / yr
Roof Mounted PV System (High efficiency):	1,657,667 kWh / yr
Single 15' Wind Turbine Potential:	1,963 kWh / yr

*PV efficiencies are assumed to be 5%, 10% and 15% for low, medium and high efficiency systems

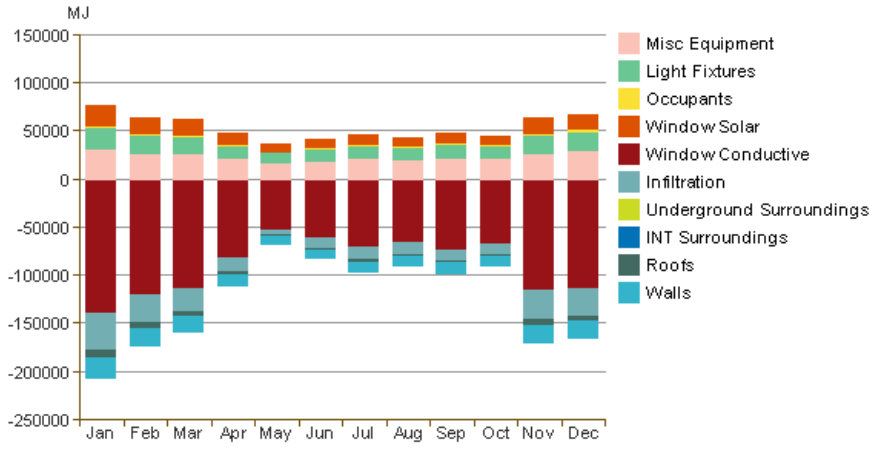
e. Uso/costo de energía anual. El digrama muestra un estimado de consumo de combustible versus electricidad. Este se basa en la ocupación del proyecto. Esta información es útil para efectuar comparaciones y efectuar cambios en el diseño en las etapas tempranas. Como se puede observar, el 82% del costo energético es debido al consumo de electricidad.

Figura No. 233. Consumo y costo anual de energía



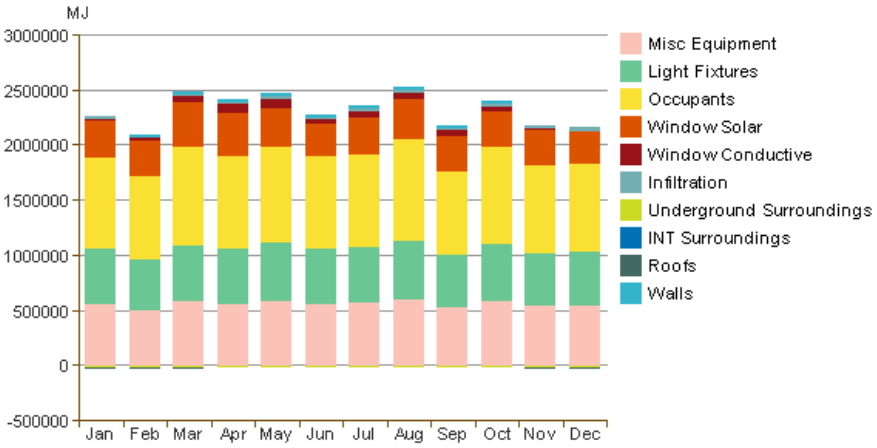
f. Carga de calefacción mensual. El diagrama muestra la carga acumulada de calefacción para cada mes. El gráfico no muestra el pico de demanda utilizada para el dimensionamiento del equipo de calefacción. La parte positiva del eje vertical representa las ganancias de calor por equipo, lámparas, personas y ventanas. Los valores negativos son las pérdidas de calor siendo el factor más importante la conductividad de las ventanas. El diagrama sirve como referencia para manejar los componentes del edificio que generan pérdida de calor para reducir el consumo energético. Por ejemplo, en este caso el diseñador se debe enfocar en el material de las ventanas puesto que estas son las que mayores pérdidas originan.

Figura No. 234. Carga de calefacción mensual del CIT



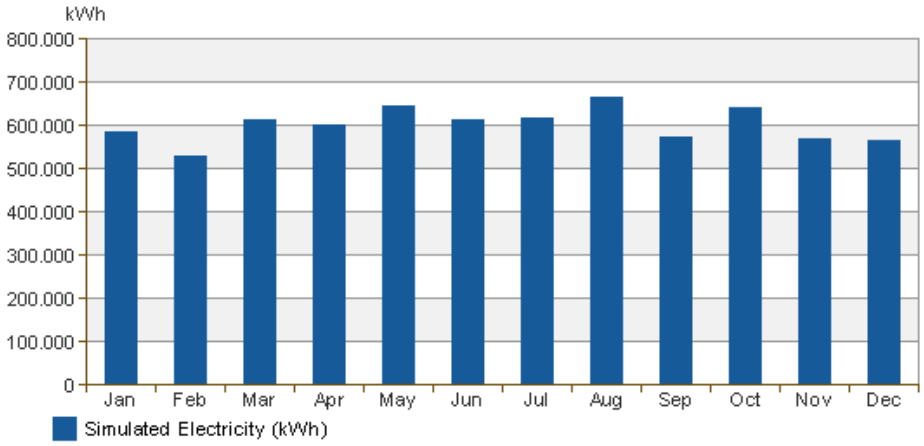
g. Carga de refrigeración mensual. El diagrama muestra las cargas de refrigeración acumuladas mensuales. Los valores positivos representan las demandas de refrigeración que se deben satisfacer por el sistema HVAC, es el calor que se debe remover para mantener el confort térmico. Los valores negativos compensan la necesidad de enfriamiento. Con base en el gráfico, se puede observar que existe mayor ganancia de calor que pérdidas. Esto indica que posiblemente el Centro de Innovación y Tecnología requiera de equipo de enfriamiento y ventilación más que de calefacción.

Figura No. 235. Carga de refrigeración mensual del CIT



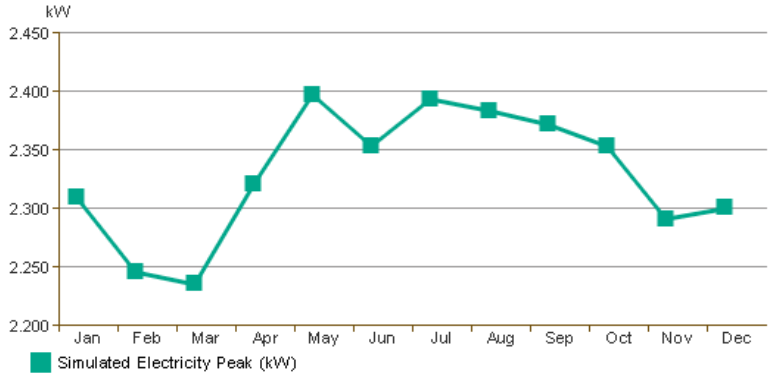
h. Consumo de electricidad mensual. El gráfico muestra el uso estimado de electricidad mensual, siendo agosto el mes de mayor consumo con 650 000 kWh aproximadamente. Febrero posee un menor consumo con 510 000 kWh.

Figura No. 236. Consumo mensual de electricidad



i. Demanda máxima mensual. En el gráfico se puede observar el pico de demanda de electricidad estimada para cada mes. El pico de demanda es la máxima carga eléctrica instantánea conectada. Mayo posee el pico de mayor demanda con 2 400 kW. Por otro lado, marzo presenta un pico de demanda menor a los 2 250 kW.

Figura No. 237. Pico de demanda mensual



D. Diagnóstico de inmótica

1. Características del modelo. Para el análisis del modelo del edificio CIT se aplicaron las bondades de un sistema inmótico en dos temas principales: el sistema de video vigilancia y el sistema guiado de estacionamiento. En primer lugar, se considera importante hacer un diseño de la ubicación de las cámaras dentro del nuevo edificio. Se hizo un análisis por medio de Revit, mediante el cual se pudo identificar los mejores puntos para su instalación. De la misma manera se hizo con el sistema guiado de estacionamiento.

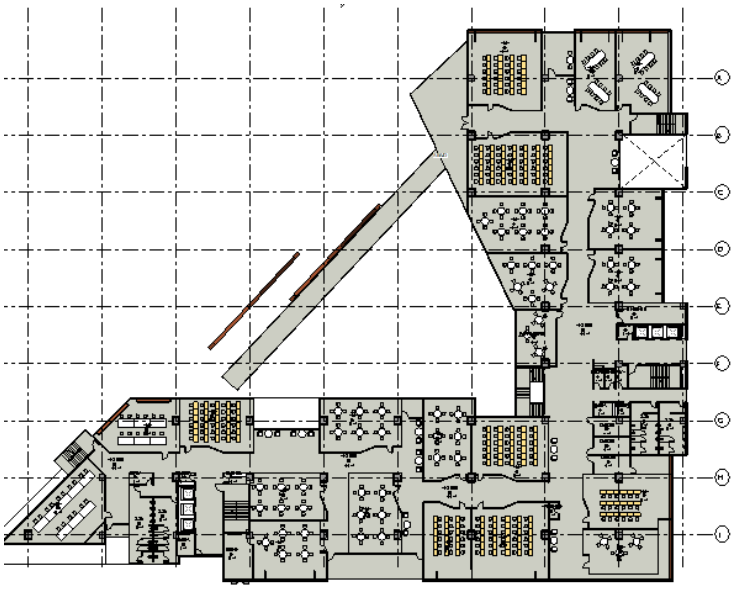
Uno de los objetivos de este trabajo de investigación es aplicar la metodología BIM al proyecto. Por ejemplo, no solo se muestra un diseño de estos sistemas en planos, sino que también con la herramienta BIM se hizo una cuantificación de materiales.

CIT es una estructura de grandes dimensiones, que cuenta con 4 sótanos y 7 niveles, cuenta con un área de 46,153 metros cuadrados. Un análisis mas detallado de las áreas con las que cuenta este nuevo edificio se encuentra a continuación:

- Administración
- Área de café
- Ascensores
- Auditorio
- Aulas
- Balcones
- Biblioteca
- Clínica
- Laboratorios
- Librería
- Lobby
- Parqueos
- Cocina
- Cuarto de equipos
- Cuarto de máquinas
- Cubículos
- Ductos de datos
- Ductos eléctricos
- Ductos hidráulicos
- Food court
- Restaurante
- Servicios sanitarios
- Servidores
- Terrazas

Es un edificio muy completo que está diseñado para tener alumnos la mayoría parte del tiempo. Además de todo el equipo de los diferentes laboratorios, sin mencionar los visitantes que lleguen a la universidad. Por la diversidad de espacios que cuenta el edificio, es necesario la instalación de cámaras de video vigilancia, no sólo para la seguridad de las personas que se encuentren dentro del edificio, sino también para la protección de las instalaciones y equipo.

Figura No. 238. Vista en planta segundo nivel.



Fuente: propia.

El edificio cuenta con una gran variedad de espacios. Por esta razón, es importante determinar las áreas principales en la cual se van a ubicar las cámaras. Para esto se tiene que buscar lugares estratégicos para utilizar la menor cantidad de cámaras y que no se pierda visibilidad.

Para el sistema guiado de estacionamiento, se cuenta con 4 sótanos. En total se tiene 400 parqueos y se espera tener un flujo vehicular alto. Por esta razón es necesario la instalación de este sistema, que no sólo va a ayudar a encontrar un parqueo mucho más rápido, sino que también ayudará a evitar el congestionamiento vehicular.

2. Diseño del sistema de video vigilancia.. Todo el análisis para el diseño del sistema de video vigilancia, se hizo siguiendo la *Guía Técnica para Video en Red de Axis Communications*. De la misma manera, para el diseño del sistema de video vigilancia se va a utilizar las cámaras IP. Las cámaras además de capturar video también ofrecen otras características como gestión de eventos y funciones de video inteligente, como la detección de movimiento, detección de audio, alarma de antimanipulación activa y seguimiento automático. Una ventaja que nos brinda las cámaras es la posibilidad de definir un acceso de usuario para ajustes de la cámara como:

- Ajustar la resolución.
- Ajustar la velocidad de las imágenes.
- Formato de compresión.
- Reglas de actuación ante un evento.

a. Características de la cámara para facilitar la instalación. Las cámaras cuentan con características que las hace productos que no sólo son fáciles en su uso, sino también en su instalación. A continuación, se presentan algunas de ellas:

Apta para exteriores: son productos listos para su instalación en exteriores desde el primer momento, no necesitan de otra carcasa adicional. Cumplen con el rango de temperaturas y ofrecen protección antipolvo, lluvia y nieve.

Enfocada en entrega: las cámaras Axis, con tal de facilitar la instalación, vienen enfocadas de fábrica. Esto es posible porque la profundidad de campo (intervalo en el cual los objetos son enfocados) es amplia.

Ajuste del ángulo de la cámara de tres ejes: las cámaras de domo fijas Axis están diseñadas con ajuste de ángulo en 3 ejes que le permite moverse horizontalmente, verticalmente y girar.

Corridor Format: esta tecnología de Axis permite a una cámara fija o de domo proporcionar imagines con orientación vertical. Este formato optimiza la cobertura de áreas como galerías, vestíbulos y pasillos, maximizando la calidad de imagen.

Contador de píxeles: ayuda a asegurar que la calidad del video sea la suficiente para poder cumplir con la identificación facial. Puede ser utilizado para ver si la cantidad de pixeles que captura la cámara cumple los requisitos de alguna normativa o del cliente.

b. Tipos de cámaras de red a utilizar. Las cámaras de red pueden clasificarse según su uso, hay cámaras para interiores, exteriores y una combinación de ambas. Las cámaras ya sean para interior o exterior pueden clasificarse como cámaras de red fijas, domo fijas, ocultas, PTZ o térmicas. Para este proyecto solo se va a enfocar en las primeras dos.

Una cámara de red fija tiene una observación determinada. Una vez montada, no se puede cambiar esta dirección de observación. Es un tipo de unidad tradicional, donde tanto la cámara como la dirección a la que apunta son claramente visibles. Este tipo de cámaras son ventajosas en lugares donde se requiere que la cámara será muy visible.

Por otro lado, las cámaras de red domo fijas es una cámara fija en un diseño domo. Este tipo de cámara puede orientarse en cualquier dirección. La principal ventaja de estas cámaras es que tiene un diseño discreto y es un poco más difícil de verla, además que es difícil identificar en qué dirección está enfocada la cámara.

c. Directrices para seleccionar el tipo de cámara a utilizar. Debido a que existe una gran variedad de cámaras de red en el mercado resulta útil tener una serie de pautas a la hora de escoger una como las que se presentan a continuación:

- Definir el objeto de vigilancia

Para la selección del objeto de vigilancia se tiene varias opciones. Por un lado, se tiene la vista global, la cual nos ayuda a ver una escena en forma general, así como observar los movimientos generales de la gente. Cuando se habla de imágenes con mucho detalle se hace referencia a lugares en donde se necesita identificación de personas u objetos. El objetivo de la vigilancia va a determinar el ángulo de visión, la ubicación de la cámara y el tipo de unidad necesario.

Para el edificio el objeto de vigilancia será todas esas áreas denominadas como espacios comunes, en las cuales la mayoría del tiempo van a haber personas. También resulta necesario cubrir todos los ingresos al edificio y los puntos para subir y bajar de nivel, como los elevadores y las escaleras.

En los cuatro niveles de sótanos, también será necesario la instalación de cámaras, debido que son espacios poco concurrentes y hay muy poca afluencia la mayoría del tiempo. Para lograr tener los once niveles del edificio bajo vigilancia, la instalación en los cuatro sótanos es de vital importancia. Los espacios que se deben de cubrir

dentro de los sótanos son: los ingresos, las rampas que van de nivel a nivel, los carriles de circulación de los vehículos y las entradas a los elevadores y escaleras.

- Área de cobertura

Se debe determinar el número de áreas en el cual se van a colocar las cámaras y también si estas áreas seleccionadas están relativamente cerca entre sí o si están separadas. El área de interés determinará el tipo y el número de cámaras a utilizar.

- Vigilancia visible u oculta

En este aspecto se puede seleccionar varios tipos de cámara, así como el tipo de carcasa y de montaje para tener una instalación discreta o no discreta. Para el proyecto se utilizó cuatro tipos de cámaras, las cuales se detallan más adelante en esta misma sección. Se utilizó un tipo de vigilancia visible para que las personas que se encuentren dentro de las instalaciones se percaten que hay un sistema de vigilancia. En algunos lugares que se considere necesario, se utilizó cámaras tipo domo para que sea un poco más complicado ubicar hacía dónde está enfocada la cámara. En otros lugares, a propósito, se utilizará cámaras tipo bullet para que se pueda ver hacía dónde está dirigida la cámara todo el tiempo.

- Sensibilidad lumínica

La sensibilidad lumínica por lo general se especifica en términos de lux, que representa el nivel de iluminación al que una cámara genera una calidad de imagen aceptable. Por lo general se necesitan 200 lux para iluminar un objeto y que se pueda obtener una imagen de buena calidad. Mientas más luz reciba un objeto, mejor calidad va a tener la imagen. Si se tiene luz escasa va a ser más difícil realiza el enfoque y la imagen tendrá ruido o saldrá oscura.

Cuadro No. 141. Ejemplo de distintos niveles de iluminación.

Iluminación	Condiciones de luz
100,00 lux	Luz solar intensa
10, 000 lux	Luz natural completa
500 lux	Luz de oficina
100 lux	Estancia con iluminación débil

(Axis, 2015)

En el caso de el edificio no se tendrá ningún problema con la luminosidad que reciba cada una de las cámaras. Se realizó un estudio en las aulas actuales de la universidad(estudio en anexos), en el cual la luminosidad en las clases supera los 500 lux y en los pasillos los 200 lux, algo se mantendrá o mejorará en las nuevas instalaciones.

d. Instalación de una cámara de red. En este proyecto se propone un diseño para el sistema de video vigilancia para el edificio CIT, por lo cual uno de los objetivos es determinar los puntos estratégicos para la colocación de cámaras. A continuación, se muestra algunas recomendaciones para conseguir la mejor calidad de video vigilancia en base al posicionamiento de la cámara y otras consideraciones.

1) Vigilancia objetiva y posicionamiento de la cámara. Si el objetivo de la cámara es tener una visión global de un área, como va a ser el caso de la mayoría de cámaras en el modelo, se debe de buscar una cámara que haya sido diseñada para este objetivo. Si la intención es identificar una persona u objeto, como lo son las cámaras de ingreso al edificio peatonales y de parqueo, la cámara debe ubicarse o enfocarse de forma que capture el nivel de detalle necesario para fines identificativos. Es por eso que se va a trabajar con los cuatro tipos de cámaras antes mencionadas, ya que cada una de ellas cumple una función específica dependiendo del lugar de instalación.

La función que tiene el contador de píxeles de las cámaras Axis, el cual está disponible en la mayoría de las cámaras de la marca, puede emplearse para verificar que la resolución de píxeles de un objeto cumple con los requisitos del cliente, por ejemplo, para identificación facial. Otro punto en donde es importante tener este tipo de cámara, es en la entrada a los parqueos, ya que se necesita de un tipo de cámara capaz de enfocar el número de matrícula de los carros a ingresar al edificio para tener un mayor control y por consiguiente mejor seguridad en la universidad.

e. Tecnologías de red. Para hacer uso de todas las ventajas de un sistema de video en red es necesario la utilización de diferentes tecnologías de red. A continuación, se presenta las características de una red Ethernet y los componentes compatibles. Se habla acerca de las direcciones IP (Internet Protocol) incluyendo el modo de acceso a través de Internet a productos de video en red.

Una red local es un grupo de ordenadores conectados entre sí para comunicarse y compartir recursos entre ellos, por ejemplo, una impresora. Los datos se envían en forma de paquetes y se emplean diferentes tipos de tecnologías para regular su transmisión. Dentro de las más utilizadas se tiene el protocolo Ethernet, especificado en una norma llamada IEEE 802.3.

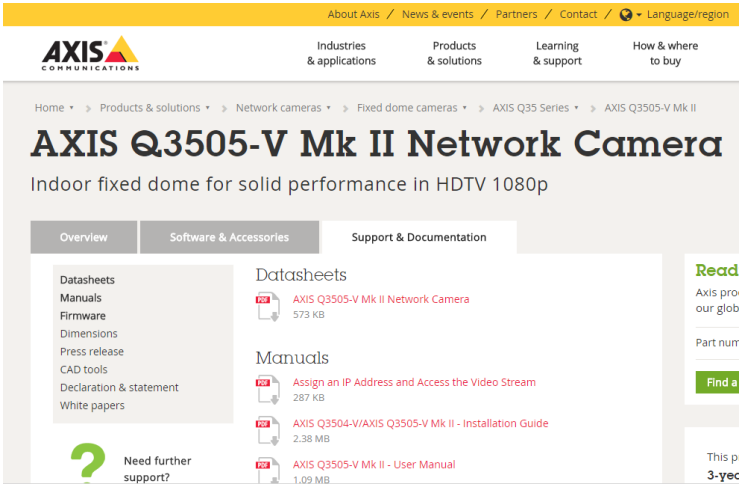
En la actualidad el protocolo Ethernet utiliza una tecnología en la cual los dispositivos se encuentran conectados entre sí a través de un equipo de red activo como un conmutador. El número de dispositivos conectados a una red puede varias de dos hasta varios miles. El medio de transmisión físico para un tipo de conexión de este tipo implica cables, como el de par trenzado o fibra óptica. La longitud máxima de un cable de par trenzado es de 100m, mientras que la de un cable de fibra óptica oscila entre los 10 y los 70km.

La norma general que se tiene es montar siempre una red con una capacidad mayor a la que se tiene actualmente. Para tener una red que permita futuras ampliaciones, una buena práctica es diseñarla para que utilice tan solo el 30% de su capacidad al inicio.

f. Uso del complemento axis camera families. Para este proyecto se va a trabajar de la mano de las familias de cámaras de la empresa Axis. Estas cámaras son un conjunto de modelos de seguridad CAD 3D interactivos para utilizar con el software de Autodesk Revit. Si se trabaja con Autodesk Revit se pueden utilizar estas familias para colocar las cámaras de seguridad directamente en el edificio e integrar la planificación del sistema de vigilancia. Las familias de cámaras de Axis permiten al usuario visualizar la cobertura de cada una de las cámaras instaladas, asegurando que las áreas críticas sean cubiertas y evitando los puntos ciegos.

Una vez se tiene el complemento Axis Camera View para Autodesk Revit, se puede descargar las cámaras. Las cámaras también son proporcionadas por Axis desde su página web. Lo que tenemos que hacer es seleccionar la cámara a utilizar e ir a la pestaña de CAD tools.

Figura No. 239. Página de Axis para descargar cámaras IP



https://www.axis.com/global/es/products/axis-q3505-sve/support-and-documentation [15 julio, 2017]

Para utilizar las familias en Revit, lo primero que se debe de hacer es cargar las familias. Ir a la pestaña de "*insert"*, ir a la sección de *"load from library"* y seleccionar *"load family"*. Cuando se haga esto se debe ir a la carpeta donde se tenga descargadas las cámaras desde la página web de Axis. Una vez se tenga cargadas las familias de cámaras, estas aparecerán en el panel de propiedades, en la sección de familias, con el nombre de **"**Security Devices". Se seleccionan y ya se pueden colocar en el lugar que consideremos conveniente. A continuación, se presenta imágenes acerca del proceso a seguir una vez estemos en Autodesk Revit:

Figura No. 240. Pasos para cargar familia de cámaras Axis en Autodesk Revit.

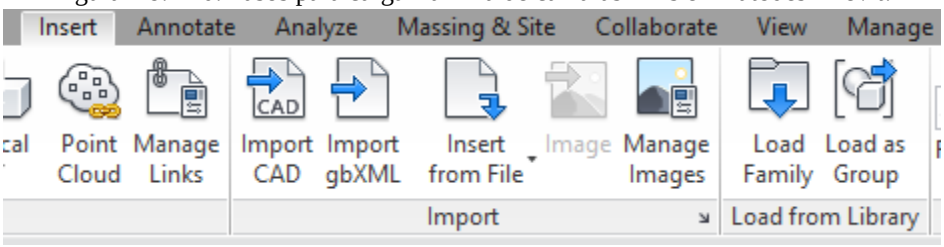


Figura No. 241. Pasos para cargar familia de cámaras Axis en Autodesk Revit.

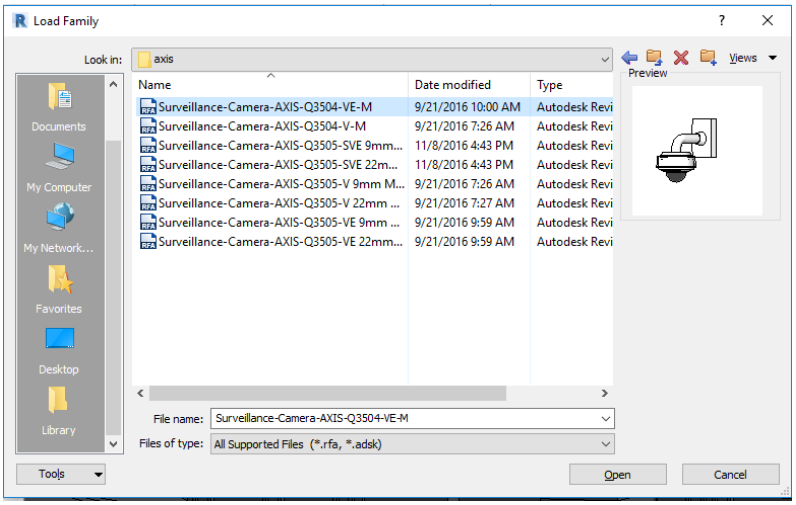
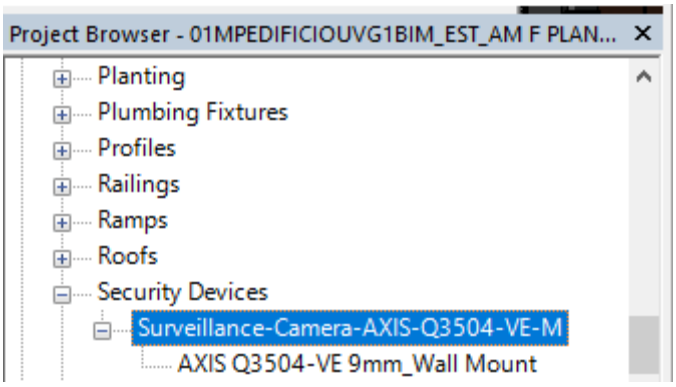
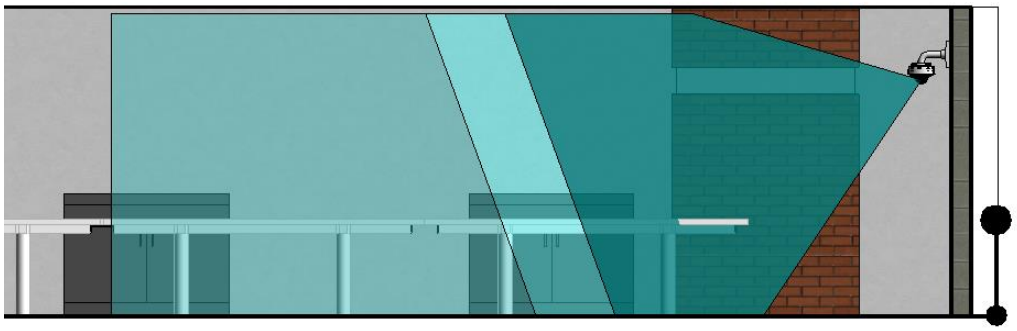


Figura No. 242. Pasos para cargar familia de cámaras Axis en Autodesk Revit.



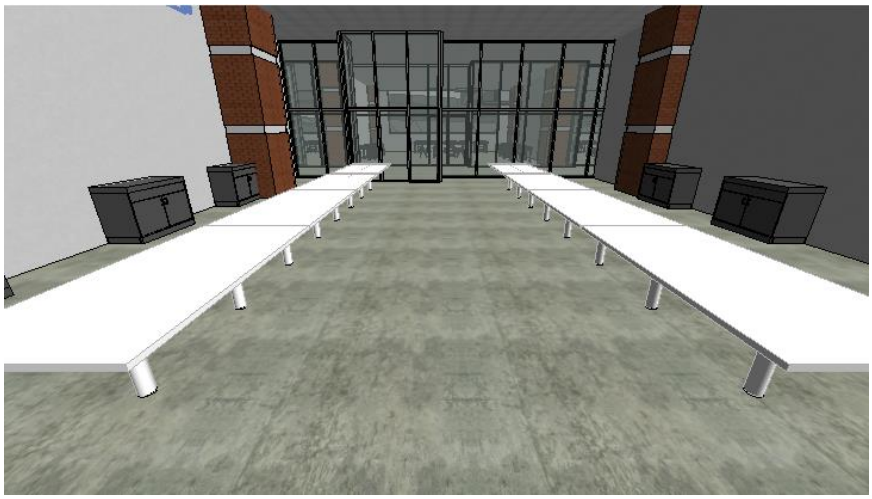
Cuando se tenga cargadas las familias de Axis en el modelo de Revit y también instalado el complemento para la vista en 3D, ya se puede proseguir a la colocación de las cámaras en los lugares que se consideren necesarios. Lo más sencillo de hacer es ir a una vista en planta, acercarnos al lugar en donde se necesita una cámara y dar clic en el lugar de elección. Muchas veces la cámara no se va a poner a la altura requerida, por eso es importante generar una vista en sección para asegurar que la cámara en realidad está en donde se requiere. Para facilitar este proceso, se recomienda hacer una vista *"callout"* del área de interés.

Figura No. 243. Colocación de la cámara Axis. Vista en Elevación.



Después de haber colocado las cámaras necesarias, es cuando se debe utilizar el complemento de Axis Camera View para la creación de las vistas tridimensionales de la cámara. Este complemento es el que ayuda a visualizar las áreas de interés, asegurando que las áreas críticas están siendo cubiertas y no se tiene ningún punto ciego.

Figura No. 244. Vista en 3D desde Axis Camera View.



g. Análisis del modelo REVIT. En el modelo Revit se va a hacer un análisis acerca de los puntos estratégicos para la colocación de las cámaras de video vigilancia. En primer lugar, se tiene que tener en cuenta que, en base a los objetivos de este proyecto, se van a desarrollar dos fases para el diseño del sistema de cámaras. La primera fase proporciona las cámaras que se consideran esenciales dentro del edificio ya que nos va a mostrar los puntos más estratégicos. La segunda fase funcionará como un complemento de la fase previa, haciendo de nuestro sistema de cámaras un sistema mucho más completo de vigilancia.

Figura No. 245. Render edificio Centro de Innovación y Tecnología.



Como se puede ver en las figura anterior, es un edificio muy completo. Por lo cual resulta de gran importancia hacer este análisis para la colocación de las cámaras. Una de las fortalezas de la metodología BIM es que se puede hacer este proceso sin la necesidad de que la estructura ya esté construida. Se puede diseñar el sistema de cámaras de video vigilancia desde que la estructura está en planos y de esta forma ahorrar tiempo y recursos.

La ventaja de esta herramienta es que, con la ayuda de las familias de Axis para Revit, de una vez se puede integrar el tipo de cámara que uno quiere al modelo, con base en las necesidades que se tenga, y generar la vista tridimensional para ver lo que la cámara va a mostrar una vez instalada.

h. Consideraciones sobre ancho de banda y almacenamiento. Cuando se realiza el diseño de un sistema de video vigilancia hay que tomar en cuenta ciertas consideraciones como lo son los requisitos de ancho de banda y almacenamiento de red. Los factores que se deben de tomar en cuenta son el número de cámaras, la resolución de imagen, qué tan compleja sea la escena que se está viendo, relación de compresión y la frecuencia de imagen.

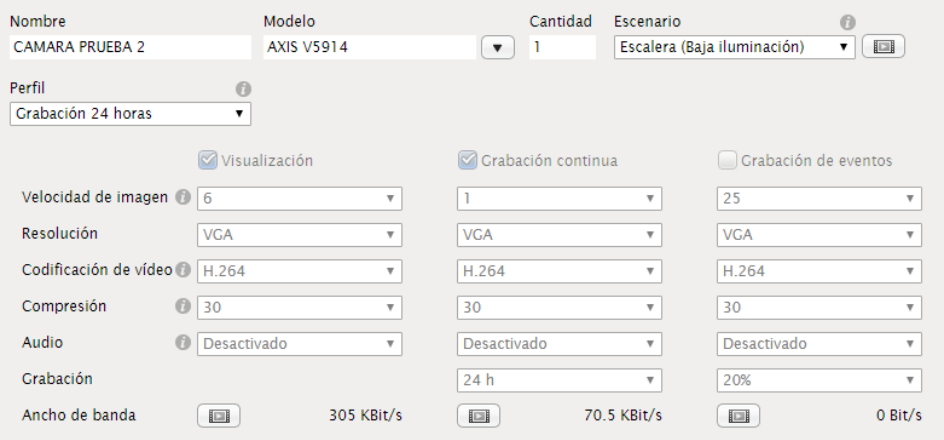
Los productos de video en red, o video IP, utilizan el ancho de banda de red y el espacio de almacenamiento en base a su configuración tal y como se vio en la sección 2.2.6.1. El ancho de banda y el almacenamiento que debe de tener el sistema va a depender de lo siguiente:

- Número de cámaras
- Grabación continua o activada por evento.
- Grabación Edge en la cámara.
- Número de horas al día que la cámara pasará grabando.
- Imágenes por segundo.
- Resolución de la imagen.
- Tipo de compresión del video.
- Escena: complejidad que tenga la imagen (por ejemplo, una pared gris o un bosque).
- Condiciones de iluminación.

- Cantidad de movimiento.
- El tiempo que deben permanecer almacenados los datos.

Axis Design Tool es una herramienta que se utiliza para tener un estimado de ancho de banda y de almacenamiento dependiendo del tipo de cámara que se va a instalar, en dónde se va a ubicar y las horas que va a ser utilizada. Una vez dentro del programa se tiene que ir ingresando los datos de cada cámara, una por una. Para cada cámara se debe de ingresar los siguientes datos: nombre, modelo, tipo, número, escenario y perfil. Media vez el usuario ingrese los datos que se mencionaron, el programa automáticamente da un estimado del ancho de banda y almacenamiento necesarios para cada cámara.

Figura No. 246. Ingreso de datos para cada cámara.



3. Diseño del sistema guiado de estacionamiento. Para realizar el diseño del sistema guiado de estacionamiento, primero se debe de tener claros los objetivos de dicho sistema. El edificio, tal y como se ha dicho anteriormente, es un edificio de grandes dimensiones. Por esta razón, el edificio cuenta con cuatro niveles de sótanos destinados a parqueos. Lo importante, es hacer que sean eficientes.

Cuadro No. 142. Área y cantidad de parqueos del edificio.

	Parqueos	Área
Sótano 1	105	4,436.36 m^2
Sótano 2	104	4,452.39 m^2
Sótano 3	104	4,516.28 m^2
Sótano 4	87	4,283.69 m^2
Total	400	17,688.72 m^2

En la tabla anterior, se puede ver la distribución de parqueos que se tiene en cada uno de los niveles destinados a sótanos, cada uno con las diferentes áreas. Cuenta con bastantes parqueos y por esto surge la necesidad de proponer un sistema guiado de estacionamiento para que todo el proceso de buscar un espacio sea mucho más rápido y de esta forma, evitar congestionamiento vehicular dentro del edificio.

El fin de esta propuesta es presentar un juego de planos que indiquen por dónde debería de pasar toda la instalación necesaria para tener este sistema. En estos planos se indicará por dónde deben de pasar los ductos y de la misma manera, mostrar la ubicación del sensor de masa y de la luz que indica si el espacio está disponible o no.

a. Componentes del sistema. Para tener un sistema guiado de estacionamiento, se requiere varios componentes para que pueda funcionar de manera correcta. Estos componentes se muestran a continuación:

Sensor másico: este sensor se debe de colocar justo en medio del espacio de estacionamiento. Lo que hace es que es capaz de detectar cierta cantidad de metal que tiene el carro y de esta manera interpreta si el espacio está disponible o no. Este tipo de sensor solo capta el material del vehículo, tal y como lo hacen las talanqueras, no es capaz de identificar si una persona pasa por debajo.

Luz led indicadora: está instalada en la parte frontal de cada espacio de estacionamiento y dependiendo del color de la luz que muestre, indica su estado. Cuando la luz está verde, indica que el espacio está disponible, cuando la luz está roja significa que no lo está. En algunos lugares se utiliza diferente color de luz led para indicar los estacionamientos para personas con algún tipo de discapacidad.

Controlador central: es la columna vertebral de todo el sistema y es el responsable de la recolección de todos los datos del estado de los estacionamientos. Después es el encargado de enviar una señal de regreso para que la luz led indique el estado del parqueo.

Indicadores led: en esta pantalla podemos ver toda la información, que también viene del controlador, la cual indica el número disponible de estacionamientos dividido por zonas. También son capaces de mostrar otro tipo de información dependiendo de la programación que tenga. Hay para interiores y para exteriores.

Programa para el sistema guiado de estacionamiento: este software muestra un mapa virtual en el cual indica el estado de cada espacio de estacionamiento en tiempo real. Un operador puede monitorearlo y en el caso de que se encuentre algún vehículo mal estacionado, el sistema permite que se pueda cambiar el estado del parqueo de una forma manual.

b. Fases para el diseño de un Sistema Guiado de Estacionamiento. Como con cualquier sistema, la mayor parte del tiempo y esfuerzo debería de ser invertido en la planeación. A continuación, se muestran las tres fases que deben de ser completadas antes de realizar la instalación de un sistema guiado de estacionamiento.

- Primera fase: Recopilación de la información

Para esta fase, se debe de tener todos los planos de los parqueos en los cuales se va a instalar el sistema. Los planos que se utilicen deben de ser los últimos, debemos de verificar que ya no exista ningún tipo de cambios, para evitar errores en las fases posteriores. En los planos se debe de mostrar todos los carriles de circulación con los que contará el parqueo, además de todos los espacios de estacionamiento por nivel.

En esta fase también es importante conocer hacia dónde va a ir el flujo del tráfico. Si es de una dirección o bidireccional, además de conocer las entradas y salidas al parqueo. Se debe de contar con los planos con la información de todas las medidas de las vías y la estructura de los parqueos, para determinar la longitud de los cables que se van a utilizar durante la instalación, así como el número de sensores con los que contará todo el conjunto de parqueos.

Para realizar esta fase se utilizó el modelo del edificio en Revit, de donde se extrajeron todas las medidas que se mencionaron anteriormente. Una de las ventajas que presenta este tipo de modelos es que evita muchos errores a la hora de instalación, ya que se pueden integrar todos los sistemas y estar seguros de que no se intersectan con otros. Para esta fase, la ventaja que brinda es que a la hora de la colocación de los ductos se puede ver que no intervenga con las vigas o con algún otro tipo de instalación eléctrica.

- Segunda fase: Identificación de la ubicación para ductos, sensores e indicadores

Se debe definir el número de indicadores a utilizar en base al flujo de los vehículos dentro del estacionamiento, para esto se debe realizar un trabajo de coordinación con el cliente y el instalador. Realizar una caminata por el lugar, para determinar bien esos espacios. Otra cosa que se debe de hacer durante esta fase es dividir los espacios por segmentos. Se debe tomar en cuenta como parte de un segmento todos los espacios que estarán conectados con cada indicador que se instale. Para esta parte ya se tiene que saber el tipo de indicadores que se van a instalar, si sólo van a mostrar flechas que indiquen el flujo vehicular o si también van a indicar el número de espacios disponibles en cada segmento.

En esta fase se debe decidir si aparte de los indicadores interiores que muestran los espacios disponibles y la dirección, también se van a instalar indicadores en el exterior del estacionamiento. Estos indicadores dan información de los conductores acerca de la disponibilidad de espacios. También se debe determinar qué se quiere mostrar, si el número total de estacionamientos disponibles, o si se quiere dividir esa disponibilidad por niveles.

Se deben poner un máximo de 70 sensores y un máximo de 200 metros de cable en cada rama y un máximo de 120 sensores por segmento. Todo esto basado en las reglas de cables de 1.5mm^2. A la hora de elegir los sensores y los indicadores led se deben de seleccionar los tres colores que se van a utilizar para cada uno de los estados del estacionamiento. Se debe determinar si el sensor va a ser instalado directamente en el techo o en un ducto para lograr una instalación más baja y que no intervenga con otro tipo de instalaciones. Siempre se debe buscar la solución más funcional y estética desde un punto de vista económico.

- Fase 3: Diseñar un segmento

Como regla, se tiene un máximo de 70 sensores y 200 metros de cable por rama. El cable que se debe de utilizar debería de ser 14-16AWG y sin cobertura. Como se dijo antes, debe de haber un máximo de 120 sensores por segmento. Si se opta por la solución de tres colores en la luz led, se debe de tomar en cuenta que solo se pueden montar 40 sensores en cada segmento. El número de sensores que tenga cada segmento es el que va a determinar el consumo eléctrico.

En esta fase es donde se debe diseñar la ubicación de todos los sensores, indicadores, ductos para cables y los controladores. Si el techo está a más de 4 metros del suelo, va a ser necesario que el sensor se instale más abajo, ya que esa es la distancia máxima a la cual puede funcionar de manera correcta.

Figura No. 247. Altura de cada uno de los niveles de sótanos. (S1: 4.10m. S2, S3 Y S4: 3.5m)

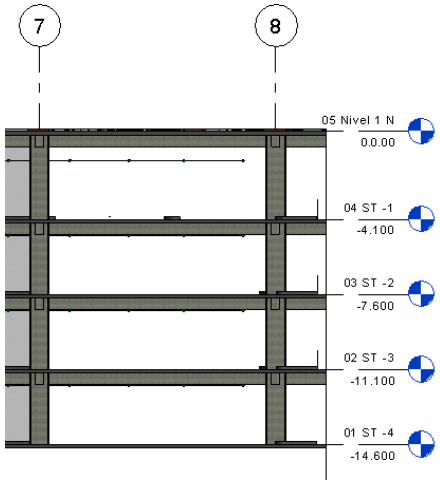


Figura No. 248. Colocación de los ductos y sensores en Revit. Vista en planta.

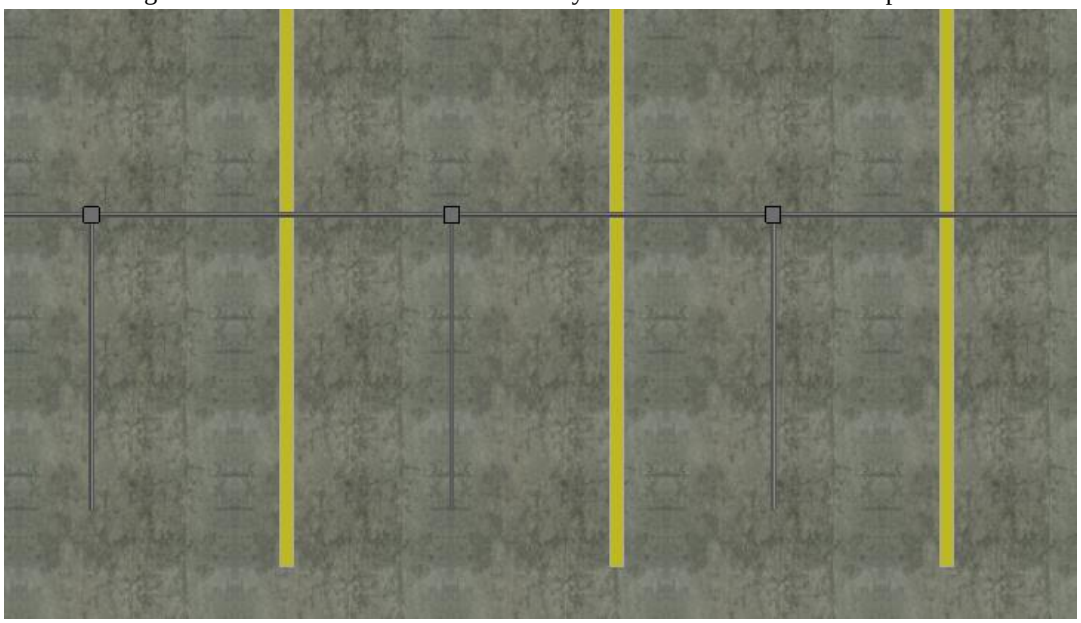


Figura No. 249. Colocación de los ductos y sensores. Vista en elevación.



Para colocar los ductos en donde va todo el cableado de todo el sistema, de primero se tuvo que conocer la ubicación de los sensores. Como se mencionó antes, el sensor másico debe de ir en medio de cada espacio de estacionamiento. Después de conocer ese punto, se colocaron los ductos por donde iban a pasar los cables que van a ir al controlador central.

Una de las ventajas que presenta trabajar este tipo de metodologías es que tal y como se puede ver en la Figura No. 249, se puede ver desde la parte del diseño por donde van a pasar todos los componentes. Esto presenta una ventaja a la hora de que hay varias instalaciones. En el caso del Sistema Guiado de Estacionamiento, a la hora de que no se cruce con ninguna otra instalación eléctrica, o como en este caso, con las vigas.

c. La necesidad de aplicar un Sistema Guiado de Estacionamiento. Con el rápido crecimiento de la tecnología, y con esto todas las demás industrias, la cantidad de carros que hay hoy en día cada vez crece con mayor rapidez y el estacionamiento resulta un problema en la mayoría de los espacios urbanos de nuestro país. Los parqueos la mayoría de las veces no pueden satisfacer la demanda que cada vez crece más. Entonces surge la pregunta, ¿cómo hacer que los espacios disponibles funcionen de la manera más eficiente? Significa que los espacios que se encuentran destinados a parqueo tienen los siguientes problemas:

- La administración de parqueos es incapaz de controlar los espacios disponibles. Por lo que se ven obligados a enviar empleados a comprobar dicha disponibilidad, lo que crea una pérdida de tiempo y paciencia de parte del conductor.
- El conductor no va a encontrar un estacionamiento con facilidad, lo que hará que esté circulando en desorden, lo que crea congestionamiento vehicular.
- La administración contrata personas para ayudar a los carros a encontrar un espacio libre, lo que incrementa los costos.
- La administración es incapaz de generar estadísticas para optimizar sus ganancias.

d. Los beneficios de aplicar un Sistema Guiado de Estacionamiento. Al aplicar un Sistema Guiado de Estacionamiento, no sólo hace todo más eficiente, sino que resuelve los problemas mencionados a continuación:

- Ahorra tiempo y dinero, de parte del conductor y de la administración del parqueo.
- Conlleva a que el conductor se dirija directamente al primer espacio libre que encuentre.
- Reduce el congestionamiento vehicular en las instalaciones.
- Reduce la emisión de gases y polución por parte del vehículo, ya que va a estar menor tiempo en circulación.
- Situaciones potenciales de estrés se ven minimizadas.
- Ayudar a la planeación para las horas pico.
- Disminuye los gastos de administración del parqueo.

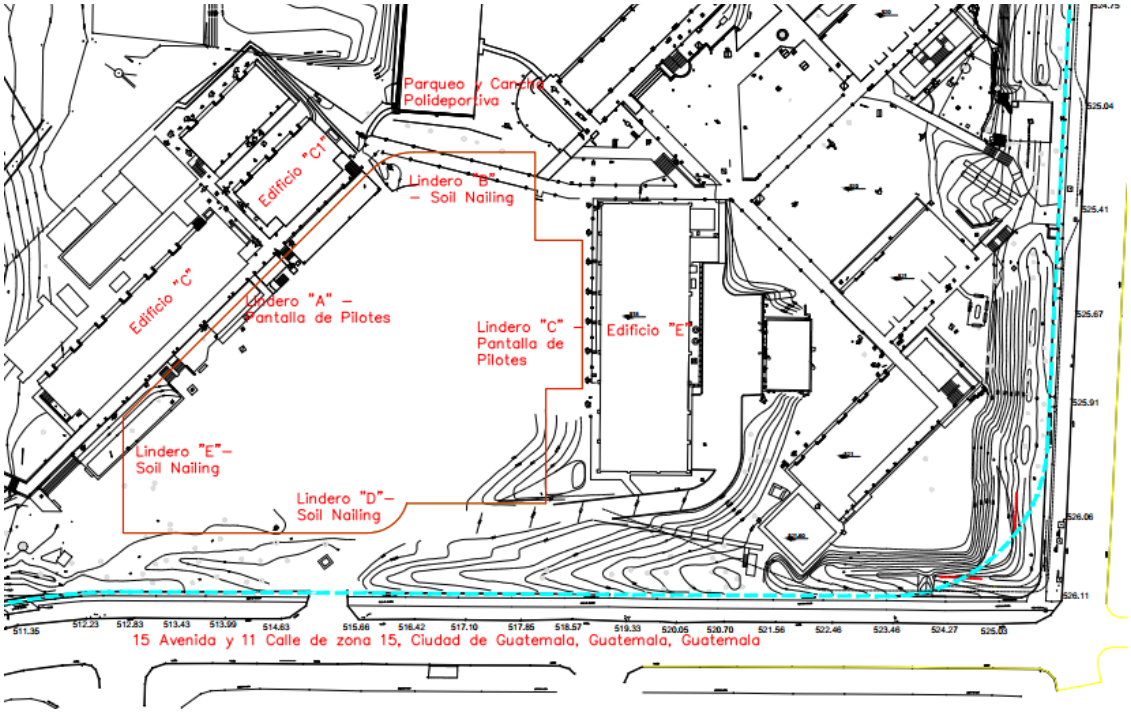
VI. Propuesta de diseño

A. Propuesta estructural

1. Cálculo Soil Nailing. Es pertinente hacer la salvedad que para realizar este trabajo de investigación y de diseño no se contaba con un estudio de suelos del área de la construcción. Por lo que se procedió a obtener la información del suelo de acuerdo con mapas geológicos proporcionados por el Instituto de Geografía Nacional (IGN), la “Síntesis Geológica de Guatemala” del Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM) de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC) y la “Zonificación Sísmica Urbana en Guatemala” estudio también realizado por la CESEM de la USAC. Por lo tanto, desde ya se hace la recomendación de realizar un estudio de suelos en el área para comprobar que el diseño propuesto en este documento sea el adecuado.

Es importante hacer énfasis en que un inicio se intentó realizar una exportación de Revit a CYPE, para realizar los análisis a continuación sin embargo, Revit es un programa que trabaja con modelos tridimensionales y el modulo geotécnico de CYPE realiza análisis en dos dimensiones, por lo que no son compatibles. Es por esta razón que se decidió modelar por separado el muro soil nailing y el muro pantalla de pilotes en el módulo geotécnico de CYPE.

Figura No. 250. Mapa de vista de Planta de ubicación de nuevo edificio CIT. Se muestran los edificios, calle colindante y posible tipo de muro de contención.



a. Consideraciones iniciales.

1) Esquema del muro: el talud a proteger requiere un muro anclado de concreto lanzado para mejorar su estabilidad. Su altura promedio es de 14.62 metros, su inclinación respecto a la vertical es de 0°.

2) Espaciamiento vertical y horizontal de los anclajes: el espaciamiento tanto vertical como horizontal de los anclajes será de 1.50 metros en ambas direcciones. Este espaciamiento puede variar si el diseño lo requiere.

3) Ubicación y distribución de los anclajes en el muro: la distribución de los anclajes que se utilizará para este diseño será cuadrado, es decir que los anclajes inferiores estarán alineados con los superiores.

4) Inclinación de los anclajes: la inclinación de los anclajes a utilizar será de 15° a lo largo de toda la estructura.

5) Longitud de los anclajes: la longitud de los anclajes pasivos será de 12 metros para las primeras tres filas, 9 metros para las siguientes dos, 6 metros para las siguientes dos y las últimas dos de 4.50 metros.

6) Características del refuerzo a utilizarse: se utilizarán anclajes con módulo de fluencia Fy =420 MPa.

7) Propiedades del suelo: los mapas geológicos y estudios del CESEM indican que el suelo donde se hará la construcción está constituido por pómez y aluvión con sedimentos y suelos de la era cuaternaria. Las características del suelo pertinentes (Angulo de fricción, peso unitario húmedo, cohesión) se especifican en el capítulo dos.

8) Otras consideraciones iniciales: el método de perforación será con un taladro giratorio para anclajes pasivos. El diámetro será de 4 pulgadas o 100 mm. Las cargas actuantes consideradas para este diseño es la carga muerta actuante (peso del talud y edificios colindantes).

9) Sobrecargas: a continuación, se muestra un cuadro con la integración del peso del Edificio C que soporta el suelo y el cual el muro pantalla de pilote contendrá.

Cuadro No. 143. Descripción de sobrecargas Edificio C.

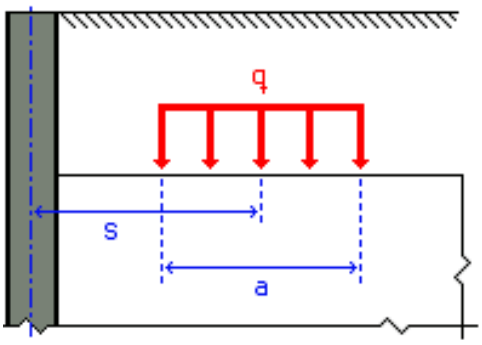
Descripción	Carga	Unidad
Cimentación	109.95	ton
Columnas	418.35	ton
Vigas	76.21	ton
Losas	1217.19	ton
Instalaciones	120.94	ton
TOTAL	1942.64	ton
Peso/m^2	1.24	ton/m^2

Fuente: elaboración propia.

Para el cálculo del peso de la estructura del edificio C y C-1 se cuantificaron los elementos constructivos. Seguidamente, con base en sus dimensiones se calculó su volumen y por último se multiplicó por la densidad del concreto armado (2.4 ton/m3).

Luego de obtener el peso total de la estructura, se dividió entre el área que este tiene (1,560.5 m^2) para obtener una carga distribuida, la cual es de 1.24 ton/m2. Sin embargo, debido a que la estructura esta cimentada en zapatas y l espaciamiento que existe entre las zapatas del edificio C (8 metros) se procedió a obtener una carga más representativa sobre cada zapata y así tener un caso de análisis más crítico. Por lo tanto, se dividió el área total de las zapatas entre el área total del edificio y ese factor se le dividió a la sobrecarga distribuida, para así obtener una sobrecarga de 15.71 ton/m2, sobrecarga que se utilizó para diseñar la pantalla de los pilotes. La ubicación de la sobrecarga se ubicó según la siguiente figura:

Figura No. 251. Colocación de la sobrecarga.



Fuente: elaboración propia.

Donde *a* es el tamaño máximo de las zapatas del edificio C (1.00 metros), *S* es la separación del Soil Nailing al centro de la zapata (en nuestro caso, 2.92 metros) y *q* es la sobrecarga (ya mencionada).

b. Modelado de muro soil nailing. Luego de establecer las condiciones iniciales del soil nailing, se procedió a modelar y realizar un análisis chequeando la deformación provocado por las fuerzas de corte y momento, asignándole una sobrecarga según su ubicación. Para realizar este análisis se hizo uso del software CYPE. Este software no permite ingresar el diámetro de la varilla y la longitud en su interfaz gráfica de manera explícita, sin embargo, se considera la "rigidez axil" que es el producto del módulo de Young del acero (210000 MPa) y área transversal de la varilla (diámetro 9/8") dividido por la longitud de este, por lo que se ingresaron las características de los anclajes pasivos en la "rigidez axil". A continuación, se muestra un cuadro donde se detalla la cota del anclaje pasivo, la longitud de este y la rigidez axil calculada y utilizada.

Cuadro No. 144. Rigidez axil de los anclajes pasivos.

Cota (m)	Largo (m)	Rigidez axil (ton/m)
-1.5	12	1144.4
-3.0	12	1144.4
-4.5	12	1144.4
-6.0	9	1525.87
-7.5	9	1525.87
-9.0	6	2288.81
-10.5	6	2288.81
-12.0	4.5	3051.75
-13.5	4.5	3051.75

Las normas y materiales que se utilizaron fueron los siguientes:

- Norma de concreto: ACI 318M-11 (USA)
- Concreto: f'c = 250 kg/cm2
- Acero: grado 60
- Recubrimiento geométrico: 8.0 cm
- Tamaño máximo del árido: 20 mm

Acciones consideradas

- Mayoración esfuerzos en construcción: 1.60
- Mayoración esfuerzos en servicio: 1.60
- Con análisis sísmico
- Aceleración de cálculo: 0.24 g
- No se considera el sismo en las fases constructivas
- Mayoración esfuerzos en hipótesis sísmica: 1.00
- Sin considerar acciones térmicas en puntales

Datos generales

- Cota de la rasante: 0.00 m
- Altura del muro sobre la rasante: 0.00 m
- Tipología: Muro pantalla de concreto armado

Descripción del terreno

- Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el trasdós del muro pantalla: 0.0 %
- Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el intradós del muro pantalla: 0.0 %

Cuadro No. 145. Descripción del terreno.

Referencias	Cota superior	Descripción	Coeficientes de empuje
1 - Talpetate	0.00 m	Densidad aparente: 1.4 kg/dm³ Densidad sumergida: 1.0 kg/dm³ Ángulo rozamiento interno: 29 grados Cohesión: 3.50 t/m² Módulo de balasto empuje activo: 1000.0 t/m³ Módulo de balasto empuje pasivo: 1000.0 t/m³ Gradiente módulo de balasto: 0.0 t/m4	Activo trasdós: 0.35 Reposo trasdós: 0.52 Pasivo trasdós: 2.88 Activo intradós: 0.35 Reposo intradós: 0.52 Pasivo intradós: 2.88

Fuente: elaboración propia. Generada con software CYPE.

Geometría

- Altura total: 14.65 m
- Espesor de muro: 30 cm
- Longitud de tramo: 1.50 m

Cargas consideradas.

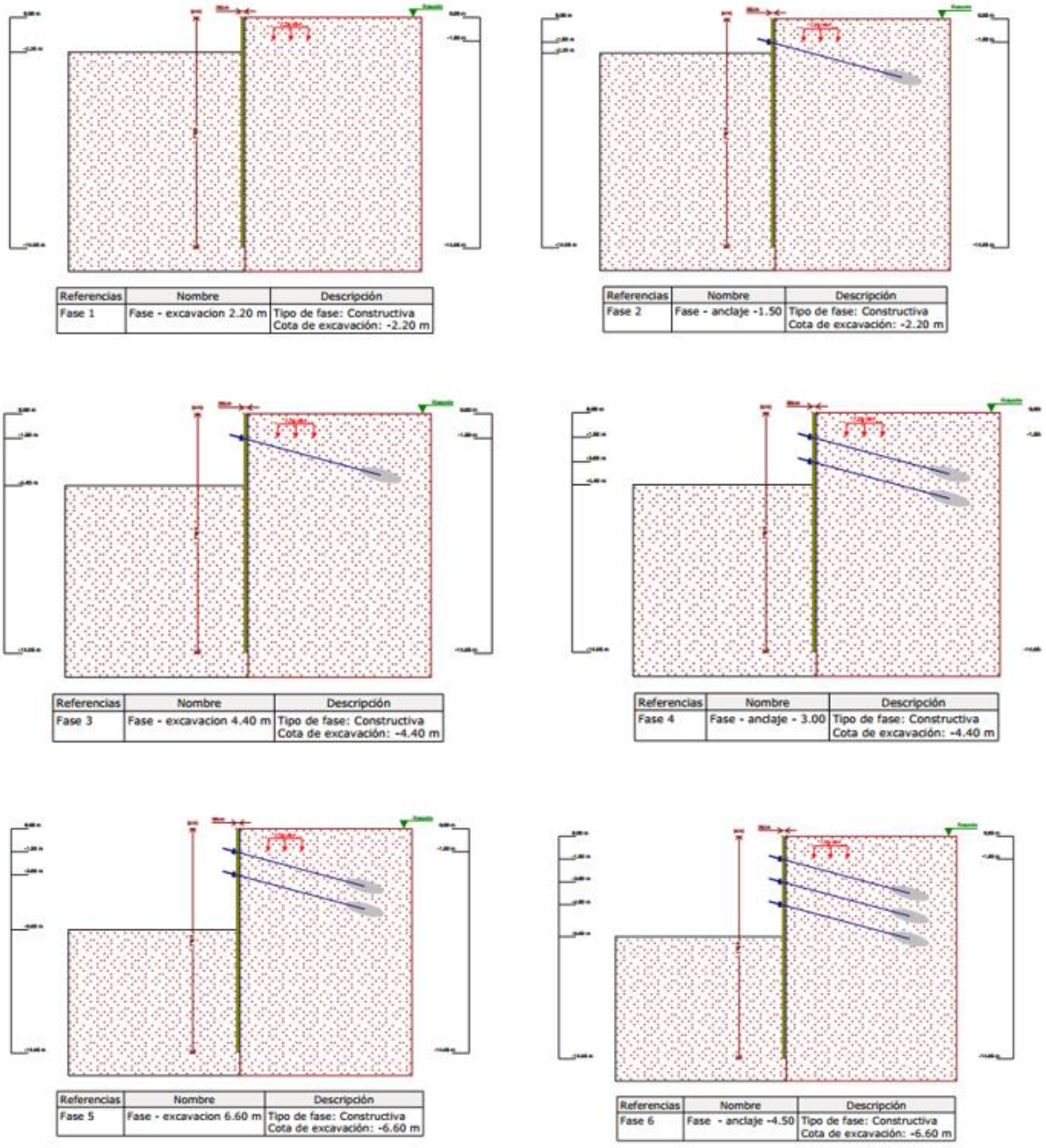
Cuadro No. 146. Sobrecargas aplicadas en talud protegido.

Tipo	Cota	Datos	Fase inicial	Fase final
En banda	-1.5 m	Valor: 15.71 t/m² Ancho: 1 m Separación: 2.92 m	Fase excavacion 2.20	Fase servicio

Fuente: elaboración propia. Generada con software CYPE.

c. Proceso constructivo.

Figura No. 252. Proceso constructivo recomendado de soil nailing.



Referencias	Nombre	Descripción
Fase 1	Fase - excavacion 2.20 m	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -2.20 m

Referencias	Nombre	Descripción
Fase 2	Fase - anclaje -1.50	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -2.20 m

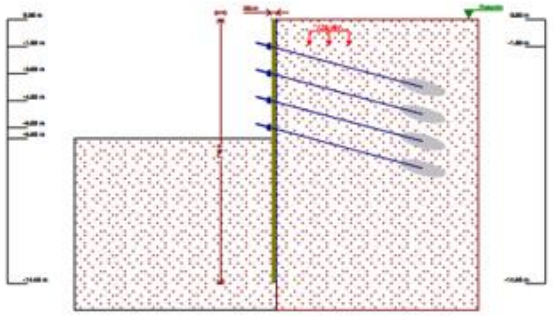
Referencias	Nombre	Descripción
Fase 3	Fase - excavacion 4.40 m	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -4.40 m

Referencias	Nombre	Descripción
Fase 4	Fase - anclaje - 3.00	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -4.40 m

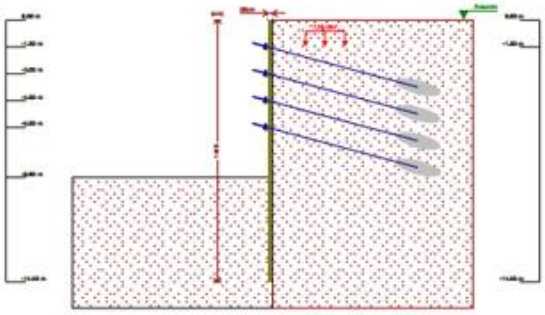
Referencias	Nombre	Descripción
Fase 5	Fase - excavacion 6.60 m	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -6.60 m

Referencias	Nombre	Descripción
Fase 6	Fase - anclaje -4.50	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -6.60 m

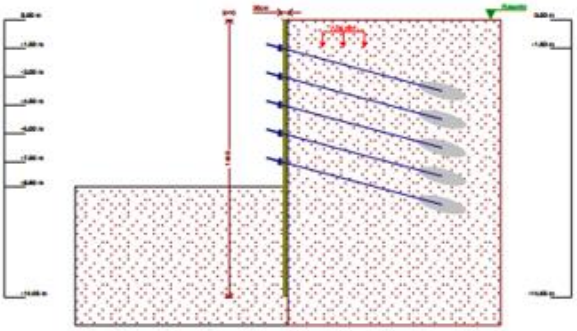
Figura No. 253. Proceso constructivo recomendado de soil nailing.



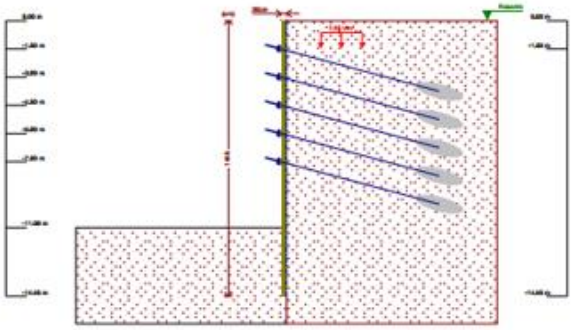
Referencias	Nombre	Descripción
Fase 7	Fase - anclaje -6.00	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -6.60 m



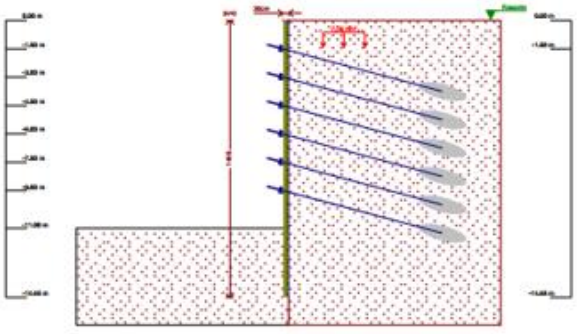
Referencias	Nombre	Descripción
Fase 8	Fase - excavacion 8.80	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -8.80 m



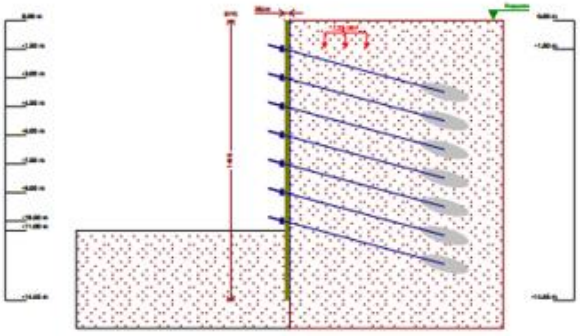
Referencias	Nombre	Descripción
Fase 9	Fase - anclaje - 7.50	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -8.80 m



Referencias	Nombre	Descripción
Fase 10	Fase - excavacion 11.00	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -11.00 m

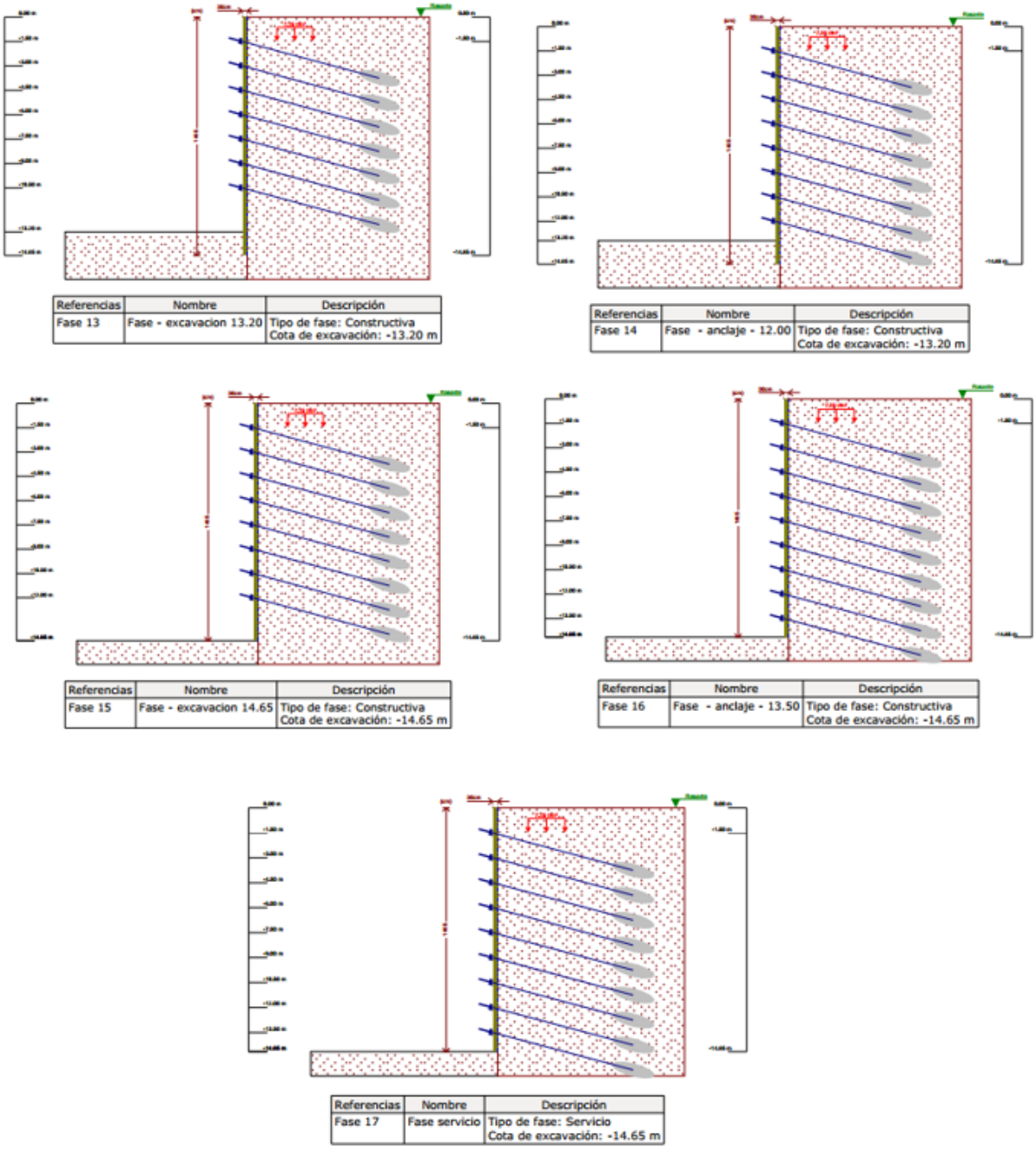


Referencias	Nombre	Descripción
Fase 11	Fase - anclaje - 9.00	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -11.00 m



Referencias	Nombre	Descripción
Fase 12	Fase - anclaje - 10.50	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -11.00 m

Figura No. 254. Proceso constructivo recomendado de soil nailing.



Referencias	Nombre	Descripción
Fase 13	Fase - excavacion 13.20	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -13.20 m

Referencias	Nombre	Descripción
Fase 14	Fase - anclaje - 12.00	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -13.20 m

Referencias	Nombre	Descripción
Fase 15	Fase - excavacion 14.65	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -14.65 m

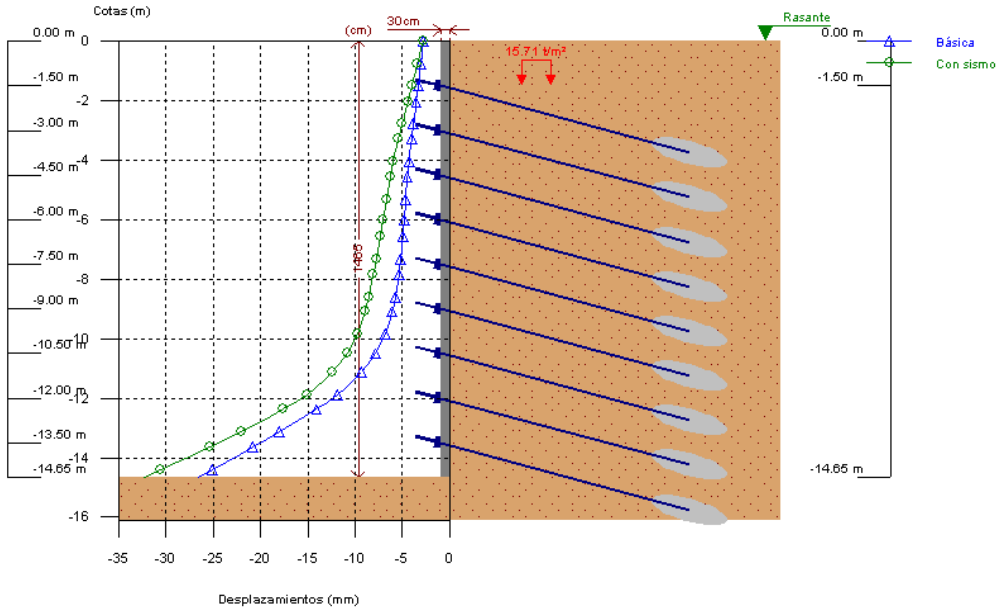
Referencias	Nombre	Descripción
Fase 16	Fase - anclaje - 13.50	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -14.65 m

Referencias	Nombre	Descripción
Fase 17	Fase servicio	Tipo de fase: Servicio Cota de excavación: -14.65 m

Fuente: elaboración propia. Generada con software CYPE.

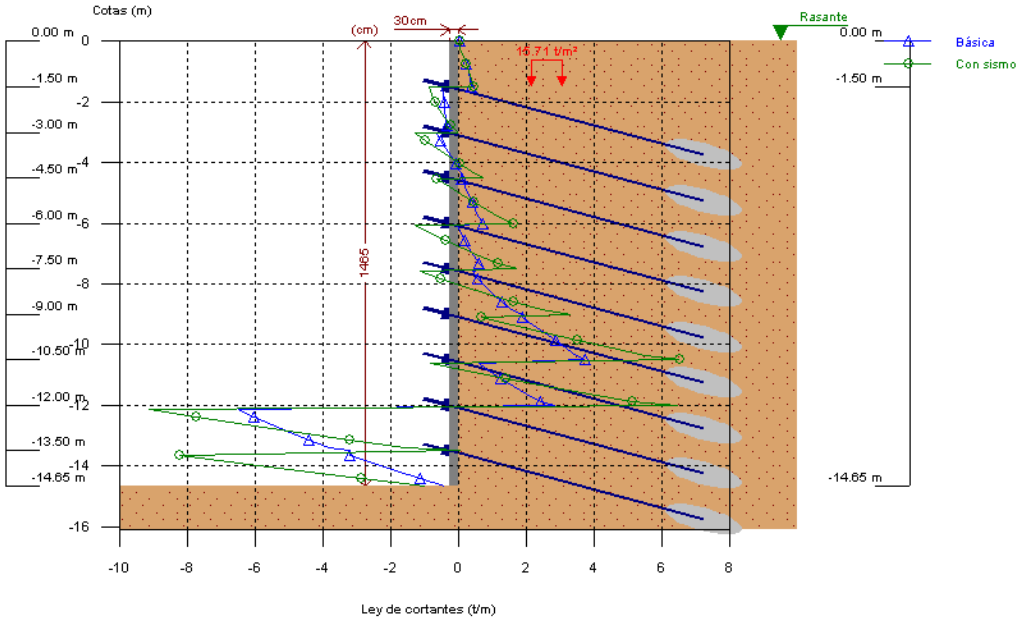
d. Resultados de análisis.

Figura No. 255. Gráfica de desplazamientos.



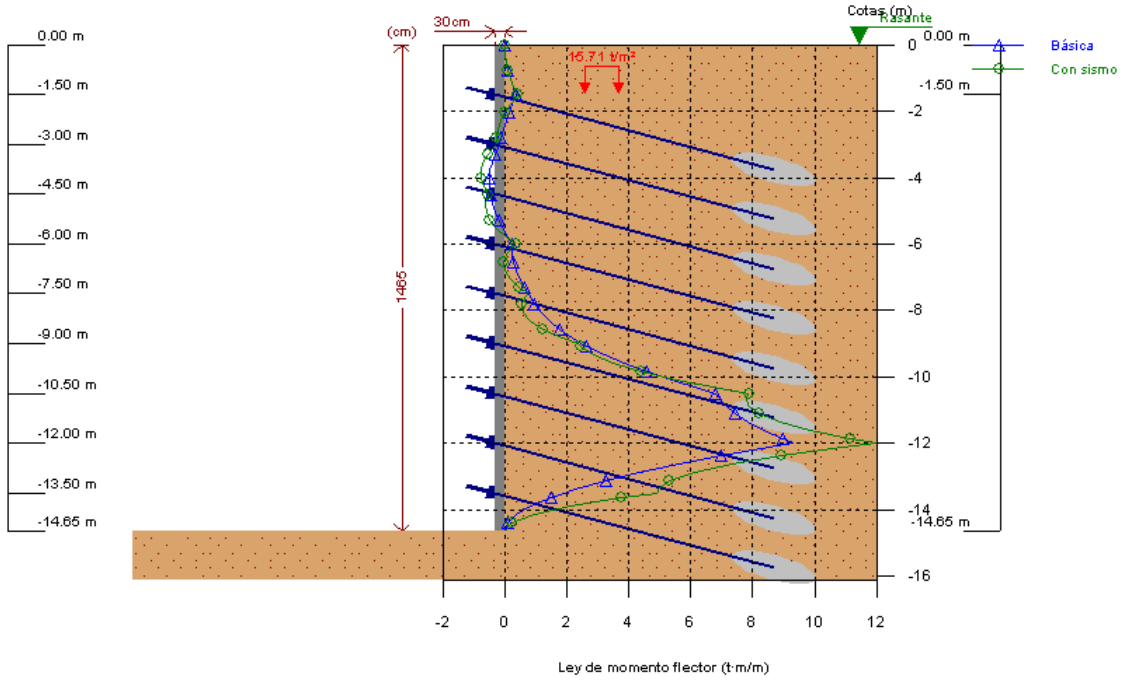
Fuente: elaboración propia. Generada con software CYPE.

Figura No. 256. Gráfica de corte.



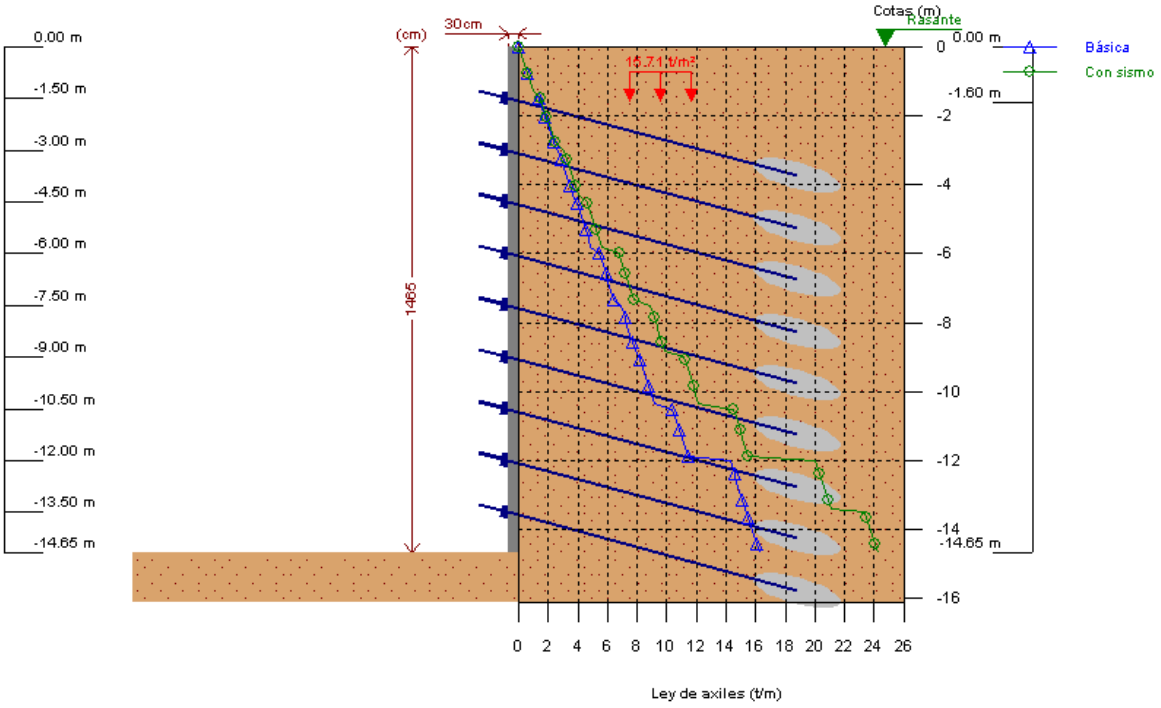
Fuente: elaboración propia. Generada con software CYPE.

Figura No. 257. Gráfica de momento flector.



Fuente: elaboración propia. Generada con software CYPE.

Figura No. 258. Gráfica de ley de axiles.



Fuente: elaboración propia. Generada con software CYPE.

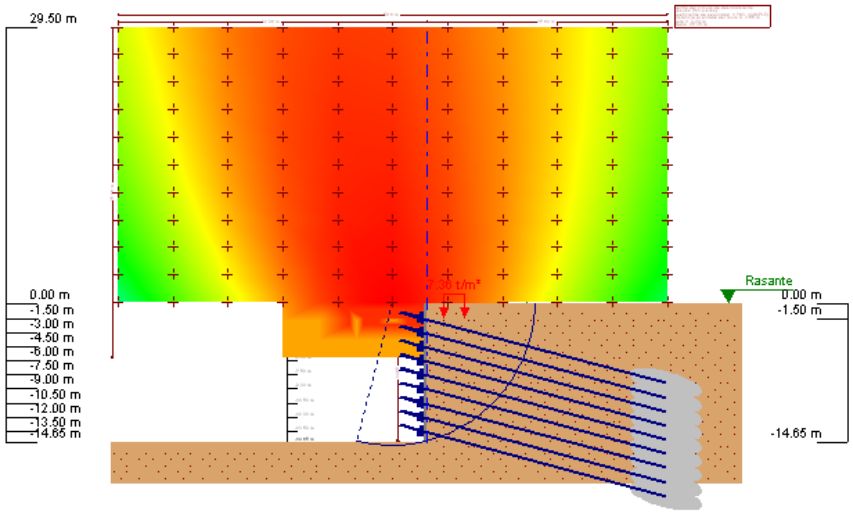
Cuadro No. 147. Desplazamiento, corte, momento máximo para diseño y factores de seguridad.

Desplazamiento máximo	**32.30**	**mm**
Corte máximo (V_s)	10	Ton/m
Momento máximo (Mu)	12	Ton*m/m
Ley de axiles	24	T/m
Círculo de deslizamiento pésimo (factor de seguridad de combinaciones sin sismo)	1.766	
Círculo de deslizamiento pésimo (factor de seguridad de combinaciones con sismo)	1.443	

Fuente: elaboración propia.

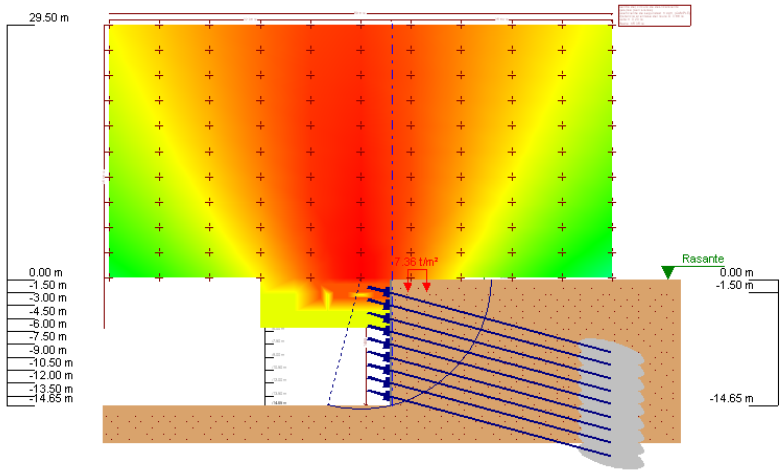
e. Comprobaciones. Las comprobaciones realizadas para el soil nailing fueron la estabilidad global y la deformación en la pantalla del muro. No se hizo comprobación por arrancamiento del anclaje pasivo en la interfase varilla-inyección debido a que el programa no calcula una longitud de bulbo. La comprobación de la deformación en el muro se muestra en la siguiente sección y continuación se muestra la comprobación de estabilidad global (factores de seguridad mencionadas en la sección 4. Resultados de análisis):

Figura No. 259. Comprobación de estabilidad global con combinaciones sin sismo.



Fuente: elaboración propia. Generada con software CYPE.

Figura No. 260. Comprobación de estabilidad global con combinaciones con sismo.



Fuente: elaboración propia. Generada con software CYPE.

f. Diseño de refuerzo de acero a flexión y cortante. Para el diseño del refuerzo de acero del muro soil naiing los cálculos fueron basados en el manual "Soil Nail Walls Reference Manual" publicado por U.S. Department of Transportation y Federal Highway Administration, séptima edición. En el capítulo seis se detalla el procedimiento para calcular estos refuerzos utilizando la siguiente ecuación:

Ecuación No.1. $$R_{FF}[kN] = \frac{C_f}{265} * (a_{vn} + a_{vm})[mm^2/m] * \frac{S_h * h[m]}{S_v} * f_y[MPa]$$

Ecuación No.2. $$R_{FF}[kN] = \frac{C_f}{265} * (a_{hn} + a_{nm})[mm^2/m] * \frac{S_v * h[m]}{S_h} * f_y[MPa]$$

Donde:

Cf= factor que considera la no uniformidad de la presión del suelo detrás del muro.

h= espesor del muro.

d= mitad del espesor del muro.

a_{vn}= refuerzo transversal por unidad de ancho en la dirección vertical de la cabeza del clavo.

a_{vn}= refuerzo transversal por unidad de ancho en la dirección vertical a la mitad.

a_{vn}= refuerzo transversal por unidad de ancho en la dirección horizontal de la cabeza del clavo.

a_{vn}= refuerzo transversal por unidad de ancho en la dirección horizontal a la mitad.

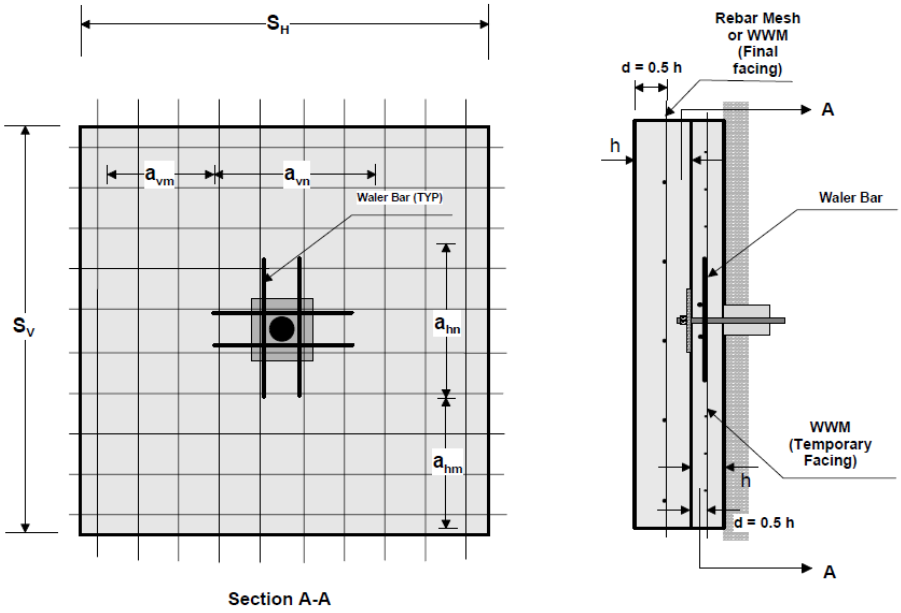
$S_{h=}$ espaciamiento horizontal

$S_{v=}$ espaciamiento vertical

$f_{y=}$ resistencia a la tracción.

$f_{c=}$ resistencia a la compresión del concreto.

Figura No. 261. Geometría utilizada para el modo de falla por flexión.



Fuente: (Lazarte, 2015)

El diseño utilizó acero grado 60 (42000 ton/m2) y concreto 280 kg/cm2 (2800 ton/m2). Los valores de área transversal de las varillas de acero fueron tomados de las especificaciones de un proveedor de acero en Guatemala, Monolit. A continuación, se muestra la información publicada en su página de internet.

Figura No. 262. Especificaciones de geometría de malla electrosoldada de Monolit.

DATOS TÉCNICOS							
NOMENCLATURA		DIÁMETRO DE VARILLA	ÁREA DE VARILLA	PESO		ÁREA DE REFUERZO	TIPO DE VARILLA
Cuadro	Calibre	mm	cm²	kg/m²	kg/pl	cm²/m	
6" x 6"	10/10	3.43	0.092	0.98	13.87	0.616	Corrugada
6" x 6"	9/9	3.80	0.113	1.20	16.91	0.756	Corrugada
6" x 6"	8/8	4.11	0.133	1.40	19.76	0.884	Corrugada
6" x 6"	7/7	4.50	0.159	1.68	23.75	1.060	Corrugada
6" x 6"	6/6	4.88	0.187	1.98	27.93	1.247	Corrugada
6" x 6"	4.5/4.5	5.50	0.238	2.52	35.53	1.584	Corrugada
6" x 6"	4/4	5.72	0.257	2.72	38.38	1.713	Corrugada
6" x 6"	3/3	6.20	0.302	3.19	45.03	2.013	Corrugada
6" x 6"	2/2	6.65	0.347	3.68	51.87	2.315	Corrugada

Fuente: (Monolit, 2015)

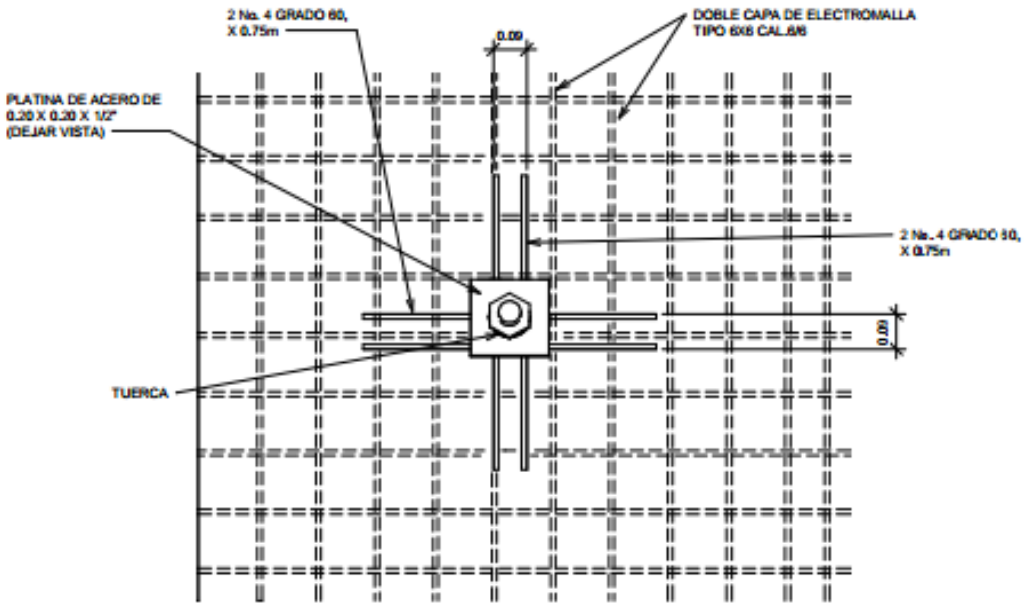
Con estos valores se procedió a obtener el valor de Rff, el cual es la resistencia nominal a la flexión de la pantalla del muro y que debe ser mayor al valor de la ley de axiles máxima.

g. Cálculo del refuerzo vertical y horizontal. Se utilizó malla electrosoldada (calibre 6/6), por lo que el área del refuerzo vertical y horizontal es el mismo. También se consideró un refuerzo por cortante en la cabeza del anclaje, el cual son dos varillas de ½" de diámetro. Para los valores de espaciamiento horizontal y vertical se consideró 1.50 metros y el factor Cf, de acuerdo al "Soil Nail Manual" por tener un espesor mayor a 8 pulgadas, se considera como uno.

$$R_{FF}[kN] = \frac{1}{265} * (1.25 + 253.35)\left[\frac{mm^2}{m}\right] * \frac{1.50*0.30}{1.50} * 411.88 = 2967.87 \text{ Kn} = 30.27 \text{ Ton}$$

De esta manera se obtiene un diseño de refuerzo de electromalla 6"x6" calibre 6/6 y una cruceta de dos varillas No.4. en ambas direcciones. Hemos de hacer énfasis en que el software solamente permite ingresar un espesor de muro de 30 centímetros como mínimo, por lo que se está trabajando con dicho espesor. Adicional a esto, constructivamente un muro horizontal de este espesor se vuelve complicado de fundir, por lo que se colocó doble cama de electromalla.

Figura No. 263. Vista frontal del armado para inclusiones de Soil Nailing.

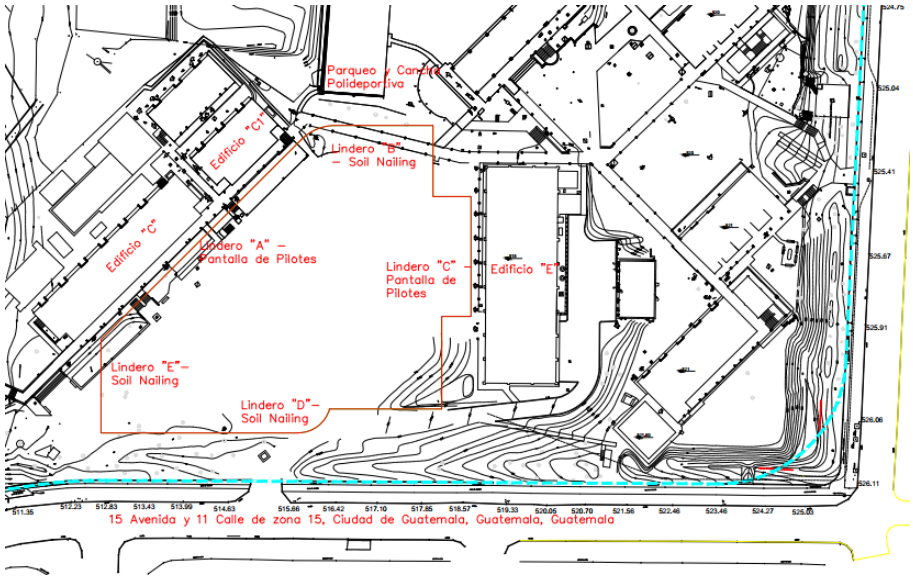


Fuente: elaboración propia. Generada en software Revit.

2. Cálculo pilotes.

a. Consideraciones iniciales.vPara iniciar con el diseño de este tipo de muro, se establecieron condiciones de dimensiones iniciales bajo los siguientes criterios:

Figura No. 264. Mapa de vista de planta de ubicación de nuevo edificio CIT. Se muestran los edificios, calles colindantes y posibles de tipo de muro de contención.



Fuente: elaboración propia.

1) Esquema del Muro: el talud por proteger requiere un muro pantalla de pilotes para mejorar su estabilidad. Su altura promedio es de 14.62 metros, su inclinación respecto a la vertical es de 0°.

2) Espaciamiento Horizontal de los pilotes: el espaciamiento horizontal de los pilotes será de 1.40 metros respecto a su eje.

3) Ubicación y distribución de los pilotes: la distribución de los pilotes que se utilizará para este diseño será una pantalla de pilotes discontinuos

4) Longitud de los pilotes: la longitud de pilotes será de 22.00 metros a lo largo de toda la estructura.

5) Características del refuerzo a utilizarse: se utilizarán anclajes con módulo de fluencia Fy =420 MPa.

6) Propiedades del suelo: los mapas geológicos y estudios del CESEM indican que el suelo donde se hará la construcción está constituido por pómez y aluvión con sedimentos y suelos de la era cuaternaria. Las características del suelo pertinentes (Angulo de fricción, peso unitario húmedo, cohesión) se especifican en el capítulo 2.

7) Otras Consideraciones Iniciales: las cargas actuantes consideradas para este diseño es la carga muerta actuante (peso del talud y edificios colindantes).

8) Sobrecargas: a continuación, se muestra un cuadro con la integración del peso del Edificio E que soporta el suelo y el cual el muro pantalla de pilote contendrá.

Cuadro No. 148. Descripción del terreno.

Área	972	m2
Cimentación	106.90	ton
Columnas	205.19	ton
Estructura acero	57.44	ton
Losas	349.92	ton
Instalaciones	809.95	ton
Gradas		ton
Muros	44.87	ton
TOTAL	1574.26	ton
Peso/m2	1.62	ton/m2

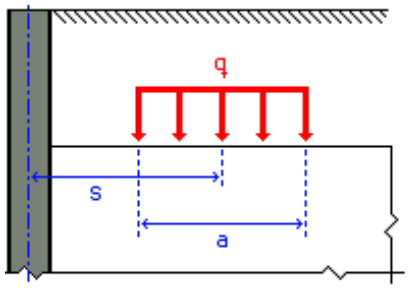
Área total Zapatas	79.11	m2
Relación Áreas	0.08	%
Sobrecarga	19.90	ton/m2
Profundidad de la sobrecarga	1.60	m
Separación de zapata	4.12	m

Fuente: elaboración propia.

Para el cálculo del peso de la estructura del edificio E se cuantificaron los elementos constructivos. Seguidamente, en base a sus dimensiones se calculó su volumen y por último se multiplicó por la densidad del concreto armado (2.4 ton/m3). Para la estructura de acero se cuantificaron los elementos constructivos y en base a sus dimensiones se consultó el manual del American Institute of Steel Construction para localizar las secciones de acero que concordaran con las especificadas en los planos proporcionadas por la Universidad del Valle de Guatemala y así obtener un peso en libras por pie lineal y multiplicar ese peso por las cantidades anteriormente cuantificadas. Se menciona la razón por la cual el rubro de instalaciones es tan grande (809.95 toneladas), esto se debe a que se consideran el peso de los muros de ladrillo y la carga de toda la maquinaria.

Luego de obtener el peso total de la estructura, se dividió entre el área que este tiene para obtener una carga distribuida, la cual es de 1.62 ton/m2. Sin embargo, debido a que la estructura esta cimentada en zapatas y el espaciamiento que existe entre las zapatas del edificio E (6 metros) se procedió a obtener una carga más representativa sobre cada zapata y así tener un caso de análisis más crítico. Por lo tanto, se dividió el área total de las zapatas entre el área total del edificio y ese factor porcentual se le dividió a la sobrecarga distribuida, para así obtener una sobrecarga de 19.90 ton/m2, sobrecarga que se utilizó para diseñar la pantalla de los pilotes. La ubicación de la sobrecarga se ubicó según la siguiente figura:

Figura No. 265. Colocación de la sobrecarga.



Fuente: elaboración propia.

Donde *a* es el tamaño máximo de las zapatas del edificio E (1.8 metros), *S* es la separación de la pantalla de pilotes al centro de la zapata (4.12 metros) y *q* es la sobrecarga (anteriormente mencionada).

b. Modelado de muro pantalla de pilotes. Luego de establecer las condiciones iniciales del muro pantalla de pilotes, se procedió a modelar y realizar un análisis chequeando la deformación provocado por las fuerzas de corte y momento, asignándole una sobrecarga según su ubicación. Para realizar este análisis se hizo uso del software CYPE, el cual permite modelar las fases constructivas y de servicio de los proyectos. En este caso se modeló un método constructivo llamado "top down", donde el objetivo es que conforme se van colocando las losas apoyadas sobre la pantalla de pilotes (de arriba hacia abajo) se avanza en la excavación. Para un mejor entendimiento ver el proceso constructivo detallado en la siguiente sección.

Las normas y materiales que se utilizaron fueron los siguientes:

- Norma de concreto: ACI 318M-11 (USA)
- Concreto: f'c = 280 kg/cm2
- Acero: grado 60
- Recubrimiento geométrico: 8.0 cm
- Tamaño máximo del árido: 20 mm

Acciones consideradas

- Mayoración esfuerzos en construcción: 1.60
- Mayoración esfuerzos en servicio: 1.60
- Con análisis sísmico
- Aceleración de cálculo: 0.24 g
- No se considera el sismo en las fases constructivas
- Mayoración esfuerzos en hipótesis sísmica: 1.00
- Sin considerar acciones térmicas en puntales

Datos generales

- Cota de la rasante: 0.00 m
- Altura del muro sobre la rasante: 0.00 m
- Tipología: Pantalla de pilotes de concreto armado

Descripción del terreno

- Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el trasdós del muro pantalla: 0.0 %
- Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el intradós del muro pantalla: 0.0 %

Cuadro No. 149. Descripción del terreno.

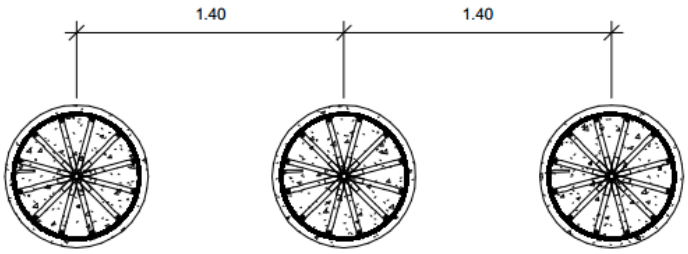
Referencias	Cota superior	Descripción	Coeficientes de empuje
1 - Talpetate	0.00 m	Densidad aparente: 1.4 kg/dm³ Densidad sumergida: 1.0 kg/dm³ Ángulo rozamiento interno: 29 grados Cohesión: 3.50 t/m² Módulo de balasto empuje activo: 1000.0 t/m³ Módulo de balasto empuje pasivo: 1000.0 t/m³ Gradiente módulo de balasto: 0.0 t/m4	Activo trasdós: 0.35 Reposo trasdós: 0.52 Pasivo trasdós: 2.88 Activo intradós: 0.35 Reposo intradós: 0.52 Pasivo intradós: 2.88

Fuente: elaboración propia. Generada con software CYPE.

Geometría

- Altura total: 22.0 m
- Diámetro de pilote: 75 cm
- Separación entre ejes: 1.40 m

Figura No. 266. Detalle de espaciamiento y dimensiones de pilotes.



Fuente: elaboración propia.

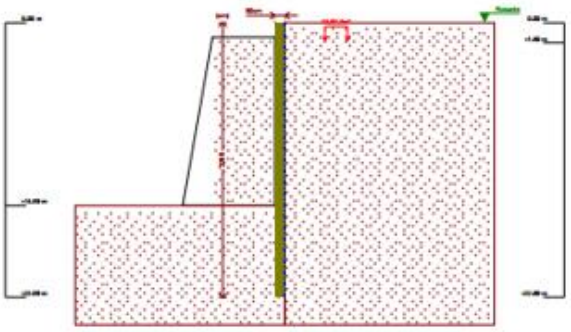
Cuadro No. 150. Sobrecargas aplicadas en talud protegido.

Tipo	Cota	Datos	Fase inicial	Fase final
En banda	-1.6 m	Valor: 19.9 t/m² Ancho: 1.8 m Separación: 4.12 m	Fase berma 1	Fase servicio

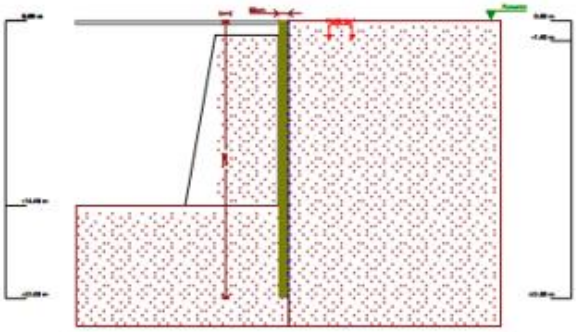
Fuente: elaboración propia. Generada con software CYPE.

c. Proceso constructivo.

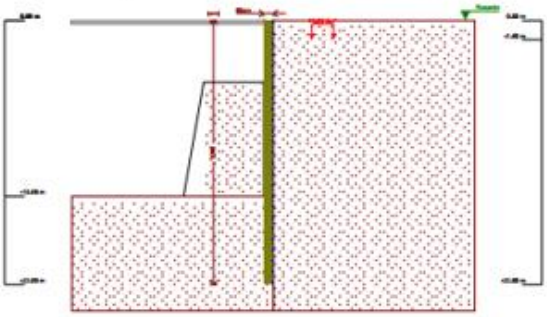
Figura No. 267. Proceso constructivo de pilotes y losas de sótanos.



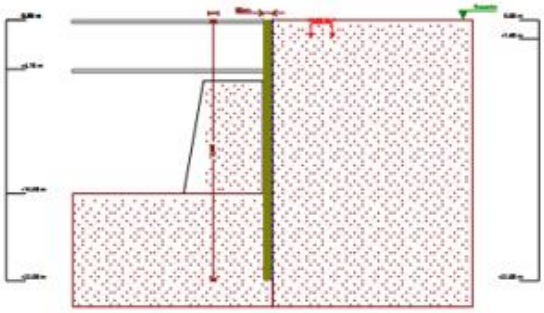
Referencias	Nombre	Descripción
Fase 1	Fase berma 1	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -14.65 m Altura de la berma: 13.50 m Ángulo de talud: 80 grados Distancia a la coronación del talud: 5.00 m



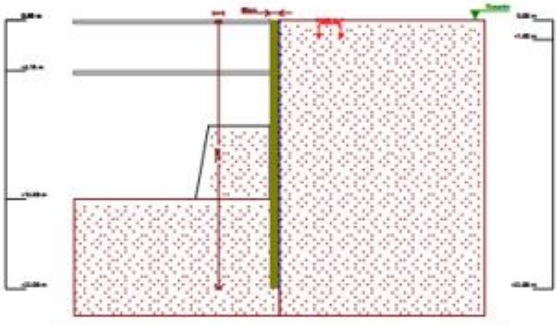
Referencias	Nombre	Descripción
Fase 2	Fase losa 1	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -14.65 m Altura de la berma: 13.50 m Ángulo de talud: 80 grados Distancia a la coronación del talud: 5.00 m



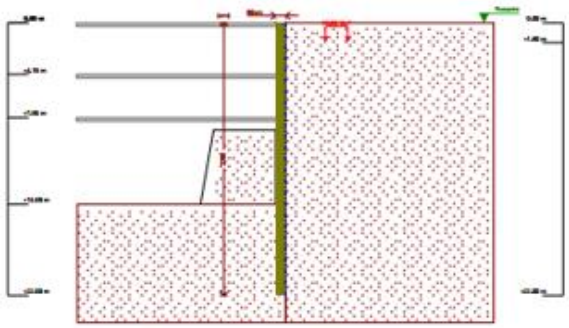
Referencias	Nombre	Descripción
Fase 3	Fase berma 2	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -14.65 m Altura de la berma: 9.50 m Ángulo de talud: 80 grados Distancia a la coronación del talud: 5.00 m



Referencias	Nombre	Descripción
Fase 4	Fase losa 2	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -14.65 m Altura de la berma: 9.50 m Ángulo de talud: 80 grados Distancia a la coronación del talud: 5.00 m

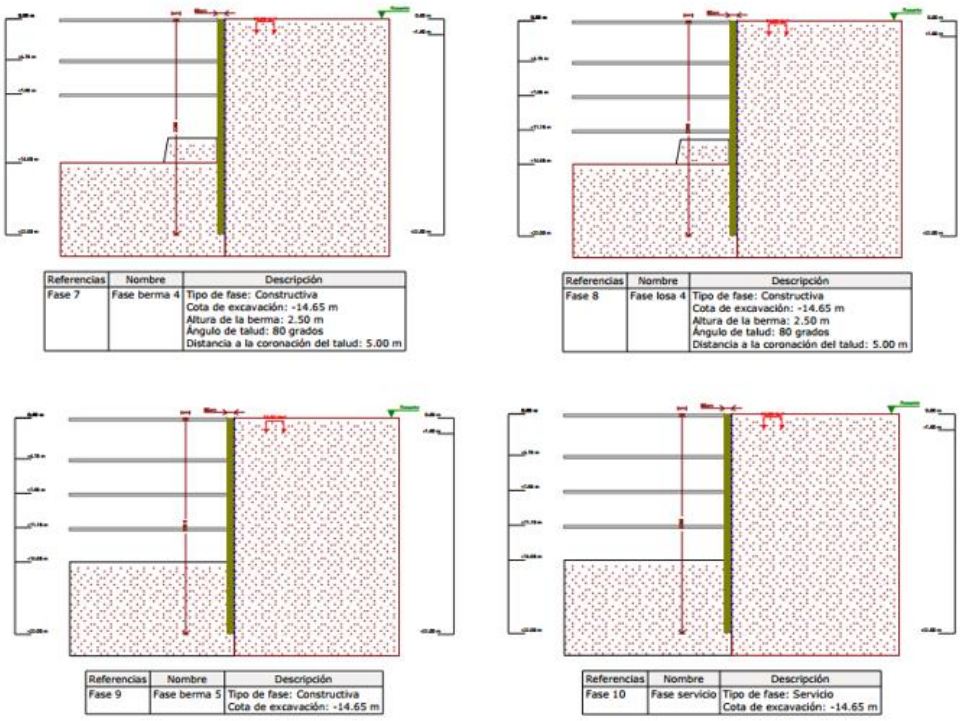


Referencias	Nombre	Descripción
Fase 5	Fase berma 3	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -14.65 m Altura de la berma: 6.00 m Ángulo de talud: 80 grados Distancia a la coronación del talud: 5.00 m



Referencias	Nombre	Descripción
Fase 6	Fase losa 3	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -14.65 m Altura de la berma: 6.00 m Ángulo de talud: 80 grados Distancia a la coronación del talud: 5.00 m

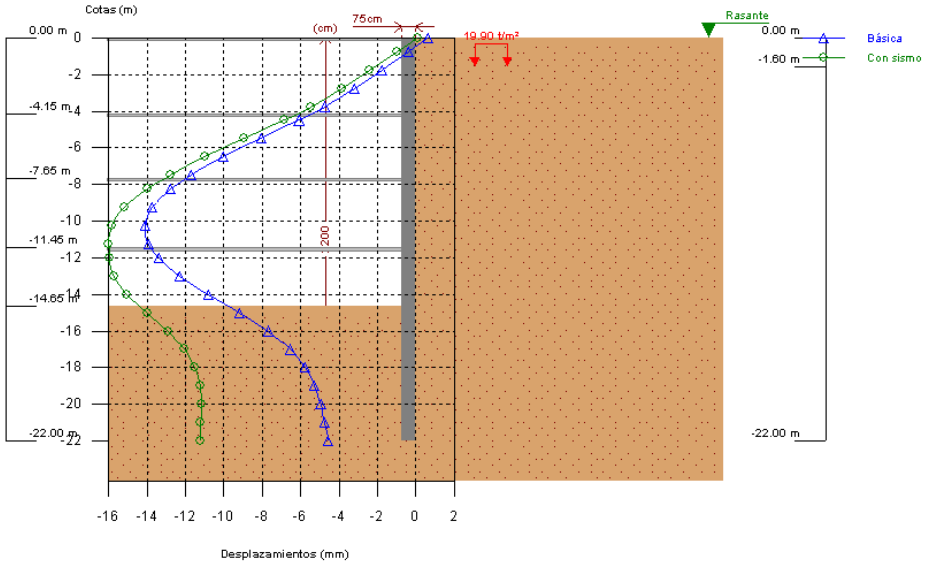
Figura No. 268. Proceso constructivo de pilotes y losas de sótanos.



Fuente: elaboración propia. Generada con software CYPE.

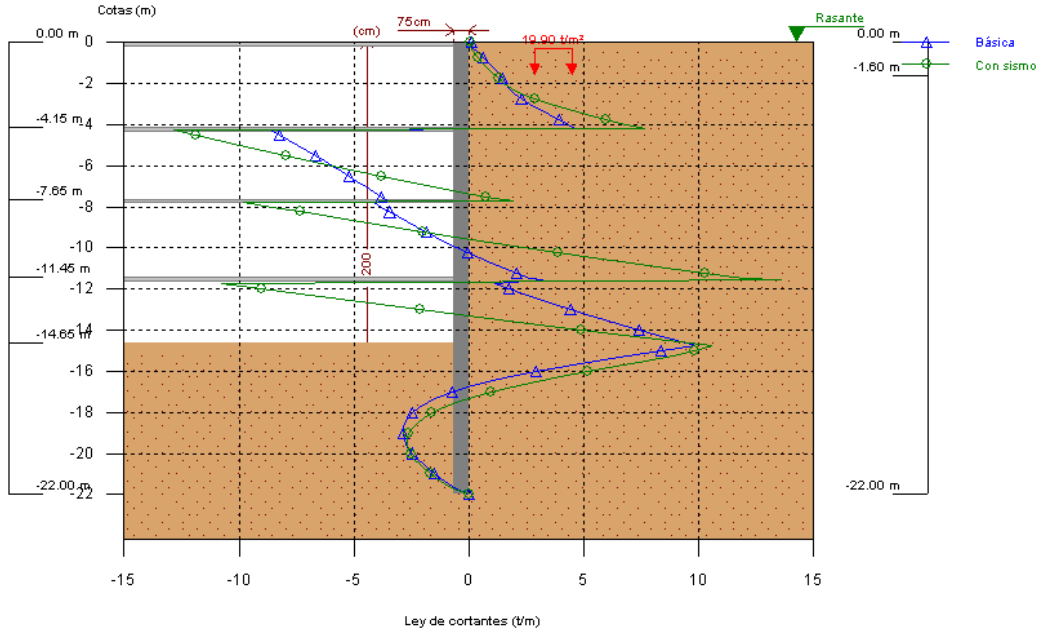
d. Resultados de análisis.

Figura No. 269. Gráfica de desplazamientos.



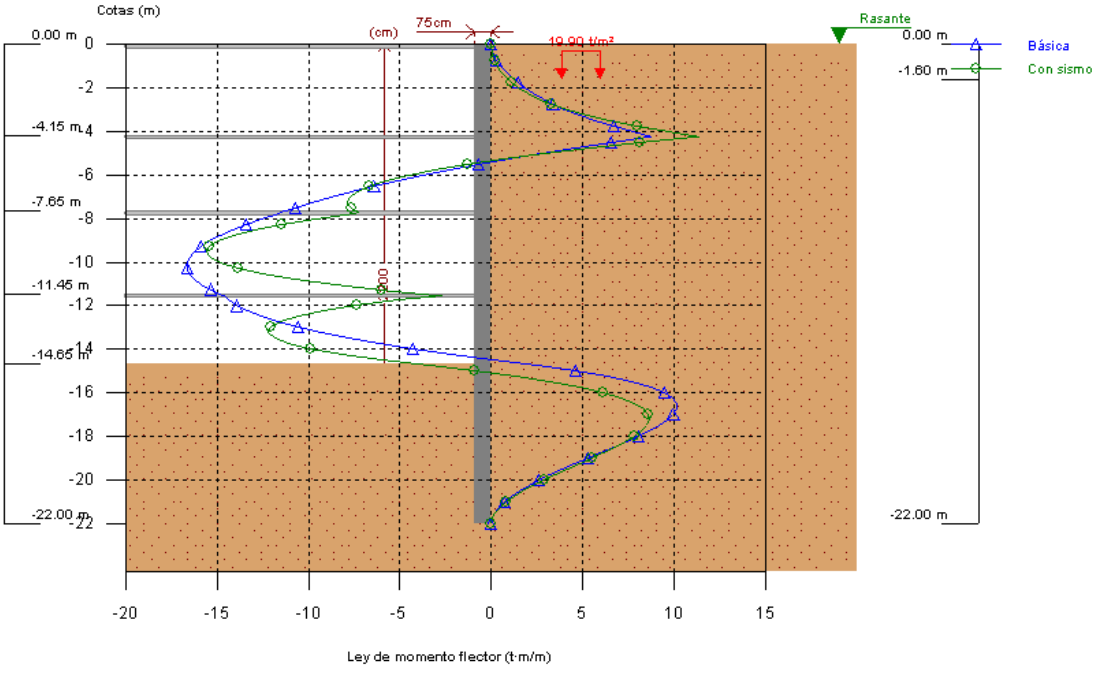
Fuente: elaboración propia. Generada con software CYPE.

Figura No. 270. Gráfica de corte.



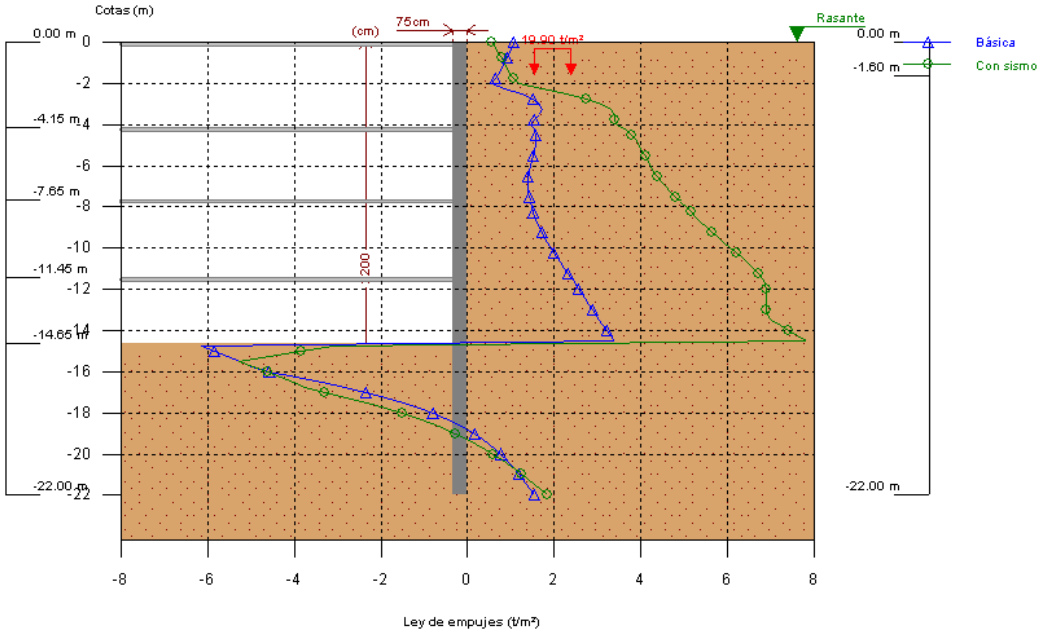
Fuente: elaboración propia. Generada con software CYPE.

Figura No. 271. Gráfica de momento flector.



Fuente: elaboración propia. Generada con software CYPE.

Figura No. 272. Gráfica de empujes.



Fuente: elaboración propia. Generada con software CYPE.

Cuadro No. 151. Desplazamiento, corte, momento máximo para diseño y factores de seguridad.

Desplazamiento máximo	**16**	**mm**
Corte máximo (V_s)	14	Ton/m
Momento máximo (Mu)	18	Ton*m/m
Ley de empujes	8	Ton/m^2
Círculo de deslizamiento pésimo (factor de seguridad de combinaciones sin sismo)	2.742	
Círculo de deslizamiento pésimo (factor de seguridad de combinaciones con sismo)	1.843	

Fuente: elaboración propia.

e. Diseño de refuerzo de acero a flexión y cortante. Para el diseño del refuerzo de acero a flexión y a corte se utilizaron las siguientes ecuaciones respectivamente:

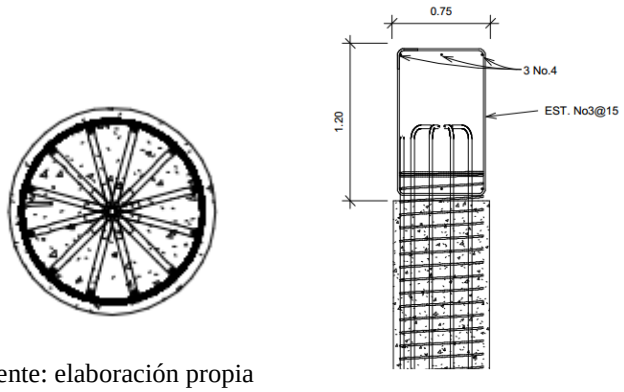
Ecuación No.3. $$\emptyset Mn = \emptyset \rho d^2 f_y (1 - 0.59 \frac{\rho * f_y}{f'c}) \geq Mu$$

Ecuación No.4. $$V_s = \frac{A_v f_y d}{s} \leq 2.12 \sqrt{f'c} b_w d$$

(McCormac, 2008)

El diseño a flexión utilizó acero grado 60 (42000 ton/m2) y concreto 280 kg/cm2 (2800 ton/m2). Para realizar el diseño preliminar se hizo una sección cuadrada equivalente al área de un circulo de 0.75 metros de diámetro, obteniendo así una viga cuadrada de 0.67 metros de cada lado con un recubrimiento de 0.08 metros y un valor de $\emptyset = 0.75$. Luego de resolver la Ecuación No.1. para ρ se obtuvo una cuantía de 0.0058, lo cual representa 25.72 cm2 de acero, cuya área equivalente de acero son seis varillas No.8.El diseño a corte utilizó el mismo acero anteriormente mencionado obteniendo de esta manera un refuerzo a corte de varillas No.4. con un espaciamiento de 20 centímetros.El diseño del refuerzo de la viga de amarre llevó el mismo proceso anteriormente mencionado tanto para flexión como para corte, con la diferencia que la carga para la cual se le diseñó fue el empuje del suelo.

Figura No. 273. Detalle de armado de pilote y viga de amarre.



Fuente: elaboración propia

3. Modelo de los muros de contención con base en tecnología BIM. El modelo tridimensional que se muestra a continuación fue realizado por los integrantes del megaproyecto, sin embargo, los detalles de los muros de contención (soil nailing y pilotes) no fueron realizados en conjunto. Para el soil nailing se crearon cuatro familias, una para cada tipo de anclaje y los pilotes se crearon en un proyecto diferente y luego se vinculó dicho proyecto al proyecto del Centro de Innovación y Tecnología.

Pasos realizados para crear la familia de soil nailing:

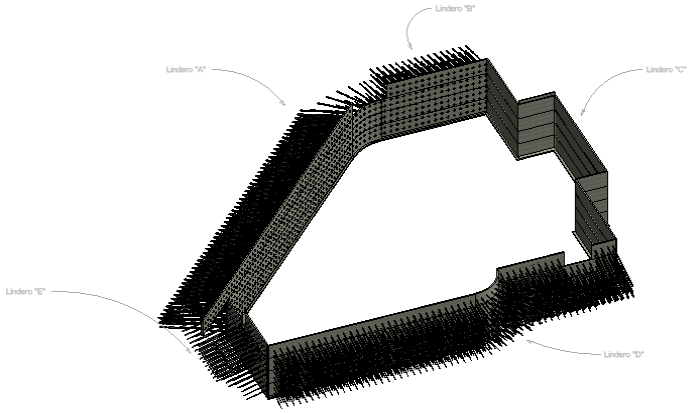
1. Se creó un nuevo archivo en plantilla de “familia”.
2. Se creó un modelo genérico basado en muro.
3. Se dibujó la platina que se coloca en la cabeza del anclaje pasivo y se parametrizó de acuerdo con el ángulo que se le desee dar al anclaje.
4. Se dibujó el resto de los detalles del anclaje pasivo (varilla y zona de inyección) con la herramienta de extrusión. Para los detalles del refuerzo, las crucetas se dibujaron como refuerzo de acero y la malla electrosoldada fue definida fuera de la familia con la herramienta “refuerzo de área estructural”.

Pasos realizados para vinculación

1. Luego de haber modelado los pilotes con sus respectivas dimensiones y refuerzos se procedió a vincular dicho modelo al proyecto CIT.
2. Para realizar la vinculación se debe de abrir el archivo .RVT donde se encuentre el proyecto y el archivo a vincular deberá de estar cerrado.
3. En la pestaña “insertar”, seleccionar la opción “Vincular Revit”, en inglés “Link Revit”.
4. Buscar la ubicación del archivo que se desea vincular.
5. Seleccionar la opción de ubicación del archivo donde será ubicado el archivo vinculado dentro del proyecto. En este caso, se utilizó la ubicación “automática origen – origen”.

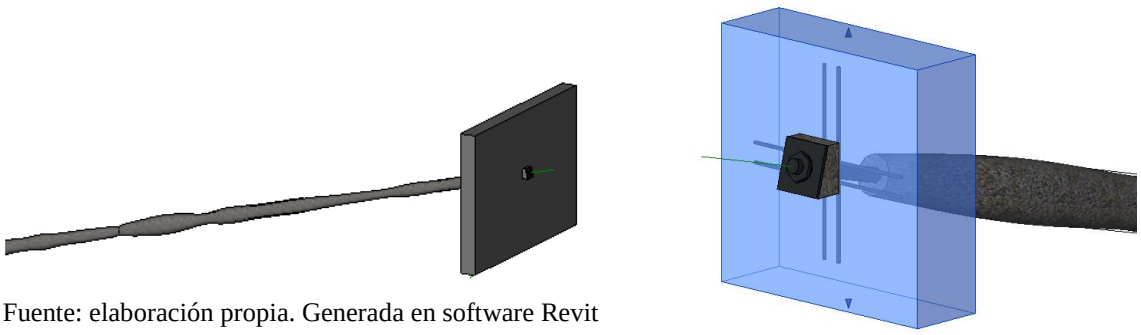
De este mismo modelo se generaron cuatro planos, dos para soil nailing, uno para la pantalla de pilotes y un plano en planta para la ubicación de estos métodos de contención de suelos. Estos planos se pueden apreciar al final de este documento.

Figura No. 274. Vista tridimensional de los muros de contención clasificados por lindero



Fuente: elaboración propia. Generada en software Revit.

Figura No. 275. Vista tridimensional de la familia de anclajes pasivos creada.

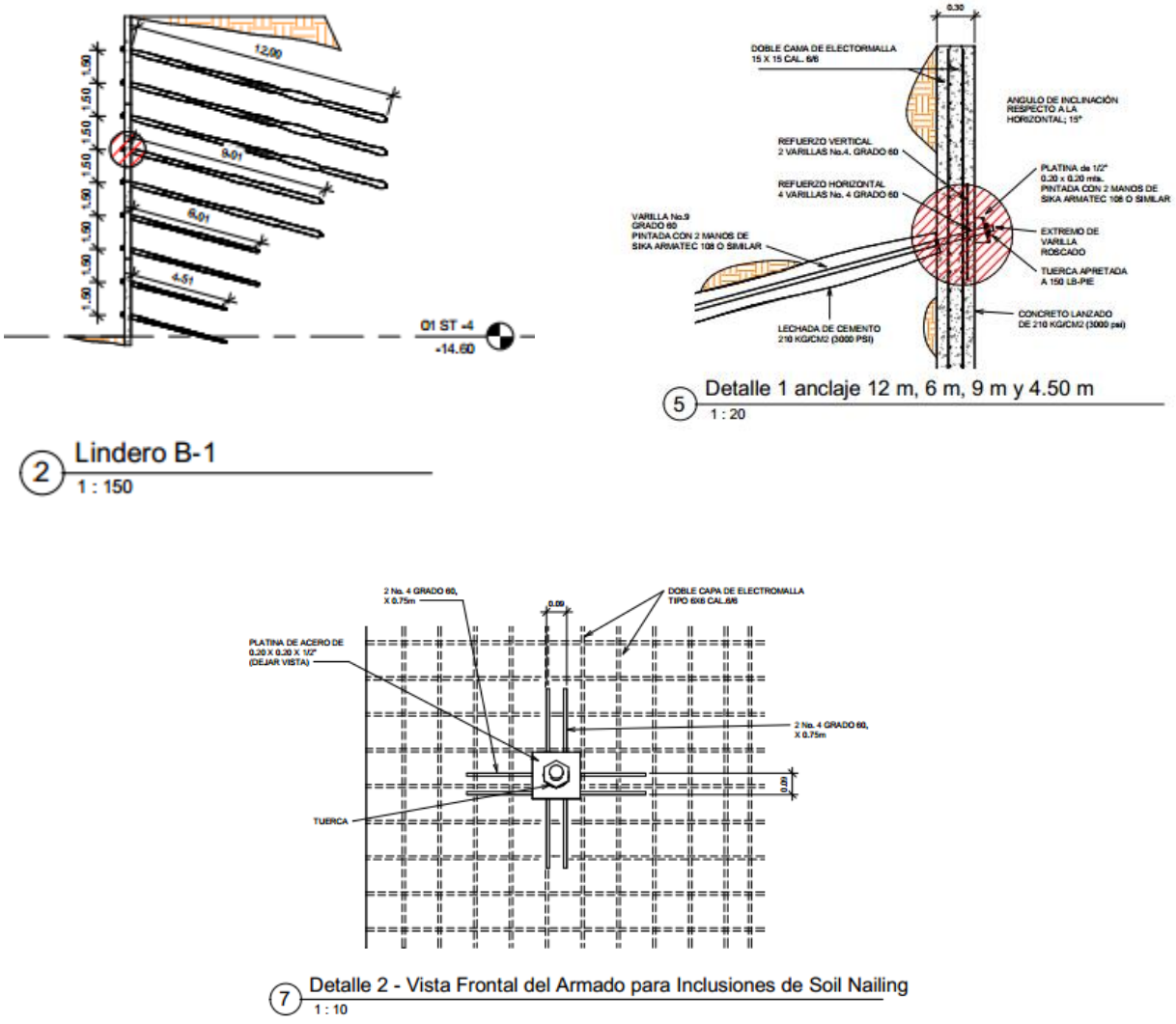


Fuente: elaboración propia. Generada en software Revit

4. Diseño final. El diseño integral de la protección de los taludes de los sótanos del nuevo edificio Centro de Innovación y Tecnología de la Universidad del Valle de Guatemala estará conformado por dos sistemas de contención: soil nailing y pilotes. El primero estará colocado en los linderos “A”, “B”, “D” y “E” y en el lindero “C” se colocará el muro pantalla de pilotes. A continuación, se muestra el diseño final de cada muro de contención, así como su ubicación:

Diseño final soil nailing (para más información ver los planos al final de este documento)

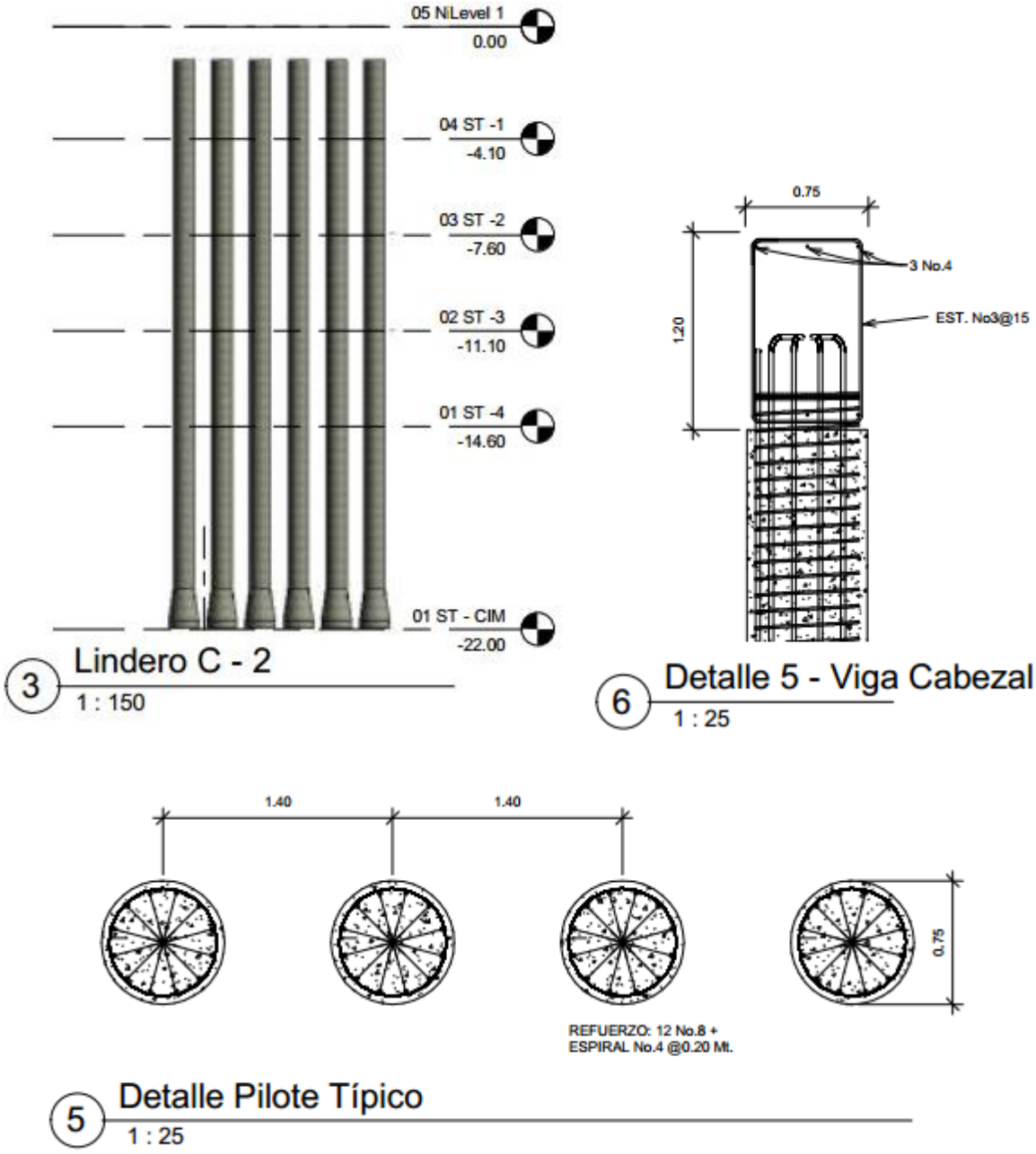
Figura No. 276. Diseño final muro soil nailing.



Fuente: elaboración propia. Generada en software Revit.

Diseño final muro pantalla de pilotes (para más información ver los planos al final de este documento)

Figura No. 277. Diseño final muro pantalla de pilotes.



Fuente: elaboración propia. Generada en software Revit.

5. Resultados del pre-diseño estructural en concreto reforzado.

a. Diseño sísmico.

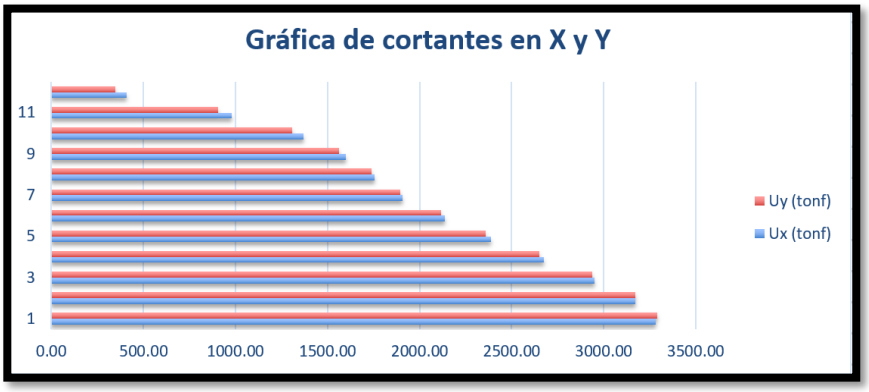
1) Cortantes de entrepiso en el centro de masa. En la Figura No. 278, se observa que los cortantes de cada nivel van disminuyendo conforme la altura aumenta, y esto se debe a que los mayores esfuerzos a cortantes se van a concentrar en los niveles inferiores, los cuales están soportando la acumulación de esfuerzos.

Cuadro No. 152. Cortes de entrepiso del centro de masa

Nivel	Vx (tonf)	Vy (tonf)
Sótano 4	3284.02	3290.30
Sótano 3	3173.14	3172.33
Sótano 2	2950.39	2937.56
Sótano 1	2673.23	2649.04
Nivel 1	2388.08	2358.90
Nivel 2	2139.12	2115.87
Nivel 3	1905.66	1894.37
Nivel 4	1756.09	1740.36
Nivel 5	1599.46	1561.26
Nivel 6	1367.45	1305.90
Nivel 7	979.87	903.96
Techo	406.89	347.98

Fuente: elaboración propia

Figura No. 278. Cortantes de entrepiso del centro de masa



Fuente: elaboración propia

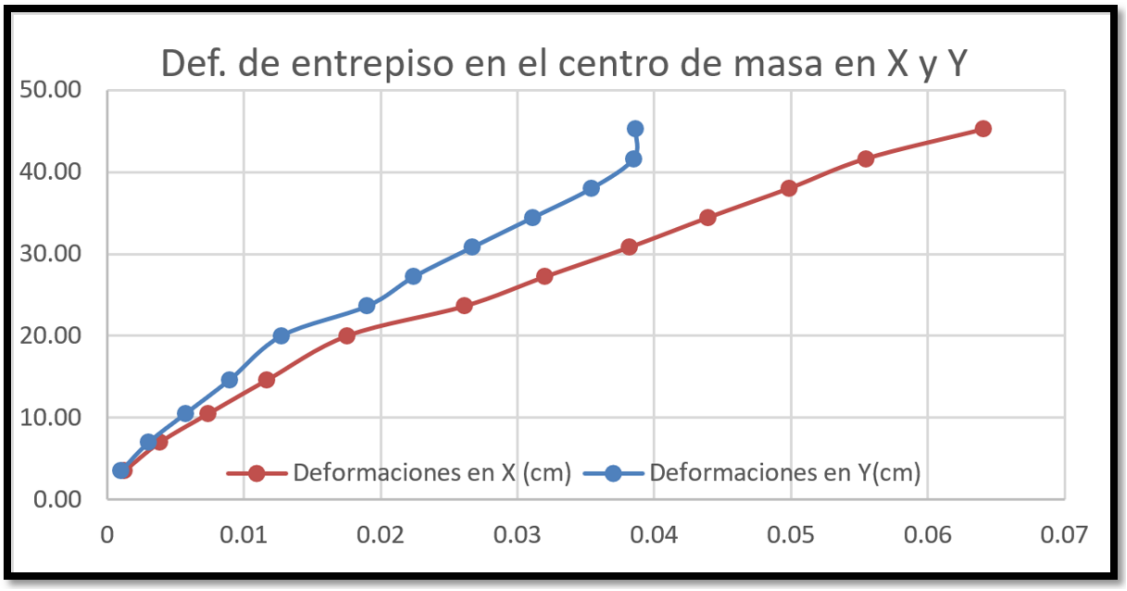
2) Deformaciones de entrepiso en el centro de masa. En el Cuadro No. 153 y la Figura No. 279, se observan las deformaciones que sufrió cada uno de los niveles respecto a la altura en la que se encuentra ubicado. Las mayores deformaciones se generan en los niveles superior y tienden a subir de forma lineal.

Cuadro No. 153. Deformaciones de entrepiso en el centro de masa

Nivel	Ux (cm)	Uy (cm)	Hn (m)
Sótano 4	0.00127	0.001045	3.50
Sótano 3	0.003873	0.003075	7.00
Sótano 2	0.00743	0.005766	10.50
Sótano 1	0.011716	0.008968	14.60
Nivel 1	0.017596	0.0128	20.00
Nivel 2	0.026145	0.019026	23.60
Nivel 3	0.032045	0.022457	27.20
Nivel 4	0.038234	0.026735	30.80
Nivel 5	0.043933	0.03113	34.40
Nivel 6	0.049909	0.035461	38.00
Nivel 7	0.055491	0.038492	41.60
Nivel 8	0.064094	0.038645	45.20

Fuente: elaboración propia

Figura No. 279. Deformación de entrepiso del centro de masa



Fuente: elaboración propia

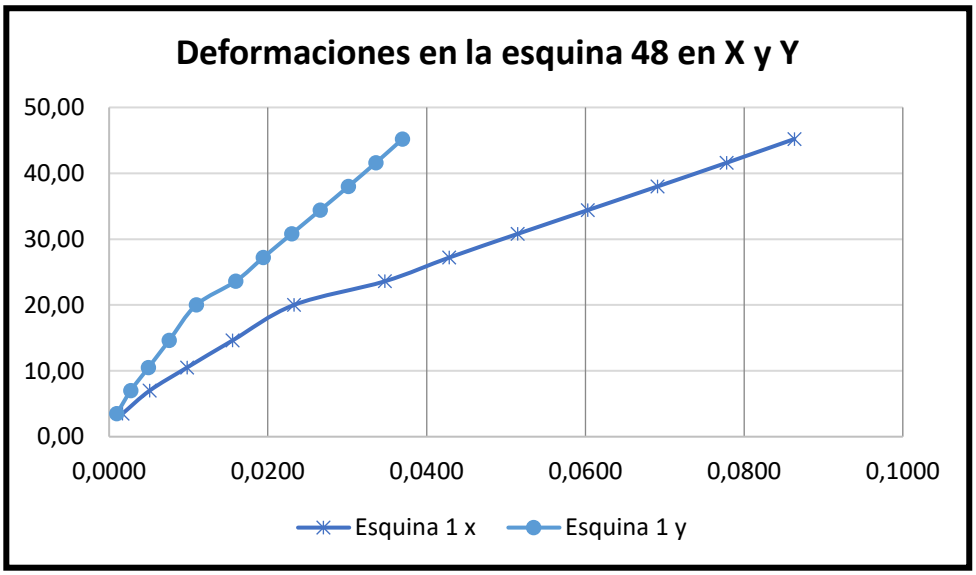
3) Deformaciones en esquinas. Es importante analizar las esquinas más sobresalientes del edificio o aquellas que se encuentran más alejadas de los marcos principales, esto se debe a que las mayores deformaciones se concentran en estos nodos y para ello se determinaron las deformaciones en la esquina número 48, 73, 49 y 38, de las cuales se pueden ver las siguientes tablas y gráficas en donde se muestran las deformaciones generadas en la dirección X y Y. También se verificaron las esquinas 28,3 y 1.

Cuadro No. 154. Deformación de la esquina 48 en dirección X y Y

Nivel	Ux (cm)	Uy (cm)	Hn (m)
Sótano 4	0.0017	0.0010	3.50
Sótano 3	0.0051	0.0027	7.00
Sótano 2	0.0098	0.0050	10.50
Sótano 1	0.0155	0.0076	14.60
Nivel 1	0.0233	0.0110	20.00
Nivel 2	0.0347	0.0159	23.60
Nivel 3	0.0428	0.0194	27.20
Nivel 4	0.0515	0.0230	30.80
Nivel 5	0.0603	0.0266	34.40
Nivel 6	0.0691	0.0301	38.00
Nivel 7	0.0778	0.0336	41.60
Nivel 8	0.0863	0.0370	45.20

Fuente: elaboración propia

Figura No. 280. Deformación de la esquina 48 en dirección X y Y.



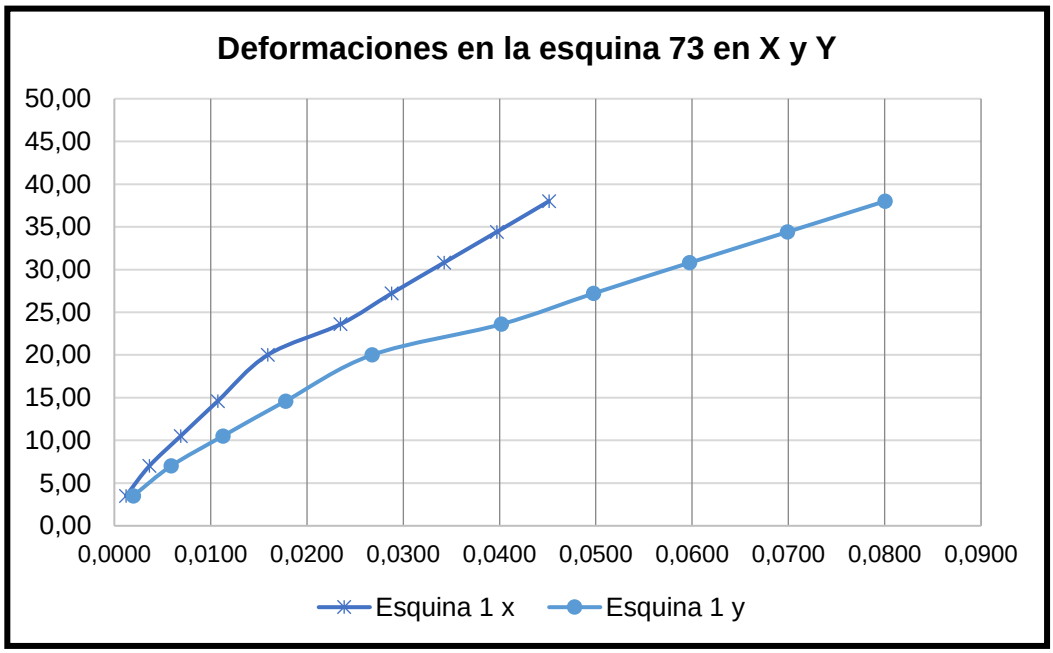
Fuente: elaboración propia

Cuadro No. 155. Deformación de la esquina 73 en dirección X y Y

Nivel	Ux (cm)	Uy (cm)	Hn (m)
Sótano 4	0.0012	0.0020	3.50
Sótano 3	0.0036	0.0059	7.00
Sótano 2	0.0069	0.0113	10.50
Sótano 1	0.0107	0.0178	14.60
Nivel 1	0.0159	0.0268	20.00
Nivel 2	0.0235	0.0402	23.60
Nivel 3	0.0288	0.0497	27.20
Nivel 4	0.0342	0.0597	30.80
Nivel 5	0.0397	0.0699	34.40
Nivel 6	0.0451	0.0800	38.00
Nivel 7	No hay	No hay	41.60
Nivel 8	No hay	No hay	45.20

Fuente: elaboración propia

Figura No. 281. Deformación de la esquina 73 en dirección X y Y



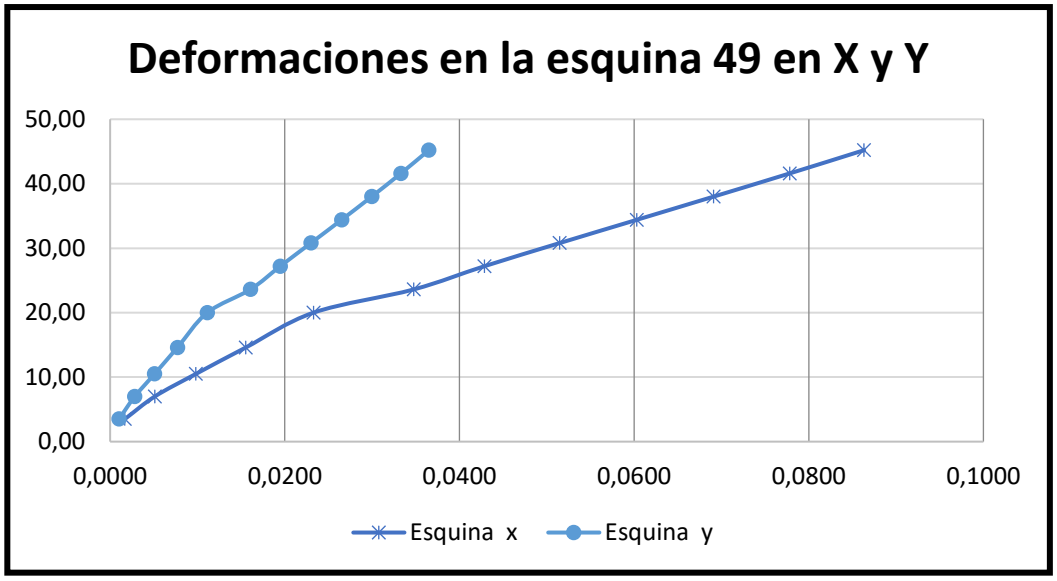
Fuente: elaboración propia

Cuadro No. 156. Deformación de la esquina 49 en dirección X y Y

Nivel	Ux (cm)	Uy (cm)	Hn (m)
Sótano 4	0.0017	0.0010	3.50
Sótano 3	0.0051	0.0028	7.00
Sótano 2	0.0098	0.0051	10.50
Sótano 1	0.0155	0.0077	14.60
Nivel 1	0.0233	0.0111	20.00
Nivel 2	0.0347	0.0161	23.60
Nivel 3	0.0428	0.0195	27.20
Nivel 4	0.0515	0.0230	30.80
Nivel 5	0.0603	0.0265	34.40
Nivel 6	0.0691	0.0300	38.00
Nivel 7	0.0778	0.0333	41.60
Nivel 8	0.0863	0.0365	45.20

Fuente: elaboración propia

Figura No. 282. Deformación de la esquina 49 en dirección X y Y.



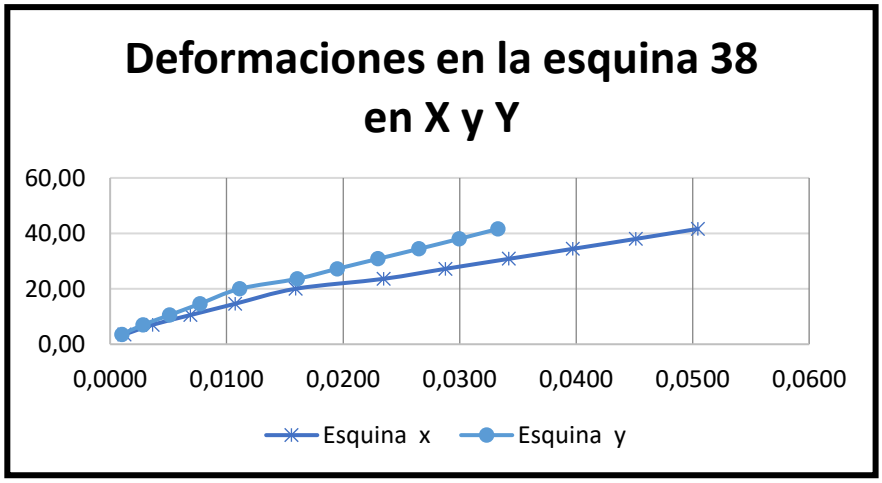
Fuente: elaboración propia

Cuadro No. 157. Deformación de la esquina 38 en dirección X y Y

Nivel	Ux (cm)	Uy (cm)	Hn (m)
Sótano 4	0.0012	0.0010	3.50
Sótano 3	0.0036	0.0028	7.00
Sótano 2	0.0069	0.0051	10.50
Sótano 1	0.0107	0.0077	14.60
Nivel 1	0.0159	0.0111	20.00
Nivel 2	0.0235	0.0161	23.60
Nivel 3	0.0288	0.0195	27.20
Nivel 4	0.0342	0.0230	30.80
Nivel 5	0.0397	0.0265	34.40
Nivel 6	0.0451	0.0300	38.00
Nivel 7	0.0504	0.0333	41.60
Nivel 8	0	0	45.20

Fuente: elaboración propia

Figura No. 283. Deformación de la esquina 38 en dirección X y Y



Fuente: elaboración propia

4) Condición de derivas. Para la verificación de las derivas últimas Δ_U máximas, son las referentes para establecer las "derivas admisibles" conforme la tabla 4-1 de la NSE 3-10. Para que la condición de derivas cumpla se itera el proceso de análisis hasta que:

$$\Delta_{cp} < \Delta_U / C_d$$

- En donde Δ_{cp} corresponde a las derivas de piso.

Cuadro No. 158. Determinación de las derivas últimas ΔU máximas tolerables

Δu/cd =	0.273%
Δu =	0.02
Cd=	5.50

Fuente: elaboración propia

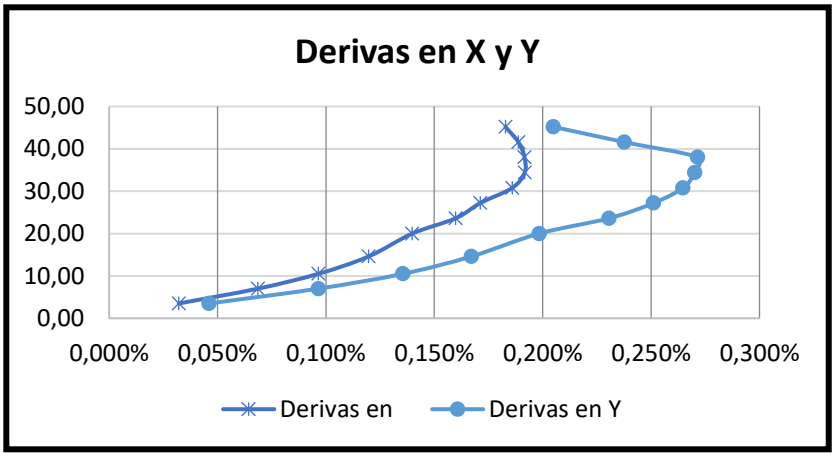
Cuadro No. 159. Condición de derivas en X y Y

Nivel	Hn (m)	Ux	Cumple	Uy	Cumple
Sótano 4	3.50	0.032%	sí	0.046%	sí
Sótano 3	7.00	0.069%	sí	0.097%	sí
Sótano 2	10.50	0.097%	sí	0.136%	sí
Sótano 1	14.60	0.120%	sí	0.167%	sí
Nivel 1	20.00	0.140%	sí	0.198%	sí
Nivel 2	23.60	0.160%	sí	0.231%	sí
Nivel 3	27.20	0.171%	sí	0.251%	sí
Nivel 4	30.80	0.186%	sí	0.265%	sí
Nivel 5	34.40	0.192%	sí	0.270%	sí
Nivel 6	38.00	0.192%	sí	0.271%	sí
Nivel 7	41.60	0.189%	sí	0.238%	sí
Nivel 8	45.20	0.183%	sí	0.205%	sí

Fuente: elaboración propia

En la Figura No. 284, se puede observar las derivas que describen cada una de las direcciones, para X y Y. A pesar de que la dirección Y presenta un movimiento más brusco, se encuentra por debajo de las derivas últimas máximas, por lo que no representa ningún problema.

Figura No. 284. Condición de derivas máximas



ETABS en su interfaz de **Display – Show Tables – Results – Base Reactions,** se despliega la tabla que muestra los pesos sísmicos de carga muerta y viva, también los cortantes y momentos para la dirección X y Y de cada uno de los casos.

Cuadro No. 160. Resumen de los pesos sísmicos y cortantes X, Y y Z de los casos de carga

Load Case/Combo	FX (Tonf)	FY (Tonf)	FZ (Tonf)
Dead Load	0.00	0.00	40481.05
Live Load	0.00	0.00	17453.98
Diseño Elástico X Max	2550.72	833.49	0.00
Diseño ElásticoY Max	833.49	2535.40	0.00
Diseño de Sismo X Max	3342.59	1092.24	0.00
Diseño de Sismo Y Max	1092.24	3322.51	0.00
Derivas en X Max	2916.46	953.00	0.00
Derivas en Y Max	1106.42	3365.64	0.00

Fuente: elaboración propia

Cuadro No. 161. Resumen de los momentos en X, Y y Z de los casos de carga.

Load Case/Combo	MX (Tonf-m)	MY (Tonf-m)	MZ (Tonf-m)
Dead Load	-1209237.00	-1615325.00	0.02
Live Load	-519675.19	-660016.26	0.01
Diseño Elástico X Max	25731.13	62758.94	86269.64
Diseño ElásticoY Max	62635.68	24802.86	135904.82
Diseño de Sismo X Max	33719.30	82242.29	113051.84
Diseño de Sismo Y Max	82080.77	32502.85	178096.14
Derivas en X Max	29420.65	71757.78	98639.62
Derivas en Y Max	83146.13	32924.72	180407.72

Fuente: elaboración propia

b. Diseño de muros. Este diseño es de prueba y error hasta que el cortante de los muros esté por debajo del cortante admisible del concreto y si no se repite el proceso de calibración luego de un par de intentos, ya que, al aumentar el espesor de los muros la rigidez también incrementa y con eso el período de vibración se hace más corto. Si el periodo es más corto, se tiene un mayor cortante espectral y con ello la distribución de esfuerzos en los elementos es proporcional a la rigidez por lo que también aumentan.

En la siguiente tabla se puede ver un resumen del análisis del diseño de muros, el cual está clasificado por el código de muro, nivel, largo y ancho de cada uno. En total se diseñaron 29 muros para el CIT, es importante recalcar que las dimensiones de los muros se estandarizaron para la mayor cantidad de niveles, garantizando la resistencia de los mismo.

Cuadro No. 162. Resumen del diseño de muros

Código de Muro	Nivel	Largo (m)	Ancho (m)
Pier B	Todos los niveles	4.8	0.55
Pier C	Todos los niveles	4.8	0.55
Pier E1	Todos los niveles	0.95	0.3
Pier E2	Todos los niveles	0.95	0.3
Pier F	St-4 al N2	8.3	0.4
	N3 al Techo	8.3	0.3
Pier F1	Todos los niveles	2.6	0.3
Pier F2	Todos los niveles	2.6	0.3
Pier F3	Todos los niveles	2.6	0.2
Pier G	St-4 al St-2	9.9	0.7
	St-1 al N2	9.9	0.65
	N3 al N5	9.9	0.55
	N6 al Techo	9.9	0.4
Pier H1	Todos los niveles	0.95	0.3
Pier H2	Todos los niveles	0.95	0.3
Pier H3	Todos los niveles	3.6	0.3
Pier I1	Todos los niveles	2.6	0.3
Pier I2	Todos los niveles	3.6	0.3
Pier 3	St-4 al St -3	8.5	0.55
	St-2 al N2	8.5	0.5
	N3 al N5	8.5	0.4
	N6 al Techo	8.5	0.3
	Todos los niveles	3.6	0.3

Continuación Cuadro 162

Pier 3.1	Todos los niveles	2.6	0.3
Pier 3.2	Todos los niveles	2.6	0.3
Pier 3.3	Todos los niveles	2.6	0.3
Pier 4	St-4 al N2	8.5	0.5
	N3 al N5	8.5	0.4
	N6 al Techo	8.5	0.3
Pier 4.1	Todos los niveles	5.8	0.3
Pier 4.2	Todos los niveles	1.1	0.2
Pier 6.1	Todos los niveles	2.6	0.2
Pier 6.2	Todos los niveles	2.3	0.2
Código de Muro	**Nivel**	**Largo (m)**	**Ancho (m)**
Pier 6.3	Todos los niveles	2.3	0.2
Pier 6.4	Todos los niveles	3.3	0.2
Pier 7.1	Todos los niveles	2.6	0.3
Pier 7.2	Todos los niveles	3.3	0.3
Pier 9	Todos los niveles	3.85	0.3
Pier 10	St-4 al St -2	12.35	0.7
	St-1 al N2	12.35	0.65
	N3 al N5	12.35	0.55
	N6 al Techo	12.35	0.4
	Todos los niveles	3.6	0.3

Fuente: elaboración propia

c. Diseño de vigas y columnas. En la siguiente tabla se pueden ver los resultados generados por ETABS para el diseño de las columnas, en las cuales se muestra el área de acero que requiere la sección, los cortantes basales y los momentos flexores de la misma. En la misma tabla se puede apreciar que la sección está chequeada a través del diseño sísmico.

Cuadro No. 163. Resultado del pre-diseño de las columnas a través de ETABS

Story	Design Section	Design/Check	As	P	V2	M3
			cm²	kgf	kgf	kgf-m
7	Col 1.3x1.3 m	Check	169	169	-90888.51	-40783.63
7	Col 1.3x1.3 m	Check	169	169	-86163.47	-40783.63
7	Col 1.1 x 1.1 m	Check	1218	49.26	-95613.56	-40783.63
7	Col 1.1 x 1.1 m	Check	121	49.26	-90888.51	-4436.64
7	Col 1.1 x 1.1 m	Check	121	49.26	-86163.47	-4436.64
7	Col 1.0mX1.0m	Check	100	49.26	-109237.21	-4436.64
7	Col 1.0mX1.0m	Check	100	49.26	-104512.17	-40783.63
7	Col 1.0mX1.0m	Check	100	49.26	-99787.12	-40783.63
Story	**Design Section**	**Design/Check**	**As**	**P**	**V2**	**M3**
			cm²	**kgf**	**kgf**	**kgf-m**
7	Col 1.0mX1.0m	Check	100	49.26	-109237.21	-40783.63
7	Col 1.0mX1.0m	Check	100	49.26	-104512.17	-4436.64
7	Col 1.0mX1.0m	Check	100	49.26	-99787.12	-4436.64
7	Col 1.0mX1.0m	Check	100	49.26	-109237.21	-4436.64
7	Col 1.0mX1.0m	Check	100	49.26	-104512.17	-40783.63
7	Col 1.0mX1.0m	Check	100	49.26	-99787.12	-40783.63

7	Col 1.0mX1.0m	Check	100	49.26	-109237.21	-40783.63

Story	Design Section	Design/Check	As	P	V2	M3
			cm²	kgf	kgf	kgf-m
7	Col 1.1 x 1.1 m	Check	121	49.26	-65145.07	-6250.67
7	Col 1.1 x 1.1 m	Check	121	49.26	-61721.13	-23044.78
7	Col 1.1 x 1.1 m	Check	121	49.26	-58297.18	-23044.78
7	Col 1.0mX1.0m	Check	100	49.26	-65145.07	-23044.78
7	Col 1.0mX1.0m	Check	100	49.26	-61721.13	-6250.67
7	Col 1.0mX1.0m	Check	100	49.26	-58297.18	-6250.67
7	Col 1.0mX1.0m	Check	100	49.26	-65145.07	-6250.67
7	Col 1.0mX1.0m	Check	100	49.26	-61721.13	-23044.78
7	Col 1.0mX1.0m	Check	100	49.26	-58297.18	-23044.78
7	Col 1.0mX1.0m	Check	100	49.26	-65145.07	-23044.78
7	Col 1.0mX1.0m	Check	100	49.26	-61721.13	-6250.67
7	Col 1.0mX1.0m	Check	100	49.26	-58297.18	-6250.67
6	Col 1.1 x 1.1 m	Check	121	49.26	-72672.55	-6250.67
6	Col 1.1 x 1.1 m	Check	121	49.26	-69248.61	-23044.78
6	Col 1.1 x 1.1 m	Check	121	49.26	-65824.66	-23044.78
6	Col 1.1 x 1.1 m	Check	121	49.26	-72672.55	-23044.78
6	Col 1.1 x 1.1 m	Check	121	49.26	-69248.61	-6250.67
6	Col 1.1 x 1.1 m	Check	121	49.26	-65824.66	-6250.67
6	Col 1.1 x 1.1 m	Check	121	49.26	-72672.55	-6250.67
6	Col 1.1 x 1.1 m	Check	121	49.26	-69248.61	-23044.78

6	Col 1.1 x 1.1 m	Check	121	49.26	-65824.66	-23044.78

Fuente: elaboración propia

Las secciones de las columnas del edificio quedaron de 1.3 m x 1.3 m en su parte más baja, en donde los cortantes son mayores y por eso se necesita una mayor sección. Esta sección se estandariza para los 4 sótanos, en los niveles del 1 al 3, se estandariza una sección de 1.2 m x 1.2 m, para los niveles del 4 al 6 se estandariza la sección de 1.1 m x 1.1 m y para los pisos 7 y el techo se estandariza de 1.0 m x 1.0 m. La estandarización de columnas se hace para disminuir costos en la estructura, también para disminuir la alta rigidez en todos los niveles. En el siguiente cuadro se observa el resumen de las secciones de las columnas que se pre-diseñaron para cada uno de los niveles del edificio.

Cuadro No. 164. Resumen del tipo de secciones utilizados para las columnas

Nivel	Sección (m)
-4	1.3 x 1.3
-3	1.3 x 1.3
-2	1.3 x 1.3
-1	1.3 x 1.3
1	1.2 x 1.2
2	1.2 x 1.2
3	1.2 x 1.2
4	1.1 x 1.1
5	1.1 x 1.1
6	1.1 x 1.1
7	1.0 x 1.0
8	1.0 x 1.0

Fuente: elaboración propia

En el siguiente cuadro se pueden ver los resultados generados por ETABS para el diseño de las vigas principales, en las cuales se muestra el área de acero que requiere la sección para su diseño final ya sea a través de programas o manualmente en una memoria de cálculos.

Cuadro No. 165. Resultado del pre-diseño de áreas requeridas de acero para las vigas principales del Techo.

Story	Design Section	As,min Top	As Top	As,min Bottom
		cm^2	cm^2	cm^2
8	VIGA P 0.75m x 0.55m	12.65	23.48	12.65
8	VIGA P 0.75m x 0.55m	12.65	19.26	11.31
8	VIGA P 0.75m x 0.55m	12.65	15.25	11.12
8	VIGA P 0.75m x 0.55m	12.65	12.65	10.8
8	VIGA P 0.75m x 0.55m	10.47	10.47	10.36
8	VIGA P 0.75m x 0.55m	7.5	7.5	10.49
8	VIGA P 0.75m x 0.55m	7.5	7.5	10.6
8	VIGA P 0.75m x 0.55m	7.5	7.5	8.99
8	VIGA P 0.75m x 0.55m	7.5	7.5	7.5
8	VIGA P 0.75m x 0.55m	7.5	7.5	7.5
8	VIGA P 0.75m x 0.55m	7.5	7.5	7.5
8	VIGA P 0.75m x 0.55m	7.5	7.5	7.5
8	VIGA P 0.75m x 0.55m	7.5	7.5	8.03
8	VIGA P 0.75m x 0.55m	7.5	7.5	9.71
8	VIGA P 0.75m x 0.55m	8.53	8.53	11.24
8	VIGA P 0.75m x 0.55m	11.38	11.38	12.63
8	VIGA P 0.75m x 0.55m	12.65	12.65	12.65
8	VIGA P 0.75m x 0.55m	12.65	13.29	12.65
8	VIGA P 0.75m x 0.55m	12.65	16.05	12.65
8	VIGA P 0.75m x 0.55m	12.65	12.65	8.44

Continuación Cuadro 165

		12.65	12.65	7.87
Story	**Design Section**	**As,min Top**	**As Top**	**As,min Bottom**
		cm²	cm²	cm²
8	VIGA P 0.75m x 0.55m	5.32	5.32	5.49
8	VIGA P 0.75m x 0.55m	3.89	3.89	4.58
8	VIGA P 0.75m x 0.55m	3.89	3.89	3.89
8	VIGA P 0.75m x 0.55m	3.89	3.89	3.89
8	VIGA P 0.75m x 0.55m	3.89	3.89	3.89
8	VIGA P 0.75m x 0.55m	3.89	3.89	3.89
8	VIGA P 0.75m x 0.55m	3.89	3.89	5
8	VIGA P 0.75m x 0.55m	4.69	4.69	6.1
8	VIGA P 0.75m x 0.55m	6.66	6.66	7.03
8	VIGA P 0.75m x 0.55m	9	9	8.01
8	VIGA P 0.75m x 0.55m	11.55	11.55	8.87
8	VIGA P 0.75m x 0.55m	12.65	12.65	9.6
8	VIGA P 0.75m x 0.55m	12.65	12.65	7.02
8	VIGA P 0.75m x 0.55m	11.49	11.49	6.39

Fuente: elaboración propia

La estandarización para las vigas se hizo por niveles, en donde las vigas principales se diseñaron con una sección de 0.75 m x 0.55 m. Para las vigas secundarias y las vigas de borde se diseñaron secciones de 0.65 m x 0.45 m. En el siguiente cuadro se puede observar el resumen de las secciones de las vigas utilizadas en cada uno de los niveles.

Cuadro No. 1661. Resumen del tipo de secciones utilizados para los diferentes tipos de vigas en todos los niveles.

VIGAS-TODOS LOS NIVELES	
Tipo	Sección (m)
Viga principal	0.75 x 0.55
Viga secundaria	0.65 x 0.65
Viga de borde	0.650.45

Fuente: elaboración propia

- Discusión de las secciones de los elementos

Durante el proceso de pre-dimensionamiento de los elementos para el CIT se obtuvieron diferentes resultados a los cuales muestran los planos arquitectónicos obtenidos en primera instancia. La primera diferencia se encuentra en los muros, en donde los planos arquitectónicos presentaban muros de 20 cm de espesor a lo largo de todos los niveles y el diseño de muros por cortante admisible dio resultados en donde los muros varían su espesor desde 70 a 30 cm. Esto genera cambios a nivel arquitectónico, ya que muchos de los espacios se tienen que readecuar a las medidas estructurales para garantizar el buen funcionamiento del edificio como tal.

En segundo lugar, los planos arquitectónicos mostraban que secciones para las columnas eran de 90 cm x 90 cm y en el pre-dimensionamiento de los mismos, se obtuvieron resultados de 1.30 m x 1.30 m para los niveles inferiores y por diseño las secciones se redujeron a lo largo de la altura, hasta llegar a una sección de 1.0 m x 1.0 m y lo mismo sucede con las vigas. A pesar de que la rigidez del edificio fue aumentando con los elementos estructurales, el chequeo de derivas admisibles también se fue actualizando, esto se realizó para que las reacciones del edificio fueran las reales bajo las condiciones a las que estaba sometido actualmente.

6. Documentación. La documentación respectiva para el diseño de las vigas y columnas se hizo a través del programa Revit y Robot, para ello el modelo principal creado en Revit Structural fue actualizado en base a las secciones obtenidas y mencionadas anteriormente por ETABS. Estos son programas muy prácticos para la generación de la documentación y del diseño de elementos. En los anexos se presenta la documentación respectiva de vigas y columnas del CIT. Además, se demuestra un pre-diseño de las diferentes secciones utilizadas, a fin de demostrar los alcances de estos programas y la facilidad que tienen para ahorrar tiempo en los trabajos y procesos y, por ultimo, se pueden ver los resultados con gráficas que genera Robot para el diseño de la viga principal y la facilidad del entendimiento de los mismos.

El diseño estructural es muy complejo e iterativo, ya que cada uno de sus procesos consiste en verificar muchas veces por prueba y error la funcionalidad de cada elemento, por eso, estos marcos en conjunto son comprobados a través de ETABS el cual, con los métodos descritos anteriormente, comprueba la funcionalidad de los mismos mediante un análisis dinámico, dando así una idea muy cercana de las dimensiones de las secciones y del área de acero para el reforzamiento que necesita. Es importante recordar que un pre-diseño es una base para empezar el diseño final de los elementos.

7. Edificio de acero. A continuación se demostrará la manera de realizar los chequeos de derivas y los cálculos de la lámina troquelada, una viga secundaria, una conexión de placa simple y su debida cimentación en pilotes. El diseño es el más importante a la hora de una estructura, pues el diseño se verá afectada la estructura económicamente, por lo que se debe de realizar de una manera eficaz y óptima para que la estructura sea resistente y a la vez económica.

Dentro del diseño a demostrar no se demostrarán los cálculos de las columnas cruciformes, vigas principales ni las conexiones a momentos. Estos elementos deben ser chequeados por códigos sísmicos debido a que son un sistema de marcos rígidos a momentos.

8. Chequeo de derivas

a. Derivas calculadas con factor mayorado

Cuadro No. 167. Derivas dynx factor mayorado

	EQXP											
DIRECCIÓN	NIVEL	h nive, ft	Δ0.015h_n, in	DESPL, in	Cd	Ie	δnivel, in	δCd/Ie	Rel Der	Conclusión	Torsión	Conclusión
X (dynx)	Techo	11.81	2.8344	2.54	5.50	1.25	0.07	0.25	0.09	OK	1.02	no hay torsión
				2.16	5.50	1.25	0.07	0.27				
	7	13.12	3.1488	2.47	5.50	1.25	0.11	0.43	0.14	OK	1.07	no hay torsión
				2.09	5.50	1.25	0.13	0.49				
	6	11.81	2.8344	2.36	5.50	1.25	0.12	0.47	0.17	OK	1.02	no hay torsión
				1.96	5.50	1.25	0.13	0.49				
	5	11.81	2.8344	2.23	5.50	1.25	0.16	0.61	0.21	OK	1.03	no hay torsión
				1.83	5.50	1.25	0.15	0.57				
	4	11.81	2.8344	2.07	5.50	1.25	0.20	0.77	0.27	OK	1.09	no hay torsión
				1.68	5.50	1.25	0.17	0.64				
	3	11.81	2.8344	1.87	5.50	1.25	0.25	0.95	0.33	OK	1.11	no hay torsión
				1.51	5.50	1.25	0.20	0.76				
	2	17.72	4.2528	1.62	5.50	1.25	0.57	2.16	0.51	OK	1.12	no hay torsión
				1.31	5.50	1.25	0.45	1.71				
	1	13.45	3.2280	1.05	5.50	1.25	0.35	1.33	0.41	OK	1.13	no hay torsión
				0.86	5.50	1.25	0.27	1.02				
	-1	11.48	2.7552	0.70	5.50	1.25	0.27	1.02	0.37	OK	1.09	no hay torsión
				0.59	5.50	1.25	0.23	0.85				
	-2	11.48	2.7552	0.43	5.50	1.25	0.26	1.00	0.36	OK	1.08	no hay torsión
				0.37	5.50	1.25	0.23	0.85				
	-3	11.48	2.7552	0.17	5.50	1.25	0.17	0.63	0.23	OK	1.08	no hay torsión
				0.14	5.50	1.25	0.14	0.53				

Cuadro No. 168. Derivas dyny factor mayorado

	EQYP											
DIRECCIÓN	NIVEL	h nive, ft	Δ0.015h, in	DESPL, in	Cd	Ie	δnivel, in	δCd/Ie	Rel Der	Conclusión	Torsión	Conclusión
Y (dyny)	Techo	11.81	2.1258	2.85	5.50	1.25	0.09	0.37	0.17	OK	1.20	no hay torsión
				2.03	5.50	1.25	0.05	0.20				
	7	13.12	2.3616	2.76	5.50	1.25	0.18	0.69	0.29	OK	1.17	no hay torsión
				1.98	5.50	1.25	0.09	0.35				
	6	11.81	2.1258	2.58	5.50	1.25	0.15	0.58	0.27	OK	1.18	no hay torsión
				1.89	5.50	1.25	0.10	0.40				
	5	11.81	2.1258	2.43	5.50	1.25	0.19	0.74	0.35	OK	1.17	no hay torsión
				1.79	5.50	1.25	0.13	0.52				
	4	11.81	2.1258	2.25	5.50	1.25	0.23	0.91	0.43	OK	1.17	no hay torsión
				1.66	5.50	1.25	0.17	0.65				
	3	11.81	2.1258	2.01	5.50	1.25	0.29	1.13	0.53	OK	1.18	no hay torsión
				1.49	5.50	1.25	0.20	0.78				
	2	17.72	3.1896	1.73	5.50	1.25	0.63	2.49	0.78	OK	1.15	no hay torsión
				1.29	5.50	1.25	0.46	1.83				
	1	13.45	2.4210	1.10	5.50	1.25	0.36	1.41	0.58	OK	1.14	no hay torsión
				0.83	5.50	1.25	0.27	1.06				
	-1	11.48	2.0664	0.74	5.50	1.25	0.27	1.06	0.52	OK	1.13	no hay torsión
				0.56	5.50	1.25	0.21	0.83				
	-2	11.48	2.0664	0.47	5.50	1.25	0.28	1.10	0.53	OK	1.14	no hay torsión
				0.35	5.50	1.25	0.21	0.83				
	-3	11.48	2.0664	0.19	5.50	1.25	0.19	0.75	0.36	OK	1.15	no hay torsión
				0.14	5.50	1.25	0.14	0.55				

b. Derivas iniciales con el factor de sismo inicial

Cuadro No. 169. Derivas dynx sismo inicial

EQXP												
DIRECCIÓN	NIVEL	h nive, ft	Δ0.015h_i, in	DESPL, in	Cd	Ie	δnivel, in	δCd/Ie	Rel Der	Conclusión	Torsión	Conclusión
X (dynx)	Techo	11.81	2.8344	2.54	5.50	1.25	0.07	0.25	0.09	OK	1.02	no hay torsión
				2.16	5.50	1.25	0.07	0.27				
	7	13.12	3.1488	2.47	5.50	1.25	0.11	0.43	0.14	OK	1.07	no hay torsión
				2.09	5.50	1.25	0.13	0.49				
	6	11.81	2.8344	2.36	5.50	1.25	0.12	0.47	0.17	OK	1.02	no hay torsión
				1.96	5.50	1.25	0.13	0.49				
	5	11.81	2.8344	2.23	5.50	1.25	0.16	0.61	0.21	OK	1.03	no hay torsión
				1.83	5.50	1.25	0.15	0.57				
	4	11.81	2.8344	2.07	5.50	1.25	0.20	0.77	0.27	OK	1.09	no hay torsión
				1.68	5.50	1.25	0.17	0.64				
	3	11.81	2.8344	1.87	5.50	1.25	0.25	0.95	0.33	OK	1.11	no hay torsión
				1.51	5.50	1.25	0.20	0.76				
	2	17.72	4.2528	1.62	5.50	1.25	0.57	2.16	0.51	OK	1.12	no hay torsión
				1.31	5.50	1.25	0.45	1.71				
	1	13.45	3.2280	1.05	5.50	1.25	0.35	1.33	0.41	OK	1.13	no hay torsión
				0.86	5.50	1.25	0.27	1.02				
	-1	11.48	2.7552	0.70	5.50	1.25	0.27	1.02	0.37	OK	1.09	no hay torsión
				0.59	5.50	1.25	0.23	0.85				
	-2	11.48	2.7552	0.43	5.50	1.25	0.26	1.00	0.36	OK	1.08	no hay torsión
				0.37	5.50	1.25	0.23	0.85				
	-3	11.48	2.7552	0.17	5.50	1.25	0.17	0.63	0.23	OK	1.08	no hay torsión
				0.14	5.50	1.25	0.14	0.53				

Cuadro No. 170. Derivas dyny sismo inicial

EQYP												
DIRECCIÓN	NIVEL	h nive, ft	Δ0.015hi, in	DESPL, in	Cd	Ie	δnivel, in	δCd/Ie	Rel Der	Conclusión	Torsión	
Y (dyny)	Techo	11.81	2.8344	2.85	5.50	1.25	0.09	0.35	0.12	OK	1.20	no hay torsión
				2.03	5.50	1.25	0.05	0.19				
	7	13.12	3.1488	2.76	5.50	1.25	0.18	0.66	0.21	OK	1.17	no hay torsión
				1.98	5.50	1.25	0.09	0.34				
	6	11.81	2.8344	2.58	5.50	1.25	0.15	0.55	0.19	OK	1.18	no hay torsión
				1.89	5.50	1.25	0.10	0.38				
	5	11.81	2.8344	2.43	5.50	1.25	0.19	0.71	0.25	OK	1.17	no hay torsión
				1.79	5.50	1.25	0.13	0.50				
	4	11.81	2.8344	2.25	5.50	1.25	0.23	0.87	0.31	OK	1.17	no hay torsión
				1.66	5.50	1.25	0.17	0.62				
	3	11.81	2.8344	2.01	5.50	1.25	0.29	1.07	0.38	OK	1.18	no hay torsión
				1.49	5.50	1.25	0.20	0.74				
	2	17.72	4.2528	1.73	5.50	1.25	0.63	2.38	0.56	OK	1.15	no hay torsión
				1.29	5.50	1.25	0.46	1.75				
	1	13.45	3.2280	1.10	5.50	1.25	0.36	1.35	0.42	OK	1.14	no hay torsión
				0.83	5.50	1.25	0.27	1.01				
	-1	11.48	2.7552	0.74	5.50	1.25	0.27	1.02	0.37	OK	1.13	no hay torsión
				0.56	5.50	1.25	0.21	0.79				
	-2	11.48	2.7552	0.47	5.50	1.25	0.28	1.05	0.38	OK	1.14	no hay torsión
				0.35	5.50	1.25	0.21	0.79				
	-3	11.48	2.7552	0.19		1.25	0.19	0.72	0.26	OK	1.15	no hay torsión
				0.14			0.14	0.53				

Se puede observar que el factor de relación de las derivas no exceden el 60%, esto quiere decir que el desplazamiento por nivel es óptimo, además no se encuentra ningún tipo de torsión, el cual relaciona el giro del diafragma en la dirección de la carga lateral y la deriva en un extremo no puede ser mayor a 1.5 veces la deriva en el otro extremo.

9. Diseño de lámina troquelada.

a. Diseño de lámina troquelada del sótano 3 al nivel 6

Diseño de losa de entrepiso

Paso 1. Definimos las cargas muertas y vivas. (Se utilizó una longitud de 9.30 pies.

Carga muerta	65.00	lb/ft2
Nivelación (2cm)	10.00	lb/ft2
Piso cerámico	7.00	lb/ft2
Peso de la losa	40.00	lb/ft2
Cielo suspendido	4.00	lb/ft2
Instalaciones	4.00	lb/ft2

Carga viva	70.00	lb/ft2
centro educativo	70.00	lb/ft2

Paso 2. Definimos las combinaciones de carga – LRFD

Ancho tributario	1.00	ft
WDL	0.065	klb/ft
WLL	0.070	klb/ft
1.4D	0.09	klb/ft
1.2D+1.6LL	0.19	klb/ft
Tu	0.19	klb/ft

Paso 3. Efectos máximos

Mu (+) =0.08*WL2	1.31	kip-ft	15.76	kip-in
Mu (-) = 0.1*WL2	1.64	kip-ft	19.70	kip-in
Vu = 0.6*WL	1.06	kip		

Paso 4. Diseñando la Lámina troquelada

Calibre	22.00	
Espesor =	4.50	in
W =	42.00	psf
φMn =	40.27	kip-in
φVn =	5.03	kips
φMno =	29.40	kips-in
Relacion D/C	0.39	
Conclusion	ok	

Paso 5. Chequeando momento negativo

Relacion D/C	0.67	
Conclusion	ok	

Paso 6. Chequeando cortante

Relacion D/C	0.21	
Conclusion	ok	

Paso 7. Deflexión por carga viva

ΔP= L/360	0.31	in	*CAPACIDAD
L=	111.55	in	
E=	29000.00		
I=	5.90	in4	
w=	0.01	kip-in	
ΔLL= 0.0069*WL4/EI	0.04	in	*DEMANDA
Relacion D/C	0.12		
Conclusion	ok		

Paso 8. Deflexión por carga viva y muerta

ΔP= L/240	0.46	in	*CAPACIDAD
L=	111.55	in	
E=	29000.00		
I=	5.90	in4	
WDL+WLL=	0.01125	kip-in	*DEMANDA
ΔLL= 0.0069*WL4/EI	0.07	in	
Relacion D/C	0.15		
Conclusion	ok		

Se utilizó una lámina troquelada Lok Floor de 4.5 pulgadas de espesor, calibre 22 y una resistencia mínima a la compresión del concreto a los 28 días de 3000 psi, por lo general, la lámina troquelada no es un elemento crítico en el diseño de una edificación, sin embargo; es de suma importancia calcularlo según sus cargas

10. Diseño de viga secundaria

Ingreso de datos generales para el diseño:								
PERFIL DE ACERO PARA VIGA SECUNDARIA	W16X31			O.K.		O.K.		
Tipo de acero estructural a utilizar	ASTM	A992						
Resistencia a la fluencia del acero estructural (F_y)	50.00	ksi		AISC 13th Edition, Steel Construction Manual, Capítulo 2, Tabla 2-3, p. 2-39				
Resistencia última del acero estructural (F_u)	65.00	ksi						
Peso específico del concreto de losa (γ_c)	150.00	lb/ft^3						
Resistencia mínima a compresión del concreto de losa a 28 días (f'_c)	3.00	ksi						
Resistencia mínima a la fluencia del acero de refuerzo (f_y)	60.00	ksi						
Diámetro de pasadores de corte ($\Phi_{pasadores}$)	3/4	in						
Longitud de pasadores de corte ($L_{pasadores}$)	4.50	in						
Separación longitudinal entre pasadores ($S_{pasadores}$)	12.00	in		O.K.				
Separación transversal entre pasadores ($S_{pasadores}$)	3.00	in						
Espesor de metal deck (sin incluir espesor de losa)	2.00	in						
Ancho promedio de costilla de metal deck (w_r)	6.00	in		Conforme a las especificaciones del fabricante del metal deck!				
Distancia entre costillas de metal deck (a ejes)	12.00	in						
Peso propio de lámina metal deck ($w_{metal\ deck}$)	2.30	lb/ft^2						
Espesor de losa de concreto sobre metal deck (t_{losa})	2.50	in						
Longitud para diseño de viga secundaria (L)	31.10	ft		LV a conectar	27.89			
Separación entre vigas secundarias o entre viga secundaria en análisis y viga principal (S)	9.30	ft		s	3.00			
Cantidad de embreizamientos de viga secundaria (N_b)	6.00							
Separación entre embreizamientos de viga (L_b)	4.44	ft						
Integración de cargas aplicadas:								
Sección no-compuesta de viga: (cargas muertas)								
Peso propio de losa sobre viga en análisis (w_{losa})	47.00	lb/ft^2		W_{losa} =	47.00	lb/ft^2	Conforme a las especificaciones del fabricante del metal d	
Peso propio de viga en análisis (w_{viga})	3.33	lb/ft^2						
Sección compuesta de viga: (cargas muertas)								
Cargas diversas aplicadas (aire acondicionado, cielo falso, mezclón para piso, etc.)	25.00	lb/ft^2						
Sección no-compuesta de viga: (cargas vivas)								
Cargas aplicadas durante construcción ($w_{construcción}$)	50.00	lb/ft^2						
Sección compuesta de viga: (cargas vivas)								
Cargas aplicadas durante etapa de servicio ($w_{servicio}$)	25.00	lb/ft^2						
Limitantes en las características de los materiales:								
Resistencia del concreto de losa a 28 días (f'_c):								
3.00 ksi	≤	3.00 ksi	≤	10.00 ksi	O.K.	→	AISC 360-10, Capítulo I1, Artículo 3.1, p. 16-82	
Resistencia mínima a la fluencia del acero de refuerzo (f_y):								
60.00 ksi	≤	75.00 ksi	O.K.	→	AISC 360-10, Capítulo I1, Artículo 3.2, p. 16-82.			
Espesor máximo de metal deck:								
2.00 in	≤	3.00 in	O.K.	→	AISC 360-10, Capítulo I3, Artículo 2c.1, p. 16.1-90.			
Ancho promedio de metal deck:								

Continua

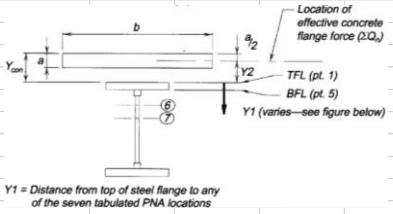
6.00	in	≥	2.00	in	O.K.								
Diámetro de los pasadores de corte:													
3/4	in	≤	3/4	in	O.K.	→	AISC 360-10, Capítulo I3, Artículo 2c.2, p. 16.1-90.						
Longitud mínima de pasadores de corte:													
4.50	in	≥	3.50	in	O.K.	→	AISC 360-10, Capítulo I3, Artículo 2c.2, p. 16.1-90.						
4.50	in	≥	3.00	in	O.K.	→	AISC 360-10, Capítulo I8, Artículo 2, p. 16.1-97.						
Recubrimiento libre de pasadores de corte:													
4.50	in	≥	4.50	in	O.K.	→	AISC 360-10, Capítulo I3, Artículo 2c.2, p. 16.1-90.						
Espesor de losa sobre metal deck:													
2.50	in	≥	2.00	in	O.K.	→	AISC 360-10, Capítulo I3, Artículo 2c.3, p. 16.1-90.						
Separación entre pasadores de corte:													
12.00	in	≤	18.00	in	O.K.	→	AISC 360-10, Capítulo I3, Artículo 2c.4, p. 16.1-90.						
Espesor de patín superior de viga:													
$t_{flange} \geq d_{pasadores} / 2.50$			0.44	in	≥	0.30	in	O.K.	→	AISC 360-10, Capítulo I8, Artículo 1, p. 16.1-97			
Diseño de viga en sección no-compuesta:													
Revisión durante etapa constructiva:													
Carga muerta sobre viga en análisis (w_D)					0.47	kip/ft							
Carga viva sobre viga en análisis (wL)					0.46	kip/ft							
Combinación I: 1.40 D				w_u =	0.66	kip/ft	}	ASCE/SEI 7, Capítulo 2					
Combinación II: 1.20 D + 1.60 L				w_u =	1.31	kip/ft							
Momento flector último para diseño de viga (M_u)					157.79	kip-ft							
Factor de resistencia para diseño a flexión (ϕ_b)					0.90		→	AISC 360-10, Capítulo F1, Artículo 1, p. 16.1-46.					
Módulo de sección plástico mínimo requerido (Z_{xx})					42.08	in^3	O.K.	→	AISC 360-10, Capítulo F2, Artículo 1, p. 16.1-47.				
Propiedades de viga en sección no-compuesta:													
Área bruta de la sección transversal de viga (A_g)					9.13	in^2							
Momento de inercia de la sección transversal de viga (I_x)					375.00	in^4							
Momento de inercia de la sección transversal de viga (I_y)					12.40	in^4							
Módulo de sección plástico de viga (Z_{xx})					54.00	in^3							
Módulo de sección elástico de viga (S_{xx})					47.20	in^3							
Constante de alabeo de la sección transversal (C_w)					739.00	in^6							
Inercia torsional de la sección transversal (J)					0.46	in^4							
Distancia entre centroides de patines (h_o)					15.50	in							
Coeficiente para revisión de pandeo lateral torsional (C)					1.00		→	AISC 360-10, Capítulo F2, Artículo 2, p. 16.1-48.					
$Y_{ENA} = [A_s d_3 + (\Sigma Q_n/F_y)*(2d_3+d_1)]/[A_s+(\Sigma Q_n/F_y)]$					10.40	in	}	AISC 360-10, Comentario I3, Artículo 2, p. 16.1-353.					
Momento de inercia de sección - límite inferior (I_{LB})					649.14	in^4							
Límite de longitud no-arriostrada para desarrollar capacidad máxima plástica a flexión de viga secundaria (L_p)					4.13	ft	→	AISC 360-10, Capítulo F2, Artículo 2, p. 16.1-48.					
L_b =	4.44	ft	≥	L_p =	4.13	ft	Se requiere revisión del estado límite de pandeo lateral torsional!						
Resistencia nominal a flexión de viga secundaria (M_n)					225.00	kip-ft	→	AISC 360-10, Capítulo F2, Artículo 1, p. 16.1-47.					
Resistencia nominal a flexión de viga secundaria ($\phi_b M_n$)					202.50	kip-ft	→	AISC 360-10, Capítulo F1, Artículo 1, p. 16.1-46.					
Magnitud del momento máximo absoluto en la sección no-embreizada (M_{max})					157.79	kip-ft	}						
Magnitud del momento absoluto en el primer cuarto de la sección no-embreizada (M_A)					156.99	kip-ft							

Continua

Magnitud del momento absoluto en el segundo cuarto de la sección no-embreizada (M_B)				157.79	kip-ft			AISC 360-10, Capítulo F1, Artículo 3, p. 16.1-46.		
Magnitud del momento absoluto en el tercer cuarto de la sección no-embreizada (M_C)				156.99	kip-ft					
Factor de modificación para revisión de pandeo lateral torsional por diagramas de momento NO uniformes (C_b)				1.00						
Radio efectivo de giro de la sección transversal (r_{ts})				1.42	in					
Límite de longitud no-arriostrada para el estado límite de pandeo lateral torsional inelástico (L_r)				11.87	ft			AISC 360-10, Capítulo F2, Artículo 2, p. 16.1-48.		
L_p =	4.13	ft	<	L_b =	4.44	ft	≤	L_r =	11.87	ft
Resistencia nominal a flexión de viga secundaria (M_n)				222.04	kip-ft	≤		M_p =	225.00	kip-ft
Resistencia nominal a flexión de viga secundaria ($\phi_b M_n$)				199.84	kip-ft	→		AISC 360-10, Capítulo F1, Artículo 1, p. 16.1-46.		
Esfuerzo crítico para revisión de pandeo lateral (F_{cr})				211.66	ksi	→		AISC 360-10, Capítulo F2, Artículo 2, p. 16.1-47.		
L_b =	4.44	ft	<	L_r =	11.87	ft				
Resistencia nominal a flexión de viga secundaria (M_n)				832.52	kip-ft	≥		M_p =	225.00	kip-ft
Resistencia nominal a flexión de viga secundaria ($\phi_b M_n$)				202.50	kip-ft	→		AISC 360-10, Capítulo F1, Artículo 1, p. 16.1-46.		
Revisión de resistencias nominales a flexión de viga secundaria:										
Límite de longitud no-arriostrada para desarrollar capacidad máxima plástica a flexión de viga secundaria (L_p)				4.13	ft			O.K.	d/c	1.00
								AISC 13th Edition, Steel Construction Manual, Capítulo 3, Tabla 3-2, p. 3-11		
Límite de longitud no-arriostrada para el estado límite de pandeo lateral torsional inelástico (L_r)				11.90	ft			O.K.		
Parámetro "BF"				10.20	kip					
Resistencia nominal a flexión de viga secundaria ($\phi_b M_{px}$)				203.00	kip-ft	O.K.		AISC 13th Edition, Steel Construction Manual, Capítulo 3,		
Resistencia nominal a flexión de viga secundaria ($\phi_b M_{rx}$)				124.00	kip-ft					
Factor de modificación para revisión de pandeo lateral torsional por diagramas de momento NO uniformes (C_b)				1.30		→		AISC 13th Edition, Steel Construction Manual, Capítulo 3, Tabla 3-1, p. 3-10. pg 192 pdf		
Resistencia nominal a flexión de viga secundaria ($\phi_b M_n$)				259.75	kip-ft	≥		$\phi_b M_{px}$ =	203.00	kip-ft
Resistencia nominal a flexión de viga secundaria ($\phi_b M_n$)				203.00	kip-ft	O.K.				
$\phi_b M_n \geq M_u$ →	$\phi_b M_n$ =	199.84	kip-ft	≥	M_u =	157.79	kip-ft	O.K.		
$\phi_b M_n \geq M_u$ →	$\phi_b M_n$ =	203.00	kip-ft	≥	M_u =	157.79	kip-ft	O.K.		
Deflexión de viga en sección no-compuesta:										
Módulo de elasticidad del acero estructural (E)				29,000.00	ksi	→		AISC 360-10, Capítulo B, Tabla B4, p. 16.1-17.		
Deflexión por peso de concreto + p.p. de viga (Δ_{nc})				0.91	in	→		AISC 13th Edition, Steel Construction Manual, Capítulo 3, Tabla 3-23, p. 3-2		
Δ_{nc} =	0.91	in	≤	L/360 =	1.04	in			O.K.	
Camber de viga secundaria requerido:										
Camber requerido para contrarrestar deflexión en sección no-compuesta de viga secundaria (Δ)				0.00	in	→		AISC Design Guide 3		
Diseño de viga en sección compuesta:										
Carga muerta sobre viga en análisis (w_D)				0.70	kip/ft					
Carga viva sobre viga en análisis (wL)				0.23	kip/ft					
Combinación I: 1.40 D				w_u =	0.98	kip/ft		ASCE/SEI 7, Capítulo 2		
Combinación II: 1.20 D + 1.60 L				w_u =	1.21	kip/ft				
Momento flector último para diseño de viga (M_u)				146.55	kip-ft					
Ancho efectivo de losa para diseño de viga en SC:										
Condición I: 1/8 Longitud de viga secundaria				7.78	ft					
Condición II: 1/2 Separación entre vigas secundarias (S)				9.30	ft			AISC 360-10, Capítulo I3, Artículo 1a, p. 16.1-88.		
Condición III: Distancia de viga al borde de la losa				0.00	ft					

Continua

Ancho efectivo de losa para diseño (b_{ef})				7.78	ft							
Resistencia nominal plástica a flexión de viga secundaria:												
$h/t_w \leq 3.76\sqrt{E/F_y}$	51.60	≤	90.55	O.K.	→	Resistencia nominal a flexión de viga determinada a partir de distribución plástica de es						
Vacíos de concreto en perfil de metal deck (%)				50.00	%							
Comportamiento de viga en sección compuesta (%)				20.00	%							
Fuerza plástica actuante en losa (P_{losa})				832.70	kip							
Fuerza plástica actuante en pasadores de corte ($P_{pasadores}$)				91.30	kip	AISC 360-10, Comentario I3, Artículo 2a, p. 16.1-357.						
Fuerza plástica actuante en viga secundaria (P_{viga})				456.50	kip							
Ubicación del eje neutro plástico (PNA)				0.660	in	→	**NOTA:** el eje neutro plástico está medido a partir de la parte superior del p					
PNA =	0.660	in	≥	0.440	in	→	El eje neutro plástico se ubica dentro del alma de la viga secundaria!					
Profundidad del bloque rectangular de esfuerzos (a)				0.38	in	→	AISC 360-10, Comentario I3, Artículo 2a, p. 16.1-357.					
a =	0.38	in	≤	2.500	in	→	El bloque rectangular de esfuerzos se ubica dentro de la losa!					
Distancia entre fuerza plástica actuante en losa y parte superior de patín superior de viga (d_1)				4.31	in							
Distancia entre fuerza plástica en patín superior de viga y parte superior de patín superior de viga (d_2)				0.33	in	AISC 360-10, Comentario I3, Artículo 2a, p. 16.1-357.						
Distancia entre resistencia a tensión de viga (P_y) y parte superior de patín superior de viga (d_3)				7.95	in							
Resistencia a tensión de viga secundaria (P_y)				456.50	kip							
Resistencia nominal plástica a flexión de viga (M_n)				325.16	kip-ft	→	AISC 360-10, Comentario I3, Artículo 2a, p. 16.1-358.					
$\phi_b M_n \geq M_u$ →	$\phi_b M_n$ =	292.64	kip-ft	≥	146.55	kip-ft	O.K.					
Verificación de resistencia nominal plástica a flexión de viga:												
Distancia entre fuerza plástica actuante en losa y parte superior de patín superior de viga (Y_2)				4.31	in	←						
Distancia Y2 para ingresar a tabla "AISC 13th Edition, Steel Construction Manual, Capítulo 3, Tabla 3-19"				4.50	in	←						
Sumatoria de las resistencias nominales de los pasadores de corte entre el punto de flexión máxima positiva y el punto de flexión igual a cero (ΣQ_n)				91.30	kip	←						
Magnitud de ΣQn para ingresar a tabla "AISC 13th Edition, Steel Construction Manual, Capítulo 3, Tabla 3-19"				114.00	kip	←						
Ubicación de eje neutro plástico (PNA) según "AISC 13th Edition, Steel Construction Manual, Capítulo 3, Figura 3-3"				7								
Resistencia nominal plástica a flexión de viga (M_n)				291.00	kip-ft	→	AISC 13th Edition, Steel Construction Manual, Capítulo 3, Tabla 3-19, p. 3-1					
$\phi_b M_n \geq M_u$ →	$\phi_b M_n$ =	291.00	kip-ft	≥	146.55	kip-ft	O.K.	O.K.	d/c	1.01		
Deflexiones producidas por cargas vivas:												
Momento de inercia de sección - límite inferior (I_{LB})				657.00	in^4	O.K.	→	AISC 13th Edition, Steel Construction Manual, Capítulo 3,				
Deflexión total producida por carga viva en servicio (Δ_c)				0.22	in	≤	1.04	in		O.K.		
Deflexión total producida por 50% de la carga viva (Δ_c)				0.11	in	≤	1.00	in		O.K.		
Resistencia de los pasadores de corte:												
Resistencia de un (1) pasador de corte:												
Resistencia última de los pasadores de corte (F_u)				65.00	ksi	→	AISC 13th Edition, Steel Construction Manual, Capítulo 3, Tabla 3-21, p. 3-2					
Parámetro para revisión de efecto grupal (R_g)				1.00								
Factor de efecto según posición de pasadores (R_p)				0.60			AISC 360-10, Capítulo I8, Artículo 2a, p. 16.1-97.					



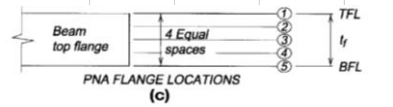


Figure 3–3. Strength design models for composite beams.

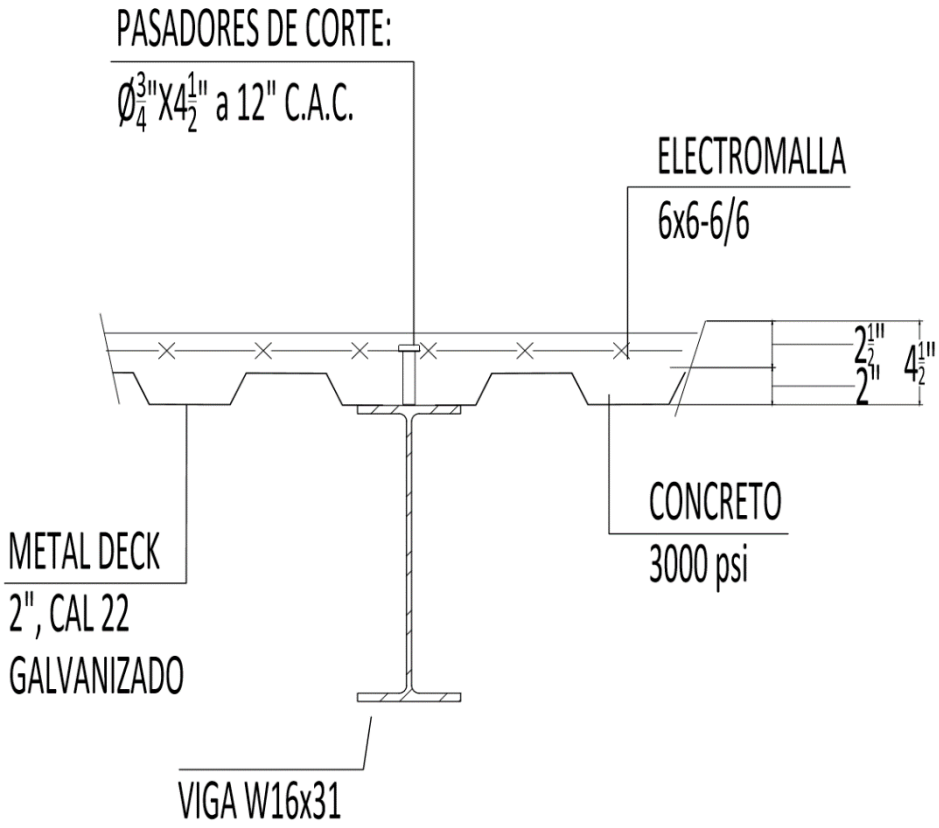
Continua

Resistencia nominal a cortante de un (1) pasador de corte (por costilla de metal deck) embebido en una losa sólida de concreto (Q_n)			21.58	kip	≥	17.23	kip		
Qn_1 =	17.23	kip →	AISC 360-10, Capítulo I8, Artículo 2a, p. 16.1-97.						
Resistencia de dos (2) pasadores de corte:									
Resistencia última de los pasadores de corte (F_u)			65.00	ksi →		AISC 13th Edition, Steel Construction Manual, Capítulo 3, Tabla 3-21, p. 3-2			
Parámetro para revisión de efecto grupal (R_g)			0.85			AISC 360-10, Capítulo I8, Artículo 2a, p. 16.1-97.			
Factor de efecto según posición de pasadores (R_p)			0.60						
Resistencia nominal a cortante de dos (2) pasadores de corte (por costilla de metal deck) embebidos en una losa sólida de concreto (Q_n)			21.58	kip	≥	14.65	kip		
Qn_2 =	14.65	kip →	AISC 360-10, Capítulo I8, Artículo 2a, p. 16.1-97.						
Cantidad y espaciamiento de pasadores de corte requeridos:									
Cantidad de costillas de metal deck en L/2 de viga en análisis (N_{flutes})			15.00	costillas (flutes)					
Cantidad de pasadores individuales de corte requeridos en L/2 de viga en análisis ($N_{pasadores}$)			7.00	pasadores →		Se requiere 1 pasador de corte por cada costilla de metal deck!			
Cantidad de parejas de pasadores de corte requeridos en L/2 de viga en análisis ($N_{pasadores}$)			0.00		O.K.				
Resistencia a cortante horizontal de pasadores de corte en L/2 de viga en análisis (ΣQ_n)			120.61	kip	≥	ΣQ_n =	114.00	kip	O.K.
Revisión de espaciamientos entre pasadores de corte:									
Espaciamiento máximo de pasadores de corte a lo largo de la viga en análisis (S_{max})			12.00	in	≤	36.00	in	O.K.	
Espaciamiento mínimo de pasadores de corte a lo largo de la viga en análisis (S_{min})			4.50	in	≤	12.00	in	O.K.	
Espaciamiento mínimo transversal entre pasadores de corte (S_{min})			3.00	in	≤	3.00	in	O.K.	
Revisión de capacidad a cortante de viga:									
Para alma de vigas de molino: $h/t_w \le 2.24\sqrt{(E/F_y)}$			51.60	≤	53.95 →	AISC 360-10, Capítulo G2, Artículo 1a, p. 16-68.			
Factor de resistencia para diseño a cortante (ϕ_v)			1.00			AISC 360-10, Capítulo G2, Artículo 1a, p. 16-68.			
Coeficiente para cortante en el alma de viga (C_v)			1.00						
Resistencia a cortante de viga secundaria (V_n)			131.18	kip		AISC 360-10, Capítulo G2, Artículo 1, p. 16-67.			
Resistencia a cortante de viga secundaria (ϕV_n)			131.18	kip					
Resistencia a cortante de viga secundaria (ϕV_n)			131.00	kip →		AISC 13th Edition, Steel Construction Manual, Capítulo 3, Tabla 3-2, p. 3-11			
					O.K.				
$\phi_v V_n \ge V_u$ →	$\phi_v V_n$ =	131.18 kip	≥	V_u =	18.85	kip	O.K.		
$\phi_v V_n \ge V_u$ →	$\phi_v V_n$ =	131.00 kip	≥	V_u =	18.85	kip	O.K.		
Resumen de diseño:									
Perfil de acero para viga secundaria			W16X31						
Tipo de acero estructural para viga secundaria			A992						
Camber requerido en viga por condición de servicio (Δ)			0.00	in					
Diámetro de pasadores de corte requerido ($\phi_{pasadores}$)			3/4	in					
Longitud de pasadores de corte requerida ($L_{pasadores}$)			4.50	in					
Cantidad de pasadores de corte requeridos ($N_{pasadores}$)			14.00	pasadores de corte					

Cuadro No. 171. Cuadro de resumen de la viga de acero

Viga	Longitud		% en SC	PASADORES DE CORTE L/2	$\phi_b M_n$ (kip*ft)	Mu (kip*ft)	$\phi v V_n$ (kip)	Vu (kip)
W16X31	31.10	S.C	20.00	7.00	292.64	146.55	131.18	18.85

Figura No. 285. Ilustración de la viga compuesta

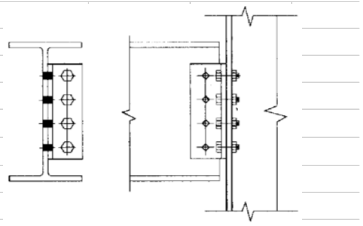


La viga estructural a utilizar es una viga ASTM A992 con una fluencia del acero estructural de 50 ksi y una resistencia última de 65 ksi. La viga se calculó en sección compuesta, por lo que se utilizón pasadores de corte de ¾ plg de diámetro y 4.5 plg de longitud a una separación longitudinal y transversal de 12 plg y 3 plg respectivamente.

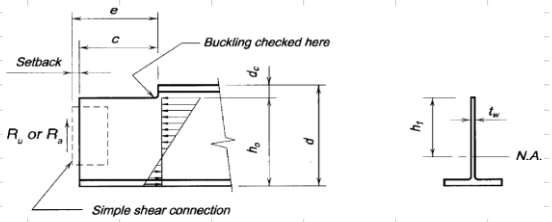
Debido a que la viga tiene 31.10 pies de longitud se necesitan 6 arriostramientos en la viga para que esta no se deflecte.

11. Diseño de conexión placa simple (viga a viga)

Tipo de conexión simple pernada:					
CONEXIÓN DE VIGA	W16X31	**A VIGA**	W27X94		
Cortante último en viga en análisis (V_u)	17.56	kip	→	Análisis estructural.	
Rango para selección de dimensión de conexión:					
Altura mínima de angular (L_{min} = d/2)	7.95	in		AISC 13th Edition, Steel Construction Manual, Capítulo 10, p. 10-123.	
Altura máxima de angular (L_{max} = T)	13.625	in			
Revisión de capacidad de grupo de pernos en conexión:					
Tipo de pernos a utilizar en conexión	A325N			AISC 360-10, Capítulo J3, Tabla J3.2, p. 16.1-120.	
Resistencia nominal a cortante de perno (F_{nv})	54.00	ksi			
Diámetro de perno a utilizar en conexión (Ø)	0.75	in			
Área de perno a utilizar en conexión (A_b)	0.44	in^2			
Factor de resistencia (ϕ)	0.75			AISC 360-10, Capítulo J3, Artículo 6, p. 16.1-125.	
Resistencia nominal a cortante de perno ($\phi R_n = \phi F_{nv} A_b$)	17.89	kip			
Resistencia nominal a cortante de grupo de pernos en conexión:					
Cantidad de pernos propuestos en conexión (N)	3.00	pernos por fila (vertical)			
Separación vertical entre pernos internos (S_{int})	3.00	in			
Separación vertical entre perno de extremo y borde (S_{bor})	1.50	in	O.K. →	AISC 360-10, Capítulo J3, Tabla J3.4, p. 16.1-12	
Longitud de conexión requerida (L_{con})	9.00	in	O.K.		
			O.K.		
Factor de resistencia (ϕ)	0.75		→	AISC 13th Edition, Steel Construction Manual, Capítulo 10, p. 10-124.	
Caso según excentricidad de grupo de pernos	I			AISC 13th Edition, Steel Construction Manual, Capítulo 10, Tabla 10-10, p. 10-1	
Coeficiente de excentricidad de grupo de pernos (C)	1.99				
Resistencia nominal a cortante de grupo de pernos (ϕR_n)	35.61	kip	O.K.	**D/C= 0.49**	
Revisión de capacidad de angular en conexión pernada:					
TIPO DE ANGULAR	L4X4X3/8				
Grado del acero estructural del angular	A36				
Resistencia a la fluencia del acero (F_y)	36.00	ksi		AISC 13th Edition, Steel Construction Manual, Capítulo 2, Tabla 2-3, p. 2	
Resistencia última del acero (F_u)	58.00	ksi			
Espesor del angular propuesto ($t_{angular}$)	0.375	in	O.K. →	C 13th Edition, Steel Construction Manual, Capítulo 10, p. 1	
Revisión de aplastamiento y ruptura del angular:					
Factor de resistencia (ϕ)	0.75		→	AISC 360-10, Capítulo J3, Artículo 10, p. 16.1-127.	
Tipo de perforación (agujero)	Standard				
Dimensión de la perforación (Ø)	0.813	in	→	AISC 360-10, Capítulo J3, Tabla J3.3, p. 16.1-121.	
Distancia libre entre perno y borde (l_c)	1.094	in			
Ruptura: 1.2 l_c t F_u	28.55	kip			
Aplastamiento: 2.4 d t F_u	39.15	kip		AISC 360-10, Capítulo J3, Artículo 10, p. 16.1-127.	
Resistencia nominal de perno de extremo (R_n)	28.55	kip			
Distancia libre entre perno y perno (l_c)	2.188	in			
Ruptura: 1.2 l_c t F_u	57.09	kip			
Aplastamiento: 2.4 d t F_u	39.15	kip		AISC 360-10, Capítulo J3, Artículo 10, p. 16.1-127.	
Resistencia nominal de perno interno (R_n)	39.15	kip			
Resistencia nominal del angular (ϕR_n)	80.14	kip	O.K.		
Revisión de ruptura del bloque de corte en angular:					
Factor de resistencia (ϕ)	0.75		→	AISC 360-10, Capítulo J4, Artículo 3, p. 16.1-129.	
Separación entre pernos y borde (horizontal)	1.50	in	O.K. →	AISC 360-10, Capítulo J3, Tabla J3.4, p. 16.1-123.	



Continua

Parámetro U_{bs}	1.00		→	AISC 360-10, Capítulo J4, Artículo 3, p. 16.1-129.
Área bruta sujeta a cortante (A_{gv})	2.81	in^2		
Área neta sujeta a cortante (A_{nv})	1.90	in^2		
Área neta sujeta a tensión (A_{nt})	0.41	in^2		
0.6 F_u A_{nv} + U_{bs} F_u A_{nt}	89.85	kip		AISC 360-10, Capítulo J4, Artículo 3, p. 16.1-129.
0.6 F_y A_{gv} + U_{bs} F_u A_{nt}	84.54	kip		
Resistencia nominal del angular (ϕR_n)	63.40	kip	O.K.	
Revisión de capacidad del alma de viga en análisis:				
VIGA EN ANÁLISIS	W16X31			
Revisión de aplastamiento y ruptura del alma de viga en análisis:				
Grado del acero estructural de la viga	A992			
Resistencia a la fluencia del acero (F_y)	50.00	ksi		AISC 13th Edition, Steel Construction Manual, Capítulo 2, Tabla 2-3, p. 2
Resistencia última del acero (F_u)	65.00	ksi		
Espesor del alma de viga en análisis (t_w)	0.275	in		
Factor de resistencia (ϕ)	0.75		→	AISC 360-10, Capítulo J3, Artículo 10, p. 16.1-127.
Tipo de perforación (agujero)	Standard			
Dimensión de la perforación (Ø)	0.813	in	→	AISC 360-10, Capítulo J3, Tabla J3.3, p. 16.1-121.
Distancia libre entre perno y borde (l_c)	1.094	in		
Ruptura: 1.2 l_c t F_u	23.46	kip		AISC 360-10, Capítulo J3, Artículo 10, p. 16.1-127.
Aplastamiento: 2.4 d t F_u	32.18	kip		
Resistencia nominal de perno de extremo (R_n)	23.46	kip		
Distancia libre entre perno y perno (l_c)	2.188	in		
Ruptura: 1.2 l_c t F_u	46.92	kip		AISC 360-10, Capítulo J3, Artículo 10, p. 16.1-127.
Aplastamiento: 2.4 d t F_u	32.18	kip		
Resistencia nominal de perno interno (R_n)	32.18	kip		
Resistencia nominal del alma de viga (ϕR_n)	65.86	kip	O.K.	
Revisión de ruptura del bloque de corte en el alma de viga en análisis:				
Factor de resistencia (ϕ)	0.75		→	AISC 360-10, Capítulo J4, Artículo 3, p. 16.1-129.
Separación entre pernos y borde (horizontal)	1.50	in	O.K. →	AISC 360-10, Capítulo J3, Tabla J3.4, p. 16.1-123.
Parámetro U_{bs}	1.00		→	AISC 360-10, Capítulo J4, Artículo 3, p. 16.1-129.
Área bruta sujeta a cortante (A_{gv})	2.06	in^2		
Área neta sujeta a cortante (A_{nv})	1.39	in^2		
Área neta sujeta a tensión (A_{nt})	0.30	in^2		
0.6 F_u A_{nv} + U_{bs} F_u A_{nt}	73.85	kip		AISC 360-10, Capítulo J4, Artículo 3, p. 16.1-129.
0.6 F_y A_{gv} + U_{bs} F_u A_{nt}	81.43	kip		
Resistencia nominal del alma de viga (ϕR_n)	55.38	kip	O.K.	
Revisión de capacidad por despatinado simple de viga en análisis:				
VIGA EN ANÁLISIS	W16X31			
Grado del acero estructural de la viga	A992			
Resistencia a la fluencia del acero (F_y)	50.00	ksi		AISC 13th Edition, Steel Construction Manual, Capítulo 2, Tabla 2-3, p. 2
Resistencia última del acero (F_u)	65.00	ksi		
Espesor del alma de viga en análisis (t_w)	0.275	in		
				
VIGA A CONECTAR	W27X94			
Ancho del patín de viga a conectar (b_f)	10.00	in		
Separación entre viga en análisis y alma de viga a conectar (setback)	0.50	in		
Cortante último en viga en análisis ($R_u = V_u$)	17.56	kip		AISC 13th Edition, Steel Construction Manual, Capítulo 9, p. 9-6.
Longitud entre alma de viga a conectar y despatinado de viga en análisis (e)	5.50	in		
Momento último en viga ($M_u = R_u$ e)	96.59	kip-in		
Factor de resistencia (ϕ)	0.90		→	AISC 13th Edition, Steel Construction Manual, Capítulo 9, p. 9-7.

Continua

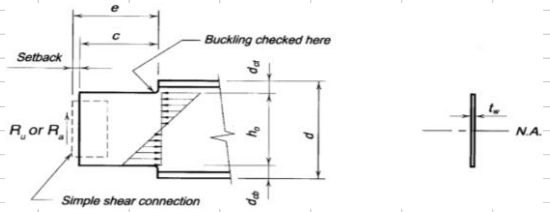
Despatinado de viga en análisis (d_c)	2.00	in					
Módulo de sección elástico neto (S_{net})	13.30	in^3		AISC 13th Edition, Steel Construction Manual, Capítulo 9, Tabla 9-2.			
Módulo de elasticidad del acero (E)	29,000.00	ksi					
Distancia entre extremo y despatinado de viga en análisis (c)	5.00	in			**c ≤ 2d**	**d_c ≤ d/2**	
					O.K.	O.K.	
Altura total de viga en análisis (d)	15.90	in					
Factor de concentración de esfuerzos (f)	0.63						
Espesor del alma de viga en análisis (t_w)	0.275	in		AISC 13th Edition, Steel Construction Manual, Capítulo 9, p. 9-7.			
Altura de viga reducida (h_o)	13.90	in					
Factor de condición de apoyo del alma (k)	11.89						
$F_{cr} \leq F_y$	50.00	ksi					
Resistencia nominal a flexión de viga (ϕM_n)	598.50	kip-in		O.K.			

Revisión de capacidad por despatinado doble de viga en análisis:

VIGA EN ANÁLISIS	W16X31						
Grado del acero estructural de la viga	A992						
Resistencia a la fluencia del acero (F_y)	50.00	ksi		AISC 13th Edition, Steel Construction Manual, Capítulo 2, Tabla 2-3, p. 2			
Resistencia última del acero (F_u)	65.00	ksi					
Espesor del alma de viga en análisis (t_w)	0.275	in					
VIGA A CONECTAR	W27X94						
Ancho del patín de viga a conectar (b_f)	10.00	in					
Separación entre viga en análisis y alma de viga a conectar (setback)	0.50	in					
Cortante último en viga en análisis ($R_u = V_u$)	17.56	kip					
Longitud entre alma de viga a conectar y despatinado de viga en análisis (e)	5.50	in		AISC 13th Edition, Steel Construction Manual, Capítulo 9, p. 9-6.			
Momento último en viga ($M_u = R_u$ e)	96.59	kip-in					
Factor de resistencia (ϕ)	0.90		→	AISC 13th Edition, Steel Construction Manual, Capítulo 9, p. 9-8.			
Despatinado de viga en análisis (d_c)	2.00	in					
Módulo de sección elástico neto (S_{net})	6.49	in^3					
Módulo de elasticidad del acero (E)	29,000.00	ksi					
Distancia entre extremo y despatinado de viga en análisis (c)	5.00	in			**c ≤ 2d**	**d_c ≤ 0.20d**	**d_c > 0.20d**
					O.K.	O.K.	N/A
Altura total de viga en análisis (d)	15.90	in					
Factor de concentración de esfuerzos (f_d)	2.56						
Espesor del alma de viga en análisis (t_w)	0.275	in		AISC 13th Edition, Steel Construction Manual, Capítulo 9, p. 9-8.			
Altura de viga reducida (h_o)	11.90	in					
Parámetro λ para d_c > 0.20d	0.67						
Factor Q para d_c > 0.20d	1.00						
$F_{cr} \leq F_y$	50.00	ksi					
Resistencia nominal a flexión de viga (ϕM_n)	292.07	kip-in		O.K.			
VIGA EN ANÁLISIS	W27X94						

Revisión de aplastamiento y ruptura del alma de viga en análisis:

Grado del acero estructural de la viga	A992				
Resistencia a la fluencia del acero (F_y)	50.00	ksi		AISC 13th Edition, Steel Construction Manual, Capítulo 2, Tabla 2-3, p. 2	
Resistencia última del acero (F_u)	65.00	ksi			
Espesor del alma de viga en análisis (t_w)	0.490	in			
Factor de resistencia (ϕ)	0.75		→	AISC 360-10, Capítulo J3, Artículo 10, p. 16.1-127.	
Tipo de perforación (agujero)	Standard				
Dimensión de la perforación (Ø)	0.813	in	→	AISC 360-10, Capítulo J3, Tabla J3.3, p. 16.1-121.	
Distancia libre entre perno y perno (l_c)	2.1875	in			
Ruptura: 1.2 l_c t F_u	83.61	kip			
Aplastamiento: 2.4 d t F_u	57.33	kip		AISC 360-10, Capítulo J3, Artículo 10, p. 16.1-127.	
Resistencia nominal de perno (R_n)	57.33	kip			
Resistencia nominal del alma de viga (ϕR_n)	128.99	kip	O.K.		



La conexión simple se realizó de viga a viga, utilizando únicamente pernos A325N de ¾ de plg y un factor de resistencia del 75%, utilizando 3 pernos por fila (vertical) con una separación interna de 3 plg y 1.50 plg entre pernos externos y el borde para evitar ruptura entre sí. Se utilizó un tipo de angular L4X4X3X3/8 con un grado del acero estructural A36.

Figura No. 286. Conexión vista en sección

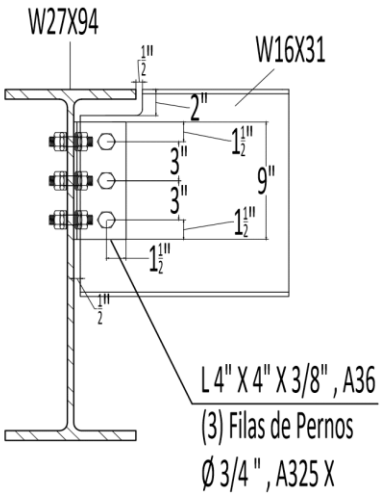
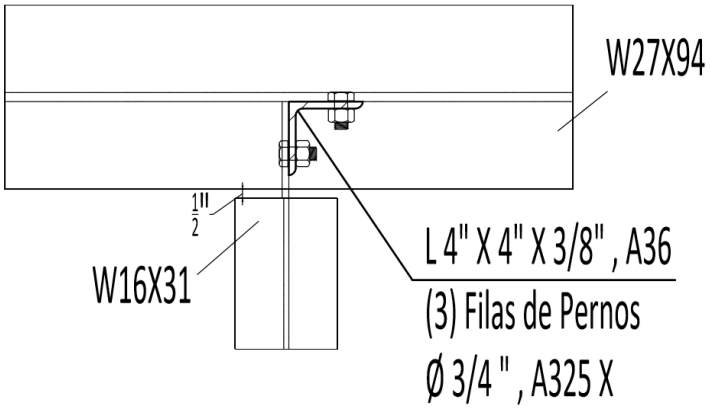
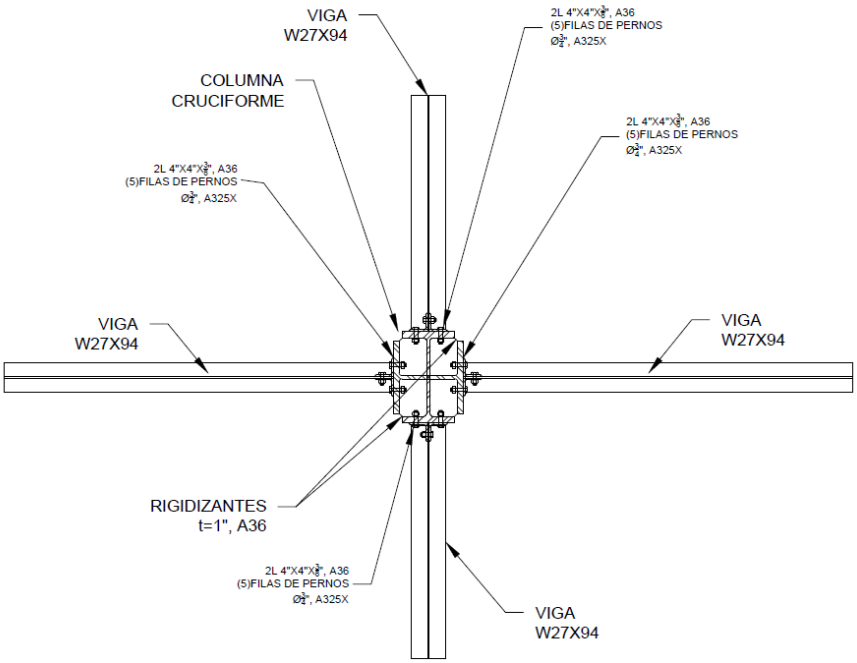


Figura No. 287. Conexión vista en planta



12. Conexión viga a columna. La conexión viga a columna es sumamente importante al momento del diseño, debido a que se encarga de transmitir todas las fuerzas a cortante a la columna y evitan la rotación del extremo de la viga y la tensión provocada en la placa. La placa es soldada en taller al alma de la viga y pernada en obra a la columna (o en algunos casos viga a viga). Las perforaciones para los pernos se pueden desfasar o desplazar a fin de no quedar enfrentadas por temas constructivos. En algunos casos se agrega un ángulo inferior para apoyar la viga para facilitar el montaje y asegurar la transmisión de fuerzas verticales a la columna.Se realizó un ejemplo de cómo se deberían de ver las conexiones viga a columna, sin embargo; estas no se calcularon.

Figura No. 288. Conexión vista en planta



13. Diseño de cimentación profunda. Para el diseño de la cimentación profunda (pilotes) se utilizó el código ACI 318-14, donde se seleccionó un pilote crítico en el eje A-6. Este punto está ubicado en el perímetro de edificio con 3 puntos de continuidad por lo que únicamente tendrá tres vigas de amarre.

Figura No. 289. Conexión vista en sección

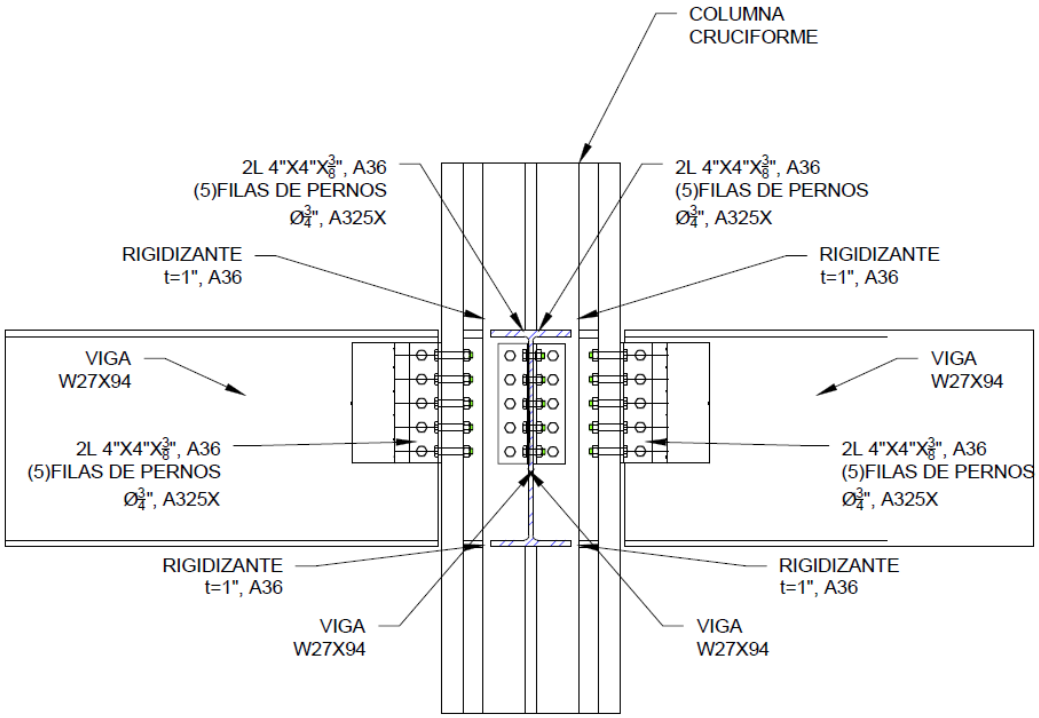
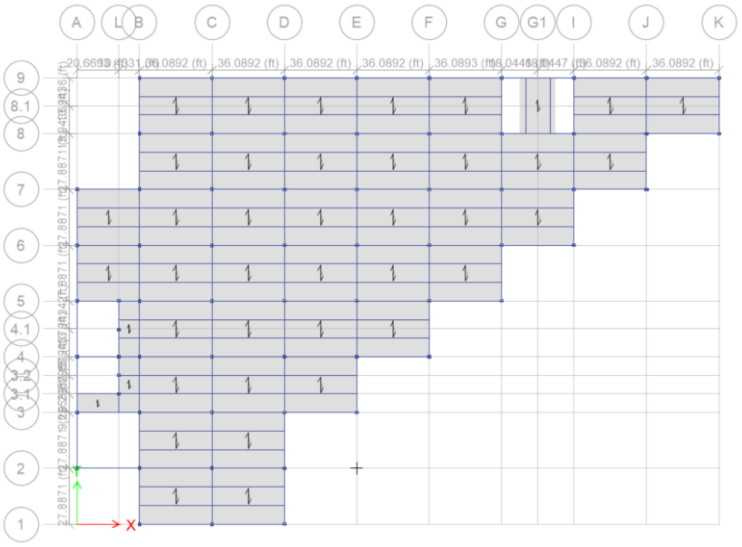


Figura No. 290. Planta del edificio para identificar el eje A-6



Debido a que no se cuenta con un estudio de suelo previo, se asumió que el valor soporte del suelo era de 500 toneladas. La cimentación tendrá un diámetro de 1 metro sin campana en la parte inferior, debido a que no lo requiere, y 9 metros de profundidad.

El concreto será un concreto 4000 psi y se utilizó 16 barras número 8 con 1 pulgada de diámetro para cumplir con el acero mínimo de grado 60 ksi. Se utilizó un espiral (zuncho) para el refuerzo transversal de manera simple con varillas de acero número 3/8 de pulgada con 3 pulgadas de recubrimiento. Debido a la extracción del pilote se utilizó vigas de amarre de 40cm x 40cm con 3 pulgadas de recubrimiento. Para iniciar el diseño se obtuvieron las reacciones en la base del eje A-6 donde se utilizaron las cargas de carga muerta, viva y de sismo.

Figura No. 291. Reacción en la base según la carga muerta

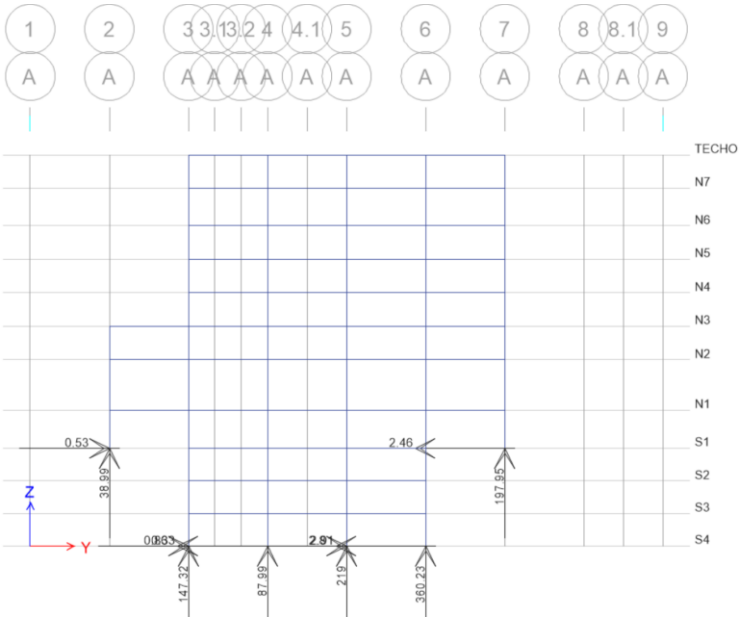


Figura No. 292. Reacción en la base según la carga viva

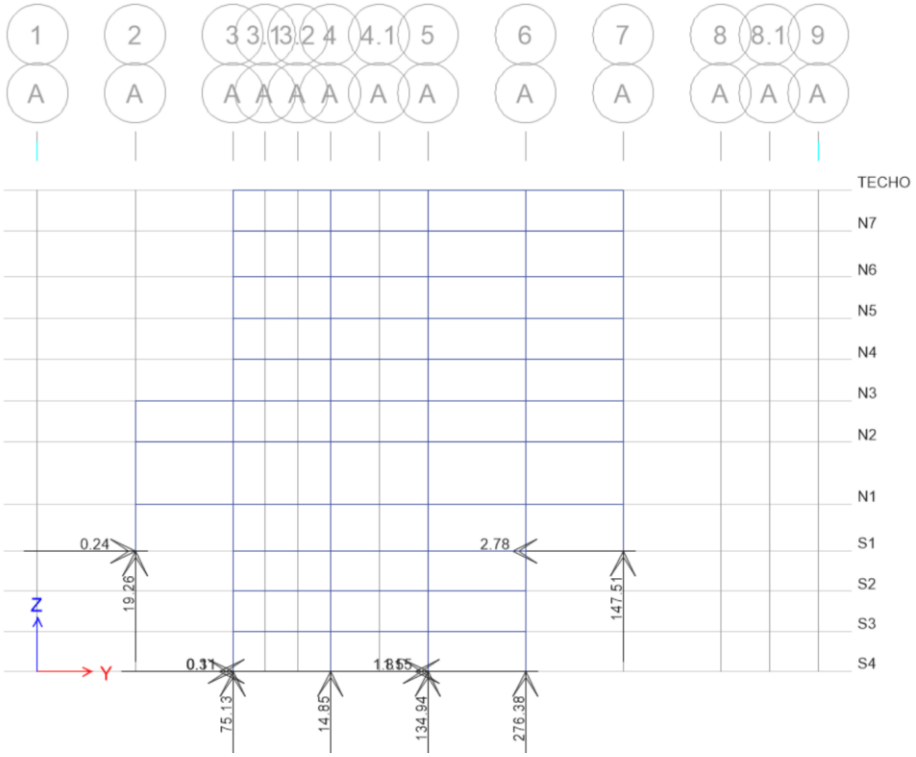
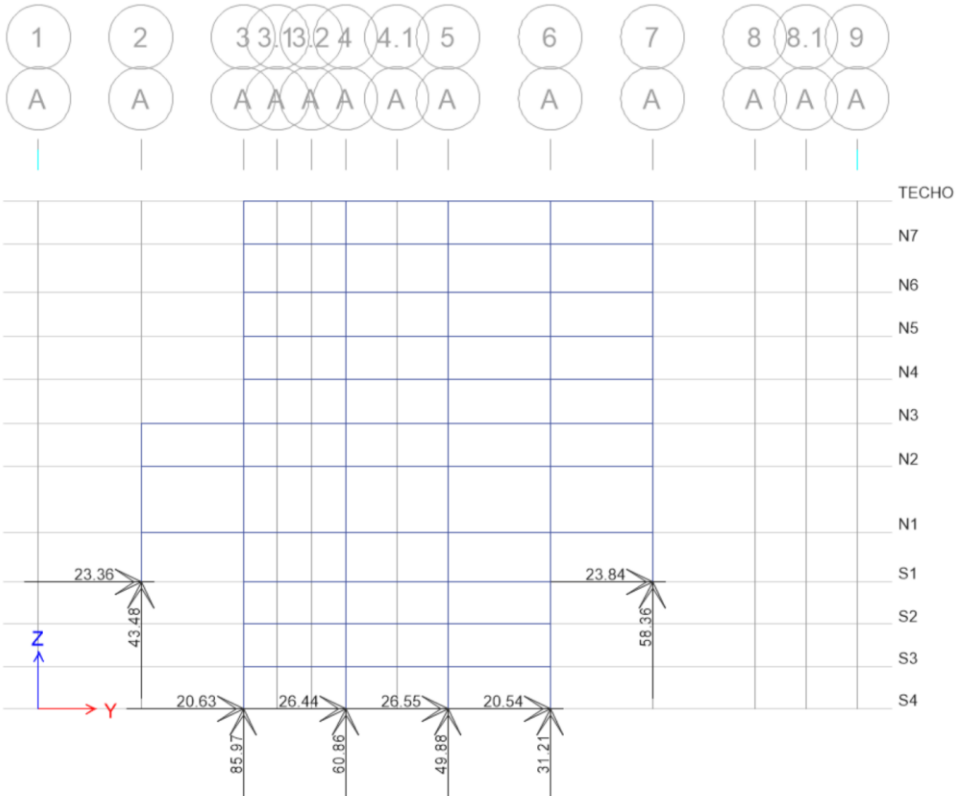


Figura No. 293. Reacción en la base según sismo dinámico en eje Y



DATOS DE INGRESO:	Pilote A-6					
Código y/o especificaciones de diseño	ACI 318-14					
Diámetro del pilote en análisis (ϕ_{pilote})	39.37	in	=	1.00	m	
Diámetro de campana de pilote en análisis ($\phi_{campana}$)	39.37	in	=	1.00	m	O.K.
Longitud de pilote en análisis (L_{pilote})	29.52	ft	=	9.00	m	
Carga axial por carga muerta sobre pilote en análisis (D)	360.23	kip	=	163.40	ton	
Carga axial por carga viva sobre pilote en análisis (L)	216.06	kip	=	98.00	ton	
Carga axial por carga de sismo en pilote en análisis (E)	31.21	kip	=	14.16	ton	
Carga permisible para pilote en análisis ($P_{admisible}$)	1102.30	kip	=	500.00	ton	→
Resistencia mínima a la compresión del concreto del pilote (f'_{cp})	4.00	ksi	=	281.23	kg/cm^2	
Resistencia mínima a la compresión del concreto de VC (f'_{cvc})	4.00	ksi	=	281.23	kg/cm^2	
Resistencia a la fluencia del acero de r. transversal del pilote (f_{yt})	60.00	ksi	=	4,218.46	kg/cm^2	
Resistencia a la fluencia del acero de r. longitudinal del pilote (f_y)	60.00	ksi	=	4,218.46	kg/cm^2	
Resistencia a la fluencia del acero de r. transversal de VC (f_{yt})	60.00	ksi	=	4,218.46	kg/cm^2	
Recubrimiento libre del acero de refuerzo transversal	3.00	in	=	0.076	m	
Factor de modificación λ (peso del concreto)	1.00		→	ACI 318-14, Tabla 19.2.4.2, pág. 316		
ÁREA DE CAMPANA DE PILOTE REQUERIDA:						
Peso propio de pilote en análisis (W_{pilote})	37.43	kip	=	16.98	ton	
Carga disponible para pilote en análisis ($P_{disponible}$)	1,064.87	kip	=	483.02	ton	
Área de campana requerida para pilote en análisis (A_{pilote})	694.50	in^2	=	0.45	m^2	→
Área de campana proporcionada para pilote en análisis (A_{pilote})	1,217.37	in^2	=	0.79	m^2	O.K.
REFUERZO LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL REQUERIDO POR PILOTE:						
Diámetro de barras longitudinales de pilote ($\phi_{barras\ longitudinales}$)	1	in				
Cantidad de barras longitudinales de pilote en análisis (N_{barras})	16.00	barras longitudinales		acero mínimo		
Separación entre barras longitudinales de pilote (S_{barras})	0.00	in				
Área de acero de refuerzo longitudinal propuesta (A_s)	12.57	in^2	O.K.	→	ACI 318-14, Artículo 18.7.4.1,	
Tipo de espiral (zuncho) para refuerzo transversal dentro de l_0	SIMPLE					
Tipo de espiral (zuncho) para refuerzo transversal por fuera de l_0	SIMPLE					
Separación entre espirales (zunchos) de pilote en l_0 ($S_{espirales}$)	3.00	in	=	0.076	m	O.K.
Separación entre espirales (zunchos) de pilote fuera de l_0 ($S_{espirales}$)	3.00	in	=	0.076	m	O.K.
Diámetro de espiral (zuncho) de pilote dentro de l_0 ($\phi_{espiral}$)	3/8	in	O.K.		ACI 318-14, Artículo 18.7.5, In	
Diámetro de espiral (zuncho) de pilote por fuera de l_0 ($\phi_{espiral}$)	3/8	in	O.K.		ACI 318-14, Artículo 25.7.3.2,	

Longitud especial para colocación del refuerzo transversal:

(a) $l_0 = \phi_{pilote}$	l_0 =	39.37	in	
(b) l_0 = 1/6 L_{pilote}	l_0 =	59.04	in	ACI 318-14, Artículo 18.7.5.1, p. 282.
(c) l_0 = 18 pulgadas	l_0 =	18.00	in	
(a) $l_0 = 5\phi_{pilote}$	l_0 =	196.85	in	ACI 318-14, Artículo 18.13.4.3, p. 312.
(b) l_0 = 6 pies	l_0 =	72.00	in	

Longitud especial para colocación del refuerzo transversal a partir de la parte superior del pilote (l_0)	196.85	in	=	5.00	m

Continua

Separación máxima del refuerzo transversal de pilote dentro de longitud especial:						
(a) 1/4 ϕ_{pilote}	9.84	in				
(b) 6 diámetro de la menor barra de refuerzo longitudinal ($6\phi_l$)	6.00	in	ACI 318-14, Artículo 18.7.5.3, p. 283.			
(c) $S_0 = 4 + (14-h_x)/3$	6.00	in				
(b) Menor de 3 pulgadas.	3.00	in	→	ACI 318-14, Artículo 25.7.3.1, p. 441.		
Espaciamiento máximo del refuerzo transversal dentro de l_0 ($S_{máx}$)	3.00	in				
Separación máxima del refuerzo transversal de pilote por fuera de la longitud especial:						
(a) 6 diámetro de la menor barra de refuerzo longitudinal ($6\phi_l$)	6.00	in	ACI 318-14, Artículo 18.7.5.5, p. 284.			
(b) 6 pulgadas	6.00	in				
Espaciamiento máximo del refuerzo transversal fuera de l_0 ($S_{máx}$)	6.00	in				
Separación mínima del refuerzo transversal de pilote:						
Dimensión máxima del agregado a utilizar en el pilote (d_{agg})	0.50	in				
(a) Espaciamiento mínimo del refuerzo transversal ($S_{mín}$)	1.00	in	O.K.	→	ACI 318-14, Artículo 25.7.3.1,	
Cuantía volumétrica del refuerzo en espiral:						
Cuantía volumétrica del refuerzo en espiral dentro de l_0 (ρ_s)	0.015	in^3 de acero de refuerzo transversal / in^3 de concreto en núcleo confinado				
Cuantía volumétrica del refuerzo en espiral por fuera de l_0 (ρ_s)	0.015	in^3 de acero de refuerzo transversal / in^3 de concreto en núcleo confinado				
Área bruta de la sección transversal de concreto (A_g)	1,217.37	in^2				
Área de la sección transversal del pilote medida entre los bordes exteriores del refuerzo transversal (A_{ch})	874.59	in^2	ACI 318-14, Artículo 25.7.3.3, p. 441.			
$\rho_s \geq 0.45 (A_g/A_{ch} - 1) f'_c/f_{yt}$	→	ACI 318-14, Artículo 25.7.3.3, p. 441.				
$\rho_s =$ 0.015	≥	0.012	in^3 de acero de refuerzo transversal / in^3 de concreto en núcleo confinado			O.K.
$\rho_s =$ 0.015	≥	0.012	in^3 de acero de refuerzo transversal / in^3 de concreto en núcleo confinado			O.K.
Cantidad de refuerzo transversal para pilote:						
Dentro de longitud especial "l_0":						
(a) 0.45 $(A_g/A_{ch} - 1) f'_c/f_{yt}$	$\rho_s =$ 0.012	in^2	O.K.	ACI 318-14, Artículo 18.7.5.4, Tabla 18.7.5.4, p. 284.		
(b) 0.12 f'_c/f_{yt}	$\rho_s =$ 0.008	in^2	O.K.			
Por fuera de la longitud especial "l_0":						
(a) 0.45 $(A_g/A_{ch} - 1) f'_c/f_{yt}$	$\rho_s =$ 0.012	in^2	O.K.	ACI 318-14, Artículo 18.7.5.4, Tabla 18.7.5.4, p. 284.		
(b) 0.12 f'_c/f_{yt}	$\rho_s =$ 0.008	in^2	O.K.			
Longitud de traslapo para el refuerzo en espiral:	→	ACI 318-14, Artículo 25.7.3.5, Tabla 25.7.3.6, p. 442.				
Longitud de traslapo para el refuerzo en espiral de pilote (l_d)	18.00	in	=	0.46	m	O.K.
Anclaje de espiral (zuncho):	→	ACI 318-14, Artículo 25.7.3.4, p. 441.				
NOTA: el anclaje de la espiral debe consistir en una y media vueltas adicionales de la barra de la espiral en cada extremo.						

Continua

TRANSFERENCIA DE FUERZAS DE COLUMNA HACIA PILOTE:							
Carga de contacto última por: D únicamente ($P_{u.D}$)		504.32	kip	→	Combinación I de ACI 318-14, Artículo 5.3, pá		
Carga de contacto última por: D + L ($P_{u.D+L}$)		777.97	kip	→	Combinación II de ACI 318-14, Artículo 5.3, p		
Carga de contacto última por: D + L + E ($P_{u.D+L+E}$)		679.55	kip	→	Combinación V de ACI 318-14, Artículo 5.3, p		
Carga axial última en unión "pilote - columna" (B_u)		777.97	kip	=	352.89	ton	
Área de platina de columna sobre pilote en análisis ($A_{platina}$)		324.00	in^2				
Coeficiente de reducción para contacto/aplastamiento (ϕ)		0.65		→	ACI 318-14, Tabla 21.2.1, pág. 341		
Resistencia nominal de contacto/aplastamiento (ϕB_n)		5,214.990	kip	=	2,365.50	ton	→
$\phi B_n \geq B_u$	ϕB_n =	5,214.990	kip	≥	B_u = 777.972	kip	O.K.
Revisión de extracción de pilote por sismo:							
Revisión de extracción de pilote por sismo		SI					
Integración de cargas sobre pilote en análisis:							
Peso propio de pilote en análisis (W_{pilote})		37.43	kip	=	16.98	ton	
Dimensionamiento de vigas de cimentación:							
Ancho de viga de cimentación No. 1 (VC1)		15.75	in		40.00	cm	
Altura de viga de cimentación No. 1 (VC1)		15.75	in		40.00	cm	
Ancho de viga de cimentación No. 2 (VC2)		15.75	in		40.00	cm	
Altura de viga de cimentación No. 2 (VC2)		15.75	in		40.00	cm	
Ancho de viga de cimentación No. 3 (VC3)		15.75	in		40.00	cm	
Altura de viga de cimentación No. 3 (VC3)		15.75	in		40.00	cm	
Ancho de viga de cimentación No. 4 (VC4)		0.00	in		0.00	cm	
Altura de viga de cimentación No. 4 (VC4)		0.00	in		0.00	cm	
Resistencia nominal a cortante de vigas de cimentación:							
Coeficiente de reducción para cortante (ϕ_v)		0.75		→	ACI 318-14, Artículo 21.2, Tabla 21.2.1, pág. 3		
Recubrimiento libre del acero de r. en viga de cimentación		3.00	in	→	ACI 318-14, Tabla 20.6.1.3-1, pág. 335		
Área de acero propuesta para reforzar almas de VC (A_v)		0.40	in^2				
Separación de estribos propuesta en viga de cimentación (s)		4.00	in				
Resistencia nominal a cortante de viga de cimentación No. 1		76,411.57	lb	=	76.41	kip	
Resistencia nominal a cortante de viga de cimentación No. 2		76,411.57	lb	=	76.41	kip	
Resistencia nominal a cortante de viga de cimentación No. 3		76,411.57	lb	=	76.41	kip	
Resistencia nominal a cortante de viga de cimentación No. 4		0.00	lb	=	0.00	kip	
Resistencia nominal a cortante de viga de cimentación (total)		229,234.70	lb	=	229.23	kip	

Continua

Carga última para revisión por extracción de pilote:								
Carga última por: D + E ($P_{u.D+E}$)	0.00	lb	→	Combinación VII de ACI 318-14, Artículo 5.3, pág. 58: 0.90D				
Revisión por método LRFD: $V_u \leq \phi V_n$	0.00	kip	≤	229.23	kip	O.K.		
Parámetro de aceleración para diseño de respuesta espectral para períodos cortos (SDS)	0.90							
Parámetro omega (Ω)	1.00							
Carga última por: D + E ($P_{u.D+E}$)	0.00	lb	→	Combinación Especial de ASCE 7 - 10, Artículo 12.4.3.2, pág.				
Revisión por método LRFD: $V_u \leq \phi V_n$	0.00	kip	≤	229.23	kip	O.K.		
RESISTENCIA AXIAL A COMPRESIÓN MÁXIMA DE PILOTE:								
Área bruta de la sección transversal de concreto (A_g)	1,217.37	in^2						
Área total del refuerzo longitudinal no presforzado (A_{st})	12.57	in^2						
						ACI 318-14, Artículo 22.4.2.1,		
Resistencia axial nominal para una excentricidad igual a cero (P_0)	4,850.31	kip	=	2,200.09	ton			
Máximo valor de la resistencia nominal a la compresión del pilote ($P_{n,máx}$)	4,122.77	kip	=	1,870.07	ton			
Carga axial última en columna (P_u) - Compresión	777.97	kip	=	352.89	ton			
Revisión por método LRFD: $P_u \leq \phi P_{n,máx}$	P_u = 777.97	kip	≤	$\phi P_{n,máx}$ = 4,122.77	kip	O.K.		
RESISTENCIA AXIAL A TRACCIÓN (TENSIÓN) MÁXIMA DE PILOTE:								
Máximo valor de la resistencia nominal a tracción (tensión) del pilote ($P_{nt,máx}$)	753.98	kip	=	342.00	ton	ACI 318-14, Artículo 22.4.3.1,p		
Carga axial última en columna (P_u) - Tensión	0.00	kip	=	0.00	ton			
Revisión por método LRFD: $P_u \leq \phi P_{nt,máx}$	P_u = 0.00	kip	≤	$\phi P_{nt,máx}$ = 753.98	kip	O.K.		

Para el diseño del pilote se utilizó una resistencia mínima a la compresión del concreto de 4000 psi, y una resistencia a la fluencia del acero de 60,000 psi, utilizando un recubrimiento de 3 pulgadas para que no se corrugue el acero. Debido a que es una base empotrada para que el edificio no sufra de desplazamientos grandes, se debe de empotrar la columna cruciforme por lo menos 1 metro dentro del pilote para que se comporte de manera empotrada y no articulada.

El pilote tendrá un diámetro de un metro sin campana, por nueve metros de profundidad. La carga permisible para el pilote se asumió de 500 toneladas, pues no contamos con un estudio de suelo que nos pudiera proporcionar este valor.

Se utilizó 16 barras longitudinales como acero mínimo de 1 pulgada de diámetro cada una, utilizando un tipo de espiral para refuerzo transversal simple con una separación de 3 pulgadas y de 3/8 de pulgada de diámetro. Para la revisión por extracción se utilizó vigas de cimentación de 40cm x 40cm con un recubrimiento de 3 pulgadas y una separación entre los estribos de 4 pulgadas.

Figura No. 294. Detalle del pilote

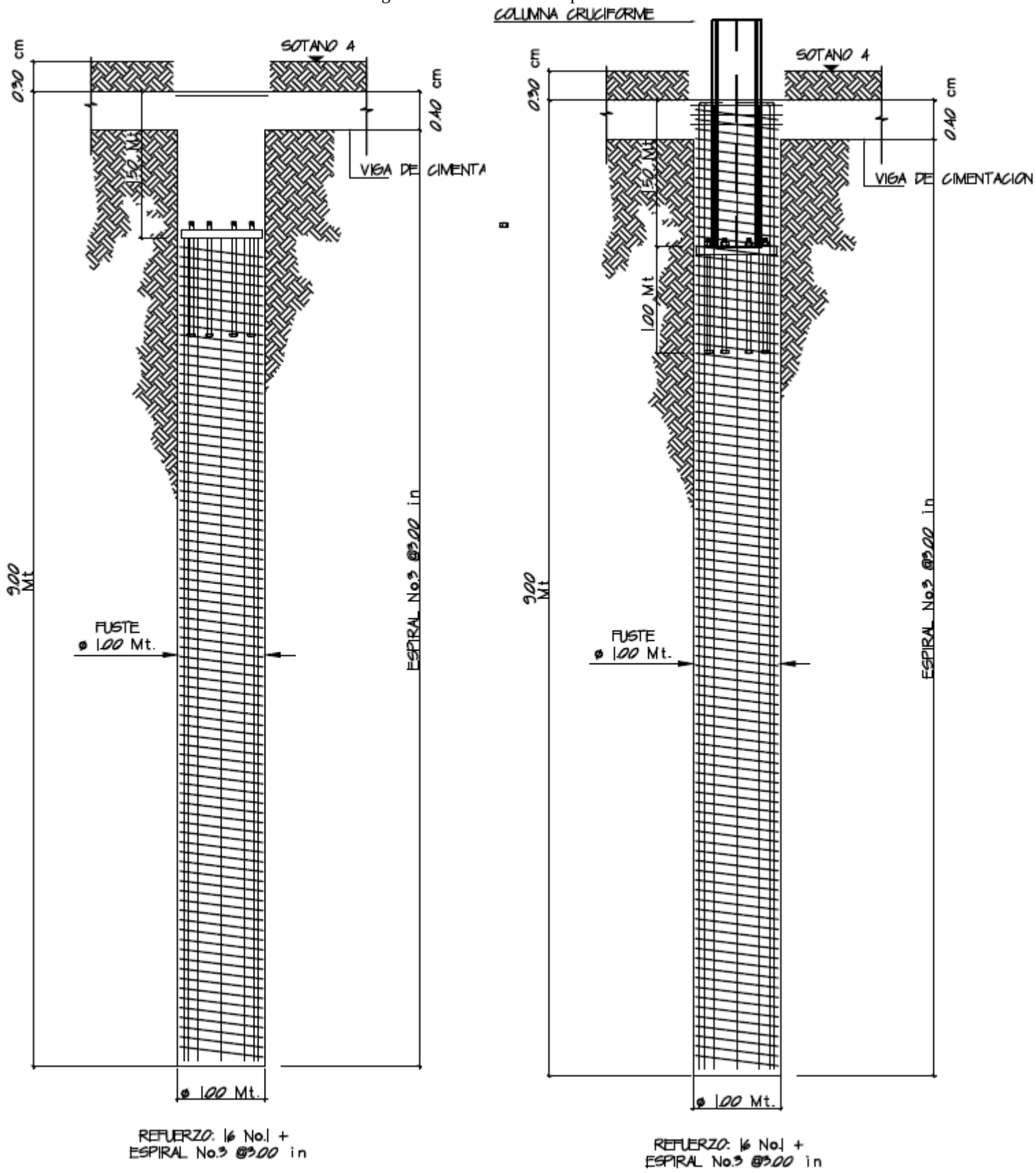
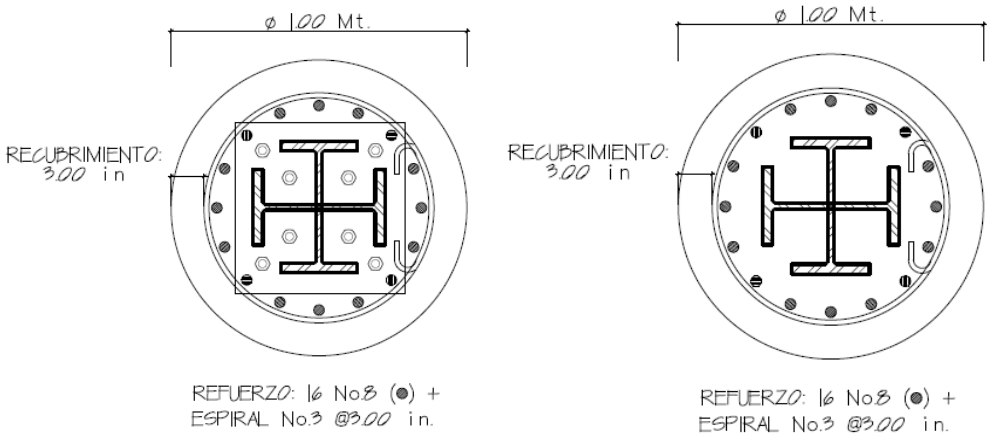


Figura No. 295. Planta del pilote



14. Compacidad sísmica de columnas

Cuadro No. 172. Cuadro de compacidad

		Viga				Compacidad	Columna				Compacidad
NIVEL	I, in4	Sección	Ix, in4	b/t	h/tw	Sísmica	Sección	Ix, in4	b/t	h/tw	Sísmica
Techo	1999.48	W27X94	3270.00	6.70	49.50	compacta	W18X158	3060.00	3.92	19.80	compacta
7.00	4282.35	W27X94	3270.00	6.70	49.50	compacta	W18X158	3060.00	3.92	19.80	compacta
6.00	5166.71	W27X94	3270.00	6.70	49.50	compacta	W18X158	3060.00	3.92	19.80	compacta
5.00	6368.74	W27X94	3270.00	6.70	49.50	compacta	W18X158	3060.00	3.92	19.80	compacta
4.00	7349.02	W27X94	3270.00	6.70	49.50	compacta	W18X158	3060.00	3.92	19.80	compacta
3.00	8125.59	W27X94	3270.00	6.70	49.50	compacta	W18X158	3060.00	3.92	19.80	compacta
2.00	15105.12	W27X94	3270.00	6.70	49.50	compacta	W18X158	3060.00	3.92	19.80	compacta
1.00	10775.70	W27X94	3270.00	6.70	49.50	compacta	W18X158	3060.00	3.92	19.80	compacta
-1.00	8940.86	W27X94	3270.00	6.70	49.50	compacta	W18X158	3060.00	3.92	19.80	compacta
-2.00	9042.76	W27X94	3270.00	6.70	49.50	compacta	W18X158	3060.00	3.92	19.80	compacta
-3.00	9075.44	W27X94	3270.00	6.70	49.50	compacta	W18X158	3060.00	3.92	19.80	compacta
-4.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Debido a que el programa ETABS no reconoce de manera idónea, la columna cruciforme introducida manualmente, como sísmicamente compacta se realizaron las siguientes tablas con información de las columnas y las vigas a las cuales se conectan, donde se realizaron los parámetros proporcionados por AISC 341-10, encontrados en los anexos donde relaciona en ancho del patín y el alma con su largo para comprobar si son altamente dúctiles o moderadamente dúctiles.

Debido a que en los manuales no existe una descripción de columnas cruciformes, se analizó cada elemento de la columna por separado, comprobando la compacidad sísmica de ambas secciones, comprobando que sí son compactas.

15. Discusión. Esta investigación tuvo como propósito realizar el diseño estructural en acero del Centro de Innovación y Tecnología de la Universidad del Valle de Guatemala, el cual se ha hecho patente que el análisis estructural y sísmico implica definir factores y cálculos elevados, además; muchas de estas no son numéricas, sino conceptuales el cual dificulta su consideración. Gracias al apoyo del programa ETABS se elaboró el análisis de la estructura en acero, integrando todas las cargas gravitacionales y sísmicas según los códigos descritos anteriormente.

Dentro del pre-dimensionamiento del edificio se observó que ocupamos columnas cruciformes el cual fomenta un análisis de marcos a momentos en acero, siendo esta una columna cuadrada y eliminando el eje débil que poseen las vigas de acero. Este sistema permitió el desuso del arrostramiento, siendo este detalle favorable para el diseño arquitectónico, pues la ubicación del arrostramiento es la dificultad más grande entre el diseño estructural y arquitectónico.

Guatemala ocupa una zona sísmica con un índice de sismicidad 4 y un nivel de protección de 1.5 veces la gravedad con probabilidad de exceder un sismo de diseño de 5% en 50 años, por lo que es una zona crítica dentro del país (ver Anexs). Debido a que se desconoce parcialmente las propiedades del perfil del suelo y no se tuvo detalle suficiente para enmarcarlo dentro de algunas categorías, AGIES NSE 2-10 recomienda utilizar una clasificación de suelo firme y rígido tipo D. Este parámetro podría ser un indicador de error, ya que no es un dato exacto y verídico el que tenemos, sin embargo; es lo más cercano a la realidad.

El edificio por ser una universidad entró en la categoría de riesgo número 3, por lo que elevó el factor de importancia del sismo, el cual castigó el diseño del sismo un 25%. El período de diseño es de 1.79 segundos, teniendo un factor k de 1.64. Estos parámetros son de suma importancia al momento de introducir el sismo a nuestro diseño, ya que se debe de ingresar un sismo real para evitar catastros en el futuro. Se ingresó las cargas de sismo en ambos ejes , xy, con una excentricidad del 5% como mínimo (establecido por el ASCE 7-10) con un rango desde el sótano 4 hasta el nivel del techo.

Se calculó el corte basal del edificio, siendo este la reacción de la estructura sujeta a fuerzas horizontales, de 1725.62 kip, para luego realizar un análisis dinámico el cual el cortante dinámico es mayor al 85% del corte estático. Bajo estos criterios se realizó la revisión de derivas, ubicando dos extremos del edificio, representando el desplazamiento mayor y menor de la estructura. Se realizó la demanda y la capacidad de la deriva, siendo esta relación no mayor a la unidad y calculando que no haya ningún tipo de torsión dentro de la estructura.

En el último capítulo de la investigación se realizó una demostración numérica de cómo se calcula algunos de los miembros estructurales del edificio. Entre ellos tenemos la lámina troquelada, viga secundaria, conexión simple, conexión viga a columna, cimentación profunda. Dentro de los resultados se obtuvo una losacero 2" Lok Floor con calibre 22 y 4.5 pulgadas de espesor, siendo esta lámina troquelada la existente en el mercado de Guatemala y cumpliendo con las demandas de la estructura. El diseño de la viga secundaria se realizó a sección compuesta, trabajando en conjunto con la losa, utilizando una fluencia del acero de 50 ksi y una resistencia última de 65 ksi,

unida con pasadores de corte a la lámina troquelada, siendo esta viga conectada a la viga principal con una placa simple utilizando una placa L4x4x3x3/8 y pernos A325N de ¾ de pulgada. Los pernos se calculan con rosca excluida pero se especifica incluida para evitar cualquier tipo de catastro que pudiera suceder en fábrica.

Por último se demostró el diseño de un cimiento profunda (pilote), el cual posee una resistencia mínima del concreto de 4000 psi y una resistencia a la fluencia del acero de 60000 psi, con 16 barras longitudinales de 1 pulgada de diámetro y un espiral de refuerzo transversal simple con una profundidad de 9 metros sin campana. Debido a la falta del estudio de suelos se asumió una carga permisible de 500 toneladas. Se consideró una base empotrada para contrarrestar las deformaciones del edificio, por lo que se introdujo la columna un metro dentro del pilote.

Dicho todo esto, se comprobó el planteamiento del problema, donde se realizó el diseño del Centro de Innovación y Tecnología de la Universidad del Valle de Guatemala en acero utilizando herramientas BIM.

B. Propuesta hidráulica

1. Caracterización del edificio. El Centro de Innovación y Tecnología de la Universidad del Valle de Guatemala contará con 46, 706.83 m^2 de construcción. En total serán 7 niveles, 4 sótanos y azotea. Estará ocupado por un aproximado de 5,000 personas. Aquí se concentrarán los alumnos de todas las carreras de ingeniería. Habrá laboratorio de hidráulica, taller de mecánica, laboratorio de alimentos, taller de carpintería, salón de usos múltiples, áreas comunes y comedores.

La construcción está originalmente planificada para ser construida en concreto con marcos estructurales y muros de corte. Tendrá una altura total de 42 m y cada uno de sus niveles medirá 3.6 metros de altura, exceptuando N6, N1 y S1 con 4, 5.4 y 4.10 m respectivamente. En los niveles N1 al N6, se contemplarán dos módulos de baños para mujeres y 2 módulos para hombres. En el N7 solo se contempló un módulo para cada sexo.

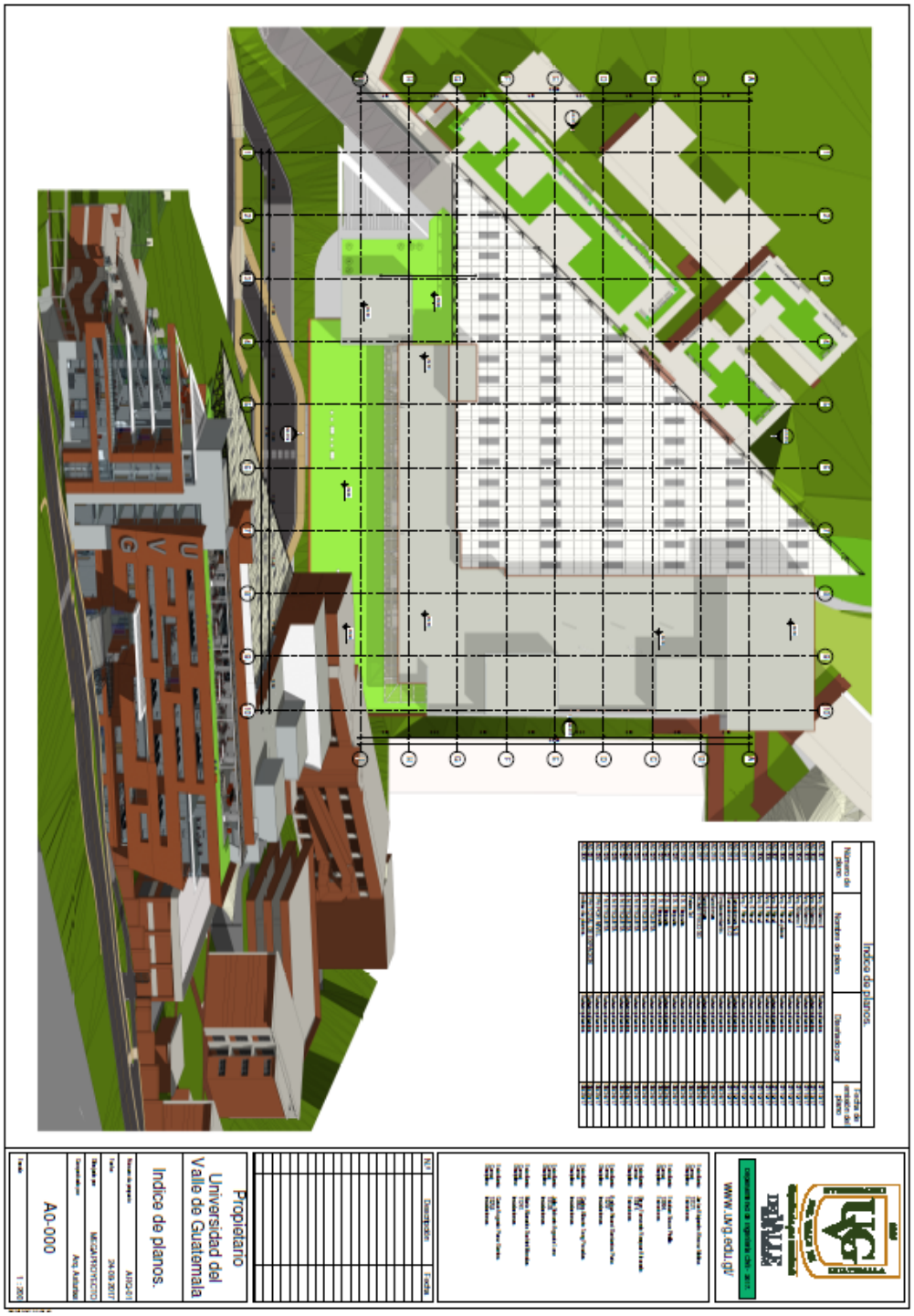
Figura No. 296. Ubicación del CIT.

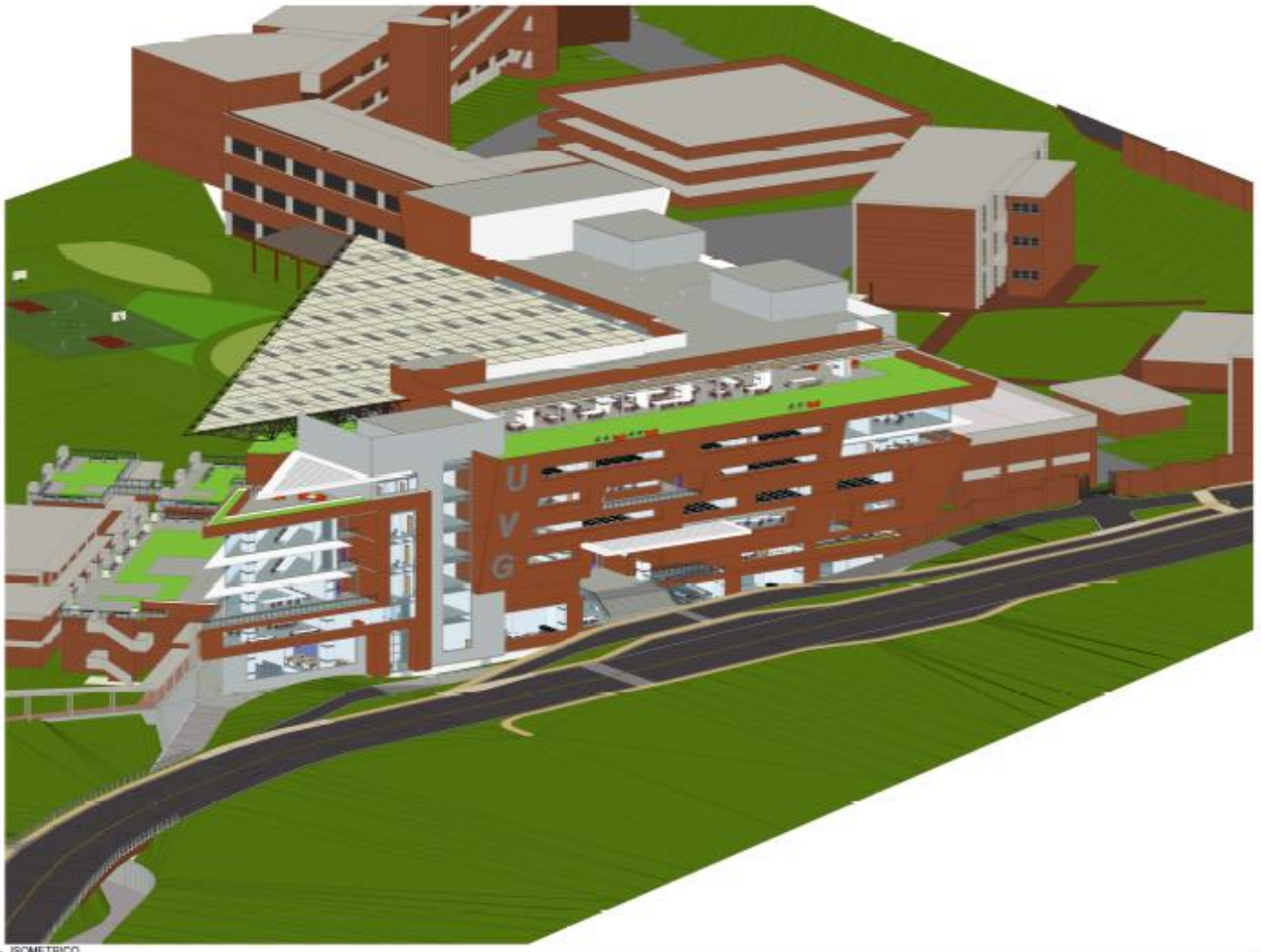


(Álvarez, 2017)

Se ubicará en la 15 Avenida y 11 calle de la zona 15 de la Ciudad de Guatemala. Se demolerá el actual edificio B en donde se encuentra la biblioteca.

2. Elaboración de modelo arquitectónico en Revit. En colaboración con los integrantes de este proyecto se realizó el modelado arquitectónico con el software Revit del CIT. Este se realizó a partir del modelo arquitectónico en planos preliminares.





1 ISOMETRICO

www.uvg.edu.gt/

No.	Descripción	Fecha

Propietario

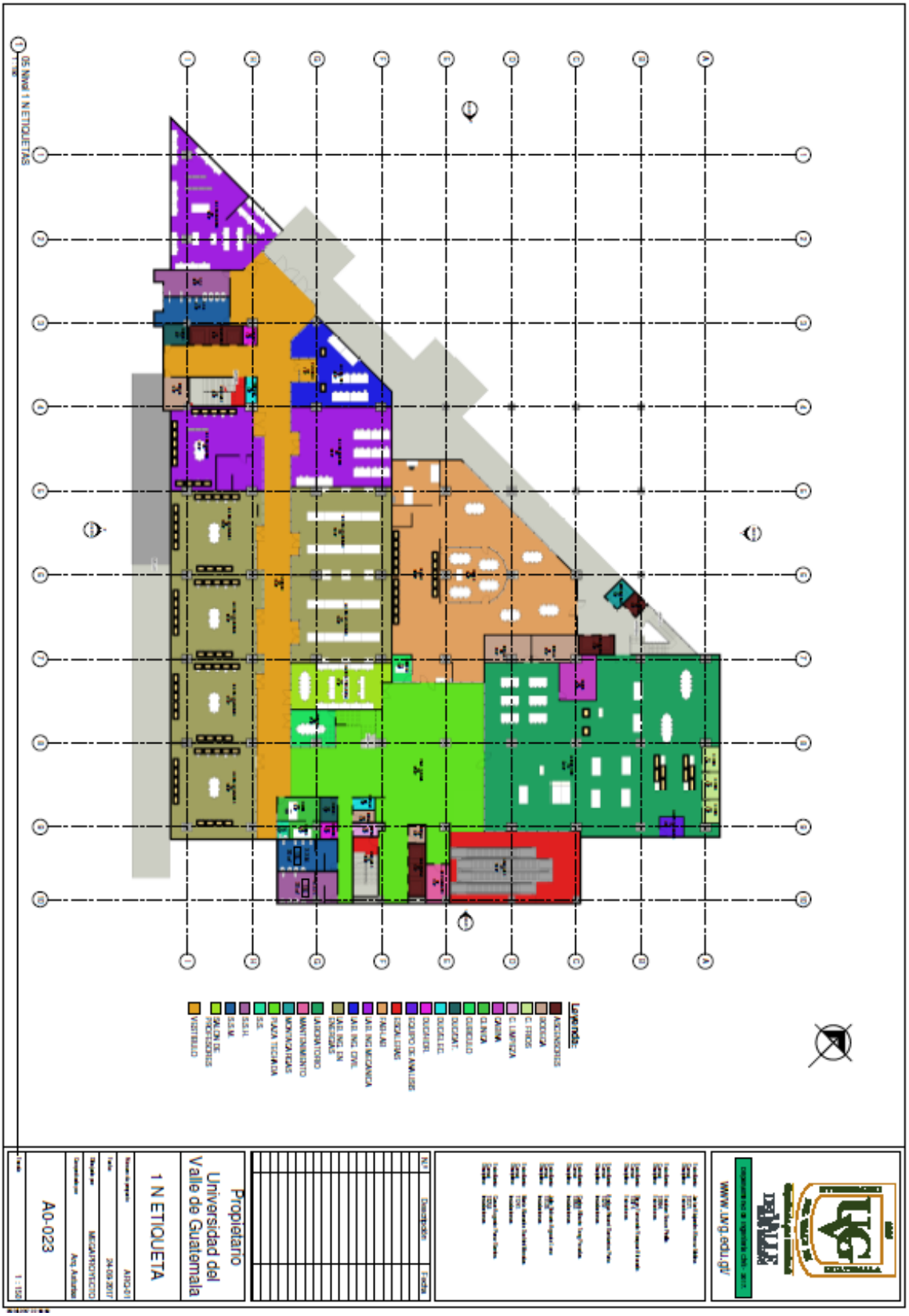
Universidad del Valle de Guatemala

ISOMETRICO 3D

Número de proyecto	ARQ-01
Fecha	24-09-2017
Dibujado por	MEGAPROYECTO
Comprobado por	Arq. Asturias

A0-017

Escala


05 Nivel 1 N ETIQUETAS
Leyenda:
ACCESORIOS
BODEGA
C. FRIOS
C. LIMPIEZA
CAFETIN
CLINICA
CUBICULO
DUCHAS
DUCHAS LEC.
DUCHAS PROFESORES
EQUIPO DE AMPLIFICACION
ESCALERAS
FARMACIA
LAB. ING MECANICA
LAB. ING. CIVIL
LAB. ING. EN ELECTRICAS
LABORATORIO
MANTENIMIENTO
MONTACARGAS
PLAZA TECNICA
S.S.
S.S.H.
S.S.M.
SALON DE PROFESORES
VESTIBULO
www.uvg.edu.gt
Propietario
Universidad del Valle de Guatemala
1 N ETIQUETA
A0-023
Descripción
Fecha

3. Diseño hidráulico para abastecimiento de agua

a. Dotación de agua potable. Para calcular la dotación de agua potable es necesario considerar los siguientes datos del CIT:

- Contará con 4, 900 personas que ocuparán las instalaciones.
- Es un centro educativo de nivel superior.

Por lo que tomando los criterios del Cuadro No. 4 se tomará como dotación diaria 25 L/hab/día y para riego 1.50 L/m2/día. Esta cantidad se multiplica por el número de personas que se encontrarán en el edificio y se obtiene un total diario de:

N	4,900.00	hab	
Dotación por persona	25.00	l/hab/día	
Dotación para riego	1.50	l/m2/día	2,000.00 m2

Dotación por habitante	122,500.00	l/hab/día
Riego	3,000.00	l/m2/día
Total	125,500.00	l/hab/día

b. Determinación de caudal diario. Utilizando las fórmulas 1, 2 y 3 se determina el caudal diario, el caudal máximo horario y el caudal en segundos.

Qdía= L/hab/día * hab	125,500.00	l/día
Qmax horario= Qdía/24 hrs	5,229.17	l/h
Qb=V/tb	1.45	l/s

c. Dimensionamiento de la cisterna. Se contemplarán 2 días de almacenamiento para la cisterna y se sumarán 36 m3 para el sistema contra incendio que combata el fuego durante 2 hr. Para estos cálculos se utilizaron las fórmulas 4, 5, 6 y 7.

Tiempo de almacenamiento (Tr)	1.00	días
Almacenamiento mínimo	125.50	m3
Almacenamiento para siniestro 2 hr	36.00	m3
Vt de almacenamiento	161.50	m3
Vt aproximado	160.00	m3
Altura (H)	2.00	m
L=√((4*Vt)/(3*H))	10.33	m
B=3/4L	7.75	m

La altura de la cisterna se puede tomar como mínimo de 2 m y ésta no se llena de forma completa si no que se deja una “cama de aire” de 0.20 m. Para dimensionar la cisterna se debe agregar el espesor de las paredes de la cisterna, utilizando las fórmulas 8 y 9.

H agua	1.80	m
H aire	0.20	m
H total	2.00	m
Espersor de paredes (t)	0.10	m
Lt=2t+L	11.00	m
Bt=2t+B	8.00	m

Por último, se determina el diámetro de la acometida:

$D=(4Q/\pi Vel)^{1/2}$	61.42	mm	2.00 plg
Q=Vt aprox/t	0.01	m3/s	
Vel	2.50	m/s	
t	21,600.00	s	6.00 hr
D asumido	3.00	plg	

d. Cálculo de subramales. El cálculo de subramales se realiza en base al Cuadro No.5, ya que cada aparato tiene una entrada estándar o se debe de revisar con el fabricante. Los diámetros elegidos es ½” para lavamanos, 1 ¼” para inodoros con fluxómetro, ½” para grifo y el mingitorio no tendría diámetro ya que se utilizará tankless.

e. Cálculo de ramales. Para el cálculo de los ramales se utilizará el método de consumo máximo simultáneo ya que en el Cuadro No.6 se expresa que el CIT por ser una edificación educativa se debe estudiar el consumo en base a este método. Al obtener el diámetro con este método, se calcularon los caudales probables por medio de las unidades de gasto de Hunter. La pérdida de energía de las tuberías se calculó por medio de la ecuación 11, 12 y 13.

f. Cálculo de tubería de alimentación. Para realizar el cálculo de tubería de alimentación se tomó como ejemplo las ecuaciones 14, 15 y 16.

Para los puntos 4, 5 y 6 se mostrarán los cálculos en las siguientes páginas.

N1	R203	Tramo		Aparato sanitario				Equivalencia	Φ Tubo (plg)	Unidades de	Gasto (l/s)	Longitud (m)	Accesorios				Longitud total (m)	Velocidad (m/s)	Pérdida Hf (m)	Pérdidas son menores a Lt?	H piezométrica (m)		H estática (m)	H disponible (m)
		De	a	Lavamanos (1/2")	Inodoro (1 1/4")	Mingitorio	Grifo (1/2")			UG total			Codo	TEE	Valvula	Y					Anterior	Actual		
		2.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1 1/4	3.00	1.10	3.80	1.00	0.00	0.00	0.00	4.75	1.389	0.312	OK	18.44	18.12	20.00	19.69
		3.00	2.00	0.00	0.00	0.00	2.00	2.00	1 1/2	6.00	1.44	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	3.29	1.263	0.146	OK	18.58	18.44	20.00	19.85
		4.00	3.00	0.00	0.00	0.00	2.00	2.00	1 1/2	6.00	1.44	2.20	1.00	0.00	0.00	0.00	3.34	1.263	0.148	OK	18.73	18.58	20.00	19.85
		5.00	6.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1 1/4	3.00	1.10	3.80	1.00	0.00	0.00	0.00	4.75	1.389	0.312	OK	19.04	18.73	20.00	19.69
		5.00	4.00	0.00	0.00	0.00	2.00	2.00	1 1/2	6.00	1.44	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	3.29	1.263	0.146	OK	19.19	19.04	20.00	19.85
		7.00	4.00	0.00	0.00	0.00	4.00	4.00	1 1/2	12.00	1.88	1.70	0.00	1.00	0.00	0.00	3.99	1.649	0.281	OK	19.47	19.19	20.00	19.72
		R203	7.00	0.00	0.00	0.00	5.00	5.00	1 1/2	15.00	2.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	3.29	1.754	0.259	OK	19.73	19.47	20.00	19.74
		11.00	8.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1 1/4	3.00	1.10	0.70	1.00	0.00	0.00	0.00	1.65	1.389	0.109	OK	19.84	19.73	20.00	19.89
		8.00	7.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1 1/4	3.00	1.10	0.60	0.00	1.00	0.00	0.00	2.51	1.389	0.165	OK	20.00	19.84	20.00	19.84

N1	R204	Tramo		Aparato sanitario				Equivalencia	Φ Tubo (plg)	Unidades de	Gasto (l/s)	Longitud (m)	Accesorios				Longitud total (m)	Velocidad (m/s)	Pérdida Hf (m)	Pérdidas son menores a Lt?	H piezométrica (m)		H estática (m)	H disponible (m)
		De	a	Lavamanos (1/2")	Inodoro (1 1/4")	Mingitorio	Grifo (1/2")			UG total			Codo	TEE	Valvula	Y					Anterior	Actual		
		2.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1 1/2	3.00	1.10	4.50	1.00	0.00	0.00	0.00	5.64	0.965	0.156	OK	19.53	19.38	20.00	19.84
		3.00	2.00	0.00	0.00	0.00	2.00	2.00	1 1/2	6.00	1.44	2.20	0.00	1.00	0.00	0.00	4.49	1.263	0.199	OK	19.73	19.53	20.00	19.80
		4.00	3.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1 1/2	3.00	1.10	1.60	1.00	0.00	0.00	0.00	2.74	0.965	0.076	OK	19.81	19.73	20.00	19.92
		R204	3.00	0.00	0.00	0.00	3.00	3.00	1 1/2	9.00	1.68	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	3.29	1.474	0.191	OK	20.00	19.81	20.00	19.81

N1	S1N1	Tramo		Aparato sanitario				Equivalencia	Φ Tubo (plg)	Unidades de	Gasto (l/s)	Longitud (m)	Accesorios				Longitud total (m)	Velocidad (m/s)	Pérdida de energía Hf (m)	Pérdidas son menores a Lt?	H piezométrica (m)		H estática (m)	H disponible (m)
		De	a	Lavamanos (1/2")	Inodoro (1 1/4")	Mingitorio	Grifo (1/2")			UG total			Codo	TEE	Valvula	Y					Anterior	Actual		
		2.00	1.00	0.00	2.00	0.00	0.00	21.80	1 1/2	20.00	2.29	1.40	0.00	1.00	0.00	0.00	3.69	2.009	0.368	OK	18.44	18.07	20.00	19.63
		3.00	2.00	0.00	4.00	0.00	0.00	43.60	2	40.00	2.99	1.20	0.00	0.00	0.00	1.00	4.25	1.475	0.172	OK	18.61	18.44	20.00	19.83
		4.00	3.00	0.00	5.00	1.00	0.00	54.50	2	50.00	3.25	0.80	0.00	0.00	0.00	1.00	3.85	1.603	0.181	OK	18.79	18.61	20.00	19.82
		5.00	4.00	0.00	6.00	2.00	0.00	65.40	2	60.00	3.49	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	4.05	1.722	0.215	OK	19.01	18.79	20.00	19.78
		6.00	5.00	2.00	6.00	2.00	0.00	67.40	2 1/2	63.00	3.49	0.80	0.00	0.00	1.00	1.00	14.14	1.102	0.260	OK	19.27	19.01	20.00	19.74
		7.00	6.00	4.00	6.00	2.00	0.00	69.40	2 1/2	66.00	3.60	0.80	0.00	0.00	0.00	1.00	4.61	1.137	0.090	OK	19.36	19.27	20.00	19.91
		8.00	7.00	6.00	6.00	2.00	0.00	71.40	2 1/2	69.00	3.60	0.80	0.00	0.00	0.00	1.00	4.61	1.137	0.090	OK	19.45	19.36	20.00	19.91
		9.00	8.00	8.00	6.00	2.00	0.00	73.40	2 1/2	72.00	3.70	2.25	0.00	0.00	0.00	1.00	6.06	1.168	0.124	OK	19.57	19.45	20.00	19.88
		10.00	9.00	8.00	6.00	2.00	1.00	74.40	2 1/2	75.00	3.80	0.30	0.00	1.00	1.00	0.00	13.64	1.200	0.291	OK	19.86	19.57	20.00	19.71
		SN1N2	10.00	8.00	6.00	2.00	1.00	74.40	2 1/2	75.00	3.80	4.60	1.00	0.00	0.00	0.00	6.51	1.200	0.139	OK	20.00	19.86	20.00	19.86

N1	R201	Tramo		Aparato sanitario				Equivalencia	Φ Tubo (plg)	Unidades de	Gasto (l/s)	Longitud (m)	Accesorios				Longitud total (m)	Velocidad (m/s)	Pérdida Hf (m)	Pérdidas son menores a Lt?	H piezométrica (m)		H estática (m)	H disponible (m)
		De	a	Lavamanos (1/2")	Inodoro (1 1/4")	Mingitorio	Grifo (1/2")			UG total			Codo	TEE	Valvula	Y					Anterior	Actual		
		2.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1 1/4	3.00	1.10	2.00	1.00	0.00	0.00	0.00	2.95	1.389	0.194	OK	19.86	19.67	20.00	19.81
		R201	2.00	0.00	0.00	0.00	2.00	2.00	1 1/2	6.00	1.44	0.80	0.00	1.00	0.00	0.00	3.09	1.263	0.137	OK	20.00	19.86	20.00	19.86

N1	R202	Tramo		Aparato sanitario				Equivalencia	Φ Tubo (plg)	Unidades de	Gasto (l/s)	Longitud (m)	Accesorios				Longitud total (m)	Velocidad (m/s)	Pérdida Hf (m)	Pérdidas son menores a Lt?	H piezométrica (m)		H estática (m)	H disponible (m)
		De	a	Lavamanos (1/2")	Inodoro (1 1/4")	Mingitorio	Grifo (1/2")			UG total			Codo	TEE	Valvula	Y					Anterior	Actual		
		2.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1 1/4	3.00	1.10	3.80	1.00	0.00	0.00	0.00	4.75	1.389	0.312	OK	19.80	19.49	20.00	19.69
		R202	2.00	0.00	0.00	0.00	2.00	2.00	1 1/2	6.00	1.44	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	4.43	1.263	0.196	OK	20.00	19.80	20.00	19.80

N1	R208	Tramo		Aparato sanitario				Equivalencia	Φ Tubo (plg)	Unidades de UG total	Gasto (l/s)	Longitud (m)	Accesorios				Longitud total (m)	Velocidad (m/s)	Pérdida Hf (m)	Pérdidas son menores a Lt?	H piezométrica (m)		H estática (m)	H disponible (m)
		De	a	Lavamanos (1/2")	Inodoro (1 1/4")	Mingitorio	Grifo (1/2")						Codo	TEE	Valvula	Y					Anterior	Actual		
		2.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	11.90	1 1/2	11.50	1.50	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	3.29	1.316	0.156	OK	17.13	16.98	20.00	19.84
		3.00	2.00	2.00	1.00	0.00	0.00	12.90	1 1/2	13.00	1.88	0.80	0.00	1.00	0.00	0.00	3.09	1.649	0.218	OK	17.35	17.13	20.00	19.78
		4.00	3.00	3.00	2.00	0.00	0.00	24.80	2	24.50	2.45	0.80	1.00	0.00	0.00	1.00	5.37	1.209	0.154	OK	17.50	17.35	20.00	19.85
		5.00	4.00	4.00	2.00	1.00	0.00	25.80	2	26.00	2.53	0.80	0.00	0.00	0.00	1.00	3.85	1.248	0.116	OK	17.62	17.50	20.00	19.88
		6.00	5.00	4.00	2.00	2.00	0.00	25.80	2	26.00	2.53	1.80	0.00	1.00	1.00	0.00	12.47	1.248	0.377	OK	18.00	17.62	20.00	19.62
		12.00	6.00	4.00	2.00	2.00	0.00	25.80	2	26.00	2.53	3.90	1.00	0.00	0.00	0.00	5.42	1.248	0.164	OK	18.16	18.00	20.00	19.84
		8.00	7.00	1.00	1.00	0.00	0.00	11.90	1 1/2	11.50	1.50	0.80	0.00	1.00	0.00	0.00	3.09	1.316	0.147	OK	18.31	18.16	20.00	19.85
		9.00	8.00	2.00	1.00	0.00	0.00	12.90	1 1/2	13.00	1.88	0.80	0.00	1.00	0.00	0.00	3.09	1.649	0.218	OK	18.53	18.31	20.00	19.78
		10.00	9.00	3.00	2.00	0.00	0.00	24.80	2	24.50	2.45	0.80	0.00	0.00	0.00	1.00	3.85	1.209	0.110	OK	18.64	18.53	20.00	19.89
		11.00	10.00	4.00	3.00	0.00	0.00	36.70	2	36.00	2.87	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	4.05	1.416	0.153	OK	18.79	18.64	20.00	19.85
		12.00	11.00	4.00	4.00	0.00	0.00	47.60	2	46.00	3.15	1.40	0.00	1.00	1.00	0.00	12.07	1.554	0.536	OK	19.33	18.79	20.00	19.46
		14.00	13.00	1.00	1.00	0.00	0.00	11.90	1 1/2	11.50	1.50	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	9.00	1.316	0.428	OK	19.75	19.33	20.00	19.57
		14.00	12.00	8.00	6.00	2.00	0.00	73.40	2 1/2	72.00	3.70	3.00	0.00	1.00	0.00	0.00	6.81	1.168	0.139	OK	19.89	19.75	20.00	19.86
		R208	14.00	9.00	7.00	2.00	0.00	85.30	2 1/2	83.50	3.90	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	4.81	1.231	0.108	OK	20.00	19.89	20.00	19.89

N1	R209	Tramo		Aparato sanitario				Equivalencia	Φ Tubo (plg)	Unidades de UG total	Gasto (l/s)	Longitud (m)	Accesorios				Longitud total (m)	Velocidad (m/s)	Pérdida Hf (m)	Pérdidas son menores a Lt?	H piezométrica (m)		H estática (m)	H disponible (m)
		De	a	Lavamanos (1/2")	Inodoro (1 1/4")	Mingitorio	Grifo (1/2")						Codo	TEE	Valvula	Y					Anterior	Actual		
		R209	1.00				1.00	1.00	1 1/2	3.00	1.10	1.40	0.00	0.00	0.00	0.00	1.40	0.965	0.039	OK	20.00	19.96	20.00	19.96

N1	R210	Tramo		Aparato sanitario				Equivalencia	Φ Tubo (plg)	Unidades de UG total	Gasto (l/s)	Longitud (m)	Accesorios				Longitud total (m)	Velocidad (m/s)	Pérdida Hf (m)	Pérdidas son menores a Lt?	H piezométrica (m)		H estática (m)	H disponible (m)
		De	a	Lavamanos (1/2")	Inodoro (1 1/4")	Mingitorio	Grifo (1/2")						Codo	TEE	Valvula	Y					Anterior	Actual		
		2.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1 1/4	3.00	1.10	2.00	1.00	0.00	0.00	0.00	2.95	1.389	0.194	OK	17.14	16.94	20.00	19.81
		3.00	2.00	0.00	0.00	0.00	3.00	3.00	1 1/2	9.00	1.68	0.80	0.00	0.00	0.00	1.00	3.09	1.474	0.179	OK	17.31	17.14	20.00	19.82
		4.00	3.00	0.00	0.00	0.00	4.00	4.00	1 1/2	12.00	1.88	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	3.29	1.649	0.232	OK	17.55	17.31	20.00	19.77
		5.00	4.00	0.00	0.00	0.00	5.00	5.00	1 1/2	15.00	2.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.754	0.079	OK	17.62	17.55	20.00	19.92
		6.00	5.00	0.00	0.00	0.00	7.00	7.00	1 1/2	21.00	2.29	2.00	0.00	1.00	0.00	1.00	6.57	2.009	0.655	OK	18.28	17.62	20.00	19.34
		7.00	6.00	0.00	0.00	0.00	8.00	8.00	2	24.00	2.45	2.00	0.00	1.00	0.00	0.00	5.05	1.209	0.144	OK	18.42	18.28	20.00	19.86
		8.00	7.00	0.00	0.00	0.00	8.00	8.00	2	24.00	2.45	6.40	1.00	0.00	0.00	0.00	7.92	1.209	0.227	OK	18.65	18.42	20.00	19.77
		9.00	8.00	0.00	0.00	0.00	8.00	8.00	2	24.00	2.45	3.40	1.00	0.00	0.00	0.00	4.92	1.209	0.141	OK	18.79	18.65	20.00	19.86
		10.00	9.00	0.00	0.00	0.00	9.00	9.00	2	27.00	2.53	0.90	0.00	1.00	0.00	0.00	3.95	1.248	0.120	OK	18.91	18.79	20.00	19.88
		11.00	10.00	0.00	0.00	0.00	10.00	10.00	2	30.00	2.67	0.90	0.00	1.00	0.00	0.00	3.95	1.317	0.131	OK	19.04	18.91	20.00	19.87
		12.00	11.00	0.00	0.00	0.00	11.00	11.00	2	33.00	2.74	0.90	0.00	1.00	0.00	0.00	3.95	1.352	0.137	OK	19.18	19.04	20.00	19.86
		13.00	12.00	0.00	0.00	0.00	12.00	12.00	2	36.00	2.87	0.90	0.00	1.00	0.00	0.00	3.95	1.416	0.149	OK	19.33	19.18	20.00	19.85
		14.00	13.00	0.00	0.00	0.00	13.00	13.00	2	39.00	2.93	0.90	0.00	1.00	0.00	0.00	3.95	1.446	0.155	OK	19.48	19.33	20.00	19.85
		15.00	14.00	0.00	0.00	0.00	14.00	14.00	2	42.00	3.04	0.90	0.00	1.00	0.00	0.00	3.95	1.500	0.165	OK	19.65	19.48	20.00	19.84
		16.00	15.00	0.00	0.00	0.00	15.00	15.00	2	45.00	3.10	0.90	0.00	1.00	0.00	0.00	3.95	1.529	0.171	OK	19.82	19.65	20.00	19.83
		R210	16.00	0.00	0.00	0.00	16.00	16.00	2	48.00	3.20	0.90	0.00	1.00	0.00	0.00	3.95	1.579	0.180	OK	20.00	19.82	20.00	19.82

N2	S1N1	Tramo		Aparato sanitario				Equivalencia	Φ Tubo (plg)	Unidades de UG total	Gasto (l/s)	Longitud (m)	Accesorios				Longitud total (m)	Velocidad (m/s)	Pérdida Hf (m)	Pérdidas son menores a Lt?	H piezométrica (m)		H estática (m)	H disponible (m)
		De	a	Lavamanos (1/2")	Inodoro (1 1/4")	Mingitorio	Grifo (1/2")						Codo	TEE	Valvula	Y					Anterior	Actual		
		2.00	1.00	0.00	2.00	0.00	0.00	21.80	1 1/2	20.00	2.29	1.60	0.00	1.00	0.00	0.00	3.89	2.009	0.388	OK	21.72	21.33	23.60	23.21
		3.00	2.00	0.00	4.00	0.00	0.00	43.60	2	40.00	2.99	1.20	0.00	0.00	0.00	1.00	4.25	1.475	0.172	OK	21.89	21.72	23.60	23.43
		4.00	3.00	0.00	5.00	1.00	0.00	54.50	2	50.00	3.25	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	4.05	1.603	0.190	OK	22.08	21.89	23.60	23.41
		5.00	4.00	0.00	6.00	2.00	0.00	65.40	2	60.00	3.49	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	4.05	1.722	0.215	OK	22.30	22.08	23.60	23.38
		6.00	5.00	2.00	6.00	2.00	0.00	67.40	2 1/2	63.00	3.49	0.80	0.00	0.00	0.00	1.00	4.61	1.102	0.085	OK	22.38	22.30	23.60	23.52
		7.00	6.00	4.00	6.00	2.00	0.00	69.40	2 1/2	66.00	3.60	0.80	0.00	0.00	0.00	1.00	4.61	1.137	0.090	OK	22.47	22.38	23.60	23.51
		8.00	7.00	6.00	6.00	2.00	0.00	71.40	2 1/2	69.00	3.60	0.80	0.00	0.00	0.00	1.00	4.61	1.137	0.090	OK	22.56	22.47	23.60	23.51
		9.00	8.00	8.00	6.00	2.00	0.00	73.40	2 1/2	72.00	3.70	2.60	0.00	0.00	1.00	1.00	15.94	1.168	0.325	OK	22.89	22.56	23.60	23.27
		11.00	10.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1 1/4	3.00	1.10	1.10	1.00	0.00	0.00	0.00	2.05	1.389	0.135	OK	23.02	22.89	23.60	23.47
		10.00	9.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1 1/4	3.00	1.10	0.60	1.00	0.00	1.00	0.00	6.32	1.389	0.415	OK	23.44	23.02	23.60	23.19
		SN1N2	9.00	8.00	6.00	2.00	1.00	74.40	2 1/2	75.00	3.80	3.80	0.00	1.00	0.00	0.00	7.61	1.200	0.163	OK	23.60	23.44	23.60	23.44

N3	R209	Tramo		Aparato sanitario				Equivalencia	ΦTubo (plg)	Unidades de UG total	Gasto (l/s)	Longitud (m)	Accesorios				Longitud total (m)	Velocidad (m/s)	Pérdida Hf (m)	Pérdidas son menores a Lt?	H piezométrica (m)		H estática (m)	H disponible (m)
		De	a	Lavamanos (1/2")	Inodoro (1 1/4")	Mingitorio	Grifo (1/2")						Codo	TEE	Valvula	Y					Anterior	Actual		
		R209	1.00				1.00	1.00	1 1/4	3.00	1.10	1.40	0.00	0.00	0.00	0.00	1.40	1.389	0.092	OK	27.20	27.11	27.20	27.11

N3	R210	Tramo		Aparato sanitario				Equivalencia	ΦTubo (plg)	Unidades de UG total	Gasto (l/s)	Longitud (m)	Accesorios				Longitud total (m)	Velocidad (m/s)	Pérdida Hf (m)	Pérdidas son menores a Lt?	H piezométrica (m)		H estática (m)	H disponible (m)
		De	a	Lavamanos (1/2")	Inodoro (1 1/4")	Mingitorio	Grifo (1/2")						Codo	TEE	Valvula	Y					Anterior	Actual		
		2.00	1.00				1.00	1.00	1 1/4	3.00	1.10	4.70	1.00	0.00	0.00	0.00	5.65	1.389	0.371	OK	27.20	26.83	27.20	26.83
		R210	2.00		0.00		1.00	1.00	1/2	3.00	1.10	7.00	1.00	0.00	0.00	0.00	7.38	8.684	0.000	OK	27.20	27.20	27.20	27.20

N3	R2	Tramo		Aparato sanitario				Equivalencia	ΦTubo (plg)	Unidades de UG total	Gasto (l/s)	Longitud (m)	Accesorios				Longitud total (m)	Velocidad (m/s)	Pérdida Hf (m)	Pérdidas son menores a Lt?	H piezométrica (m)		H estática (m)	H disponible (m)
		De	a	Lavamanos (1/2")	Inodoro (1 1/4")	Mingitorio	Grifo (1/2")						Codo	TEE	Valvula	Y					Anterior	Actual		
		2.00	1.00	0.00	2.00	0.00	0.00	21.80	1 1/2	20.00	2.29	1.50	0.00	1.00	0.00	0.00	3.79	2.009	0.378	OK	25.22	24.84	27.20	26.82
		3.00	2.00	0.00	4.00	0.00	0.00	43.60	2	40.00	2.99	1.20	0.00	0.00	0.00	1.00	4.25	1.475	0.172	OK	25.39	25.22	27.20	27.03
		4.00	3.00	0.00	5.00	1.00	0.00	54.50	2	50.00	3.25	0.80	0.00	0.00	0.00	1.00	3.85	1.603	0.181	OK	25.57	25.39	27.20	27.02
		5.00	4.00	0.00	6.00	2.00	0.00	65.40	2	60.00	3.49	2.20	0.00	0.00	0.00	1.00	5.25	1.722	0.279	OK	25.85	25.57	27.20	26.92
		6.00	5.00	2.00	6.00	2.00	0.00	67.40	2 1/2	63.00	3.49	0.80	0.00	0.00	0.00	1.00	4.61	1.102	0.085	OK	25.93	25.85	27.20	27.12
		7.00	6.00	4.00	6.00	2.00	0.00	69.40	2 1/2	66.00	3.60	0.80	0.00	0.00	0.00	1.00	4.61	1.137	0.090	OK	26.02	25.93	27.20	27.11
		8.00	7.00	6.00	6.00	2.00	0.00	71.40	2 1/2	69.00	3.60	0.80	0.00	0.00	0.00	1.00	4.61	1.137	0.090	OK	26.11	26.02	27.20	27.11
		9.00	8.00	8.00	6.00	2.00	0.00	73.40	2 1/2	72.00	3.70	2.60	0.00	0.00	1.00	1.00	15.94	1.168	0.325	OK	26.44	26.11	27.20	26.87
		10.00	9.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1 1/4	3.00	1.10	3.10	1.00	0.00	1.00	0.00	8.77	1.412	0.599	OK	27.04	26.44	27.20	26.60
		R2	9.00	8.00	6.00	2.00	1.00	74.40	2 1/2	75.00	3.80	3.80	0.00	1.00	0.00	0.00	7.61	1.200	0.163	OK	27.20	27.04	27.20	27.04

N3	R1	Tramo		Aparato sanitario				Equivalencia	ΦTubo (plg)	Unidades de UG total	Gasto (l/s)	Longitud (m)	Accesorios				Longitud total (m)	Velocidad (m/s)	Pérdida Hf (m)	Pérdidas son menores a Lt?	H piezométrica (m)		H estática (m)	H disponible (m)
		De	a	Lavamanos (1/2")	Inodoro (1 1/4")	Mingitorio	Grifo (1/2")						Codo	TEE	Valvula	Y					Anterior	Actual		
		2.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	11.90	1 1/2	11.50	1.50	0.80	0.00	1.00	0.00	0.00	3.09	1.316	0.147	OK	25.08	24.93	27.20	27.05
		3.00	2.00	2.00	1.00	0.00	0.00	12.90	1 1/2	13.00	1.88	0.80	0.00	1.00	0.00	0.00	3.09	1.649	0.218	OK	25.30	25.08	27.20	26.98
		4.00	3.00	3.00	2.00	0.00	0.00	24.80	2	24.50	2.45	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	5.57	1.209	0.159	OK	25.46	25.30	27.20	27.04
		5.00	4.00	4.00	2.00	1.00	0.00	25.80	2	26.00	2.53	0.80	0.00	0.00	0.00	1.00	3.85	1.248	0.116	OK	25.58	25.46	27.20	27.08
		6.00	5.00	4.00	2.00	2.00	0.00	25.80	2	26.00	2.53	1.80	0.00	1.00	1.00	0.00	12.47	1.248	0.377	OK	25.95	25.58	27.20	26.82
		12.00	6.00	4.00	2.00	2.00	0.00	25.80	2	26.00	2.53	4.00	1.00	0.00	0.00	0.00	5.52	1.248	0.167	OK	26.12	25.95	27.20	27.03
		8.00	7.00	1.00	1.00	0.00	0.00	11.90	2	11.50	1.50	0.80	0.00	1.00	0.00	0.00	3.85	0.740	0.047	OK	26.17	26.12	27.20	27.15
		9.00	8.00	2.00	1.00	0.00	0.00	12.90	2	13.00	1.88	0.80	0.00	1.00	0.00	0.00	3.85	0.928	0.069	OK	26.24	26.17	27.20	27.13
		10.00	9.00	3.00	2.00	0.00	0.00	24.80	2	24.50	2.45	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	4.05	1.209	0.116	OK	26.35	26.24	27.20	27.08
		11.00	10.00	4.00	3.00	0.00	0.00	36.70	2	36.00	2.87	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	4.05	1.416	0.153	OK	26.50	26.35	27.20	27.05
		12.00	11.00	4.00	4.00	0.00	0.00	47.60	2	46.00	3.15	1.40	0.00	1.00	1.00	0.00	12.07	1.554	0.536	OK	27.04	26.50	27.20	26.66
		R208	12.00	8.00	6.00	2.00	0.00	73.40	2 1/2	72.00	3.70	4.00	0.00	1.00	0.00	0.00	7.81	1.168	0.159	OK	27.20	27.04	27.20	27.04

N2	R208	Tramo		Aparato sanitario				Equivalencia	ΦTubo (plg)	Unidades de UG total	Gasto (l/s)	Longitud (m)	Accesorios				Longitud total (m)	Velocidad (m/s)	Pérdida Hf (m)	Pérdidas son menores a Lt?	H piezométrica (m)		H estática (m)	H disponible (m)
		De	a	Lavamanos (1/2")	Inodoro (1 1/4")	Mingitorio	Grifo (1/2")						Codo	TEE	Valvula	Y					Anterior	Actual		
		2.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	11.90	1 1/2	11.50	1.50	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	3.29	1.316	0.156	OK	21.25	21.09	23.60	23.44
		3.00	2.00	2.00	1.00	0.00	0.00	12.90	1 1/2	13.00	1.88	0.80	0.00	1.00	0.00	0.00	3.09	1.649	0.218	OK	21.46	21.25	23.60	23.38
		4.00	3.00	3.00	2.00	0.00	0.00	24.80	2	24.50	2.45	0.80	1.00	0.00	0.00	1.00	5.37	1.209	0.154	OK	21.62	21.46	23.60	23.45
		5.00	4.00	4.00	2.00	1.00	0.00	25.80	2	26.00	2.53	0.80	0.00	0.00	0.00	1.00	3.85	1.248	0.116	OK	21.74	21.62	23.60	23.48
		6.00	5.00	4.00	2.00	2.00	0.00	25.80	2	26.00	2.53	1.80	0.00	1.00	1.00	0.00	12.47	1.248	0.377	OK	22.11	21.74	23.60	23.22
		12.00	6.00	4.00	2.00	2.00	0.00	25.80	2	26.00	2.53	3.90	1.00	0.00	0.00	0.00	5.42	1.248	0.164	OK	22.28	22.11	23.60	23.44
		8.00	7.00	1.00	1.00	0.00	0.00	11.90	1 1/2	11.50	1.50	0.80	0.00	1.00	0.00	0.00	3.09	1.316	0.147	OK	22.42	22.28	23.60	23.45
		9.00	8.00	2.00	1.00	0.00	0.00	12.90	1 1/2	13.00	1.88	0.80	0.00	1.00	0.00	0.00	3.09	1.649	0.218	OK	22.64	22.42	23.60	23.38
		10.00	9.00	3.00	2.00	0.00	0.00	24.80	2	24.50	2.45	0.80	0.00	0.00	0.00	1.00	3.85	1.209	0.110	OK	22.75	22.64	23.60	23.49
		11.00	10.00	4.00	3.00	0.00	0.00	36.70	2	36.00	2.87	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	4.05	1.416	0.153	OK	22.90	22.75	23.60	23.45
		12.00	11.00	4.00	4.00	0.00	0.00	47.60	2	46.00	3.15	1.40	0.00	1.00	1.00	0.00	12.07	1.554	0.536	OK	23.44	22.90	23.60	23.06
		R208	12.00	8.00	6.00	2.00	0.00	73.40	2 1/2	72.00	3.70	4.00	0.00	1.00	0.00	0.00	7.81	1.168	0.159	OK	23.60	23.44	23.60	23.44

N2	R209	Tramo		Aparato sanitario				Equivalencia	ΦTubo (plg)	Unidades de UG total	Gasto (l/s)	Longitud (m)	Accesorios				Longitud total (m)	Velocidad (m/s)	Pérdida Hf (m)	Pérdidas son menores a Lt?	H piezométrica (m)		H estática (m)	H disponible (m)
		De	a	Lavamanos (1/2")	Inodoro (1 1/4")	Mingitorio	Grifo (1/2")						Codo	TEE	Valvula	Y					Anterior	Actual		
		R209	1.00				1.00	1.00	1/2	3.00	1.10	1.40	0.00	0.00	0.00	0.00	1.40	8.684	7.145	NOOK	23.60	16.46	23.60	16.46

N4	R2	Tramo		Aparato sanitario				Equivalencia	Φ Tubo (plg)	Unidades de UG total	Gasto (l/s)	Longitud (m)	Accesorios				Longitud total (m)	Velocidad (m/s)	Pérdida Hf (m)	Pérdidas son menores a Lt?	H piezométrica (m)		H estática (m)	H disponible (m)
		De	a	Lavamanos (1/2")	Inodoro (1 1/4")	Mingitorio	Grifo (1/2")						Codo	TEE	Valvula	Y					Anterior	Actual		
		2.00	1.00	0.00	2.00	0.00	0.00	21.80	1 1/2	20.00	2.29	1.50	0.00	1.00	0.00	0.00	3.79	2.009	0.378	OK	29.31	28.94	30.80	30.42
		3.00	2.00	0.00	4.00	0.00	0.00	43.60	2	40.00	2.99	1.20	0.00	0.00	0.00	1.00	4.25	1.475	0.172	OK	29.49	29.31	30.80	30.63
		4.00	3.00	0.00	5.00	1.00	0.00	54.50	2	50.00	3.25	0.80	0.00	0.00	0.00	1.00	3.85	1.603	0.181	OK	29.67	29.49	30.80	30.62
		5.00	4.00	0.00	6.00	2.00	0.00	65.40	2	60.00	3.49	2.20	0.00	0.00	0.00	1.00	5.25	1.722	0.279	OK	29.94	29.67	30.80	30.52
		6.00	5.00	2.00	6.00	2.00	0.00	67.40	2 1/2	63.00	3.49	0.80	0.00	1.00	0.00	1.00	8.42	1.102	0.155	OK	30.10	29.94	30.80	30.64
		7.00	6.00	4.00	6.00	2.00	0.00	69.40	2 1/2	66.00	3.60	0.80	0.00	0.00	0.00	1.00	4.61	1.137	0.090	OK	30.19	30.10	30.80	30.71
		8.00	7.00	6.00	6.00	2.00	0.00	71.40	2 1/2	69.00	3.60	0.80	0.00	0.00	0.00	1.00	4.61	1.137	0.090	OK	30.28	30.19	30.80	30.71
		9.00	8.00	8.00	6.00	2.00	0.00	73.40	2 1/2	72.00	3.70	2.60	0.00	1.00	0.00	1.00	10.22	1.168	0.209	OK	30.49	30.28	30.80	30.59
		10.00	9.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1 1/4	3.00	1.10	2.50	1.00	0.00	0.00	0.00	3.45	1.389	0.227	OK	30.71	30.49	30.80	30.57
		R2	9.00	8.00	6.00	2.00	1.00	74.40	2 1/2	75.00	3.80	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00	1.200	0.086	OK	30.80	30.71	30.80	30.71

N4	R1	Tramo		Aparato sanitario				Equivalencia	Φ Tubo (plg)	Unidades de UG total	Gasto (l/s)	Longitud (m)	Accesorios				Longitud total (m)	Velocidad (m/s)	Pérdida Hf (m)	Pérdidas son menores a Lt?	H piezométrica (m)		H estática (m)	H disponible (m)
		De	a	Lavamanos (1/2")	Inodoro (1 1/4")	Mingitorio	Grifo (1/2")						Codo	TEE	Valvula	Y					Anterior	Actual		
		2.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	11.90	1 1/2	11.50	1.50	0.80	0.00	1.00	0.00	0.00	3.09	1.316	0.147	OK	28.67	28.53	30.80	30.65
		3.00	2.00	2.00	1.00	0.00	0.00	12.90	1 1/2	13.00	1.88	0.80	0.00	1.00	0.00	0.00	3.09	1.649	0.218	OK	28.89	28.67	30.80	30.58
		4.00	3.00	3.00	2.00	0.00	0.00	24.80	2	24.50	2.45	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	5.57	1.209	0.159	OK	29.05	28.89	30.80	30.64
		5.00	4.00	4.00	2.00	1.00	0.00	25.80	2	26.00	2.53	0.80	0.00	0.00	0.00	1.00	3.85	1.248	0.116	OK	29.17	29.05	30.80	30.68
		6.00	5.00	4.00	2.00	2.00	0.00	25.80	2	26.00	2.53	1.80	0.00	1.00	1.00	0.00	12.47	1.248	0.377	OK	29.54	29.17	30.80	30.42
		12.00	6.00	4.00	2.00	2.00	0.00	25.80	2	26.00	2.53	4.00	1.00	0.00	0.00	0.00	5.52	1.248	0.167	OK	29.71	29.54	30.80	30.63
		8.00	7.00	1.00	1.00	0.00	0.00	11.90	2	11.50	1.50	0.80	0.00	1.00	0.00	0.00	3.85	0.740	0.047	OK	29.76	29.71	30.80	30.75
		9.00	8.00	2.00	1.00	0.00	0.00	12.90	2	13.00	1.88	0.80	0.00	1.00	0.00	0.00	3.85	0.928	0.069	OK	29.83	29.76	30.80	30.73
		10.00	9.00	3.00	2.00	0.00	0.00	24.80	2	24.50	2.45	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	4.05	1.209	0.116	OK	29.94	29.83	30.80	30.68
		11.00	10.00	4.00	3.00	0.00	0.00	36.70	2	36.00	2.87	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	4.05	1.416	0.153	OK	30.10	29.94	30.80	30.65
		12.00	11.00	4.00	4.00	0.00	0.00	47.60	2	46.00	3.15	1.60	0.00	1.00	1.00	0.00	12.27	1.554	0.545	OK	30.64	30.10	30.80	30.25
		R208	12.00	8.00	6.00	2.00	0.00	73.40	2 1/2	72.00	3.70	4.00	0.00	1.00	0.00	0.00	7.81	1.168	0.159	OK	30.80	30.64	30.80	30.64

N4	R209	Tramo		Aparato sanitario				Equivalencia	Φ Tubo (plg)	Unidades de UG total	Gasto (l/s)	Longitud (m)	Accesorios				Longitud total (m)	Velocidad (m/s)	Pérdida Hf (m)	Pérdidas son menores a Lt?	H piezométrica (m)		H estática (m)	H disponible (m)
		De	a	Lavamanos (1/2")	Inodoro (1 1/4")	Mingitorio	Grifo (1/2")						Codo	TEE	Valvula	Y					Anterior	Actual		
		R209	1.00				1.00	1.00	1 1/2	3.00	1.10	1.40	0.00	0.00	0.00	0.00	1.40	0.965	0.039	OK	30.80	30.76	30.80	30.76

N5	R2	Tramo		Aparato sanitario				Equivalencia	Φ Tubo (plg)	Unidades de UG total	Gasto (l/s)	Longitud (m)	Accesorios				Longitud total (m)	Velocidad (m/s)	Pérdida Hf (m)	Pérdidas son menores a Lt?	H piezométrica (m)		H estática (m)	H disponible (m)
		De	a	Lavamanos (1/2")	Inodoro (1 1/4")	Mingitorio	Grifo (1/2")						Codo	TEE	Valvula	Y					Anterior	Actual		
		2.00	1.00	0.00	2.00	0.00	0.00	21.80	1 1/2	20.00	2.29	1.50	0.00	1.00	0.00	0.00	3.79	2.009	0.378	OK	32.91	32.54	34.40	34.02
		3.00	2.00	0.00	4.00	0.00	0.00	43.60	2	40.00	2.99	1.20	0.00	0.00	0.00	1.00	4.25	1.475	0.172	OK	33.09	32.91	34.40	34.23
		4.00	3.00	0.00	5.00	1.00	0.00	54.50	2	50.00	3.25	0.80	0.00	0.00	0.00	1.00	3.85	1.603	0.181	OK	33.27	33.09	34.40	34.22
		5.00	4.00	0.00	6.00	2.00	0.00	65.40	2	60.00	3.49	2.20	0.00	0.00	0.00	1.00	5.25	1.722	0.279	OK	33.54	33.27	34.40	34.12
		6.00	5.00	2.00	6.00	2.00	0.00	67.40	2 1/2	63.00	3.49	0.80	0.00	1.00	0.00	1.00	8.42	1.102	0.155	OK	33.70	33.54	34.40	34.24
		7.00	6.00	4.00	6.00	2.00	0.00	69.40	2 1/2	66.00	3.60	0.80	0.00	0.00	0.00	1.00	4.61	1.137	0.090	OK	33.79	33.70	34.40	34.31
		8.00	7.00	6.00	6.00	2.00	0.00	71.40	2 1/2	69.00	3.60	0.80	0.00	0.00	0.00	1.00	4.61	1.137	0.090	OK	33.88	33.79	34.40	34.31
		9.00	8.00	8.00	6.00	2.00	0.00	73.40	2 1/2	72.00	3.70	2.60	0.00	1.00	0.00	1.00	10.22	1.168	0.209	OK	34.09	33.88	34.40	34.19
		10.00	9.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1 1/4	3.00	1.10	2.50	1.00	0.00	0.00	0.00	3.45	1.389	0.227	OK	34.31	34.09	34.40	34.17
		R2	9.00	8.00	6.00	2.00	1.00	74.40	2 1/2	75.00	3.80	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00	1.200	0.086	OK	34.40	34.31	34.40	34.31

N5	R1	Tramo		Aparato sanitario				Equivalencia	Φ Tubo (plg)	Unidades de UG total	Gasto (l/s)	Longitud (m)	Accesorios				Longitud total (m)	Velocidad (m/s)	Pérdida Hf (m)	Pérdidas son menores a Lt?	H piezométrica (m)		H estática (m)	H disponible (m)
		De	a	Lavamanos (1/2")	Inodoro (1 1/4")	Mingitorio	Grifo (1/2")						Codo	TEE	Valvula	Y					Anterior	Actual		
		2.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	11.90	1 1/2	11.50	1.50	0.80	0.00	1.00	0.00	0.00	3.09	1.316	0.147	OK	32.02	31.88	34.40	34.25
		3.00	2.00	2.00	1.00	0.00	0.00	12.90	1 1/2	13.00	1.88	0.80	0.00	1.00	0.00	0.00	3.09	1.649	0.218	OK	32.24	32.02	34.40	34.18
		4.00	3.00	3.00	2.00	0.00	0.00	24.80	2	24.50	2.45	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	5.57	1.209	0.159	OK	32.40	32.24	34.40	34.24
		5.00	4.00	4.00	2.00	1.00	0.00	25.80	2	26.00	2.53	0.80	0.00	0.00	0.00	1.00	3.85	1.248	0.116	OK	32.52	32.40	34.40	34.28
		6.00	5.00	4.00	2.00	2.00	0.00	25.80	2	26.00	2.53	1.80	0.00	1.00	1.00	0.00	12.47	1.248	0.377	OK	32.90	32.52	34.40	34.02
		12.00	6.00	4.00	2.00	2.00	0.00	25.80	2	26.00	2.53	4.00	1.00	0.00	0.00	0.00	5.52	1.248	0.167	OK	33.06	32.90	34.40	34.23
		8.00	7.00	1.00	1.00	0.00	0.00	11.90	1 1/2	11.50	1.50	0.80	0.00	1.00	0.00	0.00	3.09	1.316	0.147	OK	33.21	33.06	34.40	34.25
		9.00	8.00	2.00	1.00	0.00	0.00	12.90	1 1/2	13.00	1.88	0.80	0.00	1.00	0.00	0.00	3.09	1.649	0.218	OK	33.43	33.21	34.40	34.18
		10.00	9.00	3.00	2.00	0.00	0.00	24.80	2	24.50	2.45	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	4.05	1.209	0.116	OK	33.54	33.43	34.40	34.28
		11.00	10.00	4.00	3.00	0.00	0.00	36.70	2	36.00	2.87	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	4.05	1.416	0.153	OK	33.70	33.54	34.40	34.25
		12.00	11.00	4.00	4.00	0.00	0.00	47.60	2	46.00	3.15	1.60	0.00	1.00	1.00	0.00	12.27	1.554	0.545	OK	34.24	33.70	34.40	33.85
		R208	12.00	8.00	6.00	2.00	0.00	73.40	2 1/2	72.00	3.70	4.00	0.00	1.00	0.00	0.00	7.81	1.168	0.159	OK	34.40	34.24	34.40	34.24

N5	R209	Tramo		Aparato sanitario				Equivalencia	Φ Tubo (plg)	Unidades de UG total	Gasto (l/s)	Longitud (m)	Accesorios				Longitud total (m)	Velocidad (m/s)	Pérdida Hf (m)	Pérdidas son menores a Lt?	H piezométrica (m)		H estática (m)	H disponible (m)
		De	a	Lavamanos (1/2")	Inodoro (1 1/4")	Mingitorio	Grifo (1/2")						Codo	TEE	Valvula	Y					Anterior	Actual		
		R209	1.00				1.00	1.00	1 1/4	3.00	1.10	1.40	0.00	0.00	0.00	0.00	1.40	1.389	0.092	OK	34.40	34.31	34.40	34.31

N5	R210	Tramo		Aparato sanitario				Equivalencia	Φ Tubo (plg)	Unidades de UG total	Gasto (l/s)	Longitud (m)	Accesorios				Longitud total (m)	Velocidad (m/s)	Pérdida Hf (m)	Pérdidas son menores a Lt?	H piezométrica (m)		H estática (m)	H disponible (m)
		De	a	Lavamanos (1/2")	Inodoro (1 1/4")	Mingitorio	Grifo (1/2")						Codo	TEE	Valvula	Y					Anterior	Actual		
		R210	1.00				1.00	1.00	1 1/4	3.00	1.10	1.40	0.00	0.00	0.00	0.00	1.40	1.389	0.092	OK	34.40	34.31	34.40	34.31

N7	R1	Tramo		Aparato sanitario				Equivalencia	Φ Tubo (plg)	Unidades de UG total	Gasto (l/s)	Longitud (m)	Accesorios				Longitud total (m)	Velocidad (m/s)	Pérdida Hf (m)	Pérdidas son menores a Lt?	H piezométrica (m)		H estática (m)	H disponible (m)
		De	a	Lavamanos (1/2")	Inodoro (1 1/4")	Mingitorio	Grifo (1/2")						Codo	TEE	Valvula	Y					Anterior	Actual		
		2.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	11.90	1 1/2	11.50	1.50	0.80	0.00	1.00	0.00	0.00	3.09	1.316	0.147	OK	38.85	38.70	42.00	41.85
		3.00	2.00	2.00	1.00	0.00	0.00	12.90	1 1/2	13.00	1.88	0.80	0.00	1.00	0.00	0.00	3.09	1.649	0.218	OK	39.06	38.85	42.00	41.78
		4.00	3.00	3.00	2.00	0.00	0.00	24.80	1 3/4	24.50	2.45	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	5.00	1.579	0.270	OK	39.33	39.06	42.00	41.73
		5.00	4.00	4.00	2.00	1.00	0.00	25.80	1 3/4	26.00	2.53	0.80	0.00	0.00	0.00	1.00	3.47	1.630	0.198	OK	39.53	39.33	42.00	41.80
		6.00	5.00	4.00	2.00	2.00	0.00	25.80	1 3/4	26.00	2.53	1.80	0.00	1.00	1.00	0.00	11.13	1.630	0.636	OK	40.17	39.53	42.00	41.36
		12.00	6.00	4.00	2.00	2.00	0.00	25.80	1 3/4	26.00	2.53	4.00	1.00	0.00	0.00	0.00	5.33	1.630	0.304	OK	40.47	40.17	42.00	41.70
		8.00	7.00	1.00	1.00	0.00	0.00	11.90	1 1/2	11.50	1.50	0.80	0.00	1.00	0.00	0.00	3.09	1.316	0.147	OK	40.62	40.47	42.00	41.85
		9.00	8.00	2.00	1.00	0.00	0.00	12.90	1 1/2	13.00	1.88	0.80	0.00	1.00	0.00	0.00	3.09	1.649	0.218	OK	40.84	40.62	42.00	41.78
		10.00	9.00	3.00	2.00	0.00	0.00	24.80	1 3/4	24.50	2.45	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	3.67	1.579	0.198	OK	41.03	40.84	42.00	41.80
		11.00	10.00	4.00	3.00	0.00	0.00	36.70	1 3/4	36.00	2.87	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	3.67	1.849	0.261	OK	41.30	41.03	42.00	41.74
		12.00	11.00	4.00	4.00	0.00	0.00	47.60	2	46.00	3.15	1.60	0.00	1.00	1.00	0.00	12.27	1.554	0.545	OK	41.84	41.30	42.00	41.45
		R208	12.00	8.00	6.00	2.00	0.00	73.40	2 1/2	72.00	3.70	4.00	0.00	1.00	0.00	0.00	7.81	1.168	0.159	OK	42.00	41.84	42.00	41.84

N7	R203S	Tramo		Aparato sanitario				Equivalencia	Φ Tubo (plg)	Unidades de UG total	Gasto (l/s)	Longitud (m)	Accesorios				Longitud total (m)	Velocidad (m/s)	Pérdida Hf (m)	Pérdidas son menores a Lt?	H piezométrica (m)		H estática (m)	H disponible (m)
		De	a	Lavamanos (1/2")	Inodoro (1 1/4")	Mingitorio	Grifo (1/2")						Codo	TEE	Valvula	Y					Anterior	Actual		
		2.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1 1/4	3.00	1.10	1.40	0.00	0.00	0.00	0.00	1.40	1.389	0.092	OK	41.73	41.64	42.00	41.91
		R203S	2.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1 1/4	3.00	1.10	1.20	1.00	1.00	0.00	0.00	4.06	1.389	0.267	OK	42.00	41.73	42.00	41.73

N7	R205	Tramo		Aparato sanitario				Equivalencia	Φ Tubo (plg)	Unidades de UG total	Gasto (l/s)	Longitud (m)	Accesorios				Longitud total (m)	Velocidad (m/s)	Pérdida Hf (m)	Pérdidas son menores a Lt?	H piezométrica (m)		H estática (m)	H disponible (m)
		De	a	Lavamanos (1/2")	Inodoro (1 1/4")	Mingitorio	Grifo (1/2")						Codo	TEE	Valvula	Y					Anterior	Actual		
		2.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1 1/4	3.00	1.10	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.389	0.066	OK	41.68	41.62	42.00	41.93
		R205	2.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1 1/4	3.00	1.10	2.00	1.00	1.00	0.00	0.00	4.86	1.389	0.319	OK	42.00	41.68	42.00	41.68

N7	R206	Tramo		Aparato sanitario				Equivalencia	Φ Tubo (plg)	Unidades de UG total	Gasto (l/s)	Longitud (m)	Accesorios				Longitud total (m)	Velocidad (m/s)	Pérdida Hf (m)	Pérdidas son menores a Lt?	H piezométrica (m)		H estática (m)	H disponible (m)
		De	a	Lavamanos (1/2")	Inodoro (1 1/4")	Mingitorio	Grifo (1/2")						Codo	TEE	Valvula	Y					Anterior	Actual		
		2.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1 1/4	3.00	1.10	4.40	0.00	0.00	0.00	0.00	4.40	1.389	0.289	OK	41.42	41.13	42.00	41.71
		R206	2.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1 1/4	3.00	1.10	6.00	1.00	1.00	0.00	0.00	8.86	1.389	0.582	OK	42.00	41.42	42.00	41.42

N7	R207	Tramo		Aparato sanitario				Equivalencia	Φ Tubo (plg)	Unidades de UG total	Gasto (l/s)	Longitud (m)	Accesorios				Longitud total (m)	Velocidad (m/s)	Pérdida Hf (m)	Pérdidas son menores a Lt?	H piezométrica (m)		H estática (m)	H disponible (m)
		De	a	Lavamanos (1/2")	Inodoro (1 1/4")	Mingitorio	Grifo (1/2")						Codo	TEE	Valvula	Y					Anterior	Actual		
		2.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1 1/4	3.00	1.10	4.40	0.00	0.00	0.00	0.00	4.40	1.389	0.289	OK	41.42	41.13	42.00	41.71
		R207	2.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1 1/4	3.00	1.10	6.00	1.00	1.00	0.00	0.00	8.86	1.389	0.582	OK	42.00	41.42	42.00	41.42

N6	R2	Tramo		Aparato sanitario				Equivalencia	Φ Tubo (plg)	Unidades de UG total	Gasto (l/s)	Longitud (m)	Accesorios				Longitud total (m)	Velocidad (m/s)	Pérdida Hf (m)	Pérdidas son menores a Lt?	H piezométrica (m)		H estática (m)	H disponible (m)
		De	a	Lavamanos (1/2")	Inodoro (1 1/4")	Mingitorio	Grifo (1/2")						Codo	TEE	Valvula	Y					Anterior	Actual		
		2.00	1.00	0.00	2.00	0.00	1.00	22.80	2	23.00	2.37	8.00	0.00	1.00	0.00	0.00	11.05	1.169	0.298	OK	36.33	36.03	38.40	38.10
		3.00	2.00	0.00	2.00	0.00	1.00	22.80	2	23.00	2.37	1.50	0.00	1.00	0.00	0.00	4.55	1.169	0.123	OK	36.46	36.33	38.40	38.28
		4.00	3.00	0.00	4.00	0.00	1.00	44.60	2	43.00	3.04	1.20	0.00	0.00	0.00	1.00	4.25	1.500	0.177	OK	36.63	36.46	38.40	38.22
		5.00	4.00	0.00	5.00	1.00	1.00	55.50	2	53.00	3.25	0.80	0.00	0.00	0.00	1.00	3.85	1.603	0.181	OK	36.81	36.63	38.40	38.22
		6.00	5.00	0.00	6.00	2.00	1.00	66.40	2 1/2	63.00	3.49	2.20	0.00	0.00	0.00	1.00	6.01	1.102	0.111	OK	36.92	36.81	38.40	38.29
		7.00	6.00	2.00	6.00	2.00	1.00	68.40	2 1/2	66.00	3.60	0.80	0.00	1.00	0.00	1.00	8.42	1.137	0.164	OK	37.09	36.92	38.40	38.24
		8.00	7.00	4.00	6.00	2.00	1.00	70.40	2 1/2	69.00	3.60	0.80	0.00	0.00	0.00	1.00	4.61	1.137	0.090	OK	37.18	37.09	38.40	38.31
		9.00	8.00	6.00	6.00	2.00	1.00	72.40	2 1/2	72.00	3.70	0.80	0.00	0.00	0.00	1.00	4.61	1.168	0.094	OK	37.27	37.18	38.40	38.31
		10.00	9.00	8.00	6.00	2.00	1.00	74.40	2 1/2	75.00	3.80	2.60	0.00	1.00	1.00	1.00	19.75	1.200	0.422	OK	37.69	37.27	38.40	37.98
		11.00	10.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1 1/4	3.00	1.10	2.50	1.00	0.00	1.00	0.00	8.22	1.389	0.540	OK	38.23	37.69	38.40	37.86
		R2	10.00	8.00	6.00	2.00	2.00	75.40	2 1/2	78.00	3.80	4.00	0.00	1.00	0.00	0.00	7.81	1.200	0.167	OK	38.40	38.23	38.40	38.23

N6	R1	Tramo		Aparato sanitario				Equivalencia	Φ Tubo (plg)	Unidades de UG total	Gasto (l/s)	Longitud (m)	Accesorios				Longitud total (m)	Velocidad (m/s)	Pérdida Hf (m)	Pérdidas son menores a Lt?	H piezométrica (m)		H estática (m)	H disponible (m)
		De	a	Lavamanos (1/2")	Inodoro (1 1/4")	Mingitorio	Grifo (1/2")						Codo	TEE	Valvula	Y					Anterior	Actual		
		2.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	11.90	1 1/2	11.50	1.50	0.80	0.00	1.00	0.00	0.00	3.09	1.316	0.147	OK	36.02	35.88	38.40	38.25
		3.00	2.00	2.00	1.00	0.00	0.00	12.90	1 1/2	13.00	1.88	0.80	0.00	1.00	0.00	0.00	3.09	1.649	0.218	OK	36.24	36.02	38.40	38.18
		4.00	3.00	3.00	2.00	0.00	0.00	24.80	2	24.50	2.45	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	5.57	1.209	0.159	OK	36.40	36.24	38.40	38.24
		5.00	4.00	4.00	2.00	1.00	0.00	25.80	2	26.00	2.53	0.80	0.00	0.00	0.00	1.00	3.85	1.248	0.116	OK	36.52	36.40	38.40	38.28
		6.00	5.00	4.00	2.00	2.00	0.00	25.80	2	26.00	2.53	1.80	0.00	1.00	1.00	0.00	12.47	1.248	0.377	OK	36.90	36.52	38.40	38.02
		12.00	6.00	4.00	2.00	2.00	0.00	25.80	2	26.00	2.53	4.00	1.00	0.00	0.00	0.00	5.52	1.248	0.167	OK	37.06	36.90	38.40	38.23
		8.00	7.00	1.00	1.00	0.00	0.00	11.90	1 1/2	11.50	1.50	0.80	0.00	1.00	0.00	0.00	3.09	1.316	0.147	OK	37.21	37.06	38.40	38.25
		9.00	8.00	2.00	1.00	0.00	0.00	12.90	1 1/2	13.00	1.88	0.80	0.00	1.00	0.00	0.00	3.09	1.649	0.218	OK	37.43	37.21	38.40	38.18
		10.00	9.00	3.00	2.00	0.00	0.00	24.80	2	24.50	2.45	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	4.05	1.209	0.116	OK	37.54	37.43	38.40	38.28
		11.00	10.00	4.00	3.00	0.00	0.00	36.70	2	36.00	2.87	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	4.05	1.416	0.153	OK	37.70	37.54	38.40	38.25
		12.00	11.00	4.00	4.00	0.00	0.00	47.60	2	46.00	3.15	1.60	0.00	1.00	1.00	0.00	12.27	1.554	0.545	OK	38.24	37.70	38.40	37.85
		R208	12.00	8.00	6.00	2.00	0.00	73.40	2 1/2	72.00	3.70	4.00	0.00	1.00	0.00	0.00	7.81	1.168	0.159	OK	38.40	38.24	38.40	38.24

S1	R2	Tramo		Aparato sanitario				Equivalencia	Φ Tubo (plg)	Unidades de UG total	Gasto (l/s)	Longitud (m)	Accesorios				Longitud total (m)	Velocidad (m/s)	Pérdida Hf (m)	Pérdidas son menores a Lt?	H piezométrica (m)		H estática (m)	H disponible (m)
		De	a	Lavamanos (1/2")	Inodoro (1 1/4")	Mingitorio	Grifo (1/2")						Codo	TEE	Valvula	Y					Anterior	Actual		
		2.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1 1/4	3.00	1.10	21.00	0.00	1.00	0.00	0.00	22.91	1.389	1.505	OK	-22.46	-23.97	3.50	1.99
		3.00	2.00	0.00	0.00	0.00	2.00	2.00	1 1/2	6.00	1.44	21.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.00	1.263	0.930	OK	-21.53	-22.46	3.50	2.57
		4.00	3.00	0.00	0.00	0.00	3.00	3.00	1 1/2	9.00	1.68	9.60	0.00	0.00	0.00	0.00	9.60	1.474	0.557	OK	-20.98	-21.53	3.50	2.94
		5.00	4.00	0.00	0.00	0.00	3.00	3.00	1 1/2	9.00	1.68	26.00	1.00	0.00	0.00	0.00	27.14	1.474	1.574	OK	-19.40	-20.98	3.50	1.93
		6.00	5.00	0.00	0.00	0.00	3.00	3.00	1 1/2	9.00	1.68	6.40	1.00	0.00	0.00	0.00	7.54	1.474	0.437	OK	-18.97	-19.40	3.50	3.06
		28.00	6.00	0.00	0.00	0.00	3.00	3.00	1 1/2	9.00	1.68	6.00	1.00	0.00	0.00	0.00	7.14	1.474	0.414	OK	-18.55	-18.97	3.50	3.09
		7.00	28.00	0.00	0.00	0.00	3.00	3.00	1 1/2	9.00	1.68	8.80	0.00	0.00	0.00	1.00	11.09	1.474	0.643	OK	-17.91	-18.55	3.50	2.86
		R209	8.00	0.00	0.00	0.00	6.00	6.00	1 1/2	18.00	2.20	6.80	0.00	0.00	0.00	0.00	6.80	1.930	0.632	OK	-17.28	-17.91	3.50	2.87
		8.00	7.00	0.00	0.00	0.00	9.00	9.00	2	27.00	2.53	17.40	0.00	1.00	0.00	0.00	20.45	1.248	0.619	OK	-16.66	-17.28	3.50	2.88
		8.00	R2017	0.00	0.00	0.00	4.00	4.00	1 1/2	12.00	1.88	7.10	0.00	0.00	0.00	0.00	7.10	1.649	0.501	OK	-16.16	-16.66	3.50	3.00
		9.00	8.00	0.00	0.00	0.00	13.00	13.00	2	39.00	2.93	5.80	0.00	1.00	0.00	0.00	8.85	1.446	0.346	OK	-15.81	-16.16	3.50	3.15
		11.00	9.00	0.00	0.00	0.00	13.00	13.00	2	39.00	2.93	11.40	1.00	0.00	0.00	0.00	12.92	1.446	0.506	OK	-15.30	-15.81	3.50	2.99
		10.00	R210	0.00	0.00	0.00	18.00	18.00	2	54.00	3.25	1.40	0.00	0.00	0.00	0.00	1.40	1.603	0.066	OK	-15.24	-15.30	3.50	3.43
		11.00	10.00	0.00	0.00	0.00	18.00	18.00	2	54.00	3.25	18.00	1.00	0.00	0.00	0.00	19.52	1.603	0.916	OK	-14.32	-15.24	3.50	2.58
		12.00	11.00	0.00	0.00	0.00	31.00	31.00	2	93.00	4.08	1.40	0.00	1.00	0.00	0.00	4.45	2.013	0.311	OK	-14.01	-14.32	3.50	3.19
		12.00	R218	0.00	0.00	0.00	4.00	4.00	1 1/2	12.00	1.88	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	1.649	0.141	OK	-13.87	-14.01	3.50	3.36
		13.00	12.00	0.00	0.00	0.00	35.00	35.00	2	105.00	4.25	12.20	0.00	1.00	0.00	0.00	15.25	2.097	1.144	OK	-12.73	-13.87	3.50	2.36
		14.00	13.00	0.00	0.00	0.00	35.00	35.00	2	105.00	4.25	46.80	1.00	0.00	0.00	0.00	47.61	2.097	3.573	OK	-9.15	-12.73	3.50	-0.07
		38.00	14.00	0.00	0.00	0.00	35.00	35.00	2	105.00	4.25	2.40	1.00	0.00	0.00	0.00	3.21	2.097	0.241	OK	-8.91	-9.15	3.50	3.26
		36.00	R211	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1 1/4	3.00	1.10	5.40	0.00	0.00	0.00	0.00	5.40	1.389	0.355	OK	-8.56	-8.91	3.50	3.15
		36.00	R219	0.00	0.00	0.00	4.00	4.00	1 1/2	12.00	1.88	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.80	1.649	0.056	OK	-8.50	-8.56	3.50	3.44
		37.00	36.00	0.00	0.00	0.00	5.00	5.00	1 1/2	15.00	2.00	19.60	0.00	1.00	0.00	0.00	21.89	1.754	1.722	OK	-6.78	-8.50	3.50	1.78
		38.00	37.00	0.00	0.00	0.00	5.00	5.00	1 1/2	15.00	2.00	14.00	1.00	0.00	0.00	0.00	15.14	1.754	1.192	OK	-5.59	-6.78	3.50	2.31
		15.00	38.00	0.00	0.00	0.00	40.00	40.00	2	120.00	4.55	3.60	0.00	1.00	0.00	0.00	6.65	2.245	0.562	OK	-5.03	-5.59	3.50	2.94
		17.00	16.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1 1/4	3.00	1.10	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	1.389	0.394	OK	-4.63	-5.03	3.50	3.11
		28.00	17.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1 1/4	3.00	1.10	9.00	1.00	0.00	0.00	0.00	9.95	1.389	0.654	OK	-3.98	-4.63	3.50	2.85
		18.00	28.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1 1/4	3.00	1.10	4.00	0.00	0.00	0.00	1.00	5.91	1.389	0.388	OK	-3.59	-3.98	3.50	3.11
		18.00	R205	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1 1/4	3.00	1.10	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.389	0.066	OK	-3.52	-3.59	3.50	3.43
		19.00	18.00	0.00	0.00	0.00	2.00	2.00	1 1/2	6.00	1.44	14.00	0.00	1.00	0.00	0.00	16.29	1.263	0.721	OK	-2.80	-3.52	3.50	2.78
		19.00	R204	0.00	0.00	0.00	3.00	3.00	1 1/2	9.00	1.68	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.474	0.058	OK	-2.74	-2.80	3.50	3.44
		20.00	19.00	0.00	0.00	0.00	5.00	5.00	1 1/2	15.00	2.00	10.20	0.00	1.00	0.00	0.00	12.49	1.754	0.982	OK	-1.76	-2.74	3.50	2.52
		20.00	R203	0.00	0.00	0.00	4.00	4.00	1 1/2	12.00	1.88	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.649	0.071	OK	-1.69	-1.76	3.50	3.43
		22.00	20.00	0.00	0.00	0.00	9.00	9.00	2	27.00	2.53	8.60	0.00	1.00	0.00	0.00	11.65	1.248	0.353	OK	-1.34	-1.69	3.50	3.15
		21.00	R202	0.00	0.00	0.00	2.00	2.00	1 1/2	6.00	1.44	1.40	0.00	0.00	0.00	0.00	1.40	1.263	0.062	OK	-1.28	-1.34	3.50	3.44
		22.00	21.00	0.00	0.00	0.00	2.00	2.00	1 1/2	6.00	1.44	1.80	1.00	0.00	0.00	0.00	2.94	1.263	0.130	OK	-1.15	-1.28	3.50	3.37
		24.00	22.00	0.00	0.00	0.00	11.00	11.00	2	33.00	2.74	13.40	0.00	1.00	0.00	0.00	16.45	1.352	0.573	OK	-0.57	-1.15	3.50	2.93
		23.00	R201	0.00	0.00	0.00	2.00	2.00	1 1/2	6.00	1.44	1.40	0.00	0.00	0.00	0.00	1.40	1.263	0.062	OK	-0.51	-0.57	3.50	3.44
		24.00	23.00	0.00	0.00	0.00	2.00	2.00	1 1/2	6.00	1.44	1.80	1.00	0.00	0.00	0.00	2.94	1.263	0.130	OK	-0.38	-0.51	3.50	3.37
		15.00	24.00	0.00	0.00	0.00	13.00	13.00	2	39.00	2.93	6.50	0.00	1.00	0.00	0.00	9.55	1.446	0.374	OK	-0.01	-0.38	3.50	3.13
		35.00	15.00	0.00	0.00	0.00	53.00	53.00	2	159.00	4.96	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	4.05	2.447	0.398	OK	0.39	-0.01	3.50	3.10
		25.00	R208	17.00	13.00	4.00	0.00	158.70	3	155.50	4.96	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	1.088	0.029	OK	0.42	0.39	3.50	3.47
		26.00	25.00	17.00	13.00	4.00	0.00	158.70	3	155.50	4.96	1.50	1.00	0.00	0.00	0.00	3.79	1.088	0.054	OK	0.47	0.42	3.50	3.45
		26.00	R1	40.00	30.00	10.00	0.00	367.00	4	360.00	7.51	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.926	0.015	OK	0.49	0.47	3.50	3.48
		27.00	26.00	57.00	43.00	14.00	0.00	525.70	4	515.50	8.94	4.40	0.00	1.00	0.00	0.00	10.50	1.103	0.108	OK	0.60	0.49	3.50	3.39
		30.00	27.00	57.00	43.00	14.00	0.00	525.70	4	515.50	8.94	7.20	1.00	0.00	0.00	0.00	10.25	1.103	0.105	OK	0.70	0.60	3.50	3.39
		R207	29.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1 1/4	3.00	1.10	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.389	0.066	OK	0.77	0.70	3.50	3.43
		30.00	29.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1 1/4	3.00	1.10	13.20	1.00	0.00	0.00	0.00	14.15	1.389	0.930	OK	1.70	0.77	3.50	2.57
		32.00	30.00	57.00	43.00	14.00	1.00	526.70	4	518.50	8.94	2.00	0.00	1.00	0.00	0.00	8.10	1.103	0.083	OK	1.78	1.70	3.50	3.42
		31.00	R216	0.00	0.00	0.00	3.00	3.00	1 1/2	9.00	1.68	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.474	0.058	OK	1.84	1.78	3.50	3.44
		32.00	31.00	0.00	0.00	0.00	3.00	3.00	1 1/2	9.00	1.68	6.00	1.00	0.00	0.00	0.00	7.14	1.474	0.414	OK	2.25	1.84	3.50	3.09
		34.00	32.00	57.00	43.00	14.00	4.00	529.70	6	527.50	9.12	21.80	0.00	1.00	0.00	0.00	30.94	0.500	0.048	OK	2.30	2.25	3.50	3.45
		33.00	R206	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1 1/4	3.00	1.10	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	1.389	0.099	OK	2.40	2.30	3.50	3.40
		34.00	33.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1 1/4	3.00	1.10	13.20	1.00	0.00	0.00	0.00	14.15	1.389	0.930	OK	3.33	2.40	3.50	2.57
		35.00	34.00	57.00	43.00	14.00	5.00	530.70	6	530.50	9.12	26.80	0.00	1.00	0.00	0.00	35.94	0.500	0.056	OK	3.38	3.33	3.50	3.44
		39.00	35.00	57.00	43.00	14.00	58.00	583.70	6	689.50	10.51	6.60	0.00	1.00	0.00	0.00	15.74	0.576	0.031	OK	3.42	3.38	3.50	3.47
		SN1N2	40.00	16.00	12.00	4.00	1.00	147.80	3	147.00	4.83	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	1.059	0.027	OK	3.44	3.42	3.50	3.47
		39.00	40.00	16.00	12.00	4.00	1.00	147.80	3	147.00	4.83	1.50	1.00	0.00	0.00	0.00	3.79	1.059	0.052	OK	3.49	3.44	3.50	3.45
		39.00	R2	105.00	79.00	26.00	64.00	1,030.10	6	1139.50	12.89	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.707	0.006	OK	3.50	3.49	3.50	3.49

S4	R2	Tramo		Aparato sanitario				Equivalencia	Φ Tubo (plg)	Unidades de UG total	Gasto (l/s)	Longitud (m)	Accesorios				Longitud total (m)	Velocidad (m/s)	Pérdida Hf (m)	Pérdidas son menores a Lt?	H piezométrica (m)		H estática (m)	H disponible (m)
		De	a	Lavamanos (1/2")	Inodoro (1 1/4")	Mingitorio	Grifo (1/2")						Codo	TEE	Valvula	Y					Anterior	Actual		
		1.00	R2	89.00	67.00	22.00	63.00	882.30	6	992.50	12.75	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.699	0.006	OK	-0.11	-0.11	0.00	-0.01
		2.00	1.00	89.00	67.00	22.00	63.00	882.30	6	992.50	12.75	20.40	1.00	0.00	0.00	0.00	24.97	0.699	0.069	OK	-0.04	-0.11	0.00	-0.07
		3.00	2.00	89.00	67.00	22.00	63.00	882.30	6	992.50	12.75	9.00	1.00	0.00	0.00	0.00	13.57	0.699	0.038	OK	0.00	-0.04	0.00	-0.04

Nivel	Columna	Gasto (l/s)	Gasto acumulado (l/s)	Φ Tubo (plg)	Φ Tubo aprox (plg)	Φ Tubo aprox (m)	Codo	Tee	Reducción	Le (m)	L (m)	L total (m)	S	H nivel (m)	PH min (m)	hf (m)	P (m)
N1	R203	2.00	2.00	1.26	1.25	0.03	2.00	2.00	1.00	7.62	8.70	16.32	0.20	5.40	3.30	3.2411	6.54
S1	R203	0.00	2.00	1.26	1.25	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	5.40	5.40	0.20	4.10	3.30	1.0724	11.71

Nivel	Columna	Gasto (l/s)	Gasto acumulado (l/s)	Φ Tubo (plg)	Φ Tubo aprox (plg)	Φ Tubo aprox (m)	Codo	Tee	Reducción	Le (m)	L (m)	L total (m)	S	H nivel (m)	PH min (m)	hf (m)	P (m)
N7	R203S	1.10	1.10	0.93	1.00	0.03	1.00	0.00	1.00	2.29	2.60	4.89	0.19	3.60	3.30	0.9509	4.25
N6	R203S	0.00	1.10	0.93	1.00	0.03	0.00	0.00	1.00	1.52	3.60	5.12	0.19	4.00		0.9972	9.25
N5	R203S	0.00	1.10	0.93	1.00	0.03	0.00	0.00	1.00	1.52	4.00	5.52	0.19	3.60		1.0750	13.92
N4	R203S	0.00	1.10	0.93	1.00	0.03	0.00	0.00	1.00	1.52	3.60	5.12	0.19	3.60		0.9972	18.52
N3	R203S	0.00	1.10	0.93	1.00	0.03	0.00	0.00	1.00	1.52	3.60	5.12	0.19	3.60		0.9972	23.12
N2	R203S	0.00	1.10	0.93	1.00	0.03	0.00	0.00	1.00	1.52	3.60	5.12		3.60		0.0000	26.72
N1	R203S	0.00	1.10	0.93	1.00	0.03	0.00	0.00	1.00	1.52	3.60	5.12	0.19	5.40		0.9972	33.11

Nivel	Columna	Gasto (l/s)	Gasto acumulado (l/s)	Φ Tubo (plg)	Φ Tubo aprox (plg)	Φ Tubo aprox (m)	Codo	Tee	Reducción	Le (m)	L (m)	L total (m)	S	H nivel (m)	PH min (m)	hf (m)	P (m)
N1	R204	1.68	1.68	1.15	1.25	0.03	1.00	2.00	1.00	6.67	6.70	13.37	0.14	5.40	3.30	1.9228	5.22
S1	R204	0.00	1.68	1.15	1.25	0.03	0.00	0.00	1.00	1.91	5.40	7.31	0.14	4.10		1.0508	10.37

Nivel	Columna	Gasto (l/s)	Gasto acumulado (l/s)	Φ Tubo (plg)	Φ Tubo aprox (plg)	Φ Tubo aprox (m)	Codo	Tee	Reducción	Le (m)	L (m)	L total (m)	S	H nivel (m)	PH min (m)	hf (m)	P (m)
N7	R1	3.70	3.70	1.71	1.50	0.08	1.00	6.00	1.00	34.29	13.20	47.49	0.01	3.60	3.30	0.42	4.02
N6	R1	3.70	7.40	2.42	2.50	0.08	0.00	0.00	1.00	4.57	3.60	8.17	0.03	4.00	3.30	0.26	8.27
N5	R1	3.70	11.10	2.96	3.00	0.08	0.00	0.00	1.00	4.57	4.00	8.57	0.07	3.60	3.30	0.57	12.45
N4	R1	3.70	14.80	3.42	4.00	0.10	0.00	0.00	1.00	6.10	3.60	9.70	0.03	3.60	3.30	0.27	16.32
N3	R1	3.70	18.50	3.82	4.00	0.10	0.00	0.00	1.00	6.10	3.60	9.70	0.04	3.60	3.30	0.41	20.33
N2	R1	0.00	18.50	3.82	4.00	0.10	0.00	0.00	1.00	6.10	3.60	9.70	0.04	3.60	3.30	0.41	24.34
N1	R1	0.00	18.50	3.82	4.00	0.10	0.00	0.00	1.00	6.10	3.60	9.70	0.04	5.40	3.30	0.41	30.15
S1	R1	0.00	18.50	3.82	4.00	0.10	0.00	0.00	1.00	6.10	5.40	11.50	0.04	4.10	3.30	0.49	34.74

Nivel	Columna	Gasto (l/s)	Gasto acumulado (l/s)	Φ Tubo (plg)	Φ Tubo aprox (plg)	Φ Tubo aprox (m)	Codo	Tee	Reducción	Le (m)	L (m)	L total (m)	S	H nivel (m)	PH min (m)	hf (m)	P (m)
N6	R2	3.80	3.80	1.73	1.50	0.08	1.00	9.00	1.00	48.01	16.70	64.71	0.01	4.00	3.30	0.5952	3.90
N5	R2	3.80	7.60	2.45	2.50	0.08	0.00	0.00	1.00	4.57	4.00	8.57	0.03	3.60	3.30	0.2843	7.78
N4	R2	3.80	11.40	3.00	3.00	0.08	0.00	0.00	1.00	4.57	3.60	8.17	0.07	3.60	3.30	0.5738	11.95
N3	R2	3.80	15.20	3.46	4.00	0.10	0.00	0.00	1.00	6.10	3.60	9.70	0.03	3.60	3.30	0.2859	15.84
N2	R2	0.00	15.20	3.46	4.00	0.10	0.00	0.00	1.00	6.10	3.60	9.70	0.03	3.60	3.30	0.2859	19.73
N1	R2	0.00	15.20	3.46	4.00	0.10	0.00	0.00	1.00	6.10	3.60	9.70	0.03	5.40	3.30	0.2859	25.41
S1	R2	12.89	28.09	4.71	4.00	0.10	0.00	0.00	1.00	6.10	5.40	11.50	0.09	4.10	3.30	1.0559	30.57
S2	R2	0.00	28.09	4.71	4.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	4.10	4.10	0.09	3.50	3.30	0.3766	34.44
S3	R2	0.00	28.09	4.71	4.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	3.50	3.50	0.09	3.50	3.30	0.3215	38.27
S4	R2	12.75	40.84	5.68	6.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	3.50	3.50	0.03	3.50	3.30	0.0893	41.85

Nivel	Columna	Gasto (l/s)	Gasto acumulado (l/s)	Φ Tubo (plg)	Φ Tubo aprox (plg)	Φ Tubo aprox (m)	Codo	Tee	Reducción	Le (m)	L (m)	L total (m)	S	H nivel (m)	PH min (m)	hf (m)	P (m)
N1	R201	1.44	1.44	1.07	1.25	0.03	1.00	0.00	1.00	2.86	2.00	4.86	0.11	5.40	3.30	0.5254	3.83
S1	R201	0.00	1.44	1.07	1.25	0.03	0.00	0.00	1.00	1.91	5.40	7.31	0.11	4.10	3.30	0.7901	8.72

Nivel	Columna	Gasto (l/s)	Gasto acumulado (l/s)	Φ Tubo (plg)	Φ Tubo aprox (plg)	Φ Tubo aprox (m)	Codo	Tee	Reducción	Le (m)	L (m)	L total (m)	S	H nivel (m)	PH min (m)	hf (m)	P (m)
N1	R202	1.44	1.44	1.07	1.25	0.03	1.00	1.00	1.00	4.76	4.80	9.56	0.11	5.40	3.30	1.0342	4.33
S1	R202	0.00	1.44	1.07	1.25	0.03	0.00	0.00	1.00	1.91	5.40	7.31	0.11	4.10	3.30	0.7901	9.22

Nivel	Columna	Gasto (l/s)	Gasto acumulado (l/s)	Φ Tubo (plg)	Φ Tubo aprox (plg)	Φ Tubo aprox (m)	Codo	Tee	Reducción	Le (m)	L (m)	L total (m)	S	H nivel (m)	PH min (m)	hf (m)	P (m)
N7	R205	1.10	1.10	0.93	1.00	0.03	1.00	0.00	1.00	2.29	3.00	5.29	0.19	3.60	3.30	1.0287	4.33
N6	R205	0.00	1.10	0.93	1.00	0.03	0.00	0.00	1.00	1.52	3.60	5.12	0.19	4.00		0.9972	9.33
N5	R205	0.00	1.10	0.93	1.00	0.03	0.00	0.00	1.00	1.52	4.00	5.52	0.19	3.60		1.0750	14.00
N4	R205	0.00	1.10	0.93	1.00	0.03	0.00	0.00	1.00	1.52	3.60	5.12	0.19	3.60		0.9972	18.60
N3	R205	0.00	1.10	0.93	1.00	0.03	0.00	0.00	1.00	1.52	3.60	5.12	0.19	3.60		0.9972	23.20
N2	R205	0.00	1.10	0.93	1.00	0.03	0.00	0.00	1.00	1.52	3.60	5.12		3.60		0.0000	26.80
N1	R205	0.00	1.10	0.93	1.00	0.03	0.00	0.00	1.00	1.52	3.60	5.12	0.19	5.40		0.9972	33.19
S1	R205	0.00	1.10	0.93	1.00	0.03	0.00	0.00	1.00	1.52	5.40	6.92	0.19	4.10		1.3475	38.64

Nivel	Columna	Gasto (l/s)	Gasto acumulado (l/s)	Φ Tubo (plg)	Φ Tubo aprox (plg)	Φ Tubo aprox (m)	Codo	Tee	Reducción	Le (m)	L (m)	L total (m)	S	H nivel (m)	PH min (m)	hf (m)	P (m)
N7	R206	1.10	1.10	0.93	1.00	0.03	1.00	0.00	1.00	2.29	10.40	12.69	0.19	3.60	3.30	2.4688	5.77
N6	R206	0.00	1.10	0.93	1.00	0.03	0.00	0.00	1.00	1.52	3.60	5.12	0.19	4.00		0.9972	10.77
N5	R206	0.00	1.10	0.93	1.00	0.03	0.00	0.00	1.00	1.52	4.00	5.52	0.19	3.60		1.0750	15.44
N4	R206	0.00	1.10	0.93	1.00	0.03	0.00	0.00	1.00	1.52	3.60	5.12	0.19	3.60		0.9972	20.04
N3	R206	0.00	1.10	0.93	1.00	0.03	0.00	0.00	1.00	1.52	3.60	5.12	0.19	3.60		0.9972	24.64
N2	R206	0.00	1.10	0.93	1.00	0.03	0.00	0.00	1.00	1.52	3.60	5.12		3.60		0.0000	28.24
N1	R206	0.00	1.10	0.93	1.00	0.03	0.00	0.00	1.00	1.52	3.60	5.12	0.19	5.40		0.9972	34.63
S1	R206	0.00	1.10	0.93	1.00	0.03	0.00	0.00	1.00	1.52	5.40	6.92	0.19	4.10		1.3475	40.08

Nivel	Columna	Gasto (l/s)	Gasto acumulado (l/s)	Φ Tubo (plg)	Φ Tubo aprox (plg)	Φ Tubo aprox (m)	Codo	Tee	Reducción	Le (m)	L (m)	L total (m)	S	H nivel (m)	PH min (m)	hf (m)	P (m)
N7	R207	1.10	1.10	0.93	1.00	0.03	1.00	0.00	1.00	2.29	10.40	12.69	0.19	3.60	3.30	2.4688	5.77
N6	R207	0.00	1.10	0.93	1.00	0.03	0.00	0.00	1.00	1.52	3.60	5.12	0.19	4.00		0.9972	10.77
N5	R207	0.00	1.10	0.93	1.00	0.03	0.00	0.00	1.00	1.52	4.00	5.52	0.19	3.60		1.0750	15.44
N4	R207	0.00	1.10	0.93	1.00	0.03	0.00	0.00	1.00	1.52	3.60	5.12	0.19	3.60		0.9972	20.04
N3	R207	0.00	1.10	0.93	1.00	0.03	0.00	0.00	1.00	1.52	3.60	5.12	0.19	3.60		0.9972	24.64
N2	R207	0.00	1.10	0.93	1.00	0.03	0.00	0.00	1.00	1.52	3.60	5.12	0.19	3.60		0.9972	29.23
N1	R207	0.00	1.10	0.93	1.00	0.03	0.00	0.00	1.00	1.52	3.60	5.12	0.19	5.40		0.9972	35.63
S1	R207	0.00	1.10	0.93	1.00	0.03	0.00	0.00	1.00	1.52	5.40	6.92	0.19	4.10		1.3475	41.08

Nivel	Columna	Gasto (l/s)	Gasto acumulado (l/s)	Φ Tubo (plg)	Φ Tubo aprox (plg)	Φ Tubo aprox (m)	Codo	Tee	Reducción	Le (m)	L (m)	L total (m)	S	H nivel (m)	PH min (m)	hf (m)	P (m)
N2	R208	3.70	3.70	1.71	1.50	0.06	1.00	7.00	1.00	32.39	13.20	45.59	0.02	3.60	3.30	0.9692	4.27
N1	R208	3.90	7.60	2.45	2.50	0.06	0.00	0.00	1.00	3.81	5.40	9.21	0.08	5.40		0.7416	10.41
S1	R208	0.00	7.60	2.45	2.50	0.06	0.00	0.00	1.00	3.81	4.10	7.91	0.08	4.10		0.6369	15.15

Nivel	Columna	Gasto (l/s)	Gasto acumulado (l/s)	Φ Tubo (plg)	Φ Tubo aprox (plg)	Φ Tubo aprox (m)	Codo	Tee	Reducción	Le (m)	L (m)	L total (m)	S	H nivel (m)	PH min (m)	hf (m)	P (m)
N5	R209	1.10	1.10	0.93	1.00	0.05	0.00	0.00	1.00	3.05	1.00	4.05	0.01	3.60	3.30	0.0270	3.33
N4	R209	1.10	2.20	1.32	1.25	0.05	0.00	0.00	1.00	3.05	3.60	6.65	0.02	3.60	3.30	0.1600	7.09
N3	R209	1.10	3.30	1.61	1.50	0.05	0.00	0.00	1.00	3.05	3.60	6.65	0.05	3.60	3.30	0.3387	11.03
N2	R209	1.10	4.40	1.86	2.00	0.05	0.00	0.00	1.00	3.05	3.60	6.65	0.09	3.60	3.30	0.5768	15.20
N1	R209	1.10	5.50	2.08	2.00	0.05	0.00	0.00	1.00	3.05	3.60	6.65	0.13	5.40	3.30	0.8715	21.47
S1	R209	0.00	5.50	2.08	2.00	0.05	0.00	0.00	1.00	3.05	5.40	8.45	0.13	4.10		1.1075	26.68

Nivel	Columna	Gasto (l/s)	Gasto acumulado (l/s)	Φ Tubo (plg)	Φ Tubo aprox (plg)	Φ Tubo aprox (m)	Codo	Tee	Reducción	Le (m)	L (m)	L total (m)	S	H nivel (m)	PH min (m)	hf (m)	P (m)
N5	R210	1.10	1.10	0.93	1.00	0.05	0.00	0.00	1.00	3.05	1.00	4.05	0.01	3.60	3.30	0.0270	3.33
N4	R210	0.00	1.10	0.93	1.00	0.05	0.00	0.00	1.00	3.05	3.60	6.65	0.01	3.60	3.30	0.0444	6.97
N3	R210	1.10	2.20	1.32	1.25	0.05	0.00	0.00	1.00	3.05	3.60	6.65	0.02	3.60	3.30	0.1600	10.73
N2	R210	0.00	2.20	1.32	1.25	0.05	0.00	0.00	1.00	3.05	3.60	6.65	0.02	3.60	3.30	0.1600	14.49
N1	R210	3.20	5.40	2.06	2.00	0.05	0.00	0.00	1.00	3.05	3.60	6.65	0.13	5.40	3.30	0.8424	20.73
S1	R210	0.00	5.40	2.06	2.00	0.05	0.00	0.00	1.00	3.05	5.40	8.45	0.13	4.10	3.30	1.0706	25.90

Nivel	Columna	Gasto (l/s)	Gasto acumulado (l/s)	Φ Tubo (plg)	Φ Tubo aprox (plg)	Φ Tubo aprox (m)	Codo	Tee	Reducción	Le (m)	L (m)	L total (m)	S	H nivel (m)	PH min (m)	hf (m)	P (m)
N2	S1N1	3.80	3.80	1.73	1.50	0.06	1.00	9.00	1.00	40.01	13.65	53.66	0.02	3.60	3.30	1.1984	4.50
N1	S1N1	3.80	7.60	2.45	2.50	0.06	0.00	0.00	1.00	3.81	3.60	7.41	0.08	5.40	3.30	0.5967	10.50
S1	S1N1	0.00	7.60	2.45	2.50	0.06	0.00	0.00	1.00	3.81	5.40	9.21	0.08	4.10		0.7416	15.34

g. Diseño de sistema de bombeo. El sistema que se escogerá será de tipo ascendente y bombeo constante con 1 bomba piloto y 2 bombas pilotos.

Dotación por habitante	122,500.00	l/hab/día
Riego	3,000.00	l/m2/día
Total	125,500.00	L/hab/día

Factor demanda (K)			Dotación
	K=	10.00	≤50,000 L/hab/día
	K=	9.00	50,000 a 100,00 L/hab/día
	K=	8.00	≥101,000 L/hab/día

Qmax= (Dotación * K)/86400	11.62	L/s

Por ser edificio de escuela y oficinas se deberían tomar 2 bombas piloto y 2 bombas de servicio. Pero por la altura que debe romper la bomba no se consideró necesario el diseño de la segunda bomba piloto.

Tipo de edificio	Escuelas/ oficinas		
1 Bombas piloto			
2 Bombas de servicio			
Qbp = 0.10 x Qmax	1.74	L/s	≤1.75
Qbs = 0.50 x Qmax	5.81	L/s	≥1.75
Qbp	1.75	L/s	
Qbs	5.81	L/s	

Las dimensiones de la tubería de succión y descarga, sensor y la válvula de alivio se determinan en base al caudal de las bombas y los parámetros:

Qbp=1.75

Diámetro de tubería de succión	Diámetro de la tubería descarga bomba	Diámetro del sensor
2"	1 1/2"	4"

Qbs=5.81

Diámetro de tubería de succión	Diámetro de la tubería descarga bomba	Diámetro del sensor
3"	2 1/2"	4"

Qbp

Diámetro de la tubería de recirculación	Diámetro de válvula de alivio
1 1/2"	1"

Qbs

Diámetro de la tubería de recirculación	Diámetro de válvula de alivio
2 1/2"	1 1/2"

Debido a que las dos condiciones son diferentes se utiliza la opción desfavorable:

Qbs

Diámetro de la tubería de recirculación	Diámetro de válvula de alivio
2 1/2"	1 1/2"

Al obtener los diámetros de estas tuberías también es importante considerar sus pérdidas para establecer la potencia de la bomba:

PILOTO

Tipo de tubería	Tubería y accesorios	Cantidad	Le (m)	ΣLe (m)	Q (l/s)	Diámetro (m)	Velocidad (m/s)	Re	Coeficiente de fricción *f*	Pérdida Hf (m)	J (m/m)	Σle x J (m)
Succión 2.00	Tubería	1.00	3.00	10.25	1.75	0.05	0.86	49,282.71	0.02	0.16	0.02	0.16
	Codo	1.00	1.68									
	Tee	1.00	1.07									
	Válvula de retención	1.00	4.50									

Tipo de tubería	Tubería y accesorios	Cantidad	Le (m)	ΣLe (m)	Q (l/s)	Diámetro (m)	Velocidad (m/s)	Re	Coeficiente de fricción *f*	Pérdida Hf (m)	J (m/m)	Σle x J (m)
Descarga 1.50	Tubería	1.00	3.00	14.61	1.75	0.04	1.53	65,710.27	0.02	0.91	0.06	0.91
	Codo	1.00	1.34									
	Tee	2.00	6.50									
	Válvula compuerta	1.00	0.27									
	Válvula de retención	1.00	3.50									

	hf succión	hf descarga
	0.16	0.91
hfs	1.07	m

SERVICIO

Tipo de tubería	Tubería y accesorios	Cantidad	Le (m)	ΣLe (m)	Q (l/s)	Diámetro (m)	Velocidad (m/s)	Re	Coeficiente de fricción *f*	Pérdida Hf (m)	J (m/m)	Σle x J (m)
Succión 3.00	Tubería	1.00	3.00	11.47	1.75	0.08	0.38	32,855.14	0.02	0.03	0.00	0.03
	Codo	1.00	2.47									
	Tee	0.00	0.00									
	Válvula de retención	1.00	6.00									

Tipo de tubería	Tubería y accesorios	Cantidad	Le (m)	ΣLe (m)	Q (l/s)	Diámetro (m)	Velocidad (m/s)	Re	Coeficiente de fricción *f*	Pérdida Hf (m)	J (m/m)	Σle x J (m)
Descarga 2.50	Tubería	1.00	3.00	17.07	1.75	0.06	0.55	39,426.16	0.02	0.09	0.01	0.09
	Codo	1.00	2.14									
	Tee	2.00	6.50									
	Válvula compuerta	1.00	0.43									
	Válvula de retención	1.00	5.00									

	hf succión	hf descarga
	0.03	0.09
hfs	0.12	m

Altura de succión hs (m)	Altura del edificio H (m)	Altura de succión y descarga hfs (m)	Sumatoria pérdida pieza alejada hdf (m)	Pmin de pieza desfavorable alejada (m)	H dinámica (m)	H x factor de seguridad 10%
1.80	42.00	1.19	41.00	7.00	92.99	102.29

Hp Bomba piloto	Hp motor bomba piloto	hs succión bomba piloto (m)	Qbp (LPS)	Altura del edificio H (m)	NPSH bomba piloto (m)	Características bomba piloto
3.98	5.97	1.96	1.75	42.00	4.00	Motor 10 HP 3,500 RPM

Hp Bomba servicio	Hp motor bomba servicio	hs succión bomba servcio (m)	Qbs (LPS)	Altura del edificio H (m)	NPSH bomba servicio (m)	Característiscas bomba servicio
13.21	19.81	1.83	5.81	42.00	5.00	Motor 15 HP 3,500 RPM

4. Diseño hidráulico para captación de agua de lluvia.

a. Dimensionamiento de bajadas para captación de agua de lluvia. Las áreas que se tomaron en cuenta para la captación de agua de lluvia son todas aquellas del techo y losas o pisos de concreto. Esto se debe a que más adelante el agua será reutilizada para los baños del CIT y deben evitarse captar la menor cantidad de solidos o contaminantes.

Se distribuyeron varios bajantes a modo de cubrir la mayor cantidad de superficies en la azotea y terrazas que se ubican en todo el edificio. En este no se consideró la captación de agua de lluvia para los jardines de la planta baja. El método que se eligió para dimensionar las bajadas fue el método de tablas. Que por medio de los parámetros del Cuadro No.18. Se consideró una pendiente de 1% para los pañuelos de las superficies a drenar.

Los canales de los techos fueron calculados por el método del área que se muestra en el Cuadro No.19 y se dimensionan bajo los criterios de la Figura No.39.

Nivel	Bajada	Área (m^2)	D tubo (plg)
AZOTEA	B1	357.03	6.00
AZOTEA	B2	367.28	6.00
AZOTEA	B3	111.17	4.00
AZOTEA	B4	121.42	4.00
AZOTEA	B5	111.17	4.00
AZOTEA	B6	111.17	4.00
AZOTEA	B7	111.17	4.00
AZOTEA	B8	145.39	4.00
AZOTEA	B9	145.81	4.00
AZOTEA	B10	145.81	4.00
AZOTEA	B11	145.81	4.00
AZOTEA	B12	231.54	5.00
AZOTEA	B13	182.11	5.00
AZOTEA	B14	165.93	4.00
AZOTEA	B15	145.68	4.00
AZOTEA	B16	101.49	4.00
AZOTEA	B17	152.62	4.00
7.00	B18	102.51	4.00
7.00	B19	102.51	4.00
7.00	B20	93.41	4.00
7.00	B21	76.27	3.00
7.00	B22	109.47	4.00
7.00	B29	510.00	8.00
7.00	B30	510.00	8.00
7.00	B31	510.00	8.00
7.00	B32	510.00	8.00
7.00	B33	510.00	8.00
6.00	B17	201.14	5.00
6.00	B23	24.16	3.00
6.00	B24	28.11	3.00
6.00	B25	17.99	3.00
6.00	B26	16.73	3.00
6.00	B27	92.22	4.00
6.00	B28	58.79	3.00
5.00	B25	43.08	3.00
4.00	B17	210.02	5.00
3.00	B28	64.39	3.00
3.00	B27	69.89	3.00
3.00	B22	112.30	4.00
3.00	B34	4.15	3.00
3.00	B35	15.35	3.00
3.00	B25	37.76	3.00
3.00	B28	134.29	4.00
S1	B18	132.63	4.00
S1	B21	107.88	4.00

Nivel	Canal	Área (m^2)	D tubo (plg)	
AZOTEA	C1	80.07	5.00	
AZOTEA	C2	49.43	4.00	
AZOTEA	CT1	1,209.40	8.00	5 tubos total
AZOTEA	CT2	1,209.40	8.00	
7.00	C3	24.26	4.00	
7.00	C4	24.26	4.00	
7.00	C5	24.16	4.00	
7.00	C6	28.11	4.00	
6.00	C7	43.73	4.00	
5.00	C8	25.09	4.00	
4.00	C9	8.88	4.00	
3.00	C10	5.60	3.00	
3.00	C11	11.10	4.00	
3.00	C12	2.83	3.00	

b. Dimensionamiento de ramales. Todas las aguas de lluvia recolectada por las bajadas serán direccionadas a una cisterna de almacenamiento para luego ser redirigida a los inodoros del edificio. Para este cálculo es necesario que se determine el coeficiente de relación entre la escorrentía y la superficie que se obtiene. Por medio de estos dos valores se puede obtener el caudal de diseño y elegir el diámetro según el Ábaco proporcionado por Amanco.

Para obtener los valores de velocidad y caudal a sección llena se utilizaron las fórmulas 21 y 22. Los valores de velocidad y caudal a sección media se calcularon por medio de la curva de elementos hidráulicos también proporcionada por Amanco.

Ramal	Área (m^2)	Caudal (l/s)	Diametro (plg)
1.00	3,125.09	108.61	12.00
2.00	1,589.84	55.25	10.00
3.00	1,138.24	39.56	8.00
4.00	416.10	3.81	4.00

El área total del cual se recolectará la lluvia es de 6,629.27 m^2.

Ramal	Tramo		Columna	Area (m²)		C	I (mm/hr)	Parcial	Acumulada	Parcial	Acumulado	n	Diámetro	Diámetro	R	V (m/s)	Caudal acumulado	q media sección	D (pulg)	Dx (m)	q sección llena	q/Q	v/ media sección	v/V	Velocidad Real	Caudal	Cumple v> 0.3	Cumple < 5
	De	a		Unitaria	Acumulada			A (Ha)	A (Ha)	Q1(√S)	Q1(√S)		D (m)	aprox.(pulg)			Q (m³/s)	(m/s)			(m/s)		(m/s)		(m/s)	%s sección	mts	mts
1.00	1.00	2.00	B25	37.76	37.76	0.95	131.70	0.0004	0.0004	1.312	1.3123	0.01	0.10	400	0.03	0.96	0.01	0.00	3.95	0.10	0.01	0.533	0.99	0.97	0.99	51.3%	OK	OK
	2.00	3.00	B26	16.72	54.49	0.95	131.70	0.0002	0.0005	0.581	1.8937	0.01	0.10	400	0.03	0.96	0.01	0.00	3.95	0.10	0.01	0.533	0.99	0.97	0.99	51.3%	OK	OK
	3.00	4.00	B35	15.55	69.84	0.95	131.70	0.0002	0.0007	0.533	2.4272	0.01	0.10	400	0.03	0.96	0.01	0.00	3.95	0.10	0.01	0.533	0.99	0.97	0.99	51.3%	OK	OK
	4.00	5.00	B34	4.15	73.99	0.95	131.70	0.0000	0.0007	0.144	2.5714	0.01	0.10	400	0.03	0.96	0.01	0.00	3.95	0.10	0.01	0.533	0.99	0.97	0.99	51.3%	OK	OK
	5.00	6.00	B28	154.29	208.28	0.95	131.70	0.0013	0.0021	4.667	7.2383	0.01	0.10	400	0.03	0.96	0.01	0.00	3.95	0.10	0.01	0.533	0.99	0.97	0.99	51.3%	OK	OK
	6.00	7.00	B17	210.02	418.30	0.25	131.70	0.0021	0.0042	1.921	3.8256	0.01	0.10	400	0.03	0.96	0.01	0.00	3.95	0.10	0.01	0.533	0.99	0.97	0.99	51.3%	OK	OK
	7.00	8.00	B23	24.16	442.46	0.25	131.70	0.0002	0.0044	0.221	4.0465	0.01	0.10	400	0.03	0.96	0.01	0.00	3.95	0.10	0.01	0.533	0.99	0.97	0.99	51.3%	OK	OK
	8.00	9.00	B29	510.00	952.46	0.95	131.70	0.0051	0.0095	17.724	331.009	0.01	0.20	800	0.05	1.52	0.05	0.02	7.88	0.20	0.05	0.535	1.57	1.57	1.57	51.5%	OK	OK
	9.00	10.00	B30	510.00	1,462.46	0.95	131.70	0.0051	0.0146	17.724	503.249	0.01	0.25	1000	0.06	1.77	0.09	0.04	9.85	0.25	0.09	0.536	1.82	1.82	1.82	51.6%	OK	OK
	10.00	11.00	B31	510.00	1,972.46	0.95	131.70	0.0051	0.197	17.724	685.480	0.01	0.25	1000	0.06	1.77	0.09	0.04	9.85	0.25	0.09	0.536	1.82	1.82	1.82	51.6%	OK	OK
	11.00	12.00	B32	510.00	2,482.46	0.95	131.70	0.051	0.248	17.724	862.731	0.01	0.25	1000	0.06	1.77	0.09	0.04	9.85	0.25	0.09	0.536	1.82	1.82	1.82	51.6%	OK	OK
	12.00	13.00	B33	510.00	2,992.46	0.95	131.70	0.051	0.299	17.724	1013.971	0.01	0.30	1200	0.08	2.00	0.15	0.07	11.72	0.30	0.14	0.535	2.06	2.06	1.82	51.6%	OK	OK
	13.00	CAJ.L	B38	132.63	3,125.09	0.95	131.70	0.013	0.313	4.609	108.6064	0.01	0.30	1200	0.08	2.00	0.15	0.07	11.72	0.30	0.14	0.535	2.06	2.06	1.97	52.5%	OK	OK
	1.00	2.00	B1	357.03	357.03	0.95	131.70	0.036	0.036	12.408	12.4078	0.01	0.15	600	0.04	1.36	0.02	0.01	5.91	0.15	0.02	0.536	1.30	1.30	1.30	51.6%	OK	OK
	2.00	3.00	B3	111.17	468.20	0.95	131.70	0.011	0.047	3.864	16.2714	0.01	0.15	600	0.04	1.36	0.02	0.01	5.91	0.15	0.02	0.536	1.30	1.30	1.30	51.6%	OK	OK
	3.00	4.00	B5	111.17	579.37	0.95	131.70	0.011	0.058	3.864	20.1350	0.01	0.15	600	0.04	1.36	0.02	0.01	5.91	0.15	0.02	0.536	1.30	1.30	1.30	51.6%	OK	OK
	4.00	5.00	B7	111.17	690.55	0.95	131.70	0.011	0.069	3.864	23.9986	0.01	0.20	800	0.05	1.52	0.05	0.02	7.88	0.20	0.05	0.535	1.57	1.57	1.57	51.5%	OK	OK
	5.00	6.00	B9	145.81	836.35	0.95	131.70	0.015	0.084	5.067	29.0658	0.01	0.20	800	0.05	1.52	0.05	0.02	7.88	0.20	0.05	0.535	1.57	1.57	1.57	51.5%	OK	OK
	6.00	7.00	B10	145.81	982.16	0.95	131.70	0.015	0.098	5.067	34.1330	0.01	0.20	800	0.05	1.52	0.05	0.02	7.88	0.20	0.05	0.535	1.57	1.57	1.57	51.5%	OK	OK
	7.00	8.00	B14	165.93	1,148.09	0.95	131.70	0.017	0.115	5.767	39.8897	0.01	0.20	800	0.05	1.52	0.05	0.02	7.88	0.20	0.05	0.535	1.57	1.57	1.57	51.5%	OK	OK
	8.00	9.00	B13	182.11	1,330.20	0.95	131.70	0.018	0.133	6.329	46.2204	0.01	0.20	800	0.05	1.52	0.05	0.02	7.88	0.20	0.05	0.535	1.57	1.57	1.57	51.5%	OK	OK
	9.00	10.00	B24	28.11	1,358.31	0.25	131.70	0.003	0.136	0.257	12.4225	0.01	0.15	600	0.04	1.36	0.02	0.01	5.91	0.15	0.02	0.536	1.30	1.30	1.30	51.6%	OK	OK
	10.00	CAJ.L	B12	231.54	1,589.84	0.95	131.70	0.023	0.139	8.047	55.2519	0.01	0.25	1000	0.06	1.77	0.09	0.04	9.85	0.25	0.09	0.536	1.82	1.82	1.82	51.6%	OK	OK
	1.00	2.00	B2	367.28	367.28	0.95	131.70	0.037	0.037	12.764	12.7640	0.01	0.15	600	0.04	1.36	0.02	0.01	5.91	0.15	0.02	0.536	1.30	1.30	1.30	51.6%	OK	OK
	2.00	3.00	B4	121.42	488.70	0.95	131.70	0.012	0.049	4.220	16.9839	0.01	0.15	600	0.04	1.36	0.02	0.01	5.91	0.15	0.02	0.536	1.30	1.30	1.30	51.6%	OK	OK
2.00	3.00	4.00	B6	111.17	599.87	0.95	131.70	0.011	0.060	3.864	20.8474	0.01	0.15	600	0.04	1.36	0.02	0.01	5.91	0.15	0.02	0.536	1.30	1.30	1.30	51.6%	OK	OK
	4.00	5.00	B8	145.39	745.27	0.95	131.70	0.015	0.075	5.053	25.9083	0.01	0.20	800	0.05	1.52	0.05	0.02	7.88	0.20	0.05	0.535	1.57	1.57	1.57	51.5%	OK	OK
	5.00	6.00	B11	145.81	891.07	0.95	131.70	0.015	0.089	5.067	30.9675	0.01	0.20	800	0.05	1.52	0.05	0.02	7.88	0.20	0.05	0.535	1.57	1.57	1.57	51.5%	OK	OK
	6.00	7.00	B16	101.49	992.57	0.95	131.70	0.010	0.099	3.527	34.4947	0.01	0.20	800	0.05	1.52	0.05	0.02	7.88	0.20	0.05	0.535	1.57	1.57	1.57	51.5%	OK	OK
	7.00	CAJ.L	B15	145.68	1,138.24	0.95	131.70	0.014	0.114	5.063	39.5574	0.01	0.20	800	0.05	1.52	0.05	0.02	7.88	0.20	0.05	0.535	1.57	1.57	1.57	51.5%	OK	OK
	1.00	2.00	B22	112.30	112.30	0.25	131.70	0.011	0.011	1.027	1.0271	0.01	0.10	400	0.03	0.96	0.01	0.00	3.95	0.10	0.01	0.533	0.99	0.97	0.99	51.3%	OK	OK
	2.00	3.00	B21	107.08	220.18	0.25	131.70	0.011	0.022	0.987	2.0137	0.01	0.10	400	0.03	0.96	0.01	0.00	3.95	0.10	0.01	0.533	0.99	0.97	0.99	51.3%	OK	OK
4.00	3.00	4.00	B20	93.41	313.59	0.25	131.70	0.009	0.031	0.854	2.8679	0.01	0.10	400	0.03	0.96	0.01	0.00	3.95	0.10	0.01	0.533	0.99	0.97	0.99	51.3%	OK	OK
	4.00	CAJ.L	B19	102.51	416.10	0.25	131.70	0.010	0.042	0.938	3.8054	0.01	0.10	400	0.03	0.96	0.01	0.00	3.95	0.10	0.01	0.533	0.99	0.97	0.99	51.3%	OK	OK

5. Diseño hidráulico para abastecimiento de agua lluvia a baños. Para realizar el cálculo de las tuberías de redistribución de agua de lluvia a los inodoros del CIT los pasos para la red de agua potable se repiten. Esta agua solo será distribuida en los inodoros y por medio de otra red de tubería ya que se considera de riesgo mezclar el agua potable y el agua de lluvia. Como se indicó anteriormente, los mingitorios serán tankless por lo que no contará con tubería de agua potable.

a. Ramales

N1	S1N2	Tramo		Aparato sanitario				Φ Tubo		Accesorios				Longitud total (m)	Velocidad (m/s)	Pérdida de energía Hf (m)	Pérdidas son menores a L/2	H piezométrica (m)		H estática (m)	H disponible (m)
		De	a	Lavamanos (1/2")	Inodoro (1 1/4")	Mingitorio	Grifo (1/2")	Equivalencia	(plg)	Codo	TEE	Valvula	Y					Anterior	Actual		
		2.00	1.00	0.00	2.00	0.00	0.00	21.80	1 1/2	0.00	1.00	0.00	0.00	3.69	2.009	0.368	OK	18.45	18.09	20.00	19.63
		3.00	2.00	0.00	4.00	0.00	0.00	43.60	2	0.00	0.00	0.00	1.00	4.25	1.475	0.172	OK	18.63	18.45	20.00	19.83
		4.00	3.00	0.00	5.00	0.00	0.00	54.50	2	3.25	0.00	1.00	0.00	3.85	1.683	0.181	OK	18.81	18.63	20.00	19.82
		5.00	4.00	0.00	6.00	0.00	0.00	65.40	2	3.49	5.65	1.00	0.00	8.70	1.722	0.462	OK	19.27	18.81	20.00	19.54
		S1N1	5.00	0.00	6.00	0.00	0.00	65.40	2	3.49	4.60	0.00	1.00	13.74	1.722	0.731	OK	20.00	19.27	20.00	19.27
N1	R2D8	Tramo		Aparato sanitario				Φ Tubo		Accesorios				Longitud total (m)	Velocidad (m/s)	Pérdida Hf (m)	Pérdidas son menores a L/2	H piezométrica (m)		H estática (m)	H disponible (m)
		De	a	Lavamanos (1/2")	Inodoro (1 1/4")	Mingitorio	Grifo (1/2")	Equivalencia	(plg)	Codo	TEE	Valvula	Y					Anterior	Actual		
		2.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	10.90	1 1/2	1.50	1.80	1.00	0.00	2.94	1.316	0.140	OK	16.95	16.81	20.00	19.86
		3.00	2.00	0.00	2.00	0.00	0.00	21.80	1 1/2	2.29	3.40	0.00	1.00	11.40	2.009	1.137	OK	16.08	16.95	20.00	19.86
		5.00	4.00	0.00	1.00	0.00	0.00	10.90	1 1/2	1.50	1.60	1.00	0.00	2.74	1.316	0.130	OK	16.21	16.08	20.00	19.87
		6.00	5.00	0.00	2.00	0.00	0.00	21.80	1 1/2	2.29	0.80	0.00	1.00	3.09	2.009	0.308	OK	16.52	16.21	20.00	19.69
		7.00	6.00	0.00	3.00	0.00	0.00	32.70	2	2.67	1.00	0.00	1.00	4.05	1.317	0.135	OK	16.66	16.52	20.00	19.87
		8.00	7.00	0.00	4.00	0.00	0.00	43.60	2	2.99	1.40	0.00	1.00	12.07	1.475	0.449	OK	19.15	16.66	20.00	19.51
		8.00	3.00	0.00	2.00	0.00	0.00	21.80	1 1/2	2.29	3.50	0.00	1.00	6.19	2.009	0.617	OK	19.76	19.15	20.00	19.38
		R2D8	8.00	0.00	7.00	0.00	0.00	76.30	2 1/2	3.70	4.00	0.00	2.00	11.62	1.168	0.237	OK	20.00	19.76	20.00	19.76

N2	S1N2	Tramo		Aparato sanitario				Φ Tubo		Accesorios				Longitud total (m)	Velocidad (m/s)	Pérdida Hf (m)	Pérdidas son menores a L/2	H piezométrica (m)		H estática (m)	H disponible (m)
		De	a	Lavamanos (1/2")	Inodoro (1 1/4")	Mingitorio	Grifo (1/2")	Equivalencia	(plg)	Codo	TEE	Valvula	Y					Anterior	Actual		
		2.00	1.00	0.00	2.00	0.00	0.00	21.80	1 1/2	2.29	1.60	0.00	0.00	3.89	2.009	0.388	OK	22.07	21.68	23.60	23.21
		3.00	2.00	0.00	4.00	0.00	0.00	43.60	2	2.99	1.20	0.00	0.00	4.25	1.475	0.172	OK	22.24	22.07	23.60	23.43
		4.00	3.00	0.00	5.00	0.00	0.00	54.50	2	3.25	1.00	0.00	0.00	4.05	1.683	0.190	OK	22.43	22.24	23.60	23.41
		5.00	4.00	0.00	6.00	0.00	0.00	65.40	2	3.49	6.00	0.00	0.00	9.95	1.722	0.481	OK	22.91	22.43	23.60	23.12
		S1N2	5.00	0.00	6.00	0.00	0.00	65.40	2	3.49	3.00	1.00	0.00	12.94	1.722	0.688	OK	23.60	22.91	23.60	22.91
N2	R2D8	Tramo		Aparato sanitario				Φ Tubo		Accesorios				Longitud total (m)	Velocidad (m/s)	Pérdida Hf (m)	Pérdidas son menores a L/2	H piezométrica (m)		H estática (m)	H disponible (m)
		De	a	Lavamanos (1/2")	Inodoro (1 1/4")	Mingitorio	Grifo (1/2")	Equivalencia	(plg)	Codo	TEE	Valvula	Y					Anterior	Actual		
		2.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	10.90	1 1/2	1.50	1.80	1.00	0.00	2.94	1.316	0.140	OK	20.51	20.37	23.60	23.46
		3.00	2.00	0.00	2.00	0.00	0.00	21.80	1 1/2	2.29	3.40	0.00	1.00	11.40	2.009	1.137	OK	21.65	20.51	23.60	22.46
		5.00	4.00	0.00	1.00	0.00	0.00	10.90	1 1/2	1.50	1.60	1.00	0.00	2.74	1.316	0.130	OK	21.78	21.65	23.60	23.47
		6.00	5.00	0.00	2.00	0.00	0.00	21.80	1 1/2	2.29	0.80	0.00	1.00	3.09	2.009	0.308	OK	22.09	21.78	23.60	23.29
		7.00	6.00	0.00	3.00	0.00	0.00	32.70	2	2.67	1.00	0.00	1.00	4.05	1.317	0.135	OK	22.22	22.09	23.60	23.47
		8.00	7.00	0.00	4.00	0.00	0.00	43.60	2	2.99	1.40	0.00	1.00	12.07	1.475	0.489	OK	22.71	22.22	23.60	23.11
		8.00	3.00	0.00	2.00	0.00	0.00	21.80	1 1/2	2.29	4.00	1.00	0.00	5.14	2.009	0.513	OK	23.23	22.71	23.60	23.09
		R2D8	8.00	0.00	6.00	0.00	0.00	65.40	2	3.49	4.00	0.00	1.00	7.05	1.722	0.375	OK	23.60	23.23	23.60	23.23

N3	R2	Tramo		Aparato sanitario				Φ Tubo		Accesorios				Longitud total (m)	Velocidad (m/s)	Pérdida Hf (m)	Pérdidas son menores a L/2	H piezométrica (m)		H estática (m)	H disponible (m)
		De	a	Lavamanos (1/2")	Inodoro (1 1/4")	Mingitorio	Grifo (1/2")	Equivalencia	(plg)	Codo	TEE	Valvula	Y					Anterior	Actual		
		2.00	1.00	0.00	2.00	0.00	0.00	21.80	1 1/2	2.29	1.50	0.00	0.00	3.79	2.009	0.378	OK	25.21	24.83	27.20	26.82
		3.00	2.00	0.00	4.00	0.00	0.00	43.60	2	2.99	1.20	0.00	0.00	4.25	1.475	0.172	OK	25.38	25.21	27.20	27.03
		4.00	3.00	0.00	5.00	0.00	0.00	54.50	2	3.25	0.00	0.00	0.00	3.85	1.683	0.181	OK	25.56	25.38	27.20	27.02
		5.00	4.00	0.00	6.00	0.00	0.00	65.40	2	3.49	7.20	0.00	0.00	17.87	1.722	0.550	OK	26.51	25.56	27.20	26.25
		RL12	5.00	0.00	6.00	0.00	0.00	65.40	2	3.49	3.00	0.00	1.00	12.94	1.722	0.688	OK	27.20	26.51	27.20	26.51
N3	R1	Tramo		Aparato sanitario				Φ Tubo		Accesorios				Longitud total (m)	Velocidad (m/s)	Pérdida Hf (m)	Pérdidas son menores a L/2	H piezométrica (m)		H estática (m)	H disponible (m)
		De	a	Lavamanos (1/2")	Inodoro (1 1/4")	Mingitorio	Grifo (1/2")	Equivalencia	(plg)	Codo	TEE	Valvula	Y					Anterior	Actual		
		2.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	10.90	1 1/2	1.50	1.60	1.00	0.00	2.74	1.316	0.130	OK	23.74	23.61	27.20	27.07
		3.00	2.00	0.00	2.00	0.00	0.00	21.80	1 1/2	2.29	3.60	0.00	1.00	11.60	2.009	1.157	OK	24.88	23.74	27.20	26.04
		5.00	4.00	0.00	1.00	0.00	0.00	10.90	1 1/2	1.50	1.60	1.00	0.00	5.03	1.316	0.228	OK	25.13	24.89	27.20	26.96
		6.00	5.00	0.00	2.00	0.00	0.00	21.80	1 1/2	2.29	1.00	0.00	1.00	5.57	2.009	0.556	OK	25.69	25.13	27.20	26.64
		7.00	6.00	0.00	3.00	0.00	0.00	32.70	2	2.67	1.00	0.00	1.00	4.05	1.317	0.135	OK	25.82	25.69	27.20	27.07
		8.00	7.00	0.00	4.00	0.00	0.00	43.60	2	2.99	1.40	0.00	1.00	12.07	1.475	0.489	OK	26.31	25.82	27.20	26.71
		8.00	3.00	0.00	2.00	0.00	0.00	21.80	1 1/2	2.29	4.00	1.00	0.00	5.14	2.009	0.513	OK	26.83	26.31	27.20	26.69
		RL11	8.00	0.00	6.00	0.00	0.00	21.80	2	3.49	4.00	0.00	1.00	7.05	1.722	0.375	OK	27.20	26.83	27.20	26.83

| Nunca | Rua | Tarde | Pagar | Ano | Ruim | Hospital | Ano | Ruim | Hospital | Ano | Ruim | Hospital

S4	R2	Tramo		Aparato sanitario				Equivalencia	Φ Tubo (plg)	Gasto (l/s)	Longitud (m)	Accesorios				Longitud total (m)	Velocidad (m/s)	Pérdida Hf (m)	Pérdidas son menores a Lt?	H piezométrica (m)		H estática (m)	H disponible (m)
		De	a	Lavamanos (1/2")	Inodoro (1 1/4")	Mingitorio	Grifo (1/2")					Codo	TEE	Valvula	Y					Anterior	Actual		
		1.00	R2	0.00	55.00	0.00	0.00	599.50	6	9.31	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.510	0.005	OK	3.38	3.38	3.50	3.50
		2.00	1.00	0.00	55.00	0.00	0.00	599.50	6	9.31	30.60	1.00	0.00	0.00	0.00	35.17	0.510	0.056	OK	3.44	3.38	3.50	3.44
		3.00	2.00	0.00	55.00	0.00	0.00	599.50	6	9.31	9.00	1.00	0.00	0.00	0.00	13.57	0.510	0.022	OK	3.46	3.44	3.50	3.48
		C	3.00	0.00	55.00	0.00	0.00	599.50	6	9.31	2.00	0.00	0.00	1.00	0.00	24.86	0.510	0.040	OK	3.50	3.46	3.50	3.46

S1	R2	Tramo		Aparato sanitario				Equivalencia	Φ Tubo (plg)	Gasto (l/s)	Longitud (m)	Accesorios				Longitud total (m)	Velocidad (m/s)	Pérdida Hf (m)	Pérdidas son menores a Lt?	H piezométrica (m)		H estática (m)	H disponible (m)
		De	a	Lavamanos (1/2")	Inodoro (1 1/4")	Mingitorio	Grifo (1/2")					Codo	TEE	Valvula	Y					Anterior	Actual		
		R208	1.00	0.00	13.00	0.00	0.00	141.70	3	4.70	3.00	0.00	0.00	1.00	0.00	14.43	1.031	0.188	OK	13.67	13.48	14.60	14.41
		2.00	1.00	0.00	13.00	0.00	0.00	141.70	3	4.70	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	3.29	1.031	0.043	OK	13.71	13.67	14.60	14.56
		2.00	R1	0.00	30.00	0.00	0.00	327.00	4	6.82	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	4.05	0.841	0.026	OK	13.80	13.77	14.60	14.57
		3.00	2.00	0.00	43.00	0.00	0.00	468.70	4	8.15	4.40	0.00	1.00	0.00	0.00	10.50	1.005	0.091	OK	13.80	13.71	14.60	14.51
		4.00	3.00	0.00	43.00	0.00	0.00	468.70	4	8.15	58.00	1.00	0.00	0.00	0.00	61.05	1.005	0.532	OK	14.33	13.80	14.60	14.07
		6.00	4.00	0.00	43.00	0.00	0.00	468.70	4	8.15	4.40	1.00	0.00	0.00	0.00	7.45	1.005	0.065	OK	14.40	14.33	14.60	14.54
		5.00	S1N2	0.00	12.00	0.00	0.00	130.80	3	4.55	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	12.43	0.998	0.153	OK	14.55	14.40	14.60	14.45
		6.00	5.00	0.00	12.00	0.00	0.00	130.80	3	4.55	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	3.29	0.998	0.040	OK	14.59	14.55	14.60	14.56
		6.00	R2	0.00	55.00	0.00	0.00	599.50	6	9.31	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	5.57	0.510	0.009	OK	14.60	14.59	14.60	14.59

N7	R1	Tramo		Aparato sanitario				Equivalencia	Φ Tubo (plg)	Gasto (l/s)	Longitud (m)	Accesorios				Longitud total (m)	Velocidad (m/s)	Pérdida Hf (m)	Pérdidas son menores a Lt?	H piezométrica (m)		H estática (m)	H disponible (m)
		De	a	Lavamanos (1/2")	Inodoro (1 1/4")	Mingitorio	Grifo (1/2")					Codo	TEE	Valvula	Y					Anterior	Actual		
		2.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	10.90	1 1/2	1.50	0.80	1.00	0.00	0.00	0.00	1.94	1.316	0.092	OK	38.43	38.33	42.00	41.91
		3.00	2.00	0.00	2.00	0.00	0.00	21.80	1 1/2	2.29	0.80	0.00	1.00	0.00	0.00	3.09	2.009	0.308	OK	38.73	38.43	42.00	41.69
		4.00	3.00	0.00	2.00	1.00	0.00	21.80	1 1/2	2.29	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	3.29	2.009	0.328	OK	39.06	38.73	42.00	41.67
		5.00	4.00	0.00	2.00	2.00	0.00	21.80	1 1/2	2.29	0.80	0.00	1.00	1.00	0.00	8.80	2.009	0.878	OK	39.94	39.06	42.00	41.12
		7.00	6.00	0.00	1.00	0.00	0.00	10.90	1 1/2	1.50	1.80	1.00	0.00	1.00	0.00	8.66	1.316	0.412	OK	40.35	39.94	42.00	41.59
		8.00	7.00	0.00	2.00	0.00	0.00	21.80	1 1/2	2.29	4.00	0.00	1.00	0.00	0.00	6.29	2.009	0.627	OK	40.98	40.35	42.00	41.37
		9.00	8.00	0.00	3.00	0.00	0.00	32.70	2	2.67	0.80	0.00	1.00	0.00	0.00	3.85	1.317	0.128	OK	41.11	40.98	42.00	41.87
		10.00	9.00	0.00	4.00	0.00	0.00	43.60	2	2.99	0.80	0.00	1.00	1.00	0.00	11.47	1.475	0.465	OK	41.57	41.11	42.00	41.53
		10.00	5.00	0.00	2.00	2.00	0.00	21.80	1 1/2	2.29	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	2.14	2.009	0.214	OK	41.78	41.57	42.00	41.79
		RLL1	10.00	0.00	6.00	2.00	0.00	65.40	2	3.49	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	4.05	1.722	0.215	OK	42.00	41.78	42.00	41.78

b. Columnas de agua

Nivel	Columna	Caudal (l/s)	Caudal acumulado (l/s)	Φ Tubo (pulg)	Φ Tubo (pulg)	Φ Tubo ahora (pulg)	Φ Tubo ahora (m)	Coeficiente	Tipo	Rugosidad	Longitud (m)	Longitud (m)	S	Altura inicial (m)	Altura final (m)	Altura inicial (m)	Altura final (m)	Presión inicial (m)	Presión final (m)
N1	R1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N2	R2	3.46	3.46	2.00	4.50	0.13	0.10	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N3	R3	3.46	6.92	2.00	4.50	0.13	0.10	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N4	R4	3.46	10.38	2.00	4.50	0.13	0.10	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N5	R5	3.46	13.84	2.00	4.50	0.13	0.10	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N6	R6	3.46	17.30	2.00	4.50	0.13	0.10	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N7	R7	3.46	20.76	2.00	4.50	0.13	0.10	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nivel	Columna	Caudal (l/s)	Caudal acumulado (l/s)	Φ Tubo (pulg)	Φ Tubo (pulg)	Φ Tubo ahora (pulg)	Φ Tubo ahora (m)	Coeficiente	Tipo	Rugosidad	Longitud (m)	Longitud (m)	S	Altura inicial (m)	Altura final (m)	Altura inicial (m)	Altura final (m)	Presión inicial (m)	Presión final (m)
S1	R1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N1	R1	3.46	3.46	2.00	4.50	0.13	0.10	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N2	R2	3.46	6.92	2.00	4.50	0.13	0.10	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N3	R3	3.46	10.38	2.00	4.50	0.13	0.10	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N4	R4	3.46	13.84	2.00	4.50	0.13	0.10	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N5	R5	3.46	17.30	2.00	4.50	0.13	0.10	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N6	R6	3.46	20.76	2.00	4.50	0.13	0.10	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N7	R7	3.46	24.22	2.00	4.50	0.13	0.10	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nivel	Columna	Caudal (l/s)	Caudal acumulado (l/s)	Φ Tubo (pulg)	Φ Tubo (pulg)	Φ Tubo ahora (pulg)	Φ Tubo ahora (m)	Coeficiente	Tipo	Rugosidad	Longitud (m)	Longitud (m)	S	Altura inicial (m)	Altura final (m)	Altura inicial (m)	Altura final (m)	Presión inicial (m)	Presión final (m)
S1	R1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N1	R1	3.46	3.46	2.00	4.50	0.13	0.10	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N2	R2	3.46	6.92	2.00	4.50	0.13	0.10	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N3	R3	3.46	10.38	2.00	4.50	0.13	0.10	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N4	R4	3.46	13.84	2.00	4.50	0.13	0.10	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N5	R5	3.46	17.30	2.00	4.50	0.13	0.10	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N6	R6	3.46	20.76	2.00	4.50	0.13	0.10	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N7	R7	3.46	24.22	2.00	4.50	0.13	0.10	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nivel	Columna	Caudal (l/s)	Caudal acumulado (l/s)	Φ Tubo (pulg)	Φ Tubo (pulg)	Φ Tubo ahora (pulg)	Φ Tubo ahora (m)	Coeficiente	Tipo	Rugosidad	Longitud (m)	Longitud (m)	S	Altura inicial (m)	Altura final (m)	Altura inicial (m)	Altura final (m)	Presión inicial (m)	Presión final (m)
S1	R1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N1	R1	3.46	3.46	2.00	4.50	0.13	0.10	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N2	R2	3.46	6.92	2.00	4.50	0.13	0.10	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N3	R3	3.46	10.38	2.00	4.50	0.13	0.10	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N4	R4	3.46	13.84	2.00	4.50	0.13	0.10	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N5	R5	3.46	17.30	2.00	4.50	0.13	0.10	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N6	R6	3.46	20.76	2.00	4.50	0.13	0.10	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N7	R7	3.46	24.22	2.00	4.50	0.13	0.10	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

c. Cisterna. La cisterna que será utilizada para almacenar el agua lluvia será una que almacene el agua necesaria en términos de dotación durante un día. De tener una lluvia muy intensa que pueda hacerla rebalsar tendrá una tubería de descarga hacia el almacenamiento de los drenajes para ser desechada.

N	4,900.00	hab
Dotación por persona	25.00	l/hab/día
Dotación por habitante	122,500.00	l/hab/día
Riego	0.00	l/m2/día
Total	122,500.00	l/hab/día
Qdía= L/hab/día * hab	122,500.00	l/día
Qmax horario= Qdía/24 hrs	5,104.17	l/h
Qb=V/tb	1.42	l/s
Tiempo de almacenamiento (Tr)	1.00	días
Almacenamiento mínimo	122.50	m3
Vt de almacenamiento	122.50	m3
Vt aproximado	120.00	m3
Altura (H)	2.00	m
L=√((4*Vt)/(3*H))	8.94	m
B=3/4L	6.71	m
H agua	1.80	m
H aire	0.20	m
H total	2.00	m
Espersor de paredes (t)	0.10	m
Lt=2t+L	10.00	m
Bt=2t+B	7.00	m

$D=(4Q/\pi Vel)^{1/2}$	53.19	mm	
Q=Vt aprox/t	0.01	m3/s	2.00 plg
Vel	2.50	m/s	
t	21,600.00	s	
D asumido	3.00	plg	2.00 hr

d. Sistema de bombeo. El sistema de bombeo se calcula de la misma forma que el sistema de distribución de agua potable y se utilizará lo mismo debido a que la demanda en L/hab/día no cambia.

Dotación por habitante	122,500.00	l/hab/día
Riego	0.00	l/m2/día
Total	122,500.00	L/hab/día

Factor demanda (K)			Dotación
	K=	10.00	≤50,000 L/hab/día
	K=	9.00	50,000 a 100,00 L/hab/día
	K=	8.00	≥101,000 L/hab/día
	K=	8.00	
Qmax= (Dotación * K)/86400		11.34	L/s

Tipo de edificio	Escuelas/ oficinas	
1 Bombas piloto		
2 Bombas de servicio		
Qbp = 0.15 x Qmax	1.70 L/s	≤1.75
Qbs = 0.50 x Qmax	5.67 L/s	≥1.75
Qbp	1.75 L/s	
Qbs	5.67 L/s	

Qbp=1.75

Diámetro de tubería de succión	Diámetro de la tubería descarga bomba	Diámetro del sensor
2"	1 1/2"	4"

Qbs=5.67

Diámetro de tubería de succión	Diámetro de la tubería descarga bomba	Diámetro del sensor
3"	2.5"	4"

Qbp=1.75

Diámetro de la tubería de recirculación	Diámetro de válvula de alivio
1 1/2"	1"

Qbs=2.78

Diámetro de la tubería de recirculación	Diámetro de válvula de alivio
2"	1 1/4"

Debido a que las dos condiciones son diferentes se utiliza la opción desfavorable:

Qbs

Diámetro de la tubería de recirculación	Diámetro de válvula de alivio
2	1 1/4"

PILOTO

Tipo de tubería	Tubería y accesorios	Cantidad	Le (m)	ΣLe (m)	Q (l/s)	Diámetro (m)	Velocidad (m/s)	Pérdida Hf (m)	J (m/m)	Σle x J (m)
Succión 2.00	Tubería	1.00	3.00	10.25	1.75	0.05	0.86	0.16	0.02	0.16
	Codo	1.00	1.68							
	Tee	1.00	1.07							
	Válvula de retención	1.00	4.50							

Tipo de tubería	Tubería y accesorios	Cantidad	Le (m)	ΣLe (m)	Q (l/s)	Diámetro (m)	Velocidad (m/s)	Pérdida Hf (m)	J (m/m)	Σle x J (m)
Descarga 1.50	Tubería	1.00	3.00	14.61	1.75	0.04	1.53	0.91	0.06	0.91
	Codo	1.00	1.34							
	Tee	2.00	6.50							
	Válvula compuerta	1.00	0.27							
	Válvula de retención	1.00	3.50							

	hf succión	hf descarga
	0.16	0.91
hfs	1.07	m

SERVICIO

Tipo de tubería	Tubería y accesorios	Cantidad	Le (m)	ΣLe (m)	Q (l/s)	Diámetro (m)	Velocidad (m/s)	Pérdida Hf (m)	J (m/m)	Σle x J (m)
Succión 3.00	Tubería	1.00	3.00	11.47	1.75	0.08	0.38	0.03	0.00	0.03
	Codo	1.00	2.47							
	Tee	0.00	0.00							
	Válvula de retención	1.00	6.00							

Tipo de tubería	Tubería y accesorios	Cantidad	Le (m)	ΣLe (m)	Q (l/s)	Diámetro (m)	Velocidad (m/s)	Pérdida Hf (m)	J (m/m)	Σle x J (m)
Descarga 2.50	Tubería	1.00	3.00	17.07	1.75	0.06	0.55	0.09	0.01	0.09
	Codo	1.00	2.14							
	Tee	2.00	6.50							
	Válvula compuerta	1.00	0.43							
	Válvula de retención	1.00	5.00							

	hf succión	hf descarga
	0.03	0.09
hfs	0.12	m

Altura de succión hs (m)	Altura del edificio H (m)	Altura de succión y descarga hfs (m)	Sumatoria pérdida pieza alejada hdf (m)	Pmin de pieza desfavorable alejada (m)	H dinámica (m)	H x factor de seguridad 10%
1.80	42.00	1.19	34.35	7.00	86.34	94.98

Hp Bomba piloto	Hp motor bomba piloto	hs succión bomba piloto (m)	Qbp (LPS)	Altura del edificio H (m)	NPSH bomba piloto (m)	Características bomba piloto
3.69	5.54	1.96	1.75	42.00	3.50	Motor 10 HP 3,500 RPM

Hp Bomba servicio	Hp motor bomba servicio	hs succión bomba servcio (m)	Qbs (LPS)	Altura del edificio H (m)	NPSH bomba servicio (m)	Característiscas bomba servicio
11.97	17.95	1.83	5.67	42.00	4.50	Motor 15 HP 3,500 RPM

6. Resultados

a. Sistema de distribución de agua potable. En el diseño de la red de distribución de agua potable se contempló la utilización de accesorios que representan un ahorro en el consumo de agua potable. Los inodoros fueron considerados de válvula o fluxómetro. A pesar de que requieren una gran presión y caudal, esto no necesariamente quiere decir que toda esa agua sea descargada. En realidad, los fluxómetros consumen solo 4.8 litros por descarga mientras que los inodoros de tanque llegan a consumir de 10 a 6 litros por descarga. A pesar de que ahora existen inodoros de doble descarga para mantener eficiencia de descarga, todavía existe la condicionante de la educación. No todas las personas saben que existe u botón para cada tipo de descarga o muchas otras simplemente no les importa. Esto significa un ahorro del 20% del consumo de agua potable.

Los mingitorios se establecieron como aparatos sin agua. Al existir la tecnología tankless, este nuevo dispositivo tiene un consumo de 0 litros por descarga. Por otra parte, los lavamanos de grifos con temporizador se logra obtener un ahorro significativo en el consumo de agua ya que el grifo no se mantiene abierto durante todo el tiempo evitando desperdicios.

En el siguiente cuadro se muestra la diferencia en consumo de agua entre los aparatos normalmente utilizados y aquellos de bajo consumo. Esto con los datos de las cantidades de aparatos que se encontraran en el CIT.

Cuadro No. 173. Comparativo de consumo y ahorro de agua del CIT.

Aparato	Cantidad	Litros por descarga (LPD)		Total LPD		Ahorro en %
		Tanque	Fluxómetro	Tanque	Fluxómetro	
Inodoro	79.00	6.00	4.80	474.00	379.20	20%
		Fluxómetro	Sin agua	Fluxómetro	Sin agua	
Mingitorio	14.00	0.50	0.00	7.00	0.00	100%
		Convencional	Temporizador	Convencional	Temporizador	
Lavamanos	104.00	1.50	0.33	156.00	34.32	78%

Si se realiza un ejemplo en el que los 4,900 ocupantes del CIT utilizan dos veces los aparatos durante un día, podemos observar en el siguiente cuadro que aproximadamente habría 25 m3 de agua que se ahorrarían. Esto quiere de decir que se estarían consumiendo 25 m^3 menos de agua de la red de distribución municipal al día.

Cuadro No. 174. Comparativos de consumo y ahorro de agua durante un día.

Aparato	Personas	Usos	Convencional	Ahorrador	LPD Total Convencional	LPD Total Ahorrador	Total de ahorro diario	
Inodoro	4,900.00	2.00	6.00	4.80	58,800.00	47,040.00		
Mingitorio	2,450.00	2.00	0.50	0.00	2,450.00	0.00		
Lavamanos	4,900.00	2.00	1.50	0.33	14,700.00	3,234.00		
					75,950.00	50,274.00	25,676.00	litros
							25.68	m3

b. Reutilización de agua de lluvia. Los meses de lluvia en Guatemala son junio, julio, agosto, septiembre y octubre; siendo septiembre el mes más lluvioso del año según los datos del INSIVUMEH con un promedio mensual de 230 mm. La intensidad de lluvia para la región metropolitana con duración de 5 min y período de retorno de 10 años, está entre 130 mm/hr y 150 mm/hr. Esto quiere decir que en Guatemala llueve intensamente en un período de tiempo muy corto.

Es por esta razón que la reutilización de agua de lluvia se vuelve una opción válida para reducir el consumo de agua potable. Tan solo en la superficie impermeable del CIT se podría recolectar con esa intensidad 1880 m3 de agua si lloviera dos horas seguidas. Para esto se necesitaría una cisterna lo bastante grande. Pero la realidad es que esto sería en caso de una gran tormenta. En esta ocasión será una cisterna adecuada a la dotación promedio diario de los 4,900 ocupantes almacenada durante un día.

Durante los meses de lluvia no llueve todos los días y por el promedio mensual de lluvia obtenida del INSIVUMEH, se lograría recaudar un promedio diario de 48 m^3 en la superficie impermeable del CIT. Por lo que de los 122.5 m^3 de dotación diaria, durante esos 4 meses de lluvia anual se estaría ahorrando esos 48 m^3 de agua al día. Es decir, que de la red municipal solo se utilizarían 74.5 m3, representando un ahorro del 60% de agua.

7. Diseño del sistema contra incendios pasivo. Para el diseño de los sistemas contra incendios pasivos, no se contaba con una norma guatemalteca que certificara o normalizara este tipo de sistema en edificios que actualmente se encuentran en la ciudad de Guatemala. Por lo que, se procedió a diseñar cada uno de estos sistemas por medio de normas americanas como lo es la NFPA 72 que trata acerca del Código Nacional de Alarmas de Incendio y Señalización. Dicha norma tiene como alcance la aplicación, instalación, ubicación, desempeño, inspección, prueba y mantenimiento de los sistemas que se listan en los siguientes apartados de este capítulo. Esto siempre cumpliendo parámetros de diseño que establece la NFPA con el fin de que el sistema diseñado cumpla exitosamente a la hora de un suceso.

a. Diseño de detectores de humo. Para realizar el diseño de los detectores de humo, lo primero que se realizó básicamente fue analizar cada uno de los niveles (esto realizado en capítulo Análisis de espacios), en los cuales se iban a verificar las áreas de cada uno de los espacios que componían dicho nivel y el uso que iba a tener cada una de las áreas. Por medio de esta información se iba a determinar el nivel crítico y se concluiría el tipo de detector que mejor se acomodara al edificio, esto según la cobertura que tuviera el detector de humo.

Con base en lo que se mencionó anteriormente, se determinó que el nivel crítico a posibles incendios iba ser el primer nivel del edificio, ya que está conformado por corredores, aulas y laboratorios de diferentes facultades, en los que se iban a manipular gases, y estos se desconocían en la presente investigación, por lo que se decidió asumir que en estos laboratorios no se manipularían gases, sino que se podría existir un incendio por el mal uso del equipo de mortero o corto circuito en los espacios. Para ello nos basamos en el capítulo 17 de la norma, en donde nos habla acerca de los dispositivos de inicio.

Para el diseño se tuvo claro los estándares que solicita la norma, para la selección de equipos se tuvo como premisa la selección de los detectores más adecuados para el mismo que fuera funcional cumpliendo los requerimientos mínimos y que no fuera demasiado caros para el proyecto. Entre las premisas más importantes de diseño que se manejaron fueron:

- El edificio contará con cielo falso, con el fin de reducir la cantidad de detectores de humo en cada ambiente del edificio. Si no fuera así, se tendría que instalar los detectores en cada espacio libre que se tenga entre vigas, ya que se debería considerar cada área de la cuadrícula de la losa como un área individual para la protección con detectores de humo con el uso del cielo falso se delimita mejor los espacios y ayudaría a reducir costos por la cantidad de dispositivos a instalar.
- Se asumió que los laboratorios no manejaránn gases, por lo que no se implementó detectores de gases. Esto debido a que se desconocían los gases que se manipularían en los laboratorios de ingeniería química y de alimentos.
- Se contempló que la temperatura que alcanzará a la hora de un suceso no iba a superar los 133°C, por lo que se catalogó como una temperatura elevada (Ver tabla No. 25). Esto se debe a que cuando alcanza la temperatura indicada, el incendio tiene que ser combatido por un sistema activo o por un cuerpo de bomberos.

Cuadro No. 175. Clasificación de temperatura y codificación por color para detectores de incendio sensores de calor y de humo.

Clasificación por temperatura	Rango de temp. nominal (°F)	Rango de temp. nominal (°C)	Máxima temperatura del techo (°F)	Máxima temperatura del techo (°C)	Código de color
Baja[1]	100 a 134	39 a 57	20[2] por debajo	11[2] por debajo	Sin color
Común	135 a 174	58 a 79	100	38	Sin color
Intermedia	175 a 249	80 a 121	150	66	Blanco
Elevada	250 a 324	122 a 162	225	107	Azul
Muy elevada	325 a 399	163 a 204	300	149	Rojo
Extra elevada	400 a 499	205 a 259	375	191	Verde
Ultra elevada	500 a 575	260 a 302	475	246	Naranja

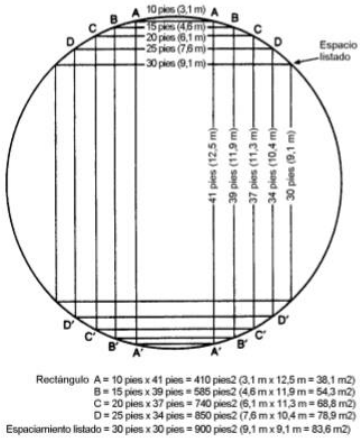
[1] Sólo para instalar en áreas con ambiente controlado. Las unidades deberán estar marcadas para indicar la máxima temperatura ambiental de instalación.
[2] La máxima temperatura del techo debe estar 20°F (11°C) por debajo de la temperatura del detector.
NOTA: La diferencia entre la temperatura nominal y la máxima temperatura ambiental deber ser tan pequeña como sea posible para minimizar el tiempo de respuesta.

Fuente: National Fire Protection Association 72. Edición 2013.

Luego se determinó la cantidad de los detectores de humo que se requerían en cada una de las áreas del primer nivel del edificio, lo anterior, para determinar la distribución que iba a tener cada uno para cubrir la mayor área posible. Para ello lo primero que se hizo fue determinar la cobertura que se deseaba tener en cada una de las áreas y luego seleccionar el tipo de detector que llenará las exigencias que demandaba el sistema.

Para determinar la cobertura del detector de humo, tuvimos que basarnos en el supuesto que íbamos a tener un cielorraso liso (el cual se listo anteriormente), luego por medio del inciso 17.3.1.1 se determinó la cobertura del mismo por medio de la Figura No. 13. Esta solamente se empleó para superficies rectangulares y para definir los espaciamientos entre sensores que se iban a tener. Para nuestro diseño se escogió un espaciamiento de 10 pies (3,1 m) x 41 pies (12.8 m) dándonos una cobertura de 410 pies cuadrados (38,1 metros cuadrados). No se escogió un "espaciamiento listado" como dice la figura, esto debido al uso que posee la estructura. Ya que si fuera de uso industrial sí se podría emplear ese rango de cobertura y el rango de B, C y D que muestra la figura.

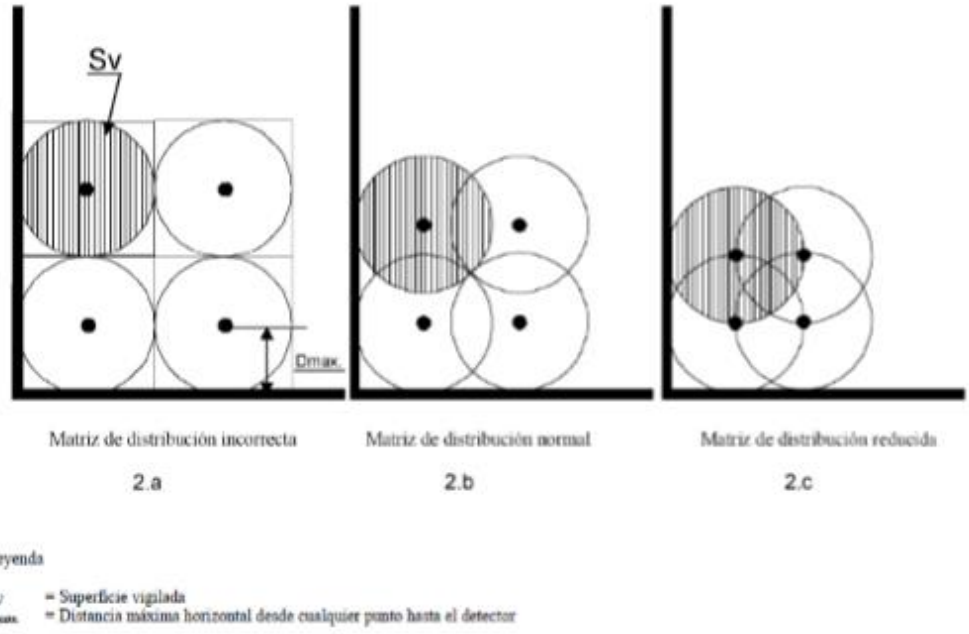
Figura No. 297. Espaciamiento del detector en superficies rectangulares.



Fuente: National Fire Protection Association 72. Edición 2013.

Para la distribución de los detectores de humo, también se tuvo que tener en cuenta la matriz de distribución que se deseaba tener. Para nuestro diseño empleamos una matriz de distribución normal como se muestra en la Figura No. 298, esto con el fin de reducir espacios vacíos en cada una de las áreas del edificio y ahorrar la cantidad de detectores de humo en cada uno de los espacios.

Figura No. 298. Matriz de distribución de detectores de humo.



Fuente: Pérez, 2013.

Por lo anteriormente indicado, se logró determinar la cantidad de detectores de humo que se requería en cada una de las áreas del edificio. Para ello fue de mucha importancia conocer las de humo de los espacios y las áreas de las mismas. Esto con fin de determinar el número mínimo de detectores que se requerían y para determinar el número de los mismos en cada una de las áreas se utilizó la siguiente fórmula:

$$N = \frac{Stotal}{Sv}$$

En donde:

- Sv iba a ser el área de cobertura del rociador, este dado en m^2
- $Stotal$ iba a ser el área total del espacio que se estaba analizando, este dado en m^2

(Pérez, 2013)

Con base en la expresión anterior, se determinó que el número de detectores de humo a implementar en cada una de las áreas para el primer nivel sería de 91 dispositivos de humo , este siendo el nivel crítico de todo el edificio, por encontrarse los diferentes laboratorios de la facultad de ingeniería de la Universidad del Valle de Guatemala. Para ver la distribución de los detectores se puede observar en el plano No. 5 adjunto en anexos

hidráulico, en donde se muestra la matriz de distribución para ubicar los detectores de humo en el laboratorio de mecánica, ubicado en el aula 120 del edificio CIT.

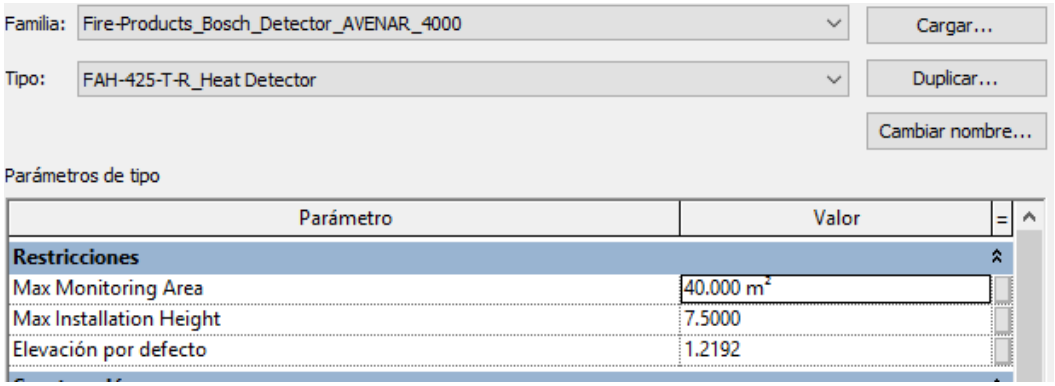
Cuadro No. 176. Número de detectores de humo con base en cobertura de detectores de humo.

NIVEL	USO	AULA	ÁREA (m2)	ÁREA DETECTOR (m2)	DETECTORES DE HUMO
	Corredor	N/A	416.00	40.00	11.00
	Plaza Techada	N/A	429.00	40.00	11.00
	Lab mecánica	123	162.00	40.00	5.00
	Lab Ing. Civil	124	88.00	40.00	3.00
	Lab. Mecánica	120	132.00	40.00	4.00
	Lab de energías	102	142.00	40.00	4.00
	Lab de mecánica	121	122.00	40.00	4.00
1	Lab de energías	146	123.00	40.00	4.00
	Lab de energías	126	123.00	40.00	4.00
	Lab de energías	127	143.00	40.00	4.00
	Lab de energías	144	121.00	40.00	4.00
	Lab de energías	122	135.00	40.00	4.00
	Fab Lab	145	432.00	40.00	11.00
	Fab Lab	101	56.00	40.00	2.00
	Laboratorio	140	634.00	40.00	16.00
					91.00

Fuente: elaboración propia.

Por medio de la matriz de distribución, el número de detectores de humo y sus fichas técnicas que íbamos a emplear en el diseño, serían detectores de humo marca Bosch, los que tendrían un área de monitoreo máxima de 40.00 m^2. Se empleó esta marca debido a que se encuentran disponibles en el mercado guatemalteco y además porque llenan uno de los requerimientos que nosotros solicitábamos, que era el área de cobertura del detector que en nuestro diseño debía ser como máximo de 38.10 m^2.

Figura No. 299. Área de monitoreo máxima de detector de humo marca Bosch.

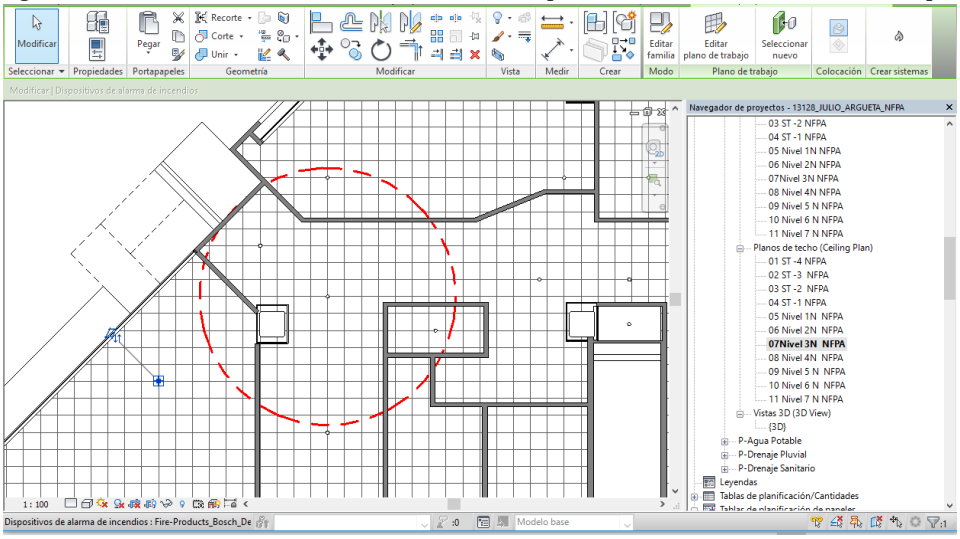


Fuente: elaboración propia.

Por medio de la cobertura máxima de los sensores se empezó a realizar la ubicación de los mismo en el CIT, en donde se aprecia la cubertura de los sensores instaladas en el modelo dibujado en programa REVIT.

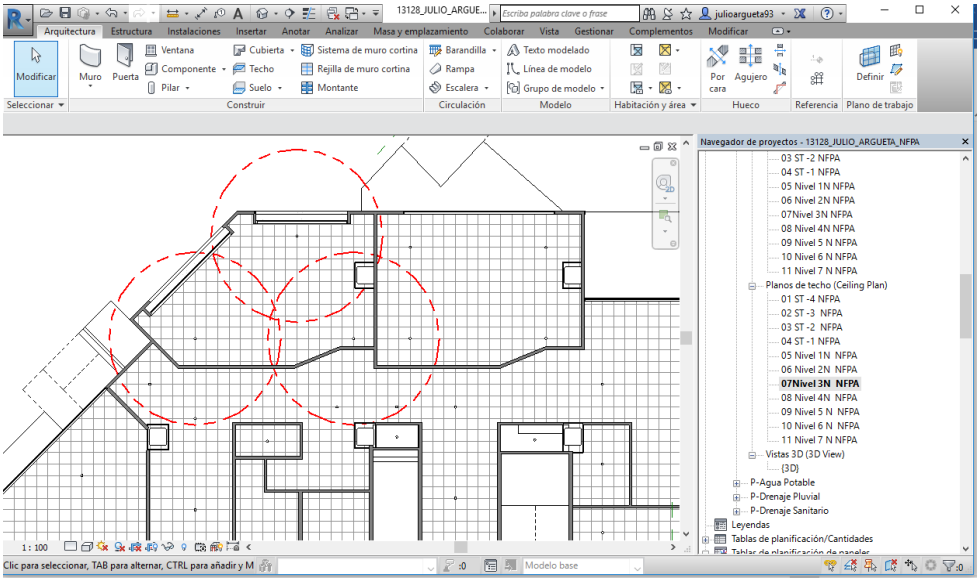
Para poder ubicar cada uno de los detectores de humo, se procedió a realizar la edición de la familia del detector en donde se iba a dibujar la cobertura que este iba a tener. Esto con el fin de poder dibujar la matriz de distribución normal que se requería para este sistema de protección, con el fin de reducir los espacios vacíos y evitar una exageración en el diseño del sistema y a vez cumpliendo con los criterios que nos establece la NFPA 72 en el capítulo 17.

Figura No. 300. Cobertura del detector de humo en pasillo en el nuevo edificio del campus



Fuente: elaboración propia.

Figura No. 301. Cobertura del detector de humo en aula 300 ubicada en el tercer nivel

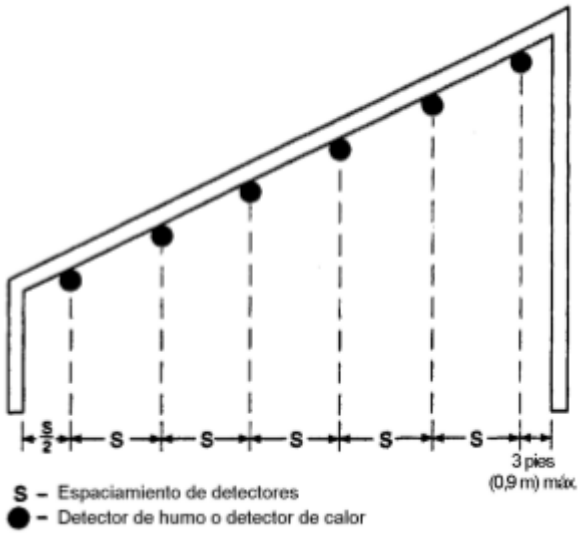


Fuente: elaboración propia.

El procedimiento anterior se hizo para cada uno de los espacios que componía el edificio. Este solo varió para los auditorios que contenían el edificio. Para los detectores de humo que se iban a ubicar en los auditorios se tuvo que basar en el capítulo 17.6.3 en donde se habla acerca de los cielorrasos con pendientes (a dos aguas y a un agua). Para nuestro edificio se asumió que iba a ser de pendiente de tipo a un agua . Para ello se tuvo que tener los siguientes aspectos:

1. Cuando se tienen pendientes menores de 30°: Todos los detectores se deben espaciarse aplicando la altura del vértice del cielorraso.
2. Cuando se tienen pendientes mayores a los 30°: Todos los detectores, excepto aquellos que se encuentran ubicados en el vértice, deberán espaciarse aplicando la altura promedio de la pendiente o altura del vértice.
3. Además, se tenía que tener en cuenta que el espaciamiento se debía medir a lo largo de una proyección horizontal del cielorraso, de acuerdo con el tipo de construcción del cielorraso. (NFPA 72, 2013)

Figura No. 302. Disposición del espaciamiento del detector de humo o calor, cielorrasos con pendiente (tipo a un agua).



Fuente: National Fire Protection Association 72. Edición 2013.

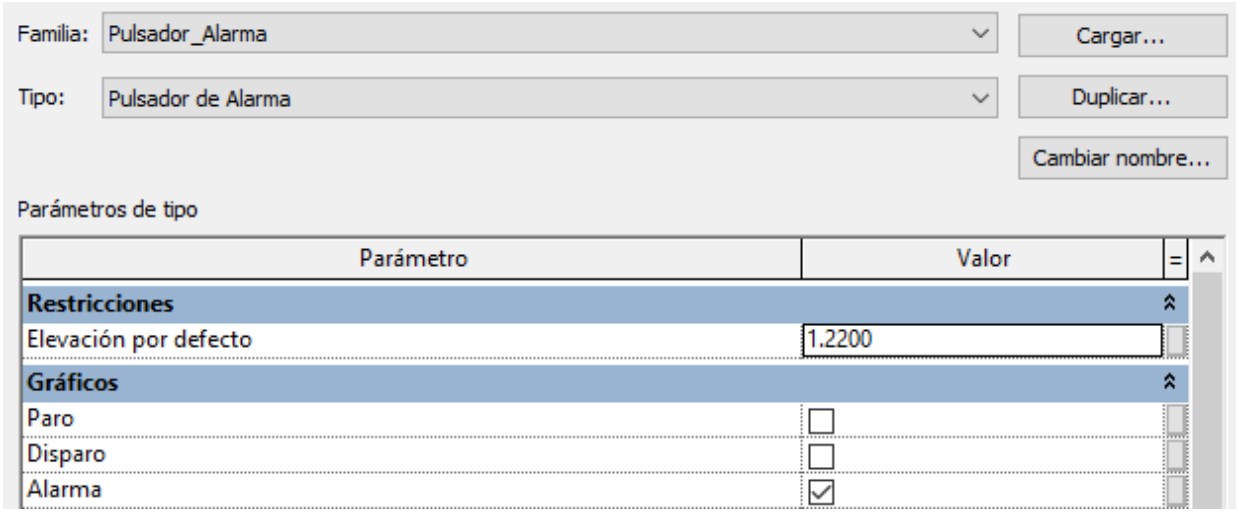
También otro aspecto que se debía para los auditorios y espacios que tengan contemplado sistemas de aire acondicionado centralizado, es basarse en el inciso 17.7.4.1 de la norma NFPA 72, en donde nos mencionan la suma importancia de seleccionar una correcta ubicación a los detectores de humo lejos de las rejillas de ventilaciones, esto con el fin de evitar fallas del sistema, un ejemplo las falsas alarmas. Pero para este proyecto como no se poseía la ubicación de los ductos de las salidas del aire acondicionado se analizaron los auditorios como se había hecho anteriormente con las demás áreas del edificio. Ahora si se llegara a conocer, estos deberán ser ubicados a una distancia inferior a 36 pulgadas (910 mm) del difusor de suministro de aire o de la apertura de retorno de aire.

b. Diseño de ubicación de accionadores manuales. Para el diseño de las alarmas accionadas, lo primero que se realizó fue una inspección del nivel, esto básicamente fue analizar la distribución que iba a tener y el uso de cada uno de sus espacios. Esto se realizó con el fin de determinar la posible distribución que iban a poseer los accionadores manuales, siempre y cuando éstos cumplan los criterios de diseño que nos establece la NFPA 72 en el capítulo 17.

Entre los criterios de diseño que se contempló para el sistema de accionadores manuales, se encuentran los siguientes:

- Para la distribución de los accionadores manuales nos basamos en el inciso 17.14.5, en donde nos indica que la altura del dispositivo no debe ser menor a 41 pulgadas equivalente a 1.07 m, ni mayor a 48 pulgadas equivalente a 1.22 m desde el nivel de piso. Esto con el fin de que, si se llega a dar un incendio, una persona incapacitada tenga el alcance de accionar el dispositivo durante el suceso. Por lo tanto, en este proyecto se decidió instalar los accionadores a la altura máxima que nos indicaba la norma, para esto ver Figura No. 19 en donde se detalla la elevación de los pulsadores manuales del modelo.

Figura No. 303. Elevación de la familia del pulsador manual empleado en el modelo.



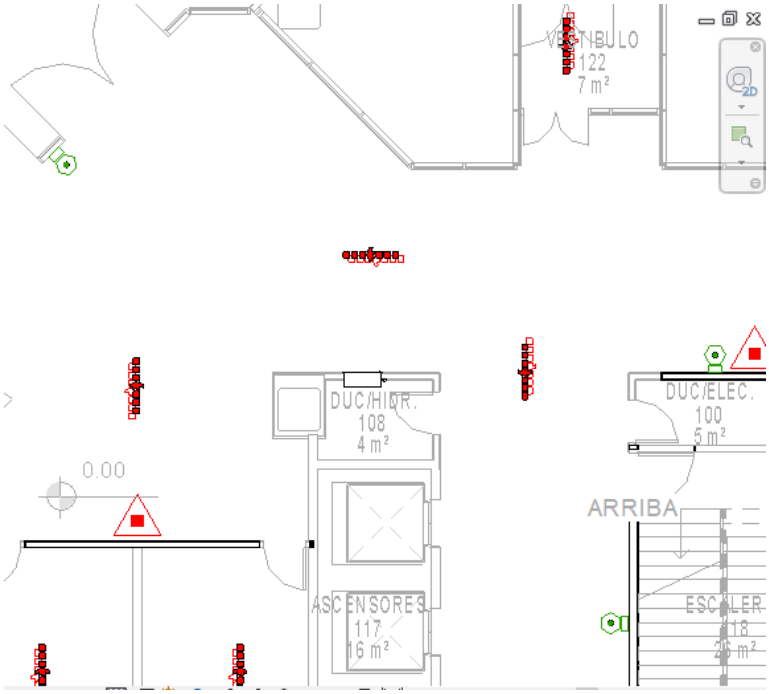
Fuente: elaboración propia

- También se tomó en cuenta lo que se menciona el inciso 17.14.8.2 que las estaciones manuales de alarma de incendios deben instalarse de modo que sean claramente visibles, sin obstrucciones y accesibles. Por lo tanto, se decidió instalar las estaciones manuales en pasillos, en salidas de emergencia, en la entrada de los módulos de las gradas y en puntos estratégicos del edificio. También se decidió instalar los accionadores en los laboratorios por ser áreas vulnerables a posibles incendios, por el tipo de sustancias que

se manejan, las cuales se desconocían en el presente trabajo, como lo son los laboratorios de química y de alimentos.

- Para los puntos estratégicos del edificio, se definió la ubicación en donde se reflejaría mayor concentración de personas a la hora de un suceso, por lo general en donde existiría un cuello de botella de personas a la hora de una evacuación, que en este caso serían los corredores del edificio y puntos cercanos a las rutas de evacuación.

Figura No. 304. Puntos de instalación de pulsadores manuales.



Fuente: elaboración propia

- Otra de las consideraciones para ubicar las estaciones manuales fue basarnos en el inciso 17.14.8.5 de la norma NFPA 72. En este inciso lo que indica la norma es que dichos dispositivos deben ser provistas de modo que la distancia de recorrido hasta la próxima estación más cercana no exceda los 200 pies equivalente a 61 m, medida horizontal en el mismo piso. (NFPA 72, 2013)

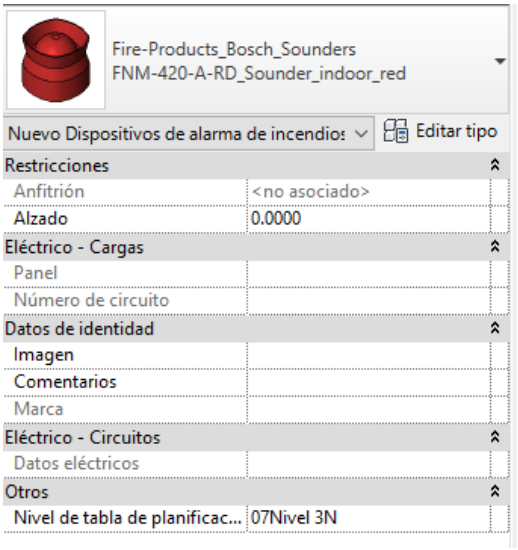
Con base en los criterios de diseño mencionados anteriormente, se analizó cada una de las áreas y se determinó la posible ubicación de los accionadores. El primer criterio que mencioné fue de suma importancia para el edificio, ya que no se sabe si en el edificio se encontrarán personas con alguna discapacidad, por lo que la altura de 1.22 m a nivel de suelo sí se debería tener en consideración en el diseño. Por otro lado, la instalación se propuso en puntos estratégicos del edificio en donde no se viera afectado el dispositivo por puntos no accesibles y en donde no excediera los 61 m para la estación más cercana. Para ello se realizó una matriz de distribución en donde nos

quedaban dos accionadores manuales, por lo que se procedió a instalar otros en puntos estratégicos, en donde se iba a tener una mayor concentración de ocupación. Además, se instalaron en los laboratorios por ser áreas vulnerables a posibles incendios.

c. Aparatos de notificación. El propósito de los aparatos de notificación en el CIT es proveer los estímulos para iniciar las acciones de emergencia y suministrar información a usuarios, personal de respuesta a emergencias y ocupantes. Los aparatos de notificación que se tomaron en cuenta fueron los auditivos y de visibilidad.

1) Aparatos audibles. Por consiguiente, los aparatos audibles a instalar en el CIT deberán ser aparatos que cuentan con un nivel sonoro ambiental promedio a 105 dBA y estos no deberán exceder los 110 dBA, esto según capítulo 18 de la NFPA 72. Para el diseño del sistema contra incendio se empleó una sirena de la marca Bosch, la cual cumplía con el número de decibelios que se necesitaban en el primer nivel. La Sirena que se empleó en el diseño se puede observar en la Figura No. 21.

Figura No. 305. Familia empleada para aparatos audibles en el nuevo edificio.



Fuente: elaboración propia

Para determinar la ubicación de los aparatos audibles se basó los criterios de diseño que nos establecía la NFPA los cuales podemos mencionar:

- Nos basamos en el inciso 18.4.8 de la norma, en donde se detalla las alturas de diseño para ubicar cada uno de los aparatos de notificación en una estructura. En nuestro diseño contemplamos una altura de ubicación de 2.29 m a nivel del suelo, estos montados en la pared y en los cielorrasos del edificio.
- También nos basamos en el inciso 18.4.8.2, en donde nos indica deben permitirse aparatos montados sobre cielorrasos o embutidos.

Por medio de los criterios de diseño que se mencionaron anteriormente se llevó a cabo la ubicación de las alarmas audibles del CIT.

Las ubicaciones en donde se iban a localizar los aparatos de notificación audible iban a ser en los pasillos del edificio. La separación que iba a tener cada una de las alarmas iba a ser de 16 m, esto con el fin de no reducir la cantidad de decibelios que se requerían en el sistema.

Se decidió no poner en aulas debido al ruido que produce cada sensor y también por fines económicos, esto se fundamentó según inciso 18.4.1.2 en donde nos indicaba que no era necesario ubicar alarmas audibles en espacios muy cerrados.

Figura No. 306. Instalación de aparatos audibles en pasillos.



Fuente: elaboración propia

2) Aparatos visibles. Los aparatos visibles en este caso las luces estroboscópicas se ubicaron en áreas visibles como lo indica el inciso 18.5.5. Para su ubicación se tuvo que ver dos aspectos, si estos se iban a ubicar en muros o en cielorrasos. Esto iba a depender de la configuración que tuviera la estructura. En nuestro caso la ubicamos en ambos, debido al uso que iba a tener cada una de las áreas del edificio. Por lo general en pasillos y auditorios se ubicaron en muros y en aulas, laboratorios y bibliotecas se ubicaron en el cielorraso.

En muros se deberían ubicar de manera que la totalidad del lente no sea menor de 80 pulgadas, equivalente a 2.03 m ni superior a las 96 pulgadas, equivalente a 2.44 m por encima del piso acabado. Cuando las bajas alturas de los cielorrasos no permiten el montaje en muro, estos deberán ser montados en los cielorrasos. Para los laboratorios del primer nivel, se decidió ubicar las alarmas visibles en los cielorrasos del edificio, esto debido al impedimento que se tenía en cada uno de los muros de los laboratorios. Ya que la mayor parte de los muros de los laboratorios iban a ser muros de vidrio y por estética del cableado que conlleva la cada uno de estos aparatos se decidió instalar en los cielorrasos del edificio.

Los espaciamientos que deben de cumplir las luces estroboscópicas se basan en el inciso 18.5.5.4.1, en donde se detalla el espaciamiento en salas para aparato visibles montados sobre muros. Los cuales se iban a emplear para los pasillos que componían el primer nivel del edificio del CIT.

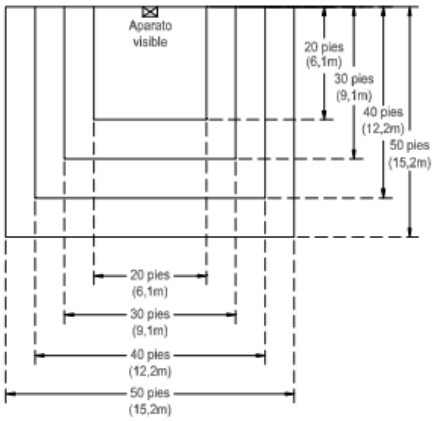
Cuadro No. 177. Espaciamiento en salas para aparatos de notificación visible montados sobre muros.

Tamaño máximo de la sala		Salida lumínica mínima requerida [intensidad efectiva (en CD)]	
En pies	En m	Una luz por sala	Cuatro luces por sala (una luz por muro)
20 × 20	6.10 × 6.10	15	NA
28 × 28	8.53 × 8.53	30	NA
30 × 30	9.14 × 9.14	34	NA
40 × 40	12.2 × 12.2	60	15
45 × 45	13.7 × 13.7	75	19
50 × 50	15.2 × 15.2	94	30
54 × 54	16.5 × 16.5	110	30
55 × 55	16.8 × 16.8	115	30
60 × 60	18.3 × 18.3	135	30
63 × 63	19.2 × 19.2	150	37
68 × 68	20.7 × 20.7	177	43
70 × 70	21.3 × 21.3	184	60
80 × 80	24.4 × 24.4	240	60
90 × 90	27.4 × 27.4	304	95
100 × 100	30.5 × 30.5	375	95
110 × 110	33.5 × 33.5	455	135
120 × 120	36.6 × 36.6	540	135
130 × 130	39.6 × 39.6	635	185

NA: No aceptable

Fuente: National Fire Protection Association 72. Edición 2013.

Figura No. 307. Espaciamiento en salas para aparatos visibles montados en muros.



Fuente: National Fire Protection Association 72. Edición 2013.

En nuestro diseño se emplea una intensidad efectiva de 110 candelas (cd). Por lo que cubre cada aparato visible son 262.44 m^2. Estas solo se instalaron en pasillos del edificio, en laboratorios, cafeterías y auditorios que se encontraban en el primer nivel del edificio.

8. Diseño del sistema contra incendios activo.

a. Extinguidores portátiles. Lo primero que se realizó fue definir la categoría del posible incendio que pudiera llegar a tener la estructura. Para ello nos basamos en el inciso 5.2. Por el uso y el riesgo que iba a tener el edificio, el cual se definió como un riesgo leve por ser de uso educativo, esto se definió por medio de la NFPA 101. Por medio del uso y el riesgo se clasifica el incendio que se podían tener en el CIT. Los cuales se detallan a continuación:

Figura No. 308. Clases de incendio definidos para el CIT.

5.2.1 Incendios Clase A. Los incendios de Clase A son incendios de materiales combustibles comunes, como la madera, tela, papel, caucho y muchos plásticos.

5.2.2 Incendios Clase B. Los incendios de Clase B son incendios de líquidos inflamables, líquidos combustibles, grasas de petróleo, alquitrán, aceites, pinturas a base de aceite, disolventes, lacas, alcoholes y gases inflamables.

Fuente: National Fire Protection Association 10. Edición 2013.

Luego de definir la clase de incendios que se puede producirse en el edificio se procedió a definir la clasificación de extintores. Paro lo que se basó en la sección 5.3.2.6 de tipo de agente halogenado. Por lo tanto, este tipo de extintor que se propuso implementar en el edificio se caracteriza, por ser un buen extinguidor de fuego sin producir daños en equipos o en áreas protegidas. Este tipo de extinguidor se implementó por recomendación de un especialista en el tema, esto debido a la característica que poseía el extintor, las cuales expuse anteriormente.

Posteriormente se definió la clase de riesgo del edificio. Por el uso del CIT se catalogó el riesgo como un "Riesgo Leve". Lo que nos dice el "Riesgo Leve" en la norma, es *"Las ocupaciones de riesgo leve deben clasificarse como ubicaciones donde la cantidad y combustibilidad de los combustibles Clase A e inflamables Clase B es baja y se espera que los fuegos ardan con tasas relativamente bajas de liberación de calor. Estas ocupaciones involucran riesgos de incendio que tienen cantidades de mobiliario combustible Clase A en cantidades normalmente esperadas, y/o la cantidad total de inflamables Clase B que típicamente se espera estén presentes es menor de un galón (3.8L) en cualquier salón o área."* (NFPA 10, 2013)

Para la instalación de los extinguidores se utilizó la sección 6.1.1.1. en donde indica que la instalación de los extintores debe ser independiente del edificio si este está equipado con rociadores automáticos, tubería vertical y mangueras, u otro equipo de protección fija. Esto se recalca en el diseño, debido a que hay casos que se cree que si existe un sistema de rociadores automáticos ya no es necesario instalar extinguidores portátiles en la estructura y esto con el fin de economizar costo de presupuesto en el sistema diseñado, de lo cual no es cierto debido a que es un sistema independiente del otro.

Para la ubicación de los extintores se propuso instalarlos en los corredores del edificio, en salidas de emergencia, auditorios y especialmente en los laboratorios por ser áreas vulnerables a incendios. Esto con el fin de cumplir con el inciso 6.1.3 de la norma en donde nos norma lo siguiente:

- Los extintores de incendio deben estar colocados visiblemente donde estén fácilmente accesibles y a disposición inmediata en caso de un incendio.
- Los extintores de incendios deben estar colocados a lo largo de las vías normales de desplazamiento, incluyendo las salidas de las áreas.
- No deben estas obstruidos ni ocultos a las vistas.

Según lo anterior se decidió ubicar cada extintor en los pasillos del edificio por ser áreas visibles en donde estos se iban a encontrar accesibles para su disposición inmediata en caso de un incendio en donde se observa la ubicación de uno de los extintores del quinto nivel del CIT.

Figura No. 309. Extintor ubicado en pasillo ubicado en el quinto nivel del CIT



Fuente: elaboración propia.

La altura de instalación de los extintores nos basamos en el inciso 6.1.3.8. en donde nos norma que los extintores de incendio con un peso bruto no mayor de 40 lb (18.14 kg), que en este caso va ser extintor convencional de CO2 deberá instalarse de manera que la parte superior del extintor no esté a más de 5 pies, equivalente a 1.53 m sobre el suelo. Además, estos se encuentran localizados en gabinetes, por lo que se tuvo que considerar el inciso 6.1.3.10 donde indica que los gabinetes que albergan los extintores de incendio no deben cerrarse con cerrojo, a menos que el extintor este sometido al abuso.

Para determinar el número mínimo de extintores de los niveles, procedió en dividir el área total del piso por el área máxima a ser protegida por la extinción, el cual lo detalla el Cuadro No. 28 donde hace referencia al tamaño y localización del extintor. Asimismo adjunto en anexos (Hidráulica), en donde hace referencia al tamaño y localización del extintor de incendio para riesgo de Clase B.

Cuadro No. 178. Tamaño y localización de extintores de incendio para riesgo de Clase A.

Criterio	Ocupación de riesgo leve (Bajo)	Ocupación de riesgo ordinario (Moderado)	Ocupación de riesgo extraor-dinario (Alto)
Extintor individual Clasificación Minima	2-A	2-A	4-A
Area máxima de piso por unidad de A	3000 pies^2	1500 pies^2	1000 pies^2
Área máxima de piso por extintor	11.250 pies^2	11.250 pies^2	11.250 pies^2
Distancia máxima de recorrido hasta el extintor	75 pies	75 pies	75 pies

Para unidades SI, 1 pie = 0.305 m; 1 pie^2 =0.0929 m^2.
Nota: Para explicación del área máxima de piso, Ver E.3.3.

Fuente: National Fire Protection Association 10. Edición 2013.

Con base al Cuadro No. 178 se pudo determinar el número mínimo de extinguidores a instalar en cada uno de los niveles del edificio para las áreas que listamos en el Cuadro No. 179.

Cuadro No. 179. El número mínimo de los extintores a instalar.

NIVEL	USO	ÁREA (m2)	ÁREA DE LA TABLA (m2)	NÚMERO MÍNIMO DE EXTINTORES	TOTAL DE EXTINGUIDORES
	Corredor	416.00	278.85	2.00	
	Plaza Techada	429.00	278.85	2.00	
	Lab mecánica	162.00	278.85	1.00	
	Lab Ing. Civil	88.00	278.85	1.00	
	Lab. Mecánica	132.00	278.85	1.00	
	Lab de energías	142.00	278.85	1.00	
	Lab de mecánica	122.00	278.85	1.00	
1	Lab de energías	123.00	278.85	1.00	20.00
	Lab de energías	123.00	278.85	1.00	
	Lab de energías	143.00	278.85	1.00	
	Lab de energías	121.00	278.85	1.00	
	Lab de energías	135.00	278.85	1.00	
	Fab Lab	432.00	278.85	2.00	
	Fab Lab	56.00	278.85	1.00	
	Laboratorio	634.00	278.85	3.00	
	Vestibulo	190.00	278.85	1.00	
	Vestibulo	112.00	278.85	1.00	
2	Vestibulo	103.00	278.85	1.00	7.00
	Vestibulo	186.00	278.85	1.00	
	Food Court	632.00	278.85	3.00	
	Vestibulo	733.00	278.85	3.00	
3	Sum Interactivo	95.00	278.85	1.00	7.00
	Biblioteca	700.00	278.85	3.00	
4	Vestibulo	1,165.00	278.85	5.00	5.00
5	Vestibulo	1,042.00	278.85	4.00	4.00
6	Vestibulo	941.00	278.85	4.00	4.00
	Auditorio	267.00	278.85	1.00	
	Lobby	48.00	278.85	1.00	
7	Vestibulo	268.00	278.85	1.00	10.00
	Food Court	1,552.00	278.85	6.00	
	Cuarto de maquinas	71.00	278.85	1.00	
				TOTAL DE LOS NIVELES	57.00

Fuente: elaboración propia.

Por último se pudo concluir que la cantidad mínima de extintores que se requerían en el primer nivel del edificio del CIT eran de 20 extintores. Pero luego de analizar la planta de la ubicación de cada uno de los extintores se observó que la cantidad sugerida al inicio no serían suficientes para la demanda del mismo. Por tal motivo se decidió instalar un total de 21 extintores en el primer nivel del edificio. Esto se debida principalmente por la distribución de cada uno de los espacios y por las áreas totales a cubrir. Para la ubicación de los extintores fueron en los corredores del edificio, laboratorios y si analizáramos los demás niveles serían en los auditorios y cercanías de cocinas. La cantidad de los extintores por nivel se puede observar en el Cuadro No. 180. Para los 24 extintores extra que se instalaron en el edificio, se puede instalar extintores de 20 lb o de 30 lb para hacer más económico el presupuesto de estos y así cumplir con la NFPA.

Cuadro No. 180. Número de extintores por nivel del edificio.

Nivel	Total de extinguidores
1.00	21.00
2.00	8.00
3.00	12.00
4.00	10.00
5.00	10.00
6.00	10.00
7.00	10.00
TOTAL ROCIADORES DEL EDIFICIO	81.00

Fuente: elaboración propia.

La distribución de los extintores se puede observar en el plano No. 2, adjunto en anexos. En donde se muestra una planta de la distribución de los extinguidores portátiles y los accionadores manuales de las alarmas del nivel 1 del edificio CIT.

b. Sistema de rociadores. En la instalación del sistema de rociadores se basó en el capítulo 8, inciso 8.1 de la norma NFPA 13 en donde se detalla los requisitos básicos que se deben cumplir en la instalación de los mismos, los cuales se listan a continuación:

- Los rociadores deben ubicarse de manera que no se exceda el área máxima de protección por rociador.
- Los rociadores deben ubicarse y posicionarse de manera que brinden un desempeño satisfactorio con respecto al tiempo de activación y distribución.
- Deben permitirse omitir rociadores en las áreas en donde la norma lo específica.

Para el diseño del sistema de rociadores se definió que la estructura es un edificio de gran altura (28m), por lo tanto, debe poseer un sistema de rociadores automáticos, esto debido a la altura y al área total que este posee, ya que exceden los 52,000 pies^2 (4,831m^2) que nos norma la NFPA 13. Esto según inciso 8.2 donde se trata de las limitaciones del área de protección del sistema. Para el diseño se seleccionó el área crítica del edificio, el cual iba a demandar más agua, esto por las áreas necesarias a cubrir por él sistema. Por tal motivo se utilizó para el diseñó el primer nivel del edificio, en el cual se ubican los diferentes laboratorios de la facultad de ingeniería, los cuales se consideraron como áreas vulnerables a incendios.

Luego se definió la ocupación de la estructura, la cual se catalogó como una ocupación de riesgo leve por el uso que tiene la estructura, esto según la norma NFPA 13 inciso 5.2. Esto se hizo con fin para determinar el tipo de rociador que se iba a emplear en el diseño del sistema. En este caso se iba a tratar de un rociador tipo “Upright”. Ver cuadro No. 181 donde se detalla datos relevantes del rociador que se emplea en el diseño.

Cuadro No. 181. Datos de rociador para diseño.

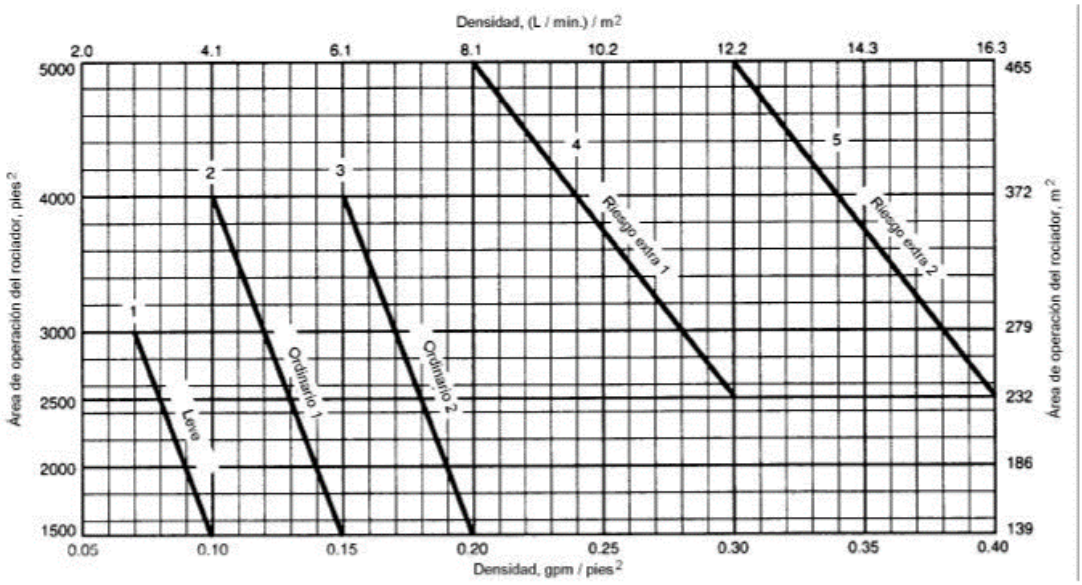
Datos rociador para diseño		
Tipo de rociador:	Rociador tipo Upright	
Temperatura máx:	107.00	°C
Clasificación de Tem.	Alta	
Color del bulbo:	Azul	
Presión nominal:	175.00	psi
K=	80.00	

Fuente: elaboración propia.

Se seleccionó este tipo de rociador debido a las presiones nominales que posee y por la temperatura máxima que puede tolerar, según lo norma la NFPA 13.

Luego se realizó un análisis de demanda del flujo que tendría el sistema, esto mediante curvas de densidad/área. Ver Figura No. 310. Donde se muestra las curvas densidad/área.

Figura No. 310. Curvas densidad/área.



Fuente: National Fire Protection Association 10. Edición 2013.

Para el uso de las curvas densidad/área se tuvo que determinar cada una de las áreas que componían al edificio y luego se especificó cada uno de los riesgos que iba tener cada una de las áreas del edificio. Por medio de las curvas de densidad/área se iba a determinar un valor dado en galones por minuto / pies^2 (gpm/ft^2), el cual se iba a multiplicar por el área de cada ambiente del edificio para determinar el caudal para cada una de las áreas del primer nivel del edificio. Los resultados obtenidos se pueden visualizar en el Cuadro No 182 donde nos arroja el caudal en (gpm) por ocupación en el primer nivel.

Cuadro No. 182. Caudales de áreas primer nivel.

OCUPACIÓN	AULA	ÁREA (m2)	ÁREA (ft2)	RIESGO	DENSIDAD (gpm/ft2)	CAUDAL (gpm)
Corredor	N/A	416.00	4,477.78	Riesgo Leve	0.05	223.89
Plaza Techada	N/A	429.00	4,617.71	Riesgo Leve	0.05	230.89
Lab de energías	123	142.00	1,528.47	Riesgo Ordinario	0.14	213.99
Lab de energías	124	143.00	1,539.24	Riesgo Ordinario	0.14	215.49
Lab mecánica	120	162.00	1,743.75	Riesgo Ordinario	0.14	244.13
Fab Lab	102	56.00	602.78	Riesgo Ordinario	0.15	90.42
Lab Ing. Civil	121	88.00	947.22	Riesgo Ordinario	0.15	142.08
Lab de energías	146	121.00	1,302.43	Riesgo Ordinario	0.15	195.36
Lab de mecánica	126	122.00	1,313.20	Riesgo Ordinario	0.15	196.98
Lab de energías	127	123.00	1,323.96	Riesgo Ordinario	0.15	198.59
Lab de energías	144	123.00	1,323.96	Riesgo Ordinario	0.15	198.59
Lab. Mecánica	122	132.00	1,420.83	Riesgo Ordinario	0.15	213.13
Lab de energías	145	135.00	1,453.13	Riesgo Ordinario	0.15	217.97
Fab Lab	101	432.00	4,650.00	Riesgo Ordinario	0.15	697.50
Laboratorio	140	634.00	6,824.31	Riesgo Ordinario	0.15	1,023.65

Fuente: elaboración propia.

Cuando se tiene el caudal es necesario calcular el caudal mayorado de cada uno de los espacios del edificio (ver Cuadro No. 183). Para determinar el caudal mayorado se multiplico por un factor de 10-15% por las posibles pérdidas de fricción que se podían tener en cada uno de los tramos del sistema. El factor que se empleó en el diseño fue del 10%, este se empleó debido a que las pérdidas de fricción que se iban a tener iban a ser mínimas en los ramales. Pero este factor queda a criterio del diseñador.

Cuadro No. 183. Caudal mayorado en los diferentes espacios del edificio.

OCUPACIÓN	AULA	ÁREA (m2)	ÁREA (ft2)	RIESGO	DENSIDAD (gpm/ft2)	CAUDAL (gpm)	CAUDAL MAYORADO (gpm)
Corredor	N/A	416.00	4,477.78	Riesgo Leve	0.05	223.89	246.28
Plaza Techada	N/A	429.00	4,617.71	Riesgo Leve	0.05	230.89	253.97
Lab de energías	123	142.00	1,528.47	Riesgo Ordinario	0.14	213.99	235.38
Lab de energías	124	143.00	1,539.24	Riesgo Ordinario	0.14	215.49	237.04
Lab mecánica	120	162.00	1,743.75	Riesgo Ordinario	0.14	244.13	268.54
Fab Lab	102	56.00	602.78	Riesgo Ordinario	0.15	90.42	99.46
Lab Ing. Civil	121	88.00	947.22	Riesgo Ordinario	0.15	142.08	156.29
Lab de energías	146	121.00	1,302.43	Riesgo Ordinario	0.15	195.36	214.90
Lab de mecánica	126	122.00	1,313.20	Riesgo Ordinario	0.15	196.98	216.68
Lab de energías	127	123.00	1,323.96	Riesgo Ordinario	0.15	198.59	218.45
Lab de energías	144	123.00	1,323.96	Riesgo Ordinario	0.15	198.59	218.45
Lab. Mecánica	122	132.00	1,420.83	Riesgo Ordinario	0.15	213.13	234.44
Lab de energías	145	135.00	1,453.13	Riesgo Ordinario	0.15	217.97	239.77
Fab Lab	101	432.00	4,650.00	Riesgo Ordinario	0.15	697.50	767.25
Laboratorio	140	634.00	6,824.31	Riesgo Ordinario	0.15	1,023.65	1,126.01

Fuente: elaboración propia.

Adicionalmente se iba a incluir un caudal para los hidratantes que en este caso iban a ser las mangueras verticales que forman parte del edificio. Para determinar el caudal de los hidratantes se basó en el Cuadro No. 184. en donde se detalla los requisitos para la asignación de chorros de mangueras y de duración del abastecimiento de agua para sistema calculados hidráulicamente.

Cuadro No. 184. Requisitos para la asignación de chorros de mangueras y de duración del abastecimiento de agua para sistema calculados hidráulicamente.

Ocupación	Mangueras interiores		Total combinado de las mangueras interiores y exteriores		Duración
	gpm	L/m	gpm	L/m	minutos
Riesgo Leve	50	189	100.00	379.00	30
	100	379			
Riesgo Ordinario	50	189	250.00	946.00	60-90
	100	379			
Riesgo extra	50	189	500.00	1,893.00	90-120
	100	379			

Fuente: National Fire Protection Association 10. Edición 2013.

Para determinar el caudal de las mangueras se seleccionó en base al riesgo que iba a tener cada una de las áreas del primer nivel, las cuales se definieron como un riesgo ordinario dándonos un caudal de hidratante de 250.00 gpm. Luego se determinó el caudal requerido que este básicamente iba a ser la suma entre el caudal mayorado y el

caudal de los hidratantes (obtenido del Cuadro No. 34), dándonos un requerimiento como el que se muestra en el Cuadro No. 35.

Cuadro No. 185. Requisitos para la asignación de chorros de mangueras y de duración del abastecimiento de agua para sistema calculados hidráulicamente.

OCUPACIÓN	AULA	ÁREA (m2)	ÁREA (ft2)	RIESGO	DENSIDAD (gpm/ft2)	CAUDAL (gpm)	CAUDAL MAYORADO (gpm)	PARA HIDRATANTES (gpm)	REQUERIMIENTO TOTAL (gpm)	RESERVA DE AGUA (min)
Corredor	N/A	416.00	4,477.78	Riesgo Leve	0.05	223.89	246.28	250.00	496.28	
Plaza Techada	N/A	429.00	4,617.71	Riesgo Leve	0.05	230.89	253.97	250.00	503.97	
Lab de energías	123	142.00	1,528.47	Riesgo Ordinario	0.14	213.99	235.38	250.00	485.38	
Lab de energías	124	143.00	1,539.24	Riesgo Ordinario	0.14	215.49	237.04	250.00	487.04	
Lab mecánica	120	162.00	1,743.75	Riesgo Ordinario	0.14	244.13	268.54	250.00	518.54	
Fab Lab	102	56.00	602.78	Riesgo Ordinario	0.15	90.42	99.46	250.00	349.46	
Lab Ing. Civil	121	88.00	947.22	Riesgo Ordinario	0.15	142.08	156.29	250.00	406.29	
Lab de energías	146	121.00	1,302.43	Riesgo Ordinario	0.15	195.36	214.90	250.00	464.90	90.00
Lab de mecánica	126	122.00	1,313.20	Riesgo Ordinario	0.15	196.98	216.68	250.00	466.68	
Lab de energías	127	123.00	1,323.96	Riesgo Ordinario	0.15	198.59	218.45	250.00	468.45	
Lab de energías	144	123.00	1,323.96	Riesgo Ordinario	0.15	198.59	218.45	250.00	468.45	
Lab. Mecánica	122	132.00	1,420.83	Riesgo Ordinario	0.15	213.13	234.44	250.00	484.44	
Lab de energías	145	135.00	1,453.13	Riesgo Ordinario	0.15	217.97	239.77	250.00	489.77	
Fab Lab	101	432.00	4,650.00	Riesgo Ordinario	0.15	697.50	767.25	250.00	1,017.25	
Laboratorio	140	634.00	6,824.31	Riesgo Ordinario	0.15	1,023.65	1,126.01	250.00	1,376.01	

Fuente: elaboración propia.

Con base en el Cuadro No. 185 se pudo determinar el área que demandaba más agua en el sistema de rociadores. Para este nivel iba a ser el laboratorio identificado como aula número 140, el cual demandaba un caudal requerido de 1,376.01 gpm. En base al caudal requerido máximo se procedió a realizar el diseño del sistema para el espacio 140 el cual es el que demandaba más agua en el sistema, esto según la NFPA.

Luego se determinó el número de rociadores que se requería en cada una de las áreas. Para ello se procedió a dividir cada una de las áreas del edificio en cuadrantes 36 metros cuadrados que es la cobertura que tiene cada uno de los rociador seleccionado de 6 m x 6 m, el cuál iba ser la cobertura máxima del rociador automático, esto según inciso 8.5.2.2.2. de la norma NFPA 13.

Por medio del área de cobertura se pudo determinar la cantidad de rociadores que se iban a requerir en cada uno de los espacios del edificio, el cual se detalla en el cuadro No. 186. El número de rociadores se determinó por medio del área de cada espacio dividido por la cobertura del rociador, arrojando como resultado que el laboratorio 140 necesita 18 rociadores para cubrir toda la zona en mención.

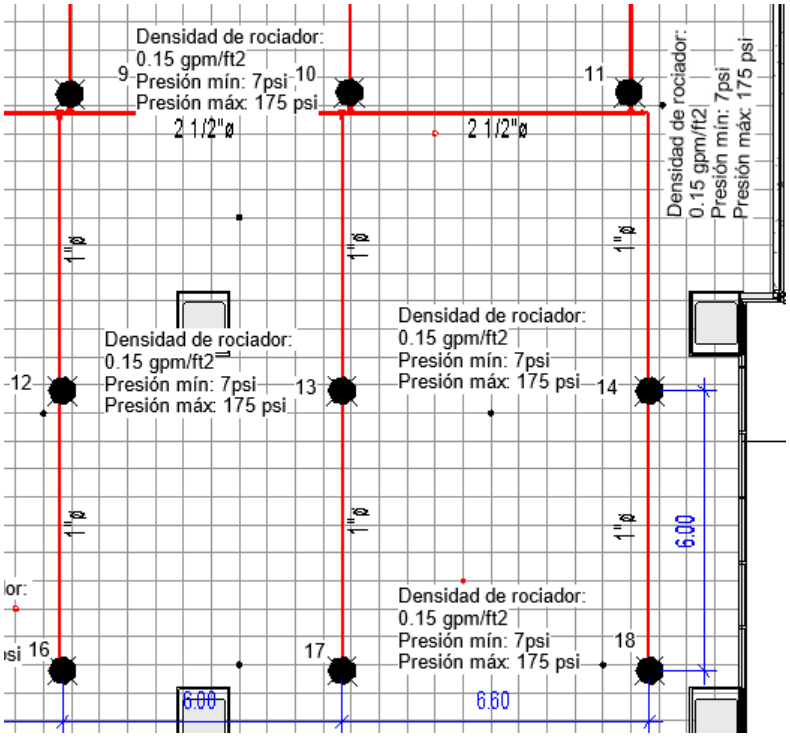
Cuadro No. 186. Número de rociadores del primer nivel CIT.

NIVEL	USO	AULA	CANTIDAD DE ROCIADOR	DIÁMETRO TUBERÍA (in)	TOTAL DE ROCIADORES
	Corredor	N/A	12.00	2 1\2	
	Plaza Techada	N/A	12.00	2 1\2	
	Lab mecánica	123	5.00	1 1\2	
	Lab Ing. Civil	124	3.00	1 1\4	
	Lab. Mecánica	120	4.00	1 1\2	
	Lab de energías	102	4.00	1 1\2	
	Lab de mecánica	121	4.00	1 1\2	
1	Lab de energías	146	4.00	1 1\2	96.00
	Lab de energías	126	4.00	1 1\2	
	Lab de energías	127	4.00	1 1\2	
	Lab de energías	144	4.00	1 1\2	
	Lab de energías	122	4.00	1 1\2	
	Fab Lab	145	12.00	2 1\2	
	Fab Lab	101	2.00	1	
	Laboratorio	140	18.00	2 1/2	

Fuente: elaboración propia.

En la Figura No.311, se muestra el espacio 140, donde se propone una posible distribución de los rociadores con el objetivo principal de no dejar áreas sin cubertura de los rociadores.

Figura No. 311. Cuadrilla para definir ubicación de rociadores según cobertura.



Fuente: elaboración propia.

Por medio del número de rociadores se logró determinar el diámetro necesario de las tuberías del sistema en cada uno de los ramales, en el Cuadro No. 187 se pueden observar los resultados esto según inciso 23.5.2.2.1 de la NFPA 13. Este diámetro se empleó para determinar la presión que el sistema requería, el cual se expone más adelante.

Cuadro No. 187. Tabla de tuberías para riesgo leve.

Acero

Diámetro (in)	No. de rociadores
1	2.00
1 1/4	3.00
1 1/2	5.00
2	10.00
2 1/2	30.00
3	60.00
3 1/2	100.00
4	Ver sección 8.2 NFPA-13

Fuente: National Fire Protection Association 13. Edición 2013.

Por medio del Cuadro No. 188 se puede observar que los diámetros de tubería de acero que se iba a emplear en este sistema iban a ser diámetros de 1”, 1 ¼”, 1 ½” y de 2 ½”.

Luego de haber obtenido los diámetros de diseño de la tubería, se procedió a calcular las presiones en cada uno de los ramales del área que requiere de mayor capacidad de presión que en este caso iba a ser el laboratorio 140 ubicado en el primer nivel del edificio. Para el cálculo de la presión se empleó la fórmula de pérdida por fricción de Hazen & Williams para unidades SI. La cual nos dice lo siguiente:

$$pm = 6.05\left(\frac{Qm^{1.85}}{C^{1.85} * dm^{4.87}}\right) * 10^5$$

En donde:

- Qm era el flujo (L/min).
- C era el coeficiente de pérdida de fricción de tubería que en este caso iba a ser 120.
- dm era el diámetro interior real de la tubería (mm).
- pm era la resistencia por fricción (bar/m).

(National Fire Protection Association 13, Edición 2013)

Por medio de la expresión anterior nos permitió calcular cada una de las pérdidas de carga de los ramales.

Cuadro No. 188. Hoja de cálculo de las pérdidas de carga de los ramales.

No.	IDENTIFICACION Y SITUACION DE LOS ROCIADORES		CAUDAL (L/Min)	DIAM TUB. (mm)	ACCESORIOS uds	ACCESORIOS TIPO (tabla No. 40)	ACCESORIOS L.EquivAcces.	LONGITUD EQUIVALENTE DE TUBERIA		PERDIDA de CARGA bar/metro
1	1		q= 132.91	25		T		LONG.		C= 120
					1	C	0.6	TRAMO	6	
						Va		ACCES	0.6	0.5796 bMtr
			Q= 353			Vc		TOTAL	6.6	
2	2		q= 97.24	32		T		LONG.		C= 120
					1	C	0.9	TRAMO	6	
						Va		ACCES	0.9	0.2229 bMtr
			Q= 366			Vc		TOTAL	6.9	
3	3		q= 97.24	32		T		LONG.		C= 120
					1	C	0.9	TRAMO	4.91	
						Va		ACCES	0.9	0.2229 bMtr
			Q= 366			Vc		TOTAL	5.8	
4	4		q= 97.2429	32		T		LONG.		C= 120
					1	C	0.9	TRAMO	4.91	
						Va		ACCES	0.9	0.2229 bMtr
			Q= 366			Vc		TOTAL	5.8	
5	5		q=	25	1	T	1.5	LONG.		C= 120
					1	C	0.6	TRAMO	6.27	
						Va		ACCES	2.1	0.2880 bMtr
			Q= 220			Vc		TOTAL	8.4	
6	6		q= 49	32	1	T	0.9	LONG.		C= 120
					1	C	1.8	TRAMO	6	
						Va		ACCES	2.7	0.1260 bMtr
			Q= 269			Vc		TOTAL	8.7	
7	7		q= 49	32	1	T	0.9	LONG.		C= 120
					1	C	1.8	TRAMO	6	
						Va		ACCES	2.7	0.1260 bMtr
			Q= 269			Vc		TOTAL	8.7	
8	8		q= 49.4163	32	1	T	0.9	LONG.		C= 120
					1	C	1.8	TRAMO	6	
						Va		ACCES	2.7	0.1260 bMtr
			Q= 269			Vc		TOTAL	8.7	
9	9		q=	65	1	T	3.7	LONG.		C= 120
					1	C	1.8	TRAMO	6	
						Va		ACCES	5.5	0.0027 bMtr
			Q= 220			Vc		TOTAL	11.5	

SIMBOLOGÍA	SIGNIFICADO
T	TEE
C	Codo de 90° ó 45°
VA	Válvula mariposa
VC	Válvula de compuerta

Fuente: elaboración propia.

Cuadro No. 189. Hoja de cálculo de las pérdidas de carga de los ramales.

10	10		q=		65	1	T	3.7	LONG.		C= 120
						1	C	1.8	TRAMO	6	
							Va		ACCES	5.5	0.0027 bMtr
			Q=	**220**			Vc		TOTAL	**11.5**	
11	11		q=		65	1	T	3.7	LONG.		C= 120
						1	C	1.8	TRAMO	6	
							Va		ACCES	5.5	0.0027 bMtr
			Q=	**220**			Vc		TOTAL	**11.5**	
12	12		q=		25	2	T	1.5	LONG.		C= 120
						1	C	0.6	TRAMO	6	
							Va		ACCES	3.6	0.2880 bMtr
			Q=	**220**			Vc		TOTAL	**9.6**	
13	13		q=		25	2	T	1.5	LONG.		C= 120
						1	C	0.6	TRAMO	6	
							Va		ACCES	3.6	0.2880 bMtr
			Q=	**220**			Vc		TOTAL	**9.6**	
14	14		q=		25	2	T	1.5	LONG.		C= 120
						1	C	0.6	TRAMO	6	
							Va		ACCES	3.6	0.2880 bMtr
			Q=	**220**			Vc		TOTAL	**9.6**	
15	15		q=		25	1	T	1.5	LONG.		C= 120
						1	C	0.6	TRAMO	12	
							Va		ACCES	2.1	0.2880 bMtr
			Q=	**220**			Vc		TOTAL	**14.1**	
16	16		q=	141.18	25		T		LONG.		C= 120
						1	C	0.6	TRAMO	6	
							Va		ACCES	0.6	0.7214 bMtr
			Q=	**361**			Vc		TOTAL	**6.6**	
17	17		q=	141.18	25		T		LONG.		C= 120
						1	C	0.6	TRAMO	6	
							Va			0.6	0.7214 bMtr
			Q=	**361**			Vc		TOTAL	**6.6**	
18	18		q=	141.18	25		T		LONG.		C= 120
						1	C	0.9	TRAMO	6	
							Va		ACCES	0.9	0.7214 bMtr
			Q=	**361**			Vc		TOTAL	**6.9**	

Fuente: elaboración propia.

Para llegar a la perdida de carga de cada uno de los rociadores lo que se hizo fue emplear la fórmula que habíamos mencionado anteriormente, esto con el fin de determinar en cada uno de los rociadores las pérdidas de carga que se iban a tener. Para ello se empleó un coeficiente de fricción de 120, debido a que se estaba diseñando un sistema húmedo de tuberías esto según el inciso 23.4.4.7.1 de la NFPA 13. También lo que se tuvo que calcular para

poder determinar las pérdidas de carga de cada uno de los ramales era el caudal (q) que iba a poseer cada uno de los rociadores, el cual se determinó mediante la fórmula:

$$q = K * \sqrt{Pt}$$

En donde:

- q es el flujo del nodo (L/min).
- K es el coeficiente nominal que en este caso sería 80 según inciso 23.7.1 de la NFPA 13.
- Pt es la presión normal del sistema (bar).

Luego se procedió a realizar el cálculo de las presiones normales de cada uno de los ramales. Para ello se tuvo que determinar el total de la longitud equivalente de tubería y de cada uno de los accesorios que componía el ramal. Para calcular la longitud aparente de la tubería se obtuvo por medio del metraje de tubería que se tenía en cada uno de los tramos y para determinar las longitudes equivales de cada uno de los accesorios que componían el sistema se empleó el Cuadro No. 190 en donde se detalla acerca de las longitudes equivalentes de la tubería de acero cédula 40. Esta se obtuvo en el inciso 23.4.3 de la NFPA 13. Para el diseño de hidráulico de este sistema los accesorios que se emplearon fueron: codos a 45°, codos a 90° y las TE o cruz.

Cuadro No. 190. Tabla longitudes equivalentes de la tubería de acero cédula 40.

	Accesorios y válvulas expresados en pies equivalentes de tubería															
Accesorios y válvulas	**in**	**1/2**	**3/4**	**1**	**1 1/4**	**1 1/2**	**2**	**2 1/2**	**3**	**3 1/2**	**4**	**5**	**6**	**8**	**10**	**12**
	(mm)	**15**	**20**	**25**	**32**	**40**	**50**	**65**	**80**	**90**	**100**	**125**	**150**	**200**	**250**	**300**
Codo 45°		-	1 (0.3)	1 (0.3)	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	3 (0.9)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	7 (2.1)	9 (2.7)	11 (3.4)	13 (4)
Codo estándar a 90°		1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	6 (1.8)	7 (2.1)	8 (2.4)	10 (3)	12 (3.7)	14 (4.3)	18 (5.5)	22 (6.7)	27 (8.2)
Codo de firo largo 90°		0.5 (0.2)	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	5 (1.5)	6 (1.8)	8 (2.4)	9 (2.7)	13 (4)	16 (4.9)	18 (5.5)
Té o cruz		3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	6 (1.8)	8 (2.4)	10 (3)	12 (3.7)	15 (4.6)	17 (5.2)	20 (6.1)	25 (7.6)	30 (9.1)	35 (10.7)	50 (15.2)	60 (18.3)
Válvula mariposa		-	-	-	-	-	6 (1.8)	7 (2.1)	10 (3)	-	12 (3.7)	9 (2.7)	10 (3)	12 (3.7)	19 (5.8)	21 (6.4)
Válvula compuerta		-	-	-	-	-	1 (0.3)	1 (0.3)	1 (0.3)	1 (0.3)	2 (0.6)	2 (0.6)	3 (0.9)	4 (1.2)	5 (1.5)	6 (1.8)
Retención tipo charnela		-	-	5 (1.5)	7 (2.1)	9 (2.7)	11 (3.4)	14 (4.3)	16 (4.9)	19 (5.8)	22 (6.7)	27 (8.2)	32 (9.3)	45 (13.7)	55 (16.8)	65 (20)

(National Fire Protection Association 13, Edición 2013)

Por medio de las longitudes equivalentes y la perdida de carga se procedió a realizar el cálculo del desglose de las presiones en cada uno de los ramales del laboratorio. Esto nos sirvió para determinar la presión total que se iba a tener en cada ramal del sistema de rociadores del laboratorio. Luego se procedió al cálculo de las presiones de velocidad, la cual iba a depender de la fórmula que nos da la NFPA 13 en el inciso 23.4.2.2. En donde nos dice que:

$$Pv = \frac{0.0011230 * Q^2}{D^4}$$

Donde:

- Pv es la presión de velocidad (psi) (SI: 1 psi= 0.0689 bar)
- Q es el flujo (gpm) (SI: 1 gal = 3.785 L)
- D es el diámetro interior (pulg) (SI: 1 pulg = 25.4 mm)

(National Fire Protection Association 13, Edición 2013)

Finalmente, de haber calculado las presiones totales y las presiones de velocidad se realizó el cálculo de las normales del sistema. Para ello nos basamos en la fórmula que nos indica la NFPA 13 en el inciso 23.4.2.3.

$$Pn = Pt - Pv$$

Donde:

- Pn era la presión normal
- Pt era la presión total [(psi) (bar)]
- Pv era la presión de velocidad [(psi) (bar)]

(National Fire Protection Association 13, Edición 2013)

Según las presiones calculadas se obtuve el siguiente resultado de las presiones del área crítica del primer nivel del CIT. Este se puede observar en el Cuadro No. 41 y 42 donde nos detalla la memoria de cálculo de las presiones del área crítica de ese nivel.

Cuadro No. 191. Memoria de cálculo de las presiones del sistema.

LONGITUD ENTRE RAMALES			6.00	DENSIDAD APLICACIÓN				6.1 L/min m2		SUPERFICIE TOTAL		3,258.00 m2		TIPO ROCIADOR / CANT		UPRIGHT	Nº ROC.
DISTANCIA ENTRE ROCIADORES			6.00	AREA COBERTURA ROCIADOR				36.0 m2		AREA DE DISEÑO		634.00 m2				Nº ROCIADORES DE DISEÑO	18
No.	IDENTIFICACION Y SITUACION DE LOS ROCIADORES		CAUDAL (L/Min)	DIAM TUB. (mm)	ACCESORIOS uds	TIPO (tabla No. 40)	L.EquivAcces.	LONGITUD EQUIVALENTE DE TUBERIA		PERDIDA de CARGA bar/metro	DESGLOSE DE PRESION		PRESION NORMAL		Coef K	VELOC m/sg	*NOTAS*	
1	1		q= 132.91	25		T		LONG.		C= 120	Pt	2.76	Pt	3.82559	80	7.18		
					1	C	0.6	TRAMO	6		Ph		Pv	0.71576				
						Va		ACCES	0.6	0.5796 bMtr								
			Q= 353			Vc		TOTAL	6.6		ΔP	3.825588941	Pn	3.10983				
2	2		q= 97.24	32		T		LONG.		C= 120	Pt	1.48	Pt	3.01585	80	4.55		
					1	C	0.9	TRAMO	6		Ph		Pv	0.28785				
						Va		ACCES	0.9	0.2229 bMtr								
			Q= 366			Vc		TOTAL	6.9		ΔP	1.538322879	Pn	2.72801				
3	3		q= 97.24	32		T		LONG.		C= 120	Pt	1.48	Pt	2.77284	80	4.55		
					1	C	0.9	TRAMO	4.91		Ph		Pv	0.28785				
						Va		ACCES	0.9	0.2229 bMtr								
			Q= 366			Vc		TOTAL	5.8		ΔP	1.295312453	Pn	2.485				
4	4		q= 97.2429	32		T		LONG.		C= 120	Pt	1.48	Pt	2.77284	80	4.55		
					1	C	0.9	TRAMO	4.91		Ph		Pv	0.28785				
						Va		ACCES	0.9	0.2229 bMtr								
			Q= 366			Vc		TOTAL	5.8		ΔP	1.295312453	Pn	2.485				
5	5		q=	25	1	T	1.5	LONG.		C= 120	Pt	0.35	Pt	2.76017	80	4.47		
					1	C	0.6	TRAMO	6.27		Ph		Pv	0.27777				
						Va		ACCES	2.1	0.2880 bMtr								
			Q= 220			Vc		TOTAL	8.4		ΔP	2.410169057	Pn	2.4824			PRESION RESIDUAL = 0,35 BAR	
6	6		q= 49	32	1	T	0.9	LONG.		C= 120	Pt	0.38	Pt	1.47753	80	3.34		
					1	C	1.8	TRAMO	6		Ph		Pv	0.15529				
						Va		ACCES	2.7	0.1260 bMtr								
			Q= 269			Vc		TOTAL	8.7		ΔP	1.095971362	Pn	1.32224				
7	7		q= 49	32	1	T	0.9	LONG.		C= 120	Pt	0.38	Pt	1.47753	80	3.34		
					1	C	1.8	TRAMO	6		Ph		Pv	0.15529				
						Va		ACCES	2.7	0.1260 bMtr								
			Q= 269			Vc		TOTAL	8.7		ΔP	1.095971362	Pn	1.32224				
8	8		q= 49.4163	32	1	T	0.9	LONG.		C= 120	Pt	0.38	Pt	1.47753	80	3.34		
					1	C	1.8	TRAMO	6		Ph		Pv	0.15529				
						Va		ACCES	2.7	0.1260 bMtr								
			Q= 269			Vc		TOTAL	8.7		ΔP	1.095971362	Pn	1.32224				
9	9		q=	65	1	T	3.7	LONG.		C= 120	Pt	0.35	Pt	0.38156	80	0.66		
					1	C	1.8	TRAMO	6		Ph		Pv	0.00608			PRESION RESIDUAL = 0,35 BAR (POR USO QUE POSEE)	
						Va		ACCES	5.5	0.0027 bMtr								
			Q= 220			Vc		TOTAL	11.5		ΔP	0.031557289	Pn	0.37548				

Fuente: elaboración propia.

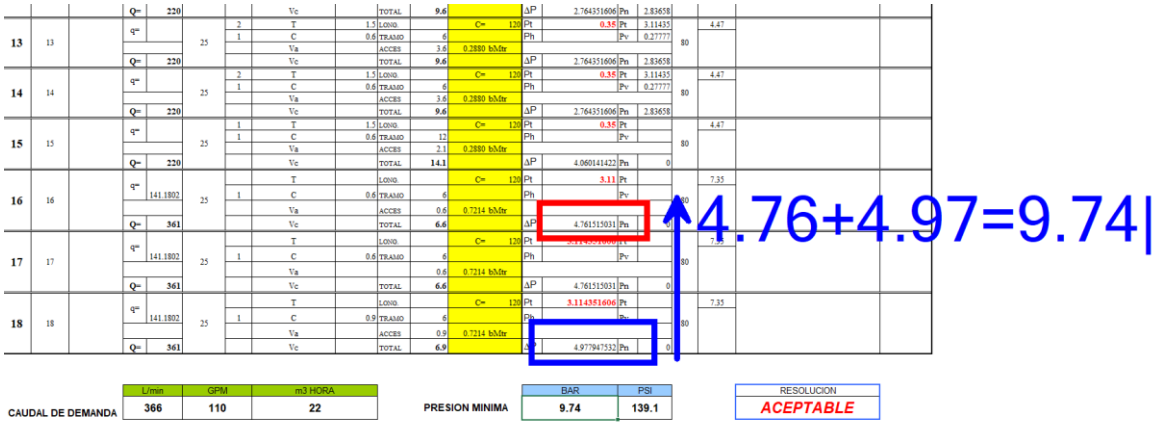
Cuadro No. 192. Memoria de cálculo de las presiones del sistema.

10	10		q=		65	1	T	3.7	LONG.		C= 120	Pt	**0.35**	Pt	0.38156	80	0.66	PRESION RESIDUAL = 0,35 BAR		
						1	C	1.8	TRAMO	6		Ph		Pv	0.00608					
							Va		ACCES	5.5	0.0027 bMtr									
			Q=	220			Vc		TOTAL	**11.5**		ΔP	0.0316	Pn	0.37548					
11	11		q=		65	1	T	3.7	LONG.		C= 120	Pt	**0.35**	Pt	0.38156	80	0.66	PRESION RESIDUAL = 0,35 BAR		
						1	C	1.8	TRAMO	6		Ph		Pv	0.00608					
							Va		ACCES	5.5	0.0027 bMtr									
			Q=	220			Vc		TOTAL	**11.5**		ΔP	0.0316	Pn	0.37548					
12	12		q=		25	2	T	1.5	LONG.		C= 120	Pt	**0.35**	Pt	3.11435	80	4.47			
						1	C	0.6	TRAMO	6		Ph		Pv	0.27777					
							Va		ACCES	3.6	0.2880 bMtr									
			Q=	220			Vc		TOTAL	**9.6**		ΔP	2.7644	Pn	2.83658					
13	13		q=		25	2	T	1.5	LONG.		C= 120	Pt	**0.35**	Pt	3.11435	80	4.47			
						1	C	0.6	TRAMO	6		Ph		Pv	0.27777					
							Va		ACCES	3.6	0.2880 bMtr									
			Q=	220			Vc		TOTAL	**9.6**		ΔP	2.7644	Pn	2.83658					
14	14		q=		25	2	T	1.5	LONG.		C= 120	Pt	**0.35**	Pt	3.11435	80	4.47			
						1	C	0.6	TRAMO	6		Ph		Pv	0.27777					
							Va		ACCES	3.6	0.2880 bMtr									
			Q=	220			Vc		TOTAL	**9.6**		ΔP	2.7644	Pn	2.83658					
15	15		q=		25	1	T	1.5	LONG.		C= 120	Pt	**0.35**	Pt		80	4.47			
						1	C	0.6	TRAMO	12		Ph		Pv						
							Va		ACCES	2.1	0.2880 bMtr									
			Q=	220			Vc		TOTAL	**14.1**		ΔP	4.0601	Pn	0					
16	16		q=	141.18	25		T		LONG.		C= 120	Pt	**3.11**	Pt		80	7.35			
						1	C	0.6	TRAMO	6		Ph		Pv						
							Va		ACCES	0.6	0.7214 bMtr									
			Q=	361			Vc		TOTAL	**6.6**		ΔP	4.7615	Pn	0					
17	17		q=	141.18	25		T		LONG.		C= 120	Pt	**3.1144**	Pt		80	7.35			
						1	C	0.6	TRAMO	6		Ph		Pv						
							Va			0.6	0.7214 bMtr									
			Q=	361			Vc		TOTAL	**6.6**		ΔP	4.7615	Pn	0					
18	18		q=	141.18	25		T		LONG.		C= 120	Pt	**3.1144**	Pt		80	7.35			
						1	C	0.9	TRAMO	6		Ph		Pv						
							Va		ACCES	0.9	0.7214 bMtr									
			Q=	361			Vc		TOTAL	**6.9**		ΔP	4.9779	Pn	0					

Fuente: elaboración propia

En el cuadro anterior se determinó la presión mínima que se requería en el sistema de rociadores para el área crítica, que en este caso es el laboratorio 140. La presión requerida fue de 9.74 bar equivalente a 139.10 psi. Por lo que se puede decir que el sistema es aceptable debido a que no supera los 175 psi que nos indica la norma, esto según inciso 23.4.4.11 de la NFPA 13. Esto se puede observar en el Cuadro No. 193, en donde se muestra la presión mínima requerida para el sistema.

Cuadro No. 193. Presión mínima del sistema.



Fuente: elaboración propia.

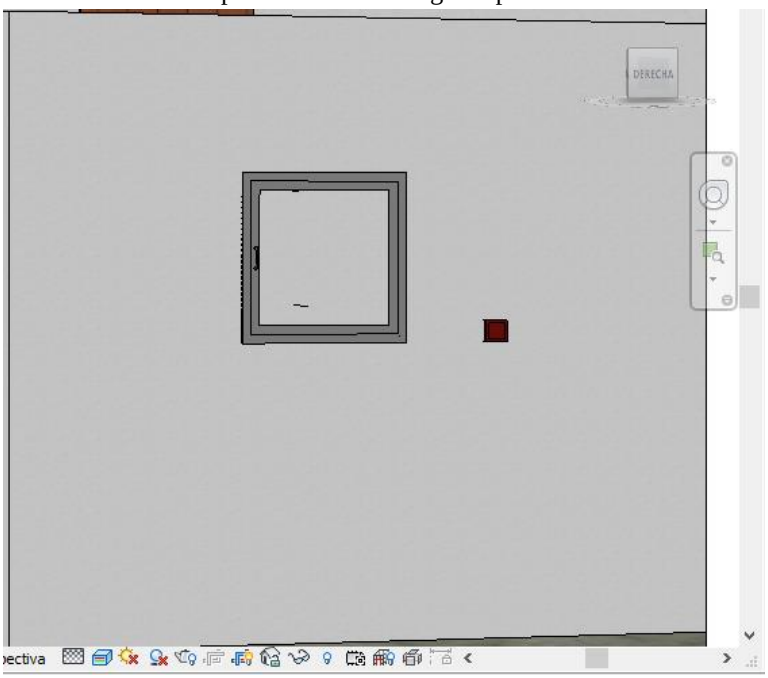
Con base en los cálculos realizados se llevó a cabo la elaboración de los planos 1 y 2 del sistema los cuales se encuentran adjuntos en los anexos (hidráulico). En el plano básicamente se encuentra identificada las tuberías del sistema, la cuadrilla donde se definió la ubicación, la cobertura del rociador y la densidad de aplicación que iba a tener cada uno de los sensores, esta obtenida por medio de la curva de densidad/área que se mencionó anteriormente.

c. Mangueras verticales. Para la ubicación de las mangueras verticales se basó en el capítulo 7.3 de la NFPA 14. En este inciso se empleó para definir la altura que debían estar las mangueras, el cual iba a ser de 1.50 m sobre el piso. Esto según inciso 7.3.1.1. Para el cálculo hidráulico se realizó junto al sistema de rociadores automáticos, ya que este sistema depende del otro debido a que este sistema necesita presiones mínimas requeridas por el sistema de rociadores. Por lo tanto, la presión que se empleó para las mangueras fue la presión mínima requerida que se mencionó en el Cuadro No. 193.

También para el diseño de las mangueras verticales se definió que el edificio sería catalogado como clase I, en donde las conexiones de mangueras iban ser de 2 ½ pulgadas y estas deben estar previstos en todas las escaleras de salida y en cada muro adyacente a las aberturas de salida de las salidas horizontales. En nuestro caso se instalaron en los ductos húmedos de cada uno de los niveles del edificio.

Para la ubicación de los sistemas de mangueras verticales para el CIT, se ubicaron en los muros donde se encontraban los ductos húmedos del edificio, esto con el fin de instalar la tubería húmeda del sistema sin que afectará visiblemente el edificio. Como se muestra en la Figura No. 312.

Figura No. 312. Muestra armario para carrete de manguera para sistema contra incendios del CIT.



Fuente: elaboración propia.

9. Análisis de accesos para circulación vertical. Para el diseño del plan de evacuación del CIT se basó en la norma de CONRED, habla de las Normas Mínimas de Seguridad en Edificaciones e Instalaciones de Uso Público, también conocida como la norma NRD2.

Primero se determinó la carga de ocupación del edificio, para ello se asumió que todas las áreas del edificio se iban a encontrar totalmente ocupadas por personas y luego se determinó la carga de ocupación por medio de la expresión que se detalla a continuación.

$$CO\ máxima = \frac{Área\ (m2)}{Factor\ de\ uso\ (cuadro\ No.43)}$$

En donde:

- $CO\ máxima$ es la carga ocupacional máxima de la estructura.
- $Área$ es el área total de cada uno de los espacios del edificio.
- $Factor\ de\ uso$ es el factor de carga de la ocupación.

Cuadro No. 194. Cargas ocupacionales máximas proporcionadas por la CONRED en la norma NRD2.

c	Mínimo dos salidas de emergencia, si el número de ocupantes es por lo menos	Factor de Carga de Ocupación $\left[\frac{m^2}{Personas}\right]$
Hangares de Aviación (sin áreas de reparaciones)	10	45
Salones de subastas	30	0.65
Iglesias/capillas, pistas de baile, estadios, comedores, bares, salones de exhibiciones, gimnasios, escenarios	50	0.65
Salones para reuniones, conferencias y auditorios (que incluya únicamente sillas no ancladas al suelo)	50	0.65
Salones para reuniones, conferencias y auditorios (de pie)	50	0.46
Salones para reuniones, conferencias, auditorios y restaurantes (que incluya sillas y mesas)	50	1.39
Orfanatos y hogares de ancianos	6	7.43
Áreas de espera	50	1.39
Aulas	50	1.85
Juzgados	50	3.72
Dormitorios	10	4.65
Salones para hacer ejercicios	50	4.5
Estacionamientos	30	18.5
Hospitales, sanatorios, centros de salud	10	7.43
Hoteles y apartamentos	35	18.5
Cocinas y áreas de comida en centros comerciales	30	18.5
Salas de lectura de bibiotecas	50	4.64
Almacenamiento de libros	30	9.30
Fábricas	30	18.5
Centros comerciales	50	2.8
Guarderías	7	3.25
Oficinas	30	9.3
Talleres en colegios e institutos vocacionales	50	4.64
Talleres mecánicos	50	27.9
Casinos y áreas de juegos	50	1.02
Pistas de patinaje (en la pista)	50	4.5
Pistas de patinaje (otras áreas)	50	1.4
Salones para almacenar útiles	30	27.88
Tiendas y salas de ventas	50	2.78
Piscinas (piscina)	50	4.5
Piscinas (otras áreas)	50	1.4
Bodegas	30	45
Vestidores y áreas de casilleros	50	4.64
Otros usos	50	9.3

Fuente: Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres – NRD 2. Edición 2017.

Para el cálculo de la carga ocupacional se determinó el uso que iba a tener cada uno de los espacios de cada nivel y luego se procedió a calcularlo por medio de la fórmula de la carga ocupacional máxima que se mencionó anteriormente en este apartado del trabajo. El número de personas que se obtuvo en el calculó son los que se muestran en el Cuadro No. 194.

Cuadro No. 195. Cargas máximas de ocupación CONRED NRD 2.

Nivel	Uso	Área (m2)	Carga máxima de ocupación (CO)	No. de personas
	Corredor	416.00	9.30	**44.73**
1	Plaza Techada	429.00	9.30	**46.13**
	Laboratorio	2413.00	9.30	**259.46**
	Aula	798.00	1.85	**431.35**
	Librería	64.00	4.64	**13.79**
2	Corredor	703.00	9.30	**75.59**
	Baños	125.00	4.64	**26.94**
	Food Court	632.00	9.3	**67.96**
	Aula	2149.00	1.85	**1,161.62**
3	Baños	105.00	4.64	**22.63**
	Corredor	733.00	9.3	**78.82**
	Baños	108.00	4.64	**23.28**
4	Aula	1865.00	1.85	**1,008.11**
	Corredor	1165.00	9.3	**125.27**
	Aula	1994.00	1.85	**1,077.84**
5	Corredor	1042.00	9.3	**112.04**
	Baños	103.00	4.64	**22.20**
	Aula	1908.00	1.85	**1,031.35**
6	Corredor	941.00	9.3	**101.18**
	Baños	98.00	4.64	**21.12**
	Auditorio	267.00	1.39	**192.09**
	Aula	480.00	1.85	**259.46**
7	Corredor	316.00	9.3	**33.98**
	Food Court	1552.00	9.3	**166.88**
	Baños	48.00	4.64	**10.34**
				6,415.00

Fuente: elaboración propia.

Por medio de la carga ocupacional que se especifica en el Cuadro 195, indica que la carga ocupacional, ósea el número de personas, que albergará el CIT será de 6,415 personas, esto siempre y cuando asumiendo el supuesto que se estableció desde un inicio de este apartado que fue que la estructura se iba a encontrar totalmente lleno. Por medio del número de personas se pudo concluir que el CIT requiere como mínimo 4 salidas de emergencia por nivel. Esto con el fin de que se cumpliera con los criterios de diseño que nos establece la norma NRD2 de la CONRED, ya que la capacidad de personas que albergará el edificio superará las 1000 personas, esto según el Cuadro No. 195.

Cuadro No. 196. Cantidad mínima de salidas de emergencia según norma NRD2-CONRED.

Carga de Ocupación por Nivel	Cantidad Mínima de Salidas de Emergencia
Carga de ocupación menos a los establecido en la tabla 32	1.00
Carga de ocupación igual o mayor a lo establecido en la tabla 32, hasta 500 personas.	2.00
De 501 a 1000 personas	3.00
Más de 1000 personas	4.00

Fuente: Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres – NRD 2. Edición 2017.

Por medio de la información de la norma NRD 2 y de la carga ocupacional del CIT se pudo determinar que, si cumple con la cantidad mínima de salidas de emergencia, el cual se puede observar de en la Figura No. 313, en donde se muestra una planta típica del edificio y se ubican las rutas de evacuación que tendrá el edificio.

Figura No. 313. Muestra una planta típica del CIT.



Fuente: elaboración propia.

Luego se determinó el ancho de los componentes de las salidas de emergencia, esto entiéndase las gradas de emergencia o las rampas. En nuestro caso iban a ser las gradas del edificio. El ancho iba a depender de la carga de ocupación del nivel, módulo o proporción del inmueble. Se determinó el ancho de las gradas según la NRD 2 de la CONRED:

- Si la carga de ocupación es menor a 50 personas, el ancho mínimo debería ser de 90 cm.
- Si la carga de ocupación es mayor a 50 personas, el ancho mínimo debería ser de 112 cm.

Por lo tanto, como se tiene una carga ocupacional mayor a 50 personas por nivel según anexo 3 (hidráulico) Cuadro No. 54, se determinó que el ancho mínimo de las gradas debería ser de 112 cm. Por lo tanto, según esto se puede ver que el CIT cumple con este requisito según Figura No. 314. en donde se puede observar el ancho que tiene el módulo de gradas.

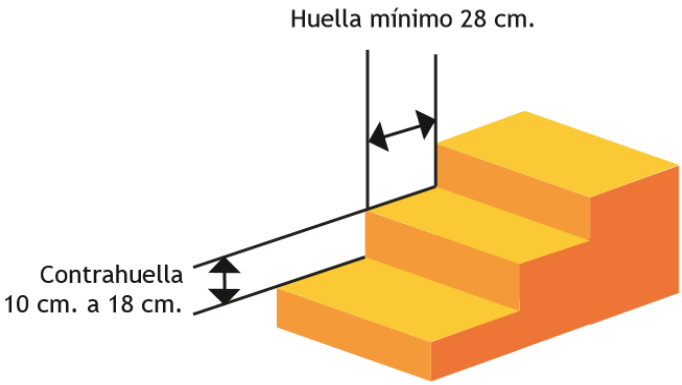
Figura No. 314. Muestra el ancho que tiene el módulo de gradas del CIT.



Fuente: elaboración propia.

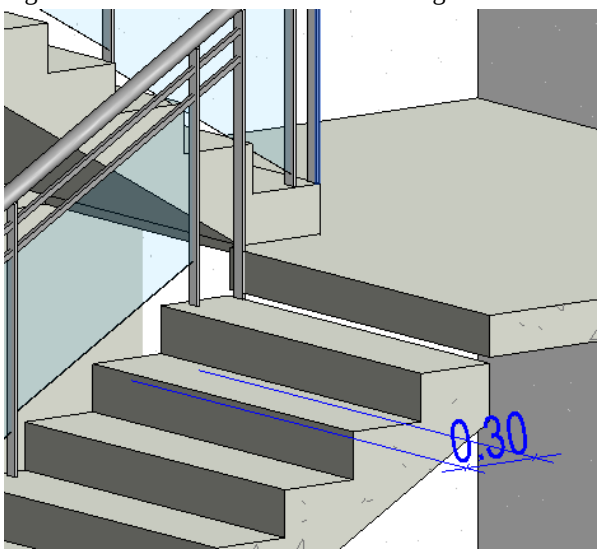
Al observar la Figura No. 315. se puede determinar que el módulo de gradas del CIT si cumple con el requisito que nos solicita el capítulo 9.2 de la norma NRD 2 de la CONRED. También estas deben cumplir con una serie de requisitos que son las dimensiones de las huellas de las gradas y las contrahuellas de las gradas que nos solicita la NRD 2 de la CONRED. En nuestro modelo si cumplió con este requisito, en donde se muestra las cotas de las huellas de las gradas.

Figura No. 315. Bosquejo de gradas según lo solicita la norma NRD 2 de la CONRED.



Fuente: Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres – NRD 2. Edición 2017.

Figura No. 316. Cota de la huella de las gradas del CIT.



Fuente: elaboración propia.

Con los análisis anteriores se puede determinar las rutas de evacuación del edificio cumplen con la norma NRD 2 por lo que se puede definir que, con caso de un incendio, el elemento estructura si cumplirán para la evacuación del personal. El centro de reunión a la hora de un incendio o un sismo se ubicar en la plaza al aire libre, ubicado en el segundo nivel del CIT y en los jardines que rodean el primer nivel del edificio. Para la simbología de los planos de evacuaciones se emplearon lo que se muestran en la Figura No. 317.

Figura No. 317. Simbología empleada para los planos de evacuación del CIT.



Fuente: elaboración propia.

Leyenda realizada para planos de evacuación del CIT mediante Tecnología BIM.

10. Costos de implementar el sistema. A continuación, se presenta un estimado del precio que tendría el implementar un sistema contra incendios en el Centro de Innovación y Tecnología de la Universidad del Valle de Guatemala. El presupuesto se obtuvo mediante los planos que se encuentran adjuntos en anexos del presente informe. Para el presupuesto realizado solo tomó en cuenta los sistemas que se realizaron en el trabajo, por lo que se hace la integración de costos de los sistemas de rociadores automáticos, mangueras verticales, extinguidores portátiles y el sistema pasivo que se empleó en el diseño según la norma NFPA 72.

Para el presupuesto que se detalla en cada uno de los cuadros No. 197, 198, 199, 200, 201, 202 y 203. se muestra el costo que representa cada uno de los sistemas de los niveles que compone el edificio CIT. Para la realización del presupuesto se tuvo en cuenta los costos directos, que básicamente son los costos de todo el equipo que utilizará cada uno de los sistemas y los costos de mano de obra. Para los costos de mano de obra, se consideraron solo los costos de preparación o fabricación de cada uno de los rubros que se listaron en los cuadros anteriormente. También se consideró un 5% de fluctuación de precios en cada uno de los sistemas, esto por si llegará a tener un incremento en los precios en el mercado guatemalteco como se muestra en Cuadro No. 204.

Cuadro No. 197. Presupuesto del sistema contra incendios primer nivel.

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNID.	PRECIO		
				MATERIAL UNITARIO	TOTAL USD	
1	**SISTEMA DE ALARMAS DEL EDIFICIO PRIMER NIVEL**					
1.1	Detectores de humo marca BOSH de radio de 42 m2	116.00	uni	$40.22	$4,665.52	
1.2	Alarmas de notificación visual marca BOSH	75.00	uni	$46.47	$3,485.25	
1.3	Alarmas de notificación audible marca BOSH	30.00	uni	$41.49	$1,244.70	
1.4	Accionadores manuales de alarma	25.00	uni	$31.42	$785.50	
1.0.1	**Mano de obra (incluye material de instalación)**					
1.0.1.1	Operario (4)	15.00	día	$68.00	$4,080.00	
1.0.1.2	Ayudante (2)	15.00	día	$34.00	$1,020.00	**$15,280.97**
2	**EXTINGUIDORES PORTÁTILES PRIMER NIVEL**					
2.1	Extinguidores portátiles	21.00	uni	$462.68	$19,432.56	
2.0.1	**Mano de obra (incluye material de instalación)**					
2.0.1.1	Operario (2)	2.00	día	$68.00	$136.00	**$19,568.56**
3	**SISTEMA DE ROCIADORES PRIMER NIVEL**					
3.1	Sprinkler tipo Pendent, ESFR, 1" orificio, 214 °F, Bronce.	96.00	uni	$56.75	$5,448.00	
3.2	Tubería cédula 40, de diámetro de 1"	303.00	m	$5.05	$1,530.15	
3.3	Tubería cédula 40, de diámetro de 1-1/2"	114.00	m	$9.01	$1,027.14	
3.4	Tubería cédula 40, de diámetro de 1-1/4"	12.00	m	$8.50	$102.00	
3.5	Tubería cédula 40, de diámetro de 2"	61.00	m	$21.14	$1,289.54	
3.6	Tubería cédula 40, de diámetro de 2-1/2"	111.00	m	$25.50	$2,830.50	
3.7	Codos 90° de 1"	-	uni	$10.30	$0.00	
3.8	Codos 90° de 1-1/2"	15.00	uni	$14.75	$221.25	
3.9	Codos 90° de 1-1/4"	4.00	uni	$14.00	$56.00	
3.10	Codos de 90° de 2"	4.00	uni	$23.40	$93.60	
3.11	Codos de 90° de 2-1/2"	10.00	uni	$28.17	$281.70	
3.12	Reducción de 1" a 1-1/2"	38.00	uni	$10.30	$391.40	
3.13	Reducción de 1-1/2" a 2"	9.00	uni	$11.76	$105.84	
3.14	Reducción de 1" a 2"	11.00	uni	$22.50	$247.50	
3.15	Reducción de 1-1/4 a 2"	2.00	uni	$11.76	$23.52	
3.16	Reducción de 1" a 1-1/4"	5.00	uni	$10.30	$51.50	
3.17	Reducción de 1" a 2-1/2"	37.00	uni	$28.17	$1,042.29	
3.18	Tee de 1"	-	uni	$10.30	$0.00	
3.19	Tee de 1-1/2"	32.00	uni	$14.75	$472.00	
3.2	Tee de 1-1/4"	4.00	uni	$14.00	$56.00	
3.21	Tee de 2"	20.00	uni	$23.40	$468.00	
3.22	Tee de 2-1/2"	36.00	uni	$28.17	$1,014.12	
3.23	Pintura para tuberías con fondo anticorrosivo y esmalte	697.00	ml	$4.75	$3,310.75	
3.0.1	**Mano de obra**					
3.0.1.1	Operarios (6)	20.00	día	$68.00	$8,160.00	
3.0.1.2	Ayudantes (3)	20.00	día	$34.00	$2,040.00	**$30,262.80**

NOTA: Se tiene pensado trabajar 15 días para llevar a cabo la instalación del sistema incendios. Esto contemplando atrasos en el proyecto.

COSTO DE SISTEMA PRIMER NIVEL: $65,112.33

Fuente: elaboración propia.

Cuadro No. 198. Presupuesto del sistema contra incendios segundo nivel.

SEGUNDO NIVEL

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNID.	PRECIO		
				MATERIAL UNITARIO	TOTAL USD	
1	**SISTEMA DE ALARMAS DEL EDIFICIO**					
1.1	Detectores de humo marca BOSH de radio de 42 m2	70.00	uni	$40.22	$2,815.40	
1.2	Alarmas de notificación visual marca BOSH	20.00	uni	$46.47	$929.40	
1.3	Alarmas de notificación audible marca BOSH	20.00	uni	$41.49	$829.80	
1.4	Accionadores manuales de alarma	13.00	uni	$31.42	$408.46	
1.0.1	**Mano de obra (incluye material de instalación)**					
1.0.1.1	Operario (4)	15.00	día	$68.00	$4,080.00	
1.0.1.2	Ayudante (2)	15.00	día	$34.00	$1,020.00	**$10,083.06**
2	**EXTINGUIDORES PORTÁTILES**					
2.1	Extinguidores portátiles	8.00	uni	$462.68	$7,402.88	
2.0.1	**Mano de obra (incluye material de instalación)**					
2.0.1.1	Operario (2)	2.00	día	$68.00	$136.00	**$7,538.88**
3	**SISTEMA DE ROCIADORES**					
3.1	Sprinkler tipo Pendent, ESFR, 1" orificio, 214 °F, Bronce.	96.00	uni	$56.75	$5,448.00	
3.2	Tubería cédula 40, de diámetro de 1"	303.00	m	$5.05	$1,530.15	
3.3	Tubería cédula 40, de diámetro de 1-1/2"	114.00	m	$9.01	$1,027.14	
3.4	Tubería cédula 40, de diámetro de 1-1/4"	12.00	m	$8.50	$102.00	
3.5	Tubería cédula 40, de diámetro de 2"	61.00	m	$21.14	$1,289.54	
3.6	Tubería cédula 40, de diámetro de 2-1/2"	111.00	m	$25.50	$2,830.50	
3.7	Codos 90° de 1"	-	uni	$10.30	$0.00	
3.8	Codos 90° de 1-1/2"	15.00	uni	$14.75	$221.25	
3.9	Codos 90° de 1-1/4"	4.00	uni	$14.00	$56.00	
3.10	Codos de 90° de 2"	4.00	uni	$23.40	$93.60	
3.11	Codos de 90° de 2-1/2"	10.00	uni	$28.17	$281.70	
3.12	Reducción de 1" a 1-1/2"	38.00	uni	$10.30	$391.40	
3.13	Reducción de 1-1/2" a 2"	9.00	uni	$11.76	$105.84	
3.14	Reducción de 1" a 2"	11.00	uni	$22.50	$247.50	
3.15	Reducción de 1-1/4 a 2"	2.00	uni	$11.76	$23.52	
3.16	Reducción de 1" a 1-1/4"	5.00	uni	$10.30	$51.50	
3.17	Reducción de 1" a 2-1/2"	37.00	uni	$28.17	$1,042.29	
3.18	Tee de 1"	-	uni	$10.30	$0.00	
3.19	Tee de 1-1/2"	32.00	uni	$14.75	$472.00	
3.2	Tee de 1-1/4"	4.00	uni	$14.00	$56.00	
3.21	Tee de 2"	20.00	uni	$23.40	$468.00	
3.22	Tee de 2-1/2"	36.00	uni	$28.17	$1,014.12	
3.23	Pintura para tuberías con fondo anticorrosivo y esmalte	697.00	ml	$4.75	$3,310.75	
3.0.1	**Mano de obra**					
3.0.1.1	Operarios (6)	20.00	día	$68.00	$8,160.00	
3.0.1.2	Ayudantes (3)	20.00	día	$34.00	$2,040.00	**$30,262.80**
				COSTO DEL SISTEMA SEGUNDO NIVEL:		**$47,884.74**

Fuente: elaboración propia.

Cuadro No. 199. Presupuesto del sistema contra incendios tercer nivel.

TERCER NIVEL

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNID.	PRECIO		
				MATERIAL UNITARIO	TOTAL USD	
1	**SISTEMA DE ALARMAS DEL EDIFICIO**					
1.1	Detectores de humo marca BOSH de radio de 42 m2	110.00	uni	$40.22	$4,424.20	
1.2	Alarmas de notificación visual marca BOSH	35.00	uni	$46.47	$1,626.45	
1.3	Alarmas de notificación audible marca BOSH	15.00	uni	$41.49	$622.35	
1.4	Accionadores manuales de alarma	19.00	uni	$31.42	$596.98	
1.0.1	**Mano de obra (incluye material de instalación)**					
1.0.1.1	Operario (4)	15.00	día	$68.00	$4,080.00	
1.0.1.2	Ayudante (2)	15.00	día	$34.00	$1,020.00	**$12,369.98**
2	**EXTINGUIDORES PORTÁTILES**					
2.1	Extinguidores portátiles	12.00	uni	$462.68	$11,104.32	
2.0.1	**Mano de obra (incluye material de instalación)**					
2.0.1.1	Operario (2)	2.00	día	$68.00	$136.00	**$11,240.32**
3	**SISTEMA DE ROCIADORES**					
3.1	Sprinkler tipo Pendent, ESFR, 1" orificio, 214 °F, Bronce.	96.00	uni	$56.75	$5,448.00	
3.2	Tubería cédula 40, de diámetro de 1"	303.00	m	$5.05	$1,530.15	
3.3	Tubería cédula 40, de diámetro de 1-1/2"	114.00	m	$9.01	$1,027.14	
3.4	Tubería cédula 40, de diámetro de 1-1/4"	12.00	m	$8.50	$102.00	
3.5	Tubería cédula 40, de diámetro de 2"	61.00	m	$21.14	$1,289.54	
3.6	Tubería cédula 40, de diámetro de 2-1/2"	111.00	m	$25.50	$2,830.50	
3.7	Codos 90° de 1"	-	uni	$10.30	$0.00	
3.8	Codos 90° de 1-1/2"	15.00	uni	$14.75	$221.25	
3.9	Codos 90° de 1-1/4"	4.00	uni	$14.00	$56.00	
3.10	Codos de 90° de 2"	4.00	uni	$23.40	$93.60	
3.11	Codos de 90° de 2-1/2"	10.00	uni	$28.17	$281.70	
3.12	Reducción de 1" a 1-1/2"	38.00	uni	$10.30	$391.40	
3.13	Reducción de 1-1/2" a 2"	9.00	uni	$11.76	$105.84	
3.14	Reducción de 1" a 2"	11.00	uni	$22.50	$247.50	
3.15	Reducción de 1-1/4 a 2"	2.00	uni	$11.76	$23.52	
3.16	Reducción de 1" a 1-1/4"	5.00	uni	$10.30	$51.50	
3.17	Reducción de 1" a 2-1/2"	37.00	uni	$28.17	$1,042.29	
3.18	Tee de 1"	-	uni	$10.30	$0.00	
3.19	Tee de 1-1/2"	32.00	uni	$14.75	$472.00	
3.2	Tee de 1-1/4"	4.00	uni	$14.00	$56.00	
3.21	Tee de 2"	20.00	uni	$23.40	$468.00	
3.22	Tee de 2-1/2"	36.00	uni	$28.17	$1,014.12	
3.23	Pintura para tuberías con fondo anticorrosivo y esmalte	697.00	ml	$4.75	$3,310.75	
3.0.1	**Mano de obra**					
3.0.1.1	Operarios (6)	20.00	día	$68.00	$8,160.00	
3.0.1.2	Ayudantes (3)	20.00	día	$34.00	$2,040.00	**$30,262.80**

COSTO DEL SISTEMA TERCER NIVEL: $53,873.10

Fuente: elaboración propia.

Cuadro No. 200. Presupuesto del sistema contra incendios cuarto nivel.

CUARTO NIVEL

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNID.	PRECIO		
				MATERIAL UNITARIO	TOTAL USD	
1	**SISTEMA DE ALARMAS DEL EDIFICIO**					
1.1	Detectores de humo marca BOSH de radio de 42 m2	105.00	uni	$40.22	$4,223.10	
1.2	Alarmas de notificación visual marca BOSH	35.00	uni	$46.47	$1,626.45	
1.3	Alarmas de notificación audible marca BOSH	15.00	uni	$41.49	$622.35	
1.4	Accionadores manuales de alarma	17.00	uni	$31.42	$534.14	
1.0.1	**Mano de obra (incluye material de instalación)**					
1.0.1.1	Operario (4)	15.00	día	$68.00	$4,080.00	
1.0.1.2	Ayudante (2)	15.00	día	$34.00	$1,020.00	**$12,106.04**
2	**EXTINGUIDORES PORTÁTILES**					
2.1	Extinguidores portátiles	10.00	uni	$462.68	$9,253.60	
2.0.1	**Mano de obra (incluye material de instalación)**					
2.0.1.1	Operario (2)	2.00	día	$68.00	$136.00	**$9,389.60**
3	**SISTEMA DE ROCIADORES**					
3.1	Sprinkler tipo Pendent, ESFR, 1" orificio, 214 °F, Bronce.	96.00	uni	$56.75	$5,448.00	
3.2	Tubería cédula 40, de diámetro de 1"	303.00	m	$5.05	$1,530.15	
3.3	Tubería cédula 40, de diámetro de 1-1/2"	114.00	m	$9.01	$1,027.14	
3.4	Tubería cédula 40, de diámetro de 1-1/4"	12.00	m	$8.50	$102.00	
3.5	Tubería cédula 40, de diámetro de 2"	61.00	m	$21.14	$1,289.54	
3.6	Tubería cédula 40, de diámetro de 2-1/2"	111.00	m	$25.50	$2,830.50	
3.7	Codos 90° de 1"	-	uni	$10.30	$0.00	
3.8	Codos 90° de 1-1/2"	15.00	uni	$14.75	$221.25	
3.9	Codos 90° de 1-1/4"	4.00	uni	$14.00	$56.00	
3.10	Codos de 90° de 2"	4.00	uni	$23.40	$93.60	
3.11	Codos de 90° de 2-1/2"	10.00	uni	$28.17	$281.70	
3.12	Reducción de 1" a 1-1/2"	38.00	uni	$10.30	$391.40	
3.13	Reducción de 1-1/2" a 2"	9.00	uni	$11.76	$105.84	
3.14	Reducción de 1" a 2"	11.00	uni	$22.50	$247.50	
3.15	Reducción de 1-1/4 a 2"	2.00	uni	$11.76	$23.52	
3.16	Reducción de 1" a 1-1/4"	5.00	uni	$10.30	$51.50	
3.17	Reducción de 1" a 2-1/2"	37.00	uni	$28.17	$1,042.29	
3.18	Tee de 1"	-	uni	$10.30	$0.00	
3.19	Tee de 1-1/2"	32.00	uni	$14.75	$472.00	
3.2	Tee de 1-1/4"	4.00	uni	$14.00	$56.00	
3.21	Tee de 2"	20.00	uni	$23.40	$468.00	
3.22	Tee de 2-1/2"	36.00	uni	$28.17	$1,014.12	
3.23	Pintura para tuberías con fondo anticorrosivo y esmalte	697.00	ml	$4.75	$3,310.75	
3.0.1	**Mano de obra**					
3.0.1.1	Operarios (6)	20.00	día	$68.00	$8,160.00	
3.0.1.2	Ayudantes (3)	20.00	día	$34.00	$2,040.00	**$30,262.80**
				COSTO DEL SISTEMA CUARTO NIVEL:		**$51,758.44**

Fuente: elaboración propia.

Cuadro No. 201. Presupuesto del sistema contra incendios quinto nivel.

QUINTO NIVEL

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNID.	PRECIO		
				MATERIAL UNITARIO	TOTAL USD	
1	**SISTEMA DE ALARMAS DEL EDIFICIO**					
1.1	Detectores de humo marca BOSH de radio de 42 m2	105.00	uni	$40.22	$4,223.10	
1.2	Alarmas de notificación visual marca BOSH	35.00	uni	$46.47	$1,626.45	
1.3	Alarmas de notificación audible marca BOSH	15.00	uni	$41.49	$622.35	
1.4	Accionadores manuales de alarma	19.00	uni	$31.42	$596.98	
1.0.1	**Mano de obra (incluye material de instalación)**					
1.0.1.1	Operario (4)	15.00	día	$68.00	$4,080.00	
1.0.1.2	Ayudante (2)	15.00	día	$34.00	$1,020.00	**$12,168.88**
2	**EXTINGUIDORES PORTÁTILES**					
2.1	Extinguidores portátiles	10.00	uni	$462.68	$9,253.60	
2.0.1	**Mano de obra (incluye material de instalación)**					
2.0.1.1	Operario (2)	2.00	día	$68.00	$136.00	**$9,389.60**
3	**SISTEMA DE ROCIADORES**					
3.1	Sprinkler tipo Pendent, ESFR, 1" orificio, 214 °F, Bronce.	96.00	uni	$56.75	$5,448.00	
3.2	Tubería cédula 40, de diámetro de 1"	303.00	m	$5.05	$1,530.15	
3.3	Tubería cédula 40, de diámetro de 1-1/2"	114.00	m	$9.01	$1,027.14	
3.4	Tubería cédula 40, de diámetro de 1-1/4"	12.00	m	$8.50	$102.00	
3.5	Tubería cédula 40, de diámetro de 2"	61.00	m	$21.14	$1,289.54	
3.6	Tubería cédula 40, de diámetro de 2-1/2"	111.00	m	$25.50	$2,830.50	
3.7	Codos 90° de 1"	-	uni	$10.30	$0.00	
3.8	Codos 90° de 1-1/2"	15.00	uni	$14.75	$221.25	
3.9	Codos 90° de 1-1/4"	4.00	uni	$14.00	$56.00	
3.10	Codos de 90° de 2"	4.00	uni	$23.40	$93.60	
3.11	Codos de 90° de 2-1/2"	10.00	uni	$28.17	$281.70	
3.12	Reducción de 1" a 1-1/2"	38.00	uni	$10.30	$391.40	
3.13	Reducción de 1-1/2" a 2"	9.00	uni	$11.76	$105.84	
3.14	Reducción de 1" a 2"	11.00	uni	$22.50	$247.50	
3.15	Reducción de 1-1/4 a 2"	2.00	uni	$11.76	$23.52	
3.16	Reducción de 1" a 1-1/4"	5.00	uni	$10.30	$51.50	
3.17	Reducción de 1" a 2-1/2"	37.00	uni	$28.17	$1,042.29	
3.18	Tee de 1"	-	uni	$10.30	$0.00	
3.19	Tee de 1-1/2"	32.00	uni	$14.75	$472.00	
3.2	Tee de 1-1/4"	4.00	uni	$14.00	$56.00	
3.21	Tee de 2"	20.00	uni	$23.40	$468.00	
3.22	Tee de 2-1/2"	36.00	uni	$28.17	$1,014.12	
3.23	Pintura para tuberías con fondo anticorrosivo y esmalte	697.00	ml	$4.75	$3,310.75	
3.0.1	**Mano de obra**					
3.0.1.1	Operarios (6)	20.00	día	$68.00	$8,160.00	
3.0.1.2	Ayudantes (3)	20.00	día	$34.00	$2,040.00	**$30,262.80**

COSTO DEL SISTEMA QUINTO NIVEL: $51,821.28

Fuente: elaboración propia.

Cuadro No. 202. Presupuesto del sistema contra incendios sexto nivel.

SEXTO NIVEL

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNID.	PRECIO		
				MATERIAL UNITARIO	TOTAL USD	
1	**SISTEMA DE ALARMAS DEL EDIFICIO**					
1.1	Detectores de humo marca BOSH de radio de 42 m2	105.00	uni	$40.22	$4,223.10	
1.2	Alarmas de notificación visual marca BOSH	35.00	uni	$46.47	$1,626.45	
1.3	Alarmas de notificación audible marca BOSH	15.00	uni	$41.49	$622.35	
1.4	Accionadores manuales de alarma	18.00	uni	$31.42	$565.56	
1.0.1	**Mano de obra (incluye material de instalación)**					
1.0.1.1	Operario (4)	15.00	día	$68.00	$4,080.00	
1.0.1.2	Ayudante (2)	15.00	día	$34.00	$1,020.00	**$12,137.46**
2	**EXTINGUIDORES PORTÁTILES**					
2.1	Extinguidores portátiles	10.00	uni	$462.68	$9,253.60	
2.0.1	**Mano de obra (incluye material de instalación)**					
2.0.1.1	Operario (2)	2.00	día	$68.00	$136.00	**$9,389.60**
3	**SISTEMA DE ROCIADORES**					
3.1	Sprinkler tipo Pendent, ESFR, 1" orificio, 214 °F, Bronce.	96.00	uni	$56.75	$5,448.00	
3.2	Tubería cédula 40, de diámetro de 1"	303.00	m	$5.05	$1,530.15	
3.3	Tubería cédula 40, de diámetro de 1-1/2"	114.00	m	$9.01	$1,027.14	
3.4	Tubería cédula 40, de diámetro de 1-1/4"	12.00	m	$8.50	$102.00	
3.5	Tubería cédula 40, de diámetro de 2"	61.00	m	$21.14	$1,289.54	
3.6	Tubería cédula 40, de diámetro de 2-1/2"	111.00	m	$25.50	$2,830.50	
3.7	Codos 90° de 1"	-	uni	$10.30	$0.00	
3.8	Codos 90° de 1-1/2"	15.00	uni	$14.75	$221.25	
3.9	Codos 90° de 1-1/4"	4.00	uni	$14.00	$56.00	
3.10	Codos de 90° de 2"	4.00	uni	$23.40	$93.60	
3.11	Codos de 90° de 2-1/2"	10.00	uni	$28.17	$281.70	
3.12	Reducción de 1" a 1-1/2"	38.00	uni	$10.30	$391.40	
3.13	Reducción de 1-1/2" a 2"	9.00	uni	$11.76	$105.84	
3.14	Reducción de 1" a 2"	11.00	uni	$22.50	$247.50	
3.15	Reducción de 1-1/4 a 2"	2.00	uni	$11.76	$23.52	
3.16	Reducción de 1" a 1-1/4"	5.00	uni	$10.30	$51.50	
3.17	Reducción de 1" a 2-1/2"	37.00	uni	$28.17	$1,042.29	
3.18	Tee de 1"	-	uni	$10.30	$0.00	
3.19	Tee de 1-1/2"	32.00	uni	$14.75	$472.00	
3.2	Tee de 1-1/4"	4.00	uni	$14.00	$56.00	
3.21	Tee de 2"	20.00	uni	$23.40	$468.00	
3.22	Tee de 2-1/2"	36.00	uni	$28.17	$1,014.12	
3.23	Pintura para tuberías con fondo anticorrosivo y esmalte	697.00	ml	$4.75	$3,310.75	
3.0.1	**Mano de obra**					
3.0.1.1	Operarios (6)	20.00	día	$68.00	$8,160.00	
3.0.1.2	Ayudantes (3)	20.00	día	$34.00	$2,040.00	**$30,262.80**
				COSTO DEL SISTEMA SEXTO NIVEL:		**$51,789.86**

Fuente: elaboración propia.

Cuadro No. 203. Presupuesto del sistema contra incendios séptimo nivel.

SEPTIMO NIVEL

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNID.	PRECIO		
				MATERIAL UNITARIO	TOTAL USD	
1	**SISTEMA DE ALARMAS DEL EDIFICIO**					
1.1	Detectores de humo marca BOSH de radio de 42 m2	40.00	uni	$40.22	$1,608.80	
1.2	Alarmas de notificación visual marca BOSH	20.00	uni	$46.47	$929.40	
1.3	Alarmas de notificación audible marca BOSH	20.00	uni	$41.49	$829.80	
1.4	Accionadores manuales de alarma	14.00	uni	$31.42	$439.88	
1.0.1	**Mano de obra (incluye material de instalación)**					
1.0.1.1	Operario (4)	15.00	día	$68.00	$4,080.00	
1.0.1.2	Ayudante (2)	15.00	día	$34.00	$1,020.00	**$8,907.88**
2	**EXTINGUIDORES PORTÁTILES**					
2.1	Extinguidores portátiles	10.00	uni	$462.68	$9,253.60	
2.0.1	**Mano de obra (incluye material de instalación)**					
2.0.1.1	Operario (2)	2.00	día	$68.00	$136.00	**$9,389.60**
3	**SISTEMA DE ROCIADORES**					
3.1	Sprinkler tipo Pendent, ESFR, 1" orificio, 214 °F, Bronce.	96.00	uni	$56.75	$5,448.00	
3.2	Tubería cédula 40, de diámetro de 1"	303.00	m	$5.05	$1,530.15	
3.3	Tubería cédula 40, de diámetro de 1-1/2"	114.00	m	$9.01	$1,027.14	
3.4	Tubería cédula 40, de diámetro de 1-1/4"	12.00	m	$8.50	$102.00	
3.5	Tubería cédula 40, de diámetro de 2"	61.00	m	$21.14	$1,289.54	
3.6	Tubería cédula 40, de diámetro de 2-1/2"	111.00	m	$25.50	$2,830.50	
3.7	Codos 90° de 1"	-	uni	$10.30	$0.00	
3.8	Codos 90° de 1-1/2"	15.00	uni	$14.75	$221.25	
3.9	Codos 90° de 1-1/4"	4.00	uni	$14.00	$56.00	
3.10	Codos de 90° de 2"	4.00	uni	$23.40	$93.60	
3.11	Codos de 90° de 2-1/2"	10.00	uni	$28.17	$281.70	
3.12	Reducción de 1" a 1-1/2"	38.00	uni	$10.30	$391.40	
3.13	Reducción de 1-1/2" a 2"	9.00	uni	$11.76	$105.84	
3.14	Reducción de 1" a 2"	11.00	uni	$22.50	$247.50	
3.15	Reducción de 1-1/4 a 2"	2.00	uni	$11.76	$23.52	
3.16	Reducción de 1" a 1-1/4"	5.00	uni	$10.30	$51.50	
3.17	Reducción de 1" a 2-1/2"	37.00	uni	$28.17	$1,042.29	
3.18	Tee de 1"	-	uni	$10.30	$0.00	
3.19	Tee de 1-1/2"	32.00	uni	$14.75	$472.00	
3.2	Tee de 1-1/4"	4.00	uni	$14.00	$56.00	
3.21	Tee de 2"	20.00	uni	$23.40	$468.00	
3.22	Tee de 2-1/2"	36.00	uni	$28.17	$1,014.12	
3.23	Pintura para tuberías con fondo anticorrosivo y esmalte	697.00	ml	$4.75	$3,310.75	
3.0.1	**Mano de obra**					
3.0.1.1	Operarios (6)	20.00	día	$68.00	$8,160.00	
3.0.1.2	Ayudantes (3)	20.00	día	$34.00	$2,040.00	**$30,262.80**

COSTO DEL SISTEMA SEPTIMO NIVEL: $48,560.28

Fuente: elaboración propia.

Cuadro No. 204. Costo total de implementación del sistema contra incendios en el CIT.

Resumen de costo del sistema

Nivel	Total
Nivel 1	$65,112.33
Nivel 2	$47,884.74
Nivel 3	$53,873.10
Nivel 4	$51,758.44
Nivel 5	$51,821.28
Nivel 6	$51,789.86
Nivel 7	$48,560.28
Total del sistema del edificio CIT	$370,800.03
Fluctuación de precios (5%)	$18,540.00
Gran total del proyecto	**$389,340.03**

Fuente: elaboración propia.

11. Discusión de resultados. En el presente trabajo de investigación se elaboró un diseño sobre el Sistema de Combate contra Incendios y un análisis de los accesos de circulación vertical, para el Centro de Innovación y Tecnología de la Universidad del Valle de Guatemala, el cual se realizó con criterios de diseño, con base en las Normas Norteamericanas NFPA, en virtud que, en Guatemala, carecemos de normas que regulan el diseño de este tipo de sistemas de protección.

Dentro del diseño de protección del edificio, lo primero que se realizó fue un análisis de los espacios que este componía, con el fin de determinar el nivel crítico; que en este caso iba a ser el primer nivel. Esto debido a que era el nivel que contaba con un área de 4,872.35 m^2 y por ser el nivel más vulnerable a posibles incendios, debido a que en este se encuentran los laboratorios de las diferentes facultades de ingeniería de la Universidad del Valle de Guatemala. Luego de haber determinado el nivel crítico del edificio se clasificó la estructura como un edificio de gran altura, esto según la NFPA 101, ya que superaba los 23 m de altura y porque superaba cada una de las plantas los 4000 m^2. Por lo tanto, debía contar con un sistema de rociadores automáticos y mangueras verticales. Por tal motivo, nuestro diseño de protección contra incendios del CIT lo clasificamos como protección pasiva y activa.

Para la protección pasiva del edificio, que en este caso, iban a ser todos los dispositivos de detectores de humo, alarmas de notificación y accionadores manuales; nos basamos en criterios de diseño que nos norma la NFPA 72. Para llevar a cabo la ubicación de cada uno de los detectores de humo se asumió que se iba a tener un cielorraso liso en cada una de las plantas, esto con el fin de economizar la cantidad de detectores en cada una de las áreas y hacer más económico el sistema. Para la ubicación de los detectores de humo, se realizó una matriz de distribución con el fin de tener la menor cantidad de espacios vacíos en cada uno de los ambientes. Esta matriz iba a depender de la cobertura del detector, el cual se empleó uno con cobertura de 40 m^2, siendo éste un dispositivo que se encuentra actualmente en el mercado guatemalteco. Para las alarmas de notificación se clasificaron en dos tipos de alarmas las cuales fueron las visibles y las audibles. Estas se emplearon solamente en los corredores, según los criterios de diseño que nos normaba la NFPA 72, el cual se discutió en el capítulo de “Diseño de Sistema Contra Incendios del CIT”.

Para los sistemas de protección activa, que básicamente son los sistemas que llevaran la extinción del incendio a la hora de un suceso, iban a ser los extinguidores portátiles, los sistemas de rociadores automáticos y las mangueras verticales. Lo primero que se tuvo que realizar para los sistemas de protección activa fue llevar a cabo la clasificación que iba a tener el edificio, esto según el uso que iba tener y simultáneamente se procedió a clasificar el tipo de riesgo que este iba a tener. Este con el fin de determinar la clase del incendio que se podía tener dentro del edificio.

El edificio por ser una universidad, entró en el tipo de riesgo leve, esto por los posibles tipos de incendios que se podían dar. Los cuales se clasificaron como incendios de tipo A, por ser de materiales combustibles y los incendios de tipo B, por ser líquidos inflamables o líquidos combustibles, esto según la NFPA 10. Por tal motivo se decidió implementar extintores de tipo agente halogenado en todo el edificio con una cobertura de 45 pies, esto dependiendo de la configuración que tuviera la estructura. Para el primer nivel se planteó que se deberían instalar un total de 21 extinguidores. En los cuales se iban a ubicar un extinguidor como mínimo en cada laboratorio. Ahora si éste superaba los 400 m^2 se iba a implementar de dos a tres extintores dependiendo del laboratorio y la configuración que tuviera el mismo.

Para los sistemas de rociadores automáticos, se calculó la presión mínima requerida. Pero para ello se tuvo que definir el área que iba demandar más agua del nivel, que en este caso iba a ser el laboratorio 140, dándonos un flujo de 1,376.01 gpm, que se mencionó en el capítulo de los sistemas de rociadores. Esto se logró definir luego de calcular el caudal de las áreas por medio de la curva de densidad/área, en la cual iba a depender del metraje que tuviera el espacio y el riesgo que tuviera el espacio. Por lo que se tuvo que definir cada uno de los laboratorios como riesgo ordinario y los pasillos como riesgo leve.

Posteriormente, se determinó el número de rociadores que se iban a requerir en cada uno de los espacios del primer nivel. Para ello se dibujó una matriz de 6 m x 6 m dándonos una cobertura máxima de 36 m^2 por rociador. En base a esto se logró definir la cantidad de rociadores por cada una de las áreas que conforman el primer nivel. Para el área critica del nivel indicado, que demandaba más agua se iban a necesitar un total de 18 rociadores con una presión requerida de 139.10 psi, ésta siendo menor a la presión máxima permisible que nos establece la NFPA 13. Y por tal motivo se puede decir que nuestro sistema de rociadores automáticos del edificio si cumple con la presión máxima de diseño que es menor a los 175 psi que nos establece la NFPA 13. Por lo tanto, como el sistema de mangueras verticales es dependiente del otro, requiere de la misma presión que se había calculado para los rociadores automáticos.

Para el suministro de agua de cada uno de los rociadores y de las mangueras verticales, se contempló la conexión de los ductos húmedos que contaba el edificio según plano proporcionado.

En el último capítulo de la investigación, se realizó un análisis de accesos para la circulación vertical. Esto con el fin de verificar si cada una de las rutas de evacuación del CIT si cumplían con criterios de diseño, esto según la NRD 2 de la CONRED. Lo primero que se realizó básicamente, fue calcular la capacidad ocupacional máxima que iba a tener la edificación; para ello se asumió que el edificio se iba encontrar totalmente lleno, esto con el fin de determinar si el CIT contaba con cantidades mínimas de salidas de emergencia y si las dimensiones de los módulos

de gradas, que, en este caso, eran las rutas de evacuación y si cumplían con las dimensiones que nos indicaba la norma. Luego de calcular la capacidad ocupacional máxima, la cual fue de 6,415 personas, se pudo concluir que el edificio debería contar con un mínimo de 4 rutas de evacuación, el cual, si se cumplía, así como las dimensiones que debía tener cada uno de los módulos de gradas, los cuales debían ser de 1.12 m de ancho, ya que la carga ocupacional era mayor a 50 personas. Y, por último, se chequearon las dimensiones de las huellas y contrahuellas las cuales también cumplía. Por lo tanto, se podía concluir que los accesos para la circulación si cumplían para llevar a cabo una evacuación a la hora que se diera un suceso. Esto es de suma importancia, ya que si las rutas de evacuación no cumplieran con criterios de diseño no se podría llevar a cabo la evacuación de personas y por lo tanto, no se estaría cumpliendo el alcance que posee la NFPA, que es el resguardo de la vida de las personas a la hora de un suceso.

Dicho todo esto, se procedió a realizar el diseño de cada uno de los sistemas de protección contra incendios del Centro de Innovación y Tecnología de la Universidad del Valle de Guatemala empleando herramientas BIM.

C. Propuesta eléctrica

1. Diseño iluminación. Se efectuó un diseño preliminar teórico de iluminación artificial para todos los niveles. Se determinó los espacios de cada nivel para asignar la iluminancia requerida de acuerdo a los requerimientos mínimos de *IESNA Lighting Design Guide* (ver Anexo 1). Los parámetros estipulados por *IESNA* toman en consideración el ambiente del espacio, la atención e inclusive la salud de las personas que se encontrarán en él.

También, se estableció las características geométricas de ancho, largo, alto y área de cada espacio. Posteriormente, se determinó el plano de trabajo en base a la actividad a efectuar en cada área. Se calculó la altura de cavidad siendo esta la resta de la altura del nivel y el plano de trabajo.

La Relación de Cavidad del Local se calculó con las características geométricas de cada habitación mediante la ecuación 7. Los valores de reflectancia de los materiales se definieron en base a los recomendados y al tipo de material utilizado, estos se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro No. 205. Reflectancia de los materiales

Elemento	Niveles 1-7		Recomendada	Sótanos 1-4	
Techos	70%	Yeso	70-90%	50%	Yeso
Paredes	50%	color beige	40-60%	30%	Ladrillo
Pisos	20%	Concreto	30-50%	20%	Concreto

Los coeficientes de utilización son propios de cada luminaria, de modo que se determinaron en base a los cuadros de datos provistos por el fabricante (ver Anexos). Los valores intermedios de coeficientes fueron interpolados. El coeficiente de utilización considera la distribución de las lámparas y su eficacia, permitiendo un

diseño adecuado. La cantidad de lámparas necesarias en cada espacio se determinó por medio de la ecuación 8. Las características de las luminarias se muestran a continuación.

Cuadro No. 206. Lámpara de sótanos

Características		
Voltaje	120	V
Carga aparente	158	VA
Ancho	0.25	m
Largo	2.44	m
Tipo	Industrial	
Flujo luminoso	13200	lm
Eficiencia	88.20%	
Tipo de bombillo	Fluorescente	
Marca	Philips	

Cuadro No. 207. Lámpara de niveles

Características		
Voltaje	120	V
Carga aparente	59	VA
Ancho	0.6	m
Largo	0.6	m
Tipo	General	
Flujo luminoso	5550	lm
Eficiencia	77.00%	
Tipo de bombillo	Fluorescente	
Marca	Philips	

Para espacios repetidos con áreas similares el cálculo de luminarias necesarias se efectuó una vez por simplicidad. Los resultados de cantidad de lámparas se pueden observar en los siguientes cuadros.

Cuadro No. 208. Cantidad de luminarias para sótanos

Espacio	Iluminación requerida (lux)	Ancho (m)	Largo (m)	Alto (m)	Plano de trabajo (m)	Techo	Paredes	Piso	Área (m^2)	Altura de cavidad (m)	RCL	CU	FPT	Lúmenes por lámpara ϕ	Cantidad de lámparas
Estacionamiento	150.00	85.14	50.32	4.10	1.00	50%	30%	20%	4284.00	3.10	0.49	0.86	1.00	13200.00	57
Bodega E4	100.00	11.45	3.23	4.10	0.90	50%	30%	20%	37.00	3.20	6.35	0.34	1.00	13200.00	1
Bodega E5	100.00	10.85	4.30	4.10	0.90	50%	30%	20%	46.66	3.20	5.20	0.39	1.00	13200.00	1
Bodega E7	100.00	10.85	4.30	4.10	0.90	50%	30%	20%	46.66	3.20	5.20	0.39	1.00	13200.00	1
Bodega E9	100.00	12.80	4.30	4.10	0.90	50%	30%	20%	55.04	3.20	4.97	0.40	1.00	13200.00	1
Bodega E9	100.00	7.15	2.95	4.10	0.90	50%	30%	20%	21.09	3.20	7.66	0.29	1.00	13200.00	1
Bodega EA	100.00	7.28	6.55	4.10	0.90	50%	30%	20%	47.68	3.20	4.64	0.42	1.00	13200.00	1
Bodega B8	100.00	6.65	4.20	4.10	0.90	50%	30%	20%	27.93	3.20	6.22	0.34	1.00	13200.00	1
Bodega B7	100.00	6.58	4.20	4.10	0.90	50%	30%	20%	27.62	3.20	6.24	0.34	1.00	13200.00	1
Estacionamiento	150.00	85.14	50.32	3.50	1.00	50%	30%	20%	4284.00	2.50	0.40	0.88	1.00	13200.00	56

Cuadro No. 209. Cantidad de luminarias para cada nivel

Nivel	Espacio	Iluminación requerida (lux)	Ancho (m)	Largo (m)	Alto (m)	Plano de trabajo (m)	Techo	Paredes	Piso	Área (m^2)	Altura de cavidad (m)	RCL	CU	FPT	Lúmenes por lámpara ϕ	Cantidad de lámparas
NIVEL 1	Lab. Mecánica E1	500.00	19.60	8.26	5.40	1.00	70%	50%	20%	161.82	4.40	3.79	0.55	1.00	5550	26
	Lab. Mec y Civ	500.00	10.10	12.10	5.40	1.00	70%	50%	20%	122.24	4.40	4.00	0.54	1.00	5550	20
	Lab. Ing. Ener. El	500.00	41.35	12.13	5.40	1.00	70%	50%	20%	501.39	4.40	2.35	0.65	1.00	5550	70
	Lab. Civil EF3	500.00	6.73	13.15	5.40	1.00	70%	50%	20%	88.42	4.40	4.94	0.47	1.00	5550	17
	Lab. Ing. Ener. EF5	500.00	21.70	13.15	5.40	1.00	70%	50%	20%	285.25	4.40	2.69	0.62	1.00	5550	42
	Salón Profesores	100.00	5.97	12.45	5.40	0.90	70%	50%	20%	74.29	4.50	5.58	0.45	1.00	5550	3
	Cubículo	300.00	4.78	5.78	5.40	0.70	70%	50%	20%	27.58	4.70	8.99	0.34	1.00	5550	4
	Clínica	500.00	5.30	5.46	5.40	0.70	70%	50%	20%	28.96	4.70	8.74	0.35	1.00	5550	8
	Lobby	50.00	17.06	25.17	5.40	0.90	70%	50%	20%	429.39	4.50	2.21	0.66	1.00	5550	6
	FAB-LAB	500.00	23.98	20.20	5.40	0.90	70%	50%	20%	484.24	4.50	2.05	0.68	1.00	5550	65
	Lab. Alimentos	500.00	23.66	29.10	5.40	1.10	70%	50%	20%	688.57	4.30	1.65	0.71	1.00	5550	87
	Servicio Sanitario	50.00	3.32	9.10	5.40	0.70	70%	50%	20%	30.21	4.70	9.66	0.31	1.00	5550	1
	Pasillo	50.00	77.10	5.40	5.40	0.70	70%	50%	20%	416.00	4.70	4.66	0.49	1.00	5550	8
NIVEL 2	Aula Teal	500.00	19.60	8.26	3.60	0.70	70%	50%	20%	161.82	2.90	2.50	0.64	1.00	5550	23
	Pasillo	50.00	10.32	18.38	3.60	0.70	70%	50%	20%	189.70	2.90	2.19	0.66	1.00	5550	3
	Librería	300.00	10.09	6.40	3.60	0.70	70%	50%	20%	64.55	2.90	3.70	0.55	1.00	5550	6
	Aula	500.00	14.60	7.45	3.60	0.70	70%	50%	20%	108.77	2.90	2.94	0.60	1.00	5550	16
	Food Court	300.00	25.09	25.21	3.60	0.90	70%	50%	20%	632.49	2.70	1.07	0.76	1.00	5550	45
NIVEL 3	Aula	500.00	12.60	6.50	3.60	0.70	70%	50%	20%	81.90	2.90	3.38	0.57	1.00	5550	13
	Aula	500.00	10.65	12.25	3.60	0.70	70%	50%	20%	130.46	2.90	2.55	0.63	1.00	5550	19
	Aula	500.00	21.80	9.34	3.60	0.70	70%	50%	20%	203.61	2.90	2.22	0.66	1.00	5550	28
	Pasillo	50.00	72.20	10.16	3.60	0.70	70%	50%	20%	733.55	2.90	1.63	0.71	1.00	5550	9
	Salón Profesores	100.00	11.90	11.00	3.60	0.70	70%	50%	20%	130.90	2.90	2.54	0.63	1.00	5550	4
	Colecciones Shook	300.00	8.95	11.70	3.60	1.00	70%	50%	20%	104.72	2.60	2.56	0.63	1.00	5550	9
	Tollán	500.00	8.10	3.70	3.60	0.70	70%	50%	20%	29.97	2.90	5.71	0.45	1.00	5550	6
	Film	300.00	8.31	2.95	3.60	0.70	70%	50%	20%	24.51	2.90	6.66	0.41	1.00	5550	3
	SUM	300.00	10.28	9.20	3.60	0.70	70%	50%	20%	94.58	2.90	2.99	0.59	1.00	5550	9
	Centro de idiomas	300.00	13.60	10.80	3.60	0.70	70%	50%	20%	146.88	2.90	2.41	0.64	1.00	5550	12
	Biblioteca	300.00	33.89	20.66	3.60	0.70	70%	50%	20%	700.17	2.90	1.13	0.76	1.00	5550	50
	Cubículos de estudi	300.00	4.05	3.05	3.60	0.70	70%	50%	20%	12.35	2.90	8.33	0.35	1.00	5550	2
	Oficina administraci	300.00	20.47	5.10	3.60	0.70	70%	50%	20%	104.40	2.90	3.55	0.56	1.00	5550	10
	Restaurante	300.00	4.36	4.45	3.60	0.70	70%	50%	20%	19.40	2.90	6.58	0.42	1.00	5550	3
NIVEL 4 Y 5	Aula	500.00	12.10	8.75	3.60	0.70	70%	50%	20%	105.88	2.90	2.86	0.60	1.00	5550	16
	Aula	500.00	9.94	8.17	3.60	0.70	70%	50%	20%	81.21	2.90	3.23	0.58	1.00	5550	13
	Aula	500.00	11.45	8.28	3.60	0.70	70%	50%	20%	94.81	2.90	3.02	0.59	1.00	5550	14
	Restaurante	500.00	2.90	5.05	3.60	0.70	70%	50%	20%	14.65	2.90	7.87	0.37	1.00	5550	4
	Cubículo	300.00	5.35	5.30	3.60	0.70	70%	50%	20%	28.36	2.90	5.45	0.46	1.00	5550	3
	Salón Profesores	100.00	4.78	7.90	3.60	0.70	70%	50%	20%	37.76	2.90	4.87	0.48	1.00	5550	1
	Bodega	100.00	9.78	2.90	3.60	0.70	70%	50%	20%	28.36	2.90	6.48	0.42	1.00	5550	1
	Aula	500.00	13.36	9.91	3.60	0.70	70%	50%	20%	132.40	2.90	2.55	0.63	1.00	5550	19
NIVEL 6	Aula	500.00	9.94	8.17	4.00	0.70	70%	50%	20%	81.21	3.30	3.68	0.56	1.00	5550	13
	Aula	500.00	11.45	8.28	4.00	0.70	70%	50%	20%	94.81	3.30	3.43	0.57	1.00	5550	15
	Restaurante	500.00	2.90	5.05	4.00	0.70	70%	50%	20%	14.65	3.30	8.96	0.34	1.00	5550	4
	Cubículo	300.00	5.35	5.30	4.00	0.70	70%	50%	20%	28.36	3.30	6.20	0.43	1.00	5550	4
	Bodega	100.00	9.78	2.90	4.00	0.70	70%	50%	20%	28.36	3.30	7.38	0.38	1.00	5550	1
	Aula	500.00	13.36	9.91	4.00	0.70	70%	50%	20%	132.40	3.30	2.90	0.60	1.00	5550	20
NIVEL 7	Auditorio	100.00	21.20	12.62	3.60	0.70	70%	50%	20%	267.54	2.90	1.83	0.70	1.00	5550	7
	Utilería	50.00	6.98	3.81	3.60	0.70	70%	50%	20%	26.59	2.90	5.88	0.44	1.00	5550	1
	Backstage	300.00	4.84	4.04	3.60	0.70	70%	50%	20%	19.55	2.90	6.58	0.42	1.00	5550	3
	Lobby	300.00	10.80	4.48	3.60	0.70	70%	50%	20%	48.38	2.90	4.58	0.50	1.00	5550	5
	Food Court	300.00	59.58	26.06	3.60	0.70	70%	50%	20%	1552.65	2.90	0.80	0.79	1.00	5550	107
	Cocina	500.00	3.61	2.60	3.60	0.70	70%	50%	20%	9.39	2.90	9.59	0.32	1.00	5550	3

Posterior al cálculo teórico de la cantidad de luminarias para cada espacio, se modeló la iluminación en Revit del CIT. Se delimitaron los espacios y se le asignó una categoría de iluminancia requerida. Se colocaron las lámparas distribuidas uniformemente.

Se generó una tabla que consideraba el nivel promedio de iluminancia en base a la clasificación del espacio y se estableció el plano de trabajo. El programa determinaba la iluminancia media estimada de cada espacio con un rango de tolerancia de ± 25 lux de iluminancia promedio; si esta no cumplia con el requerimiento el programa marcaba el valor para aumentar o disminuir la cantidad de lámparas.

Cuadro No. 210. Iluminancia requerida por espacio generada por Revit

<NIVELES DE ILUMINACIÓN REQUERIDA>

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
N	Nombre	Habitación: Nivel	Plenum	Ocupable	Clasificación de Espa	Nivel Promedio de Iluminanci	Iluminación media estimada	Plano de trabajo	Diferencial de requermiento
04 ST -1									
2	BODEGA	04 ST -1	☑	No	3 Areas Generales -	150 lx	169 lx	0.700	-19 lx
2	CUARTO MÁQUINAS	04 ST -1	☑	No	3 Areas Generales -	150 lx	164 lx	0.700	-14 lx
2	BODEGA	04 ST -1	☑	No	3 Areas Generales -	150 lx	166 lx	0.700	-16 lx
2	BODEGA	04 ST -1	☑	No	3 Areas Generales -	150 lx	166 lx	0.700	-16 lx
2	BODEGA	04 ST -1	☑	No	3 Areas Generales -	150 lx	166 lx	0.700	-16 lx
2	BODEGA	04 ST -1	☑	No	3 Areas Generales -	150 lx	130 lx	0.700	20 lx
2	BODEGA	04 ST -1	☑	No	3 Areas Generales -	150 lx	171 lx	0.700	-21 lx
2	BODEGA TOGAS	04 ST -1	☑	No	3 Areas Generales -	150 lx	174 lx	0.700	-24 lx
2	PARQUEO	04 ST -1	☐	☑	13 Garages y Estacio	200 lx	181 lx	1.000	19 lx
2	BODEGA	04 ST -1	☑	No	3 Areas Generales -	150 lx	137 lx	0.700	13 lx
2	BODEGA	04 ST -1	☑	No	3 Areas Generales -	150 lx	136 lx	0.700	14 lx
2	BODEGA	04 ST -1	☑	No	3 Areas Generales -	150 lx	156 lx	0.700	-6 lx
04 ST -1: 12									
05 Nivel 1N									
2	FAB-LAB	05 Nivel 1 N	☐	☑	8 Colegios y Centros	500 lx	479 lx	0.900	21 lx
2	FAB-LAB	05 Nivel 1 N	☐	☑	8 Colegios y Centros	500 lx	486 lx	0.900	14 lx
2	LOBBY	05 Nivel 1 N	☐	☑	10 Lobby	400 lx	376 lx	0.900	24 lx
2	CORREDORES	05 Nivel 1 N	☐	☑	14 Vestibulo	50 lx	72 lx	0.700	-22 lx
2	SANITARIO H	05 Nivel 1 N	☐	☑	4 Areas Generales -	150 lx	167 lx	0.700	-17 lx
2	SANITARIO M	05 Nivel 1 N	☐	☑	4 Areas Generales -	150 lx	160 lx	0.700	-10 lx
2	FAB-LAB	05 Nivel 1 N	☐	☑	16 Oficinas - Oficinas	300 lx	308 lx	0.700	-8 lx
2	LAB. ING. MECANICA	05 Nivel 1 N	☐	☑	8 Colegios y Centros	500 lx	499 lx	1.000	1 lx
2	LAB. ING. CIVIL	05 Nivel 1 N	☐	☑	8 Colegios y Centros	500 lx	514 lx	1.000	-14 lx
2	Lab. ING CIVIL	05 Nivel 1 N	☐	☑	8 Colegios y Centros	500 lx	499 lx	1.000	1 lx
2	LAB. ING. ENERGIAS	05 Nivel 1 N	☐	☑	8 Colegios y Centros	500 lx	496 lx	1.000	4 lx
2	LAB. ING. ENERGIAS	05 Nivel 1 N	☐	☑	8 Colegios y Centros	500 lx	495 lx	0.700	5 lx
2	LAB. MECATRONICA	05 Nivel 1 N	☐	☑	8 Colegios y Centros	500 lx	493 lx	1.000	7 lx
2	LAB. ING. MECANICA	05 Nivel 1 N	☐	☑	8 Colegios y Centros	500 lx	496 lx	1.000	4 lx

La columna H “Iluminación media estimada” se resaltaba en rojo si el valor no cumplía con el rango.

Para cada espacio de los siete niveles y el sótano se verificó que la iluminancia se encontrara dentro de los valores aceptables. Los valores de iluminancia y cantidad de lámparas se muestran en los siguientes cuadros.

La cantidad de lámparas calculado y modelado en Revit son muy similares, en algunos espacios existe una leve variación puesto que el programa considera reflectancias distintas y la geometría real del espacio.

Cuadro No. 211. Niveles de iluminancia requerida

Nombre	Clasificación de Espacio	Nivel Promedio de Iluminancia Requerida (lux)	Iluminación media estimada (lux)	Plano de trabajo de cálculo de iluminación	Diferencial de requerimiento de iluminación (lux)
	SÓTANOS				
BODEGA	3 Areas Generales - Almacenes, Bodegas	150	169	0.7	-19
CUARTO MÁQUINAS	3 Areas Generales - Almacenes, Bodegas	150	164	0.7	-14
BODEGA	3 Areas Generales - Almacenes, Bodegas	150	166	0.7	-16
BODEGA	3 Areas Generales - Almacenes, Bodegas	150	166	0.7	-16
BODEGA	3 Areas Generales - Almacenes, Bodegas	150	166	0.7	-16
BODEGA	3 Areas Generales - Almacenes, Bodegas	150	130	0.7	20
BODEGA	3 Areas Generales - Almacenes, Bodegas	150	171	0.7	-21
BODEGA TOGAS	3 Areas Generales - Almacenes, Bodegas	150	174	0.7	-24
PARQUEO	13 Garages y Estacionamientos - Zonas de Tráfico Activo	200	181	1	19
BODEGA	3 Areas Generales - Almacenes, Bodegas	150	137	0.7	13
BODEGA	3 Areas Generales - Almacenes, Bodegas	150	136	0.7	14
BODEGA	3 Areas Generales - Almacenes, Bodegas	150	156	0.7	-6
	NIVEL 1				
FAB-LAB	8 Colegios y Centros Educativos - Laboratorios	500	479	0.9	21
FAB-LAB	8 Colegios y Centros Educativos - Laboratorios	500	486	0.9	14
LOBBY	10 Lobby	400	376	0.9	24
CORREDORES	14 Vestíbulo	50	72	0.7	-22
SANITARIO H	4 Areas Generales - Vestidores, Baños	150	167	0.7	-17
SANITARIO M	4 Areas Generales - Vestidores, Baños	150	160	0.7	-10
FAB-LAB	16 Oficinas - Oficinas de Tipo General y Computación	300	308	0.7	-8
LAB. ING. MECANICA	8 Colegios y Centros Educativos - Laboratorios	500	499	1	1
LAB. ING. CIVIL	8 Colegios y Centros Educativos - Laboratorios	500	514	1	-14
Lab. ING CIVIL	8 Colegios y Centros Educativos - Laboratorios	500	499	1	1
LAB. ING. ENERGIAS	8 Colegios y Centros Educativos - Laboratorios	500	496	1	4
LAB. ING. ENERGIAS	8 Colegios y Centros Educativos - Laboratorios	500	495	0.7	5
LAB. MECATRONICA	8 Colegios y Centros Educativos - Laboratorios	500	493	1	7
LAB. ING. MECANICA	8 Colegios y Centros Educativos - Laboratorios	500	496	1	4
SALON DE PROFESORES	9 Colegios y Centros Educativos - Salón profesores	150	136	0.7	14
CUBICULO	16 Oficinas - Oficinas de Tipo General y Computación	300	305	0.7	-5
CLINICA	5 Centros de Atención Médica - Iluminación General	500	497	0.7	3
CLINICA	5 Centros de Atención Médica - Iluminación General	500	493	0.7	7
SANITARIO H	4 Areas Generales - Vestidores, Baños	150	166	0.7	-16
SANITARIO M	4 Areas Generales - Vestidores, Baños	150	171	0.7	-21
BODEGA	3 Areas Generales - Almacenes, Bodegas	150	135	0.7	15
LAB. ALIMENTOS	8 Colegios y Centros Educativos - Laboratorios	500	487	0.9	13
BODEGA	3 Areas Generales - Almacenes, Bodegas	150	139	0.7	11
LAB. ALIMENTOS	8 Colegios y Centros Educativos - Laboratorios	500	478	1.1	22
LAB. MECATRONICA	8 Colegios y Centros Educativos - Laboratorios	500	491	1	9
LAB. MECATRONICA	8 Colegios y Centros Educativos - Laboratorios	500	525	1	-25
LAB. MECATRONICA	8 Colegios y Centros Educativos - Laboratorios	500	501	1	-1
	NIVEL 2				
VESTIBULO	14 Vestíbulo	50	61	0.7	-11
BODEGA	3 Areas Generales - Almacenes, Bodegas	150	158	0.7	-8
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	512	0.7	-12
VESTIBULO	14 Vestíbulo	50	29	0.7	21
VESTIBULO	14 Vestíbulo	50	32	0.7	18
FOOD COURT	22 Food Court	350	335	0.9	15
VESTIBULO	14 Vestíbulo	50	49	0.7	1
CUBICULO	16 Oficinas - Oficinas de Tipo General y Computación	300	317	0.7	-17
AULA TEAL	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	508	0.7	-8
SANITARIO H	4 Areas Generales - Vestidores, Baños	150	160	0.7	-10
BODEGA	3 Areas Generales - Almacenes, Bodegas	150	134	0.7	16
SANITARIO M	4 Areas Generales - Vestidores, Baños	150	159	0.7	-9
LIBRERIA	20 Trabajos de Impresión y Encuadernación de Libros - Librería	500	497	0.7	3
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	516	0.7	-16
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	490	0.7	10
BODEGA	3 Areas Generales - Almacenes, Bodegas	150	173	0.7	-23
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	498	0.7	2
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	500	0.7	0
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	509	0.7	-9

Continuacion Cuadro 211

SANITARIO H	4 Areas Generales - Vestidores, Baños	150	165	0.7	-15
SANITARIO M	4 Areas Generales - Vestidores, Baños	150	170	0.7	-20
BODEGA	3 Areas Generales - Almacenes, Bodegas	150	144	0.7	6
BODEGA	3 Areas Generales - Almacenes, Bodegas	150	136	0.7	14
VESTIBULO	14 Vestíbulo	50	72	0.7	-22
CUBICULO	16 Oficinas - Oficinas de Tipo General y Computación	300	321	0.7	-21
	NIVEL 3				
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	514	0.7	-14
SANITARIO M	4 Areas Generales - Vestidores, Baños	150	155	0.7	-5
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	507	0.7	-7
SANITARIO H	4 Areas Generales - Vestidores, Baños	150	163	0.7	-13
BODEGA	3 Areas Generales - Almacenes, Bodegas	150	140	0.7	10
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	505	0.7	-5
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	488	0.7	12
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	502	0.7	-2
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	497	0.7	3
SANITARIO H	4 Areas Generales - Vestidores, Baños	150	174	0.7	-24
SANITARIO M	4 Areas Generales - Vestidores, Baños	150	162	0.7	-12
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	479	0.7	21
TOLLAN	6 Colegios y Centros Educativos - Salas de Conferencias	600	609	0.7	-9
FILM	7 Colegios y Centros Educativos - Colecciones	300	286	0.7	14
RESTAURANTE	22 Food Court	350	340	0.7	10
ADMINISTRACIÓN	16 Oficinas - Oficinas de Tipo General y Computación	300	296	0.7	4
CUB. ESTUDIO	7 Colegios y Centros Educativos - Colecciones	300	296	0.7	4
CUB. ESTUDIO	7 Colegios y Centros Educativos - Colecciones	300	284	0.7	16
CUB. ESTUDIO	7 Colegios y Centros Educativos - Colecciones	300	284	0.7	16
CUB. ESTUDIO	7 Colegios y Centros Educativos - Colecciones	300	276	0.7	24
FOTOCOPIA	20 Trabajos de Impresión y Encuadernación de Libros - Librería	500	506	0.7	-6
BODEGA	3 Areas Generales - Almacenes, Bodegas	150	174	0.7	-24
SALON PROFESORES	9 Colegios y Centros Educativos - Salón profesores	150	146	0.7	4
COLECCIÓN SHOOK	7 Colegios y Centros Educativos - Colecciones	300	314	1	-14
CENTRO DE IDIOMAS	7 Colegios y Centros Educativos - Colecciones	300	298	0.7	2
SUM	7 Colegios y Centros Educativos - Colecciones	300	320	0.7	-20
BIBLIOTECA	7 Colegios y Centros Educativos - Colecciones	300	288	0.7	12
CUB. ESTUDIO	7 Colegios y Centros Educativos - Colecciones	300	324	0.7	-24
CUB. ESTUDIO	7 Colegios y Centros Educativos - Colecciones	300	318	0.7	-18
CUB. ESTUDIO	7 Colegios y Centros Educativos - Colecciones	300	315	0.7	-15
VESTIBULO	14 Vestíbulo	50	33	0.7	17
CAFETERIA	22 Food Court	350	330	0.7	20
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	492	0.7	8
BODEGA	3 Areas Generales - Almacenes, Bodegas	150	134	0.7	16
	NIVEL 4				
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	505	0.7	-5
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	501	0.7	-1
SANITARIO H	4 Areas Generales - Vestidores, Baños	150	171	0.7	-21
SANITARIO M	4 Areas Generales - Vestidores, Baños	150	160	0.7	-10
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	493	0.7	7
BODEGA	3 Areas Generales - Almacenes, Bodegas	150	136	0.7	14
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	485	0.7	15
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	497	0.7	3
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	496	0.7	4
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	513	0.7	-13
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	507	0.7	-7
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	490	0.7	10
SANITARIO H	4 Areas Generales - Vestidores, Baños	150	159	0.7	-9
SANITARIO M	4 Areas Generales - Vestidores, Baños	150	140	0.7	10
BODEGA	3 Areas Generales - Almacenes, Bodegas	150	173	0.7	-23
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	509	0.7	-9
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	489	0.7	11
BODEGA	3 Areas Generales - Almacenes, Bodegas	150	152	0.7	-2
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	524	0.7	-24
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	507	0.7	-7
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	523	0.7	-23
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	489	0.7	11
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	482	0.7	18
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	500	0.7	0
BODEGA MANTENIMIENTO	3 Areas Generales - Almacenes, Bodegas	150	140	0.7	10
CUBICULO	16 Oficinas - Oficinas de Tipo General y Computación	300	309	0.7	-9
SALÓN PROFESORES	9 Colegios y Centros Educativos - Salón profesores	150	165	0.7	-15
CUBICULO	16 Oficinas - Oficinas de Tipo General y Computación	300	308	0.7	-8

Continuacion Cuadro 211

CUBICULO	16 Oficinas - Oficinas de Tipo General y Computación	300	291	0.7	9
VESTIBULO	14 Vestíbulo	50	66	0.7	-16
BODEGA	3 Areas Generales - Almacenes, Bodegas	150	163	0.7	-13
	NIVEL 5				
CUBÍCULO	16 Oficinas - Oficinas de Tipo General y Computación	300	280	0.7	20
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	480	0.7	20
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	513	0.7	-13
AULA	14 Vestíbulo	50	65	0.7	-15
CUBÍCULO	16 Oficinas - Oficinas de Tipo General y Computación	300	298	0.7	2
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	492	0.7	8
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	495	0.7	5
BODEGA	3 Areas Generales - Almacenes, Bodegas	150	148	0.7	2
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	478	0.7	22
SANITARIO M	4 Areas Generales - Vestidores, Baños	150	164	0.7	-14
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	513	0.7	-13
BODEGA	3 Areas Generales - Almacenes, Bodegas	150	169	0.7	-19
CUBÍCULO	16 Oficinas - Oficinas de Tipo General y Computación	300	306	0.7	-6
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	481	0.7	19
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	513	0.7	-13
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	489	0.7	11
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	520	0.7	-20
SALON PROFESORES	9 Colegios y Centros Educativos - Salón profesores	150	156	0.7	-6
BODEGA MANTENIMIENTO	3 Areas Generales - Almacenes, Bodegas	150	140	0.7	10
BODEGA	3 Areas Generales - Almacenes, Bodegas	150	166	0.7	-16
SANITARIO H	4 Areas Generales - Vestidores, Baños	150	171	0.7	-21
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	506	0.7	-6
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	504	0.7	-4
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	496	0.7	4
SANITARIO H	4 Areas Generales - Vestidores, Baños	150	142	0.7	8
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	519	0.7	-19
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	512	0.7	-12
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	485	0.7	15
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	498	0.7	2
BODEGA	3 Areas Generales - Almacenes, Bodegas	150	168	0.7	-18
BODEGA	3 Areas Generales - Almacenes, Bodegas	150	152	0.7	-2
SANITARIO M	4 Areas Generales - Vestidores, Baños	150	146	0.7	4
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	480	0.7	20
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	510	0.7	-10
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	499	0.7	1
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	511	0.7	-11
	NIVEL 6				
SANITARIO M	4 Areas Generales - Vestidores, Baños	150	153	0.7	-3
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	514	0.7	-14
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	509	0.7	-9
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	517	0.7	-17
SANITARIO H	4 Areas Generales - Vestidores, Baños	150	171	0.7	-21
SANITARIO H	4 Areas Generales - Vestidores, Baños	150	172	0.7	-22
BODEGA	3 Areas Generales - Almacenes, Bodegas	150	127	0.7	23
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	511	0.7	-11
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	509	0.7	-9
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	494	0.7	6
SANITARIO M	4 Areas Generales - Vestidores, Baños	150	146	0.7	4
CUBÍCULO	16 Oficinas - Oficinas de Tipo General y Computación	300	296	0.7	4
CUBÍCULO	16 Oficinas - Oficinas de Tipo General y Computación	300	294	0.7	6
BODEGA	3 Areas Generales - Almacenes, Bodegas	150	166	0.7	-16
BODEGA	3 Areas Generales - Almacenes, Bodegas	150	151	0.7	-1
BODEGA	3 Areas Generales - Almacenes, Bodegas	150	168	0.7	-18
BODEGA MANTENIMIENTO	3 Areas Generales - Almacenes, Bodegas	150	172	0.7	-22
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	505	0.7	-5
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	500	0.7	0
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	501	0.7	-1
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	484	0.7	16
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	513	0.7	-13
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	496	0.7	4
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	518	0.7	-18
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	496	0.7	4
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	516	0.7	-16
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	513	0.7	-13
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	510	0.7	-10
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	502	0.7	-2
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	501	0.7	-1

BODEGA	3 Areas Generales - Almacenes, Bodegas	150	158	0.7	-8
CAFETERIA	22 Food Court	350	331	0.7	19
VESTIBULO	14 Vestíbulo	50	67	0.7	-17
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	492	0.7	8
BODEGA	3 Areas Generales - Almacenes, Bodegas	150	150	0.7	0
CUBÍCULO	16 Oficinas - Oficinas de Tipo General y Computación	300	288	0.7	12
	NIVEL 7				
BODEGA	3 Areas Generales - Almacenes, Bodegas	150	162	0.7	-12
SANITARIO M	4 Areas Generales - Vestidores, Baños	150	163	0.7	-13
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	518	0.7	-18
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	487	0.7	13
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	502	0.7	-2
AUDITORIO	2 Auditorio - Exposiciones	400	403	0.7	-3
LOBBY	10 Lobby	400	407	0.7	-7
BODEGA MANTENIMIENTO	3 Areas Generales - Almacenes, Bodegas	150	159	0.7	-9
Food Court	22 Food Court	350	328	0.7	22
VESTÍBULO	14 Vestíbulo	50	73	0.7	-23
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	486	0.7	14
UTILERÍA	12 Auditorio - Utilería	100	98	0.7	2
COCINA	17 Cocina	750	747	0.7	3
SANITARIO H	4 Areas Generales - Vestidores, Baños	150	171	0.7	-21
BODEGA	3 Areas Generales - Almacenes, Bodegas	150	130	0.7	20
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	518	0.7	-18
BACKSTAGE	7 Colegios y Centros Educativos - Colecciones	300	295	0.7	5
BACKSTAGE	7 Colegios y Centros Educativos - Colecciones	300	295	0.7	5
BODEGA	3 Areas Generales - Almacenes, Bodegas	150	142	0.7	8
AULA	11 Colegios y Centros Educativos - Salones de Clase	500	520	0.7	-20
BODEGA	3 Areas Generales - Almacenes, Bodegas	150	175	0.7	-25

Cuadro No. 212. Cuantificación de lámparas por espacio

Nivel	Espacio	Cantidad de lámparas
Sótano	BODEGA	12
	BODEGA TOGAS	1
	CUARTO MÁQUINAS	1
	PARQUEO	59
Nivel 1	BODEGA	2
	CLINICA	3
	CORREDORES	11
	CUBICULO	2
	FAB-LAB	48
	LAB. ALIMENTOS	63
	LAB. ING. CIVIL	22
	LAB. ING. ENERGIAS	28
	LAB. ING. MECANICA	28
	LAB. MECATRONICA	50
	LOBBY	32
	SALON DE PROFESORES	2
	SANITARIO H	2
	SANITARIO M	2
Nivel 2	AULA	62
	AULA TEAL	18
	BODEGA	7
	CUBICULO	5
	FOOD COURT	42
	LIBRERIA	7
	SANITARIO H	2
	SANITARIO M	2
	VESTIBULO	34
Nivel 3	ADMINISTRACIÓN	6
	AULA	90
	BIBLIOTECA	43
	BODEGA	3
	CAFETERIA	3
	CENTRO DE IDIOMAS	11
	COLECCIÓN SHOOK	8
	CUB. ESTUDIO	11
	FILM	4
	FOTOCOPIA	4
	RESTAURANTE	4
	SALON PROFESORES	7
	SANITARIO H	2
	SANITARIO M	2
	SUM	6

Continuacion Cuadro 212

	TOLLAN	5
	VESTIBULO	32
Nivel 4	AULA	220
	BODEGA	12
	BODEGA MANTENIMIENTO	3
	CUBICULO	12
	SALÓN PROFESORES	4
	SANITARIO H	4
	SANITARIO M	4
	VESTIBULO	38
Nivel 5	AULA	304
	BODEGA	6
	BODEGA MANTENIMIENTO	3
	CUBÍCULO	6
	SALON PROFESORES	5
	SANITARIO H	4
	SANITARIO M	5
Nivel 6	AULA	261
	BODEGA	8
	BODEGA MANTENIMIENTO	2
	CAFETERIA	2
	CUBÍCULO	6
	SANITARIO H	4
	SANITARIO M	4
	VESTIBULO	25
Nivel 7	AUDITORIO	26
	AULA	70
	BACKSTAGE	3
	BODEGA	5
	BODEGA MANTENIMIENTO	3
	COCINA	4
	Food Court	53
	LOBBY	6
	SANITARIO H	2
	SANITARIO M	2
	UTILERÍA	4
	VESTÍBULO	13
	TOTAL	1921

Cuadro No. 213. Resumen cantidad de lámparas fluorescentes por nivel

Nivel	Cantidad de lámparas
Sótano	73
Nivel 1	295
Nivel 2	179
Nivel 3	241
Nivel 4	297
Nivel 5	333
Nivel 6	312
Nivel 7	191
Total	1921
Costo aproximado	Q 5,100,255.00

Cuadro No. 214. Resumen cantidad de lámparas LED por nivel

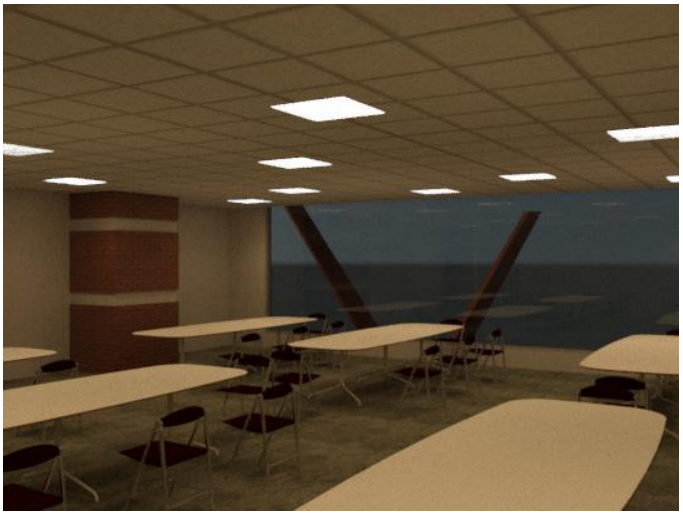
Nivel	Cantidad de lámparas
Sótano	63
Nivel 1	256
Nivel 2	155
Nivel 3	209
Nivel 4	257
Nivel 5	289
Nivel 6	270
Nivel 7	166
Total	1665
Costo aproximado	Q 5,063,275.75

El costo aproximado en las lámparas fluorescentes interiores es de Q 5 100 255.00, siendo el precio unitario de Q2 655.00. Por otro lado, se evaluó la alternativa de seleccionar lámparas LED marca Philips de alta eficacia, con un flujo luminoso de 4900 lúmenes, una potencia de 45 Watts y un precio unitario de Q 3 041.25.

Como resultado, se requieren 256 lámparas menos para el CIT, esto implica un ahorro de Q36 979.25 a pesar que el precio unitario de las luminarias LED es mayor. El ahorro también se ve reflejado en la carga energética puesto que la potencia es de 45 Watts como se muestran en los resultados de la carga total de iluminación en la sección de "Diseño de instalación eléctrica de iluminación".

Otra alternativa de inversión a evaluar es la colocación de cielo falso para determinar si disminuye la cantidad de luminarias requeridas en el edificio. El cielo falso estaría ubicado a 0.30 m de la losa, su costo por m^2 es de Q100.00. El cielo falso disminuye la altura de cavidad, siendo esta la resta de la altura del techo y el plano de trabajo. Con esta disminución, se requerirían 43 luminarias menos; el ahorro en compra de lámparas es de Q129 827.58 y la inversión por colocación de cielo falso es de Q2 028 191.00. Lo anterior indica que la colocación de un cielo falso no es tan atractiva económicamente si solo se consideran la cantidad de luminarias a ubicar, se deben considerar otras características como el confort térmico, el aspecto visual, el aislamiento auditivo, entre otros. Por lo anterior, se recomienda colocar cielo falso únicamente en espacios de gran área como la biblioteca, el área de restaurantes y el auditorio.

Figura No. 318. Iluminación de un aula



2. Diseño de instalación eléctrica de iluminación. El cálculo de la carga de iluminación se efectuó por el método estándar de NFPA 70 *National Electric Code* (NEC) de 2011, de acuerdo a la parte III artículo 220. Los valores de la carga unitaria se determinaron según la Tabla 220.12 (Anexo). El factor de demanda para la carga de iluminación es 1 de acuerdo a la tabla 220.42 (Anexo). La carga de iluminación mediante el método NEC se muestra seguidamente.

Cuadro No. 215. Carga de Iluminación según NEC

Espacios	Área (m2)	Carga Unitaria (VA/m2)	Carga total (VA)
Nivel 1	2917.82	33	96288.06
Nivel 2	1049.12	33	34620.96
Foodcourt	440.67	22	9694.74
Nivel 3	2272.37	33	74988.21
Cafetería	151.15	22	3325.3
Nivel 4	1845.19	33	60891.27
Bodega	97.89	3	293.67
Nivel 5	2026.93	33	66888.69
Bodega	58.86	3	176.58
Nivel 6	1924.2	33	63498.6
Bodega	77.79	3	233.37
Nivel 7	462.14	33	15250.62
Auditorio	353.18	11	3884.98
Cafetería	182.16	22	4007.52
Bodega	33.02	3	99.06
Salón de eventos	202.14	11	2223.54
Cuarto de máquinas	102.01	3	306.03
Sótanos	20281.91	6	121691.46
		TOTAL	558362.66

Con la carga aparente de cada lámpara y la cuantificación total, se puede determinar la carga real de iluminación del Centro de Innovación y Tecnología.

Cuadro No. 216. Carga de iluminación fluorescente real

Nivel	Cantidad de lámparas	Carga (VA)
Sótano*	73	40592
Nivel 1	295	17405
Nivel 2	179	10561
Nivel 3	241	14219
Nivel 4	297	17523
Nivel 5	333	19647
Nivel 6	312	18408
Nivel 7	191	11269
Total	1921	149624

* Se considera los cuatro sótanos

Comparando ambos resultados, se puede determinar que el método NEC incrementa considerablemente la carga de iluminación; significando un aumento casi del doble. Para cálculos más exactos se debe diseñar la iluminación.

Por otro lado, se puede observar la diferencia significativa en la carga de iluminación siendo de 67 462 VA entre las luminarias fluorescentes y LED. En el siguiente cuadro se puede observar la carga de iluminación LED, siendo esta opción la más favorable ya que el consumo energético será menor.

Cuadro No. 217. Carga de iluminación LED

Nivel	Cantidad de lámparas	Carga (VA)
Sótano*	63	10090
Nivel 1	256	11505
Nivel 2	155	6981
Nivel 3	209	9399
Nivel 4	257	11583
Nivel 5	289	12987
Nivel 6	270	12168
Nivel 7	166	7449
Total	1664.87	82162

* Se considera los cuatro sótanos

La carga de iluminación se clasifica en el código como carga continua (se espera que la corriente máxima continúe por tres horas o más). Cuando circula corriente por un conductor se produce un calentamiento del mismo debido al efecto Joule, el aumento de la temperatura causa que también aumenten las resistencias por el coeficiente térmico de resisticidad α. Es por ello que se incrementa la carga en un 125% para contrarrestar el aumento de resistencias.

Posterior al aumento de carga de cada lámpara, se calculó la corriente. Esta se dividió dentro de la corriente del conductor para determinar el número de lámparas permitidas en cada circuito de derivación. Se permite hasta un máximo de 33 lámparas para los circuitos de cada nivel y 12 lámparas para los circuitos de sótanos.

Puesto que la magnitud de la carga de iluminación no es grande, se seleccionó un conductor calibre 12 AWG con aislamiento THHN, el cual posee una ampacidad de 20 A. El recubrimiento THHN es un termoplástico resistente al calor y a la flama. La protección se escogió con base en la sección 220.10 de NEC.

Cuadro No. 218. Corriente de lámparas de sótanos y niveles

Factor para carga continua	1.25
Corriente lámparas sótano	1.646 A
Corriente lámparas niveles	0.615 A
Carga lámpara sótano	197.5 VA
Carga lámpara clases	73.75 VA

Cuadro No. 219. Conductor y protección del circuito de iluminación

Características del conductor del circuito	
Material	Cobre
Calibre del conductor	12 AWG
Ampacidad conductor	20 A
Recubrimiento	THHN
Protección sobrecorrientes	20 A

Los planos de distribución de luminarias y circuitos derivados se encuentran en Anexos.

3. Diseño de instalación eléctrica de fuerza. Para el diseño de los circuitos derivados de los tomacorrientes se efectuó el cálculo de la carga de acuerdo a la sección 220.14(I) de *National Electric Load*, la cual establece que la carga de las salidas de tomacorrientes se debe considerar no menor a 180 VA. Para cada espacio del nivel, se cuantificó la cantidad de tomacorrientes instalados y se le asignó la carga de 180 VA. Para los tomacorrientes monofásicos y trifásicos de 220 V y 50 A instalados en los laboratorios, se calculó la carga en base a la ecuación 2. La conexión trifásica se consideró en estrella, siendo 220 V el voltaje de línea.

Se optó por este método debido a que no se contaba con la información completa de los dispositivos y maquinarias a conectar, pero sí con los planos de ubicación de las salidas de tomacorrientes.

A la carga de tomacorrientes para edificios que no son de viviendas, se le aplica el factor de demanda de la tabla 220.86 del código, esta disminiuye la demanda en un 50% para el remanente de 10000 VA (Anexo 5). Esta reducción es aplicable ya que considera que no toda la carga estará conectada al mismo tiempo.

El cálculo de la ampacidad del conductor en base al articulo 310 de NEC dependerá del voltaje de los conductores, en este caso será de 0 a 2000 V. La ampacidad es la capacidad de conducción de corriente máxima para determinado calibre.

Según el artículo 320.25(A)(I) la ampacidad permisible para conductores dentro de ese rango de voltaje se puede determinar en base a la tabla 310.15 (Anexo). Se consideró que únicamente habría tres conductores activos en una canalización, ya que al existir muchos conductores en una canalización la capacidad para disipar la temperatura disminuye y por ende, su ampacidad. Los valores de capacidad de conducción de corriente permisible de esa tabla están considerados para 30 ºC de temperatura ambiente. De modo que se le debe aplicar el factor de corrección de temperatura ambiente para el rango de temperatura de 21 a 25 ºC de la tabla 310.15 (B)(2)(A) (Anexo 7); la temperatura ambiente al ser muy elevada disminuye la capacidad de conducción de corriente ya que aumenta las resistencia por el coeficiente térmico de resistividad α.

Los conductores a utilizar serán de cobre, el calibre mínimo permitido para este material es de 14 AWG según la tabla 310.106(A) del código (Anexo).

Para el laboratorio de ingeniería en alimentos se aplicó los factores de demanda para equipo de cocina de tipo comercial de la tabla 220.56 de NEC (Anexo), considerando que el equipo sería utilizado intermitentemente.

La selección de los conductores en la tabla 310.15 se efectuó en base a la restricción por temperatura de la sección 110.14(C) NEC, la cual estipula que los circuitos que tiene una corriente nominal conectada menor a los 100 A se debe elegir el calibre del conductor de la columna de 60 ºC; para corrientes mayores a 100 A la temperatura de diseño es 75 ºC.

El dimensionamiento del dispositivo de protección contra sobrecorriente se hizo en base a NEC 240.4 (B) y (D). La sección B abarca los dispositivos en un rango de 800 A o menor; para este caso se elige el tamaño estándar siguiente. La sección D consiste en el dimensionamiento del dispositivo para conductores pequeños; para cobre calibre 14 AWG, 12 AWG y 10 AWG se debe seleccionar el dispositivo de 15 A, 20 A y 30 A respectivamente. Los valores estándar de amperaje de los dispositivos contra sobrecorrientes se seleccionaron en base a NEC 240.6.

Los cuadros a continuación muestran los resultados del cálculo de carga de los tomacorrientes, el conductor del circuito derivado con recubrimiento THHN y el dispositivo de protección.

Cuadro No. 220. Ampacidad de los conductores de los circuitos derivados y dispositivo de protección contra sobrecorrientes

Espacio	Tomacorriente	Cantidad	Voltaje (V)	Corriente (A)	Carga total (VA)	Factor de demanda	Carga (VA)	Amperaje mínimo (A)	Conductor	Amperaje Conductor (A)	Protección sobrecorrientes (A)
Lab. Mecánica 1	Doble, polarizado	15	120.00	15.00	2700.00	1	2700.00	23	10 AWG	20.80	20
	Monofásico	1	220.00	50.00	11000.00	1, 0.5	10500.00	48	8 AWG	41.60	50
	Trifásico	13	381.05	50.00	247683.27	1, 0.5	128841.63	338	500 kcmil	395.20	350
Sanitario Hombres	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.60	15
Sanitario Mujeres	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.60	15
Ducto datos	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.60	15
Bodega	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.60	15
Pasillo	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.60	15
Ducto eléctrico	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.60	15
Lab. Mecánica 2	Doble, polarizado	27	120.00	15.00	4860.00	1	4860.00	41	8 AWG	41.60	45
	Monofásico	6	220.00	50.00	66000.00	1, 0.5	38000.00	173	2/0 AWG	182.00	175
	Trifásico	1	381.05	50.00	19052.56	1, 0.5	14526.28	38	8 AWG	41.60	30
Lab. Mecatrónica 1	Doble, polarizado	15	120.00	15.00	2700.00	1	2700.00	23	10 AWG	31.20	20
Lab. Mecatrónica 2	Doble, polarizado	17	120.00	15.00	3060.00	1	3060.00	26	10 AWG	31.20	20
Lab. Mecatrónica 3	Doble, polarizado	15	120.00	15.00	2700.00	1	2700.00	23	10 AWG	31.20	20
Lab. Mecatrónica 4	Doble, polarizado	15	120.00	15.00	2700.00	1	2700.00	23	10 AWG	31.20	20
Lab. Civil 1	Doble, polarizado	3	120.00	15.00	540.00	1	540.00	5	14 AWG	15.60	15
Lab. Civil 2	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.60	15
	Monofásico	1	220.00	50.00	11000.00	1, 0.5	10500.00	48	6 AWG	57.20	50
	Trifásico	1	381.05	50.00	19052.56	1, 0.5	14526.28	38	8 AWG	41.60	40
Lab. Civil 3	Doble, polarizado	7	120.00	15.00	1260.00	1	1260.00	11	14 AWG	15.60	15
	Trifásico	4	381.05	50.00	76210.24	1, 0.5	43105.12	113	2 AWG	119.60	125
Lab. Civil 4	Doble, polarizado	7	120.00	15.00	1260.00	1	1260.00	11	14 AWG	15.60	15
Sala de trabajo	Doble, polarizado	17	120.00	15.00	3060.00	1	3060.00	26	12 AWG	15.60	20
Cubículo	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.60	15
Recepción	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.60	15
Pasillo	Doble, polarizado	2	120.00	15.00	360.00	1	360.00	3	14 AWG	15.60	15
Área lockers	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.60	15
Clínica	Doble, polarizado	2	120.00	15.00	360.00	1	360.00	3	14 AWG	15.60	15
Ducto datos	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.60	15
Ducto eléctrico	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.60	15

Nivel 1

Continua

Continúa

Sanitario Hombres	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.60	15
Sanitario Mujeres	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.60	15
Pasillo	Doble, polarizado	2	120.00	15.00	360.00	1	360.00	3	14 AWG	15.60	15
Cocina	Doble, polarizado	3	120.00	15.00	540.00	1	540.00	5	14 AWG	15.60	15
Recepción	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.60	15
Exhibidor proyectos	Doble, polarizado	2	120.00	15.00	360.00	1	360.00	3	14 AWG	15.60	15
Sala de trabajo	Doble, polarizado	23	120.00	15.00	4140.00	1	4140.00	35	10 AWG	31.20	30
Sala de trabajo	Doble, polarizado	20	120.00	15.00	3600.00	1	3600.00	30	10 AWG	31.20	20
Soldadura Industrial	Doble, polarizado	9	120.00	15.00	1620.00	1	1620.00	14	14 AWG	15.60	15
	Monofásico	7	220.00	50.00	77000	1, 0.5	43500.00	198	3/0 AWG	208.00	200
Oficina	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.60	15
Manufactura digital	Doble, polarizado	16	120.00	15.00	2880.00	1	2880.00	24	14 AWG	15.60	15
	Monofásico	8	220.00	50.00	88000	1, 0.5	49000.00	223	4/0 AWG	239.20	225
Carpintería	Doble, polarizado	5	120.00	15.00	900.00	1	900.00	8	14 AWG	15.60	15
	Monofásico	5	220.00	50.00	55000	1, 0.5	32500.00	148	1/0 AWG	156.00	150
Pasillo elevador	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.60	15
Lab. Alimentos	Doble, polarizado	48	120.00	15.00	8640.00	1	9320.00	78	3 AWG	88.40	80
	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.60	15
	Doble, polarizado *	5	120.00	15.00	900.00	0.7	630	5	14 AWG	15.60	15
	Monofásico	13	220.00	50.00	143000	1, 0.5	76500.00	348	500 kcmil	395.20	350
Pasillo gradas	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.60	15
Pasillo	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.60	15
Control de calidad	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.60	15
Investigación y des	Doble, polarizado	9	120.00	15.00	1620.00	1	1620.00	14	14 AWG	15.60	15
Bodega	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.60	15
Aula socrática	Doble, polarizado	6	120.00	15.00	1080.00	1	1080.00	9	14 AWG	26.00	15

Nota: ***los valores de amperaje mínimo se redondean en base a 22 * Table 220.56 NEC***

Espacio	Tomacorriente	Cantidad	Voltaje (V)	Corriente (A)	Carga total (VA)	Factor de demanda	Carga (VA)	Amperaje mínimo (A)	Conductor	Amperaje Conductor (A)	Protección sobrecorrientes (A)
Aula Networking	Doble, polarizado	11	120.00	15.00	1980.00	1	1980.00	17	12 AWG	20.80	15
Pasillo	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.60	15

Continúa

Nivel 2	Sanitario Hombres	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.60	15
	Sanitario Mujeres	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.60	15
	Librería	Doble, polarizado	3	120.00	15.00	540.00	1	540.00	5	14 AWG	15.60	15
	Bodega	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.60	15
	Ducto datos	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.60	15
	Ducto eléctrico	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.60	15
	Pasillo elevadores	Doble, polarizado	2	120.00	15.00	360.00	1	360.00	3	14 AWG	15.60	15
	Lab. Métodos 1	Doble, polarizado	33	120.00	15.00	5940.00	1	5940.00	50	6 AWG	57.20	50
	Lab. Métodos 2	Doble, polarizado	32	120.00	15.00	5760.00	1	5760.00	48	6 AWG	57.20	50
	Cubículos	Doble, polarizado	8	120.00	15.00	1440.00	1	1440.00	12	14 AWG	15.60	15
	Pasillo	Doble, polarizado	2	120.00	15.00	360.00	1	360.00	3	14 AWG	15.60	15
	Lab. Admin 1	Doble, polarizado	20	120.00	15.00	3600.00	1	3600.00	30	10 AWG	31.20	20
	Lab. Admin 2	Doble, polarizado	11	120.00	15.00	1980.00	1	1980.00	17	12 AWG	20.80	15
	Vestíbulo	Doble, polarizado	6	120.00	15.00	1080.00	1	1080.00	9	14 AWG	15.60	15
	Cuarto control	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.60	15
	Aula Flex Space 2	Doble, polarizado	14	120.00	15.00	2520.00	1	2520.00	21	10 AWG	31.20	25
	Pasillo	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.60	15
	Aula Flex Space 1	Doble, polarizado	10	120.00	15.00	1800.00	1	1800.00	15	14 AWG	15.60	15
	Ducto datos	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.60	15
	Ducto eléctrico	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.60	15
	Sanitario Hombres	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.60	15
	Sanitario Mujeres	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.60	15
	Vestíbulo	Doble, polarizado	3	120.00	15.00	540.00	1	540.00	5	14 AWG	15.60	15
	Pasillo pozo luz	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.60	15
	Cocina	Doble, polarizado	10	120.00	15.00	1800.00	1	1800.00	15	14 AWG	15.60	15
	Food Court	Doble, polarizado	9	120.00	15.00	1620.00	1	1620.00	14	14 AWG	15.60	15

Nota: ***los valores de amperaje mínimo se redondean en base a 220-2(b) NEC***

Continúa

Nivel 3

Espacio	Tomacorriente	Cantidad	Voltaje (V)	Corriente (A)	Carga total (VA)	Factor de demanda	Carga (VA)	Amperaje mínimo (A)	Conductor	Amperaje Conductor (A)	Protección sobrecorrientes (A)
CO-Work	Doble, polarizado	10	120.00	15.00	1800.00	1	1800.00	15	14 AWG	15.60	15
Vestíbulo	Doble, polarizado	3	120.00	15.00	540.00	1	540.00	5	14 AWG	15.60	15
Sanitario H	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.60	15
Sanitario M	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.60	15
Aula innovación	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.60	15
Pasillo elevadores	Doble, polarizado	2	120.00	15.00	360.00	1	360.00	3	14 AWG	15.60	15
Ducto eléctrico	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.60	15
Gabinete	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.60	15
Sala presentación	Doble, polarizado	9	120.00	15.00	1620.00	1	1620.00	14	14 AWG	15.60	15
Sala estar	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.60	15
Bodega	Doble, polarizado	2	120.00	15.00	360.00	1	360.00	3	14 AWG	15.60	15
Aula socrática	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.60	15
Makerspace 1	Doble, polarizado	11	120.00	15.00	1980.00	1	1980.00	17	12 AWG	20.80	20
Makerspace 2	Doble, polarizado	5	120.00	15.00	900.00	1	900.00	8	14 AWG	26.00	15
Makerspace 3	Doble, polarizado	11	120.00	15.00	1980.00	1	1980.00	17	12 AWG	20.80	20
Zona multimedia	Doble, polarizado	16	120.00	15.00	2880.00	1	2880.00	24	10 AWG	31.20	15
Colección Shook	Doble, polarizado	3	120.00	15.00	540.00	1	540.00	5	14 AWG	15.60	15
Pasillo	Doble, polarizado	2	120.00	15.00	360.00	1	360.00	3	14 AWG	15.60	15
Bodega	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.60	15
Lab. Innovación	Doble, polarizado	12	120.00	15.00	2160.00	1	2160.00	18	12 AWG	20.80	20
Sanitario H	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.60	15
Sanitario M	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.60	15
Bodega	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.60	15
Ducto eléctrico	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.60	15
Pasillo elevadores	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.60	15
Pasillo	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.60	15
Tollán	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.60	15
Film	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.60	15
Pasillo	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.60	15
Sala estar	Doble, polarizado	3	120.00	15.00	540.00	1	540.00	5	14 AWG	15.60	15
Cubículos estudio	Doble, polarizado	11	120.00	15.00	1980.00	1	1980.00	17	12 AWG	20.80	20

Continúa

Administración	Doble, polarizado	14	120.00	15.00	2520.00	1	2520.00	21	10 AWG	31.20	15
Estudio	Doble, polarizado	10	120.00	15.00	1800.00	1	1800.00	15	14 AWG	15.60	15
Estudio gradas	Doble, polarizado	5	120.00	15.00	900.00	1	900.00	8	14 AWG	15.60	15
Biblioteca	Doble, polarizado	39	120.00	15.00	7020.00	1	7020.00	59	4 AWG	72.80	60
Cafeteria	Doble, polarizado	15	120.00	15.00	2700.00	1	2700.00	23	10 AWG	31.20	15

Nota: ***los valores de amperaje mínimo se redondean en base a 220-2(b) NEC***

Nivel 4

Espacio	Tomacorriente	Cantidad	Voltaje (V)	Corriente (A)	Carga total (VA)	Factor de demanda	Carga (VA)	Amperaje mínimo (A)	Conductor	Amperaje Conductor (A)	Protección sobrecorrientes (A)
Aula	Doble, polarizado	30	120.00	15.00	5400.00	1	5400.00	45	6 AWG	57.20	45
Vestíbulo		6	120.00	15.00	1080.00	1	1080.00	9	14 AWG	15.60	15
Sanitario H		1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.60	15
Sanitario M		1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.60	15
Pasillo elevación		1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.60	15
Bodega		3	120.00	15.00	540.00	1	540.00	5	14 AWG	15.60	15
Ducto eléctrico		1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.60	15
Aula		8	120.00	15.00	1440.00	1	1440.00	12	14 AWG	15.60	15
Sala estar		1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.60	15
Bodega		4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.60	15
Aula		4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.60	15
Aula		4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.60	15
Aula		4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.60	15
Sala reunión		4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.60	15
Vestíbulo		4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.60	15
Sala exposición		4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.60	15
Cubículos		2	120.00	15.00	360.00	1	360.00	3	14 AWG	15.60	15
Sala estar		2	120.00	15.00	360.00	1	360.00	3	14 AWG	15.60	15
Bodega		2	120.00	15.00	360.00	1	360.00	3	14 AWG	15.60	15
Sala estar		2	120.00	15.00	360.00	1	360.00	3	14 AWG	15.60	15
Salón		14	120.00	15.00	2520.00	1	2520.00	21	10 AWG	31.20	15
Ducto		2	120.00	15.00	360.00	1	360.00	3	14 AWG	15.60	15
Pasillo		2	120.00	15.00	360.00	1	360.00	3	14 AWG	15.60	15

Continúa

Ducto eléctrico	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.60	15
Sanitario H	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.60	15
Sanitario M	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.60	15
Pasillo elevadores	5	120.00	15.00	900.00	1	900.00	8	14 AWG	15.60	15
Salón profesores	6	120.00	15.00	1080.00	1	1080.00	9	14 AWG	15.60	15
Aula	3	120.00	15.00	540.00	1	540.00	5	14 AWG	15.60	15
Aula	13	120.00	15.00	2340.00	1	2340.00	20	12 AWG	20.80	20
Aula	13	120.00	15.00	2340.00	1	2340.00	20	12 AWG	20.80	20
Aula	3	120.00	15.00	540.00	1	540.00	5	14 AWG	15.60	15
Aula	8	120.00	15.00	1440.00	1	1440.00	12	14 AWG	15.60	15
Vestíbulo	11	120.00	15.00	1980.00	1	1980.00	17	12 AWG	20.80	20
Aula	3	120.00	15.00	540.00	1	540.00	5	14 AWG	15.60	15
Aula	6	120.00	15.00	1080.00	1	1080.00	9	14 AWG	15.60	15
Terraza	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.60	15
Aula	5	120.00	15.00	900.00	1	900.00	8	14 AWG	15.60	15

Nota: ***los valores de amperaje mínimo se redondean en base a 220-2(b) NEC***

Espacio	Tomacorriente	Cantidad	Voltaje (V)	Corriente (A)	Carga total (VA)	Factor de demanda	Carga (VA)	Amperaje mínimo (A)	Conductor	Amperaje Conductor (A)	Protección sobrecorrientes (A)
Aula auditorio	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.6	15
Vestíbulo	Doble, polarizado	3	120.00	15.00	540.00	1	540.00	5	14 AWG	15.6	15
Sanitario H	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.6	15
Sanitario M	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.6	15
Aula auditorio	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.6	15
Aula	Doble, polarizado	3	120.00	15.00	540.00	1	540.00	5	14 AWG	15.6	15
Bodega	Doble, polarizado	3	120.00	15.00	540.00	1	540.00	5	14 AWG	15.6	15
Ducto eléctrico	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.6	15
Sala estar	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.6	15
Aula	Doble, polarizado	10	120.00	15.00	1800.00	1	1800.00	15	14 AWG	15.6	15
Pasillo	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.6	15
Aula	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.6	15
Aula	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.6	15

Continúa

Nivel 5

Vestíbulo	Doble, polarizado	5	120.00	15.00	900.00	1	900.00	8	14 AWG	15.6	15
Aula	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.6	15
Aula	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.6	15
Aula	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.6	15
Aula	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.6	15
Aula	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.6	15
Vestíbulo	Doble, polarizado	10	120.00	15.00	1800.00	1	1800.00	15	14 AWG	15.6	15
Aula	Doble, polarizado	3	120.00	15.00	540.00	1	540.00	5	14 AWG	15.6	15
Aula	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.6	15
Cubículos	Doble, polarizado	3	120.00	15.00	540.00	1	540.00	5	14 AWG	15.6	15
Bodega	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.6	15
Ducto eléctrico	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.6	15
Sanitario H	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.6	15
Sanitario M	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.6	15
Pasillo elevadores	Doble, polarizado	5	120.00	15.00	900.00	1	900.00	8	14 AWG	15.6	15
Salón profesores	Doble, polarizado	6	120.00	15.00	1080.00	1	1080.00	9	14 AWG	15.6	15
Aula	Doble, polarizado	3	120.00	15.00	540.00	1	540.00	5	14 AWG	15.6	15
Aula	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.6	15
Pasillo	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.6	15
Aula	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.6	15
Aula	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.6	15
Sala estar	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.6	15
Aula	Doble, polarizado	5	120.00	15.00	900.00	1	900.00	8	14 AWG	15.6	15
Aula	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.6	15
Sala estar	Doble, polarizado	3	120.00	15.00	540.00	1	540.00	5	14 AWG	15.6	15
Aula	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.6	15
Aula	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.6	15

Nota: ***los valores de amperaje mínimo se redondean en base a 220-2(b) NEC***

Espacio	Tomacorriente	Cantidad	Voltaje (V)	Corriente (A)	Carga total (VA)	Factor de demanda	Carga (VA)	Amperaje mínimo (A)	Conductor	Amperaje Conductor (A)	Protección sobrecorrientes (A)
Jardín	Doble, polarizado	2	120.00	15.00	360.00	1	360.00	3	14 AWG	15.6	15

Continúa

Nivel 6	Sanitario H	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.6	15
	Sanitario M	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.6	15
	Pasillo	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.6	15
	Aula	Doble, polarizado	6	120.00	15.00	1080.00	1	1080.00	9	14 AWG	15.6	15
	Aula	Doble, polarizado	6	120.00	15.00	1080.00	1	1080.00	9	14 AWG	15.6	15
	Ducto eléctrico	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.6	15
	Bodega	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.6	15
	Sala estar	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.6	15
	Aula	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.6	15
	Aula	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.6	15
	Aula	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.6	15
	Aula	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.6	15
	Aula	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.6	15
	Aula	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.6	15
	Aula	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.6	15
	Salón profesores	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.6	15
	Pasillo	Doble, polarizado	2	120.00	15.00	360.00	1	360.00	3	14 AWG	15.6	15
	Aula	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.6	15
	Cubículos	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.6	15
	Bodega	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.6	15
	Ducto eléctrico	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.6	15
	Pasillo elevadores	Doble, polarizado	5	120.00	15.00	900.00	1	900.00	8	14 AWG	15.6	15
	Sanitario H	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.6	15
	Sanitario M	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.6	15
	Recepción	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.6	15
	Salón	Doble, polarizado	13	120.00	15.00	2340.00	1	2340.00	20	12 AWG	20.8	20
	Pasillo	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.6	15
	Aula	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.6	15
	Aula	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.6	15
	Sala estar	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.6	15
	Aula	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.6	15
	Aula	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.6	15
	Aula	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.6	15

Continúa

Aula	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.6	15
Aula	Doble, polarizado	5	120.00	15.00	900.00	1	900.00	8	14 AWG	15.6	15

Nivel 7

Espacio	Tomacorriente	Cantidad	Voltaje (V)	Corriente (A)	Carga total (VA)	Factor de demanda	Carga (VA)	Amperaje mínimo (A)	Conductor	Amperaje Conductor (A)	Protección sobrecorrientes (A)
Ducto eléctrico	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.6	15
Bodega	Doble, polarizado	3	120.00	15.00	540.00	1	540.00	5	14 AWG	15.6	15
Food court	Doble, polarizado	2	120.00	15.00	360.00	1	360.00	3	14 AWG	15.6	15
Cocina	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.6	15
Sala estar	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.6	15
Sala estar	Doble, polarizado	6	120.00	15.00	1080.00	1	1080.00	9	14 AWG	15.6	15
Bodega	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.6	15
Ducto eléctrico	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.6	15
Sanitario H	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.6	15
Sanitario M	Doble, polarizado	1	120.00	15.00	180.00	1	180.00	2	14 AWG	15.6	15
Aula	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.6	15
Aula	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.6	15
Pasillo	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.6	15
Aula	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.6	15
Aula	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.6	15
Aula	Doble, polarizado	5	120.00	15.00	900.00	1	900.00	8	14 AWG	15.6	15
Aula	Doble, polarizado	4	120.00	15.00	720.00	1	720.00	6	14 AWG	15.6	15
Lobby	Doble, polarizado	2	120.00	15.00	360.00	1	360.00	3	14 AWG	15.6	15
Auditorio	Doble, polarizado	8	120.00	15.00	1440.00	1	1440.00	12	14 AWG	15.6	15

Nota: ***los valores de amperaje mínimo se redondean en base a 220-2(b) NEC***

Sótanos

Espacio	Tomacorriente	Cantidad	Voltaje (V)	Corriente (A)	Carga total (VA)	Factor de demanda	Carga (VA)	Amperaje mínimo (A)	Conductor	Amperaje Conductor (A)	Protección sobrecorrientes (A)
Parqueos	Doble, polarizado	12	120.00	15.00	2160.00	1	2160.00	18	12 AWG	20.8	20

El dimensionamiento del conductor en los circuitos derivados son esenciales para el buen funcionamiento de la instalación eléctrica. La selección incorrecta del calibre podría causar fallas en el circuito, afectando la seguridad del usuario y del equipo. Por otro lado, existiría restricción de uso de equipos puesto que los conductores no cuentan con la capacidad necesaria de transmisión de corriente que requiere la demanda.

Bajo la misma línea se debe dimensionar el dispositivo de protección contra sobrecorrientes. La corriente de falla ocurre cuando esta excede la capacidad del equipo o la ampacidad del conductor. Esto se puede deber a sobrecargas, cortocircuitos o falla a tierra (NEC artículo 100).

Ambos dimensionamientos deben ir en función a la carga solicitada, sin exagerarla, por ello se aplica los factores de demanda; siempre priorizando la seguridad del usuario y del equipo.

Los planos de distribución de tomacorrientes y los circuitos derivados se encuentran en Anexos. Algunas posiciones de tomacorrientes variaron debido a cambios arquitectónicos.

Los resultados de la carga del Centro de Innovación y Tecnología se muestran en los siguientes cuadros. Del total de la carga, el 17.83% corresponde a iluminación y el 82.17% a tomacorrientes. Cabe resaltar que esta carga no considera el sistema HVAC, las bombas de agua potable, el sistema contra incendios y los sistemas de sensores en los estacionamientos.

Cuadro No. 221. Resumen de la carga de tomacorrientes por nivel

Nivel	Carga (VA)
Nivel 1	520229.31
Nivel 2	34740.00
Nivel 3	38700.00
Nivel 4	33480.00
Nivel 5	25740.00
Nivel 6	23040.00
Nivel 7	11340.00
Sótanos	2160.00
Total Carga Aparente	689429.31
Total Carga de Demanda	349714.65

La diferencia entre la carga aparente total y la de demanda es debido a que la de demanda considera que no todos los dispositivos se utilizarán al mismo tiempo, de modo que tiene aplicado los factores de demanda en base a NEC.

Cuadro No. 222. Cargas de iluminación y fuerza del CIT

Nivel	Carga (VA)
Nivel 1	537634.31
Nivel 2	45301.00
Nivel 3	52919.00
Nivel 4	51003.00
Nivel 5	45387.00
Nivel 6	41448.00
Nivel 7	22609.00
Sótanos	42752.00
TOTAL	839053.31

Cuadro No. 223. Cargas totales del CIT

ILUMINACIÓN (VA)	149624.00	17.83%
FUERZA (VA)	689429.31	82.17%
TOTAL CARGA (VA)	839053.31	100.00%

En el modelo de Revit, se colocaron dos paneles de distribución de iluminación y fuerza en cada nivel. Los paneles poseen una capacidad de 100 A. Para los laboratorios de ingeniería mecánica, civil y ciencias de alimentos se colocó un panel para cada espacio, ya que la demanda de energía en estas áreas es mayor que el resto del nivel. En el laboratorio de ingeniería mecánica se propuso un panel de 400 A; para el de ingeniería civil un tablero con capacidad de 225 A. El tablero del laboratorio de ciencias de alimentos es de 100 A.

El software Revit genera un informe del panel de distribución en el cual se detalla el número de circuito, las lámparas y tomacorrientes que conforman el circuito, el amperaje y una sugerencia del calibre del conductor de alimentación para el cable vivo y el neutro. También efectúa automáticamente un balance de fases A, B y C, que incluye la carga y corriente total.

Este informe también presenta un cuadro de clasificación de cargas, las cargas conectadas, el factor de demanda aplicable a cada tipo de carga y la demanda estimada, con sus respectivos totales. Los factores de demanda los calcula el programa automáticamente de acuerdo al criterio de *National Electric Code*.

Esta información sirve para efectuar un predimensionamiento del tablero de distribución debido a que el programa notifica si se excedió de circuitos conectados al panel.

Un ejemplo de los informes generados en el software de los paneles de distribución de cada nivel se puede observar a continuación.

Figura No. 319. Informe del tablero de distribución del sótano.

Circuito	Descripción	Distancia	Cant.	Amp	Cal.	A	B	C
1	Lighting Room 208uuuuuuuu...	93.229	4	15 A	1-#12,...	180 VA		
3	Lighting Room ...	141.884	8	15 A	1-#10,...		444 VA	
5	Lighting Parqueo 208fffffffff	99.346	12	15 A	1-#6, ...			1896 VA
7	Lighting Parqueo 208fffffffff	147.998	12	15 A	1-#4, ...	1896 VA		
9	Lighting Parqueo 208fffffffff	112.902	12	15 A	1-#6, ...		1896 VA	
11								
					Carga Total:	3972 VA		3920 VA
					Total Amps:	33 A		33 A

Clasificación de Cargas	Cargas Conectadas	Factor de Demanda	Demanda Estimada	Totales del Panel	
Lighting	9788 VA	125.00%	12235 VA		
Receptacle	2160 VA	100.00%	2160 VA	Total Cargas Conectadas:	11948 VA
				Total Demanda Estimada:	14395 VA
				Total Conectado:	33 A
				Total Demanda Estimada:	40 A

El siguiente cuadro presenta una comparación de la carga calculada por el programa Revit y la teórica, se puede observar que el cálculo de Revit es exacto ya que se obtienen los mismos resultados.

Cuadro No. 224. Comparación resultados de carga del CIT

Nivel	Carga teórica (VA)	Tablero 1 (VA)	Tablero 2 (VA)	Carga Revit (VA)
1	32760	16200	16560	32760
2	34740	16740	18000	34740
3	38700	17820	20880	38700
4	33480	17280	16200	33480
5	25740	13140	12600	25740
6	23040	10260	12780	23040
7	11340	9000	2340	11340
Sótano	2160	2160	-	2160
Total	201960			201960

Por lo anterior, se puede concluir que implementar la metodología BIM en las fases de diseño permite diseños más realistas y resultados más rápidos. En el caso del diseño de instalaciones eléctricas, se puede obtener los resultados de la carga conectada y la demanda al modelar los dispositivos en el programa Revit, el detalle de los circuitos conectados en el tablero y el balance de líneas. Estos resultados sirven para diseños preliminares, sin sustituir el criterio del diseñador. Por otro lado, permiten una mejor comunicación entre el diseñador y el cliente, ya que el cliente puede observar cómo quedará la instalación en la fase de construcción. Además, permite una cuantificación bastante real de los materiales que se utilizarán para obtener costos aproximados.

D. Propuesta de inmótica

1. Diseño del sistema de cámaras de video vigilancia para el Centro de Innovación y Tecnología. El nuevo edificio de la Universidad del Valle de Guatemala, Centro de Innovación y Tecnología, tal y como se dijo antes, es un edificio de grandes dimensiones. Siendo un edificio de tal magnitud resulta de vital importancia garantizar la seguridad de las personas que van a estar en su interior durante su funcionamiento. En la actualidad, un dispositivo de seguridad muy utilizado para garantizar lo anterior son las cámaras de seguridad. A continuación, en este capítulo se mostrará el diseño del sistema de video vigilancia mediante cámaras IP para este edificio.

Para la selección de los puntos de ubicación de estas cámaras se tomó en cuenta que el sistema de cámaras cubriera los puntos principales de este edificio. El sistema de cámaras de video vigilancia propuesto cubre las siguientes áreas:

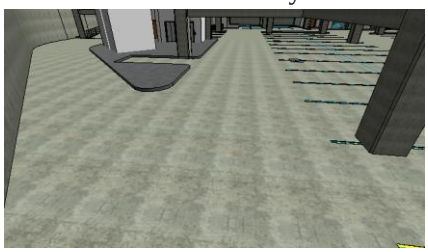
- Entradas y salidas del edificio
- Pasillos principales
- Escaleras
- Acceso a elevadores
- Interiores de elevadores
- Puntos comunes de reunión (plaza techada, plaza al aire libre, cafeterías, biblioteca, auditorio, entre otros)
- Rampas peatonales
- Puntos de circulación de vehículos en los sótanos
- Rampas vehiculares
- Ingreso a sótanos

Es un espacio grande el que está destinado a parqueos en este edificio, por lo cual resulta de suma importancia la implementación de un sistema que logre cubrir la mayoría de espacios dentro de los cuatro sótanos. Los espacios principales que están cubiertos con este sistema de cámaras son los puntos de circulación de los vehículos, las escaleras (ingreso e interior de las mismas), elevadores, rampas de vehículos e ingreso a sótano. A continuación, se presentan algunas de las vistas en 3D desde las cámaras instaladas en los sótanos:

Figura No. 320. Vista 3D cámara sótano.



Figura No. 321. Paso vehicular y acceso a rampa.



En las tablas que se mostrarán a continuación se encuentran los planos de la ubicación de las cámaras para cada uno de los niveles y el cableado para las mismas. Además de eso, tablas con información de las cámaras y del largo de los respectivos cables, desde la cámara hasta la ubicación del switch. Cabe mencionar que en los planos recibidos de sótanos no se consideró un ducto de datos, por lo que se utilizó una ubicación tentativa.

a. Nivel ejemplo

Cuadro No. 225. Cable a utilizar para cámaras de Nivel Ejemplo Switch A.

Cámara	*Distancia*
1	28.60 m
2	13.65 m
3	9.55 m
Total cable CAT-6	*51.8 m*

Cuadro No. 226. Cable a utilizar para cámaras de Nivel Ejmplo Switch B.

Cámara	*Distancia*
4	10.65 m
5	14.10 m
6	17.85 m
7	66.95 m
8	15.35 m
9	41.25 m
10	20.15 m
Total cable CAT-6	*186.3 m*

Cuadro No. 227. Ancho de banda y almacenamiento necesarias para cámaras.

Tipo	*Ancho de banda*	*Almacenamiento*
M3044-V	221 KBits/s	1.31 GB
M3044-V	172 KBits/s	1.18 GB
P1357-E	136 KBits/s	1.80 GB
P1357-E	221 KBits/s	3.13 GB
P1405-LE	136 KBits/s	0.75 GB
P1405-LE	136 KBits/s	0.75 GB
P1405-LE	136 KBits/s	0.75 GB
P1405-LE	136 KBits/s	0.75 GB
P1405-LE	136 KBits/s	0.75 GB
P1405-LE	136 KBits/s	0.75 GB
Total	*1.56 MBits/s*	*11.92 GB*

Cuadro No. 228. Información de las cámaras Nivel Ejemplo.

Tipo	*Longitud de foco (m)*	*Rotación horizontal*	*Rotación vertical*	*Switch*
M3044-V	2.8	0.0°	25.0°	Switch N1 A
M3044-V	2.8	0.0°	30.0°	Switch N1 A
P1357-E	3.5	20.0°	20.0°	Switch N1 A
P1357-E	2.8	60.0°	20.0°	Switch N1 B
P1405-LE	2.8	0.0°	25.0°	Switch N1 B
P1405-LE	2.8	0.0°	48.0°	Switch N1 B
P1405-LE	2.8	0.0°	20.0°	Switch N1 B
P1405-LE	2.8	-10.0°	20.0°	Switch N1 B
P1405-LE	2.8	-45.0°	30.0°	Switch N1 B
P1405-LE	2.8	45.0°	30.0°	Switch N1 B

2. Análisis del sistema de cámaras de video vigilancia. Al juntar todo el diseño de cámaras que se realizo, se tiene un total de 135 cámaras instaladas en los 11 niveles del edificio. Es necesario mencionar que esta es una fase primaria, por lo cual sólo se colocaron las cámaras esenciales para tener un sistema de video vigilancia que cumpliera con ciertos requerimientos establecidos. Es decir, este sistema de cámaras no contempla las áreas destinadas para aulas y laboratorios, ya que serían más del doble de cámaras de las que hasta ahora se tienen en planos. El enfoque que se tiene con este diseño de video vigilancia es cubrir las áreas que se mencionaron al inicio de este capítulo.

En los planos que se presentaron anteriormente se encuentra un juego de once vistas en planta para cada uno de los niveles. En cada uno de estos planos se muestra la ubicación exacta de cada una de ellas, junto con el sistema de cableado que va hacía el switch de cada nivel. Como se mencionó al inicio del capítulo, en los planos que se nos fueron entregados para realizar este proyecto, no se tenía contemplado ningún ducto de datos, por lo cual se tomó el ducto eléctrico como lugar de instalación para el switch en los paqueos. Se recomienda que a la hora de presentar los planos finales, se destine un espacio para este tipo de instalaciones.

En los demás niveles sí se tomó en cuenta un ducto de datos para todo este tipo de instalaciones, dos en cada uno de ellos. Dependiendo de la cámara que se instalaba en cada uno de los niveles, así se elegía el switch al cual debía de ir conectado, siempre respetando que la distancia entre cámara y switch no fuera de más de 100 metros, ya que es la distancia máxima que se puede cubrir con el tipo de cable que se necesita. El tipo de cable a utilizar en cada una de las cámaras es categoría 6, para garantizar un óptimo funcionamiento.

Cada switch que se tiene para las cámaras en los niveles, funciona como un switch secundario que debe de estar conectado a un switch principal. A la hora de decidir la ubicación del switch principal no debemos de preocuparnos tanto por la distancia entre cada uno de ellos ya que acá no se utiliza cable categoría 6, sino que se utiliza fibra óptica. Utilizando fibra óptica no se va a tener ningún tipo de problema a la hora de cubrir grandes distancias, debido a que está diseñado para ello.

Para definir el punto para la ubicación del centro del control, se tuvo una reunión con el Ing. Sergio Iván Galindo, Gerente General de VOSmedia, la cual es una empresa que se dedica a la domótica y automatización multimedia y de edificios. Según lo acordado en esa reunión, lo mejor es tener el centro del control donde se encuentre todo el nivel administrativo, ya que de esta manera estará lo más alejado de toda la gente que esté dentro del edificio. Al considerar las distancias, no hay ningún tipo de problema, debido que para conectar todos los switchs con el principal, se usará fibra óptica tal y como se dijo anteriormente. La ubicación para este centro de control es en la entrada principal del edificio, ya que al ubicarlo en ese lugar se cumple dos objetivos.

Aparte del juego de planos que se presenta, también viene una serie de tablas para cada uno de los niveles. En una tabla se muestra la distancia del cable que conecta cada una de las cámaras con su respectivo switch. Esta información se obtuvo del modelo Revit y se garantizo que ninguna cámara estuviera a más de 100 metros de

distancia del switch, para que no fuera necesario utilizar fibra óptica en este tipo de conexiones. En los casos que hay más de un switch por nivel, se muestra una tabla para cada uno de ellos, para poder tener una visualización mucho más fácil del sistema.

Otra tabla que se muestra en este diseño es la de las características de cada una de las cámaras instalada en cada nivel. Se muestra el nombre de la cámara, longitud de foco, ángulo de rotación horizontal/vertical y el switch al cual debe de ir conectado cada una de ellas. Es importante a la hora de realizar la instalación de las cámaras seguir estos valores, ya que los ángulos mostrados en cada una de las cámaras ya fueron probados en el modelo tridimensional para garantizar una visualización adecuada en cada una de ellas. Vale la pena mencionar que en esta tabla sólo se muestran estos valores, aunque en la tabla generada en Revit hay más valores de interés, por ejemplo, la altura de instalación de cada una de las cámaras.

Por último, se muestra otra tabla en el cual se indica el ancho de banda y el almacenamiento necesario por nivel dependiendo de las cámaras que se encuentran en cada uno de ellos. Estos datos están calculados para el uso que se le va a dar a cada una de ellas. Por ejemplo, unas se calcularon para funcionar durante 24 horas, otras sólo cuando esté ocupado el edificio y también considerando diferentes escenarios de iluminación y de ocupación. Los datos de almacenamiento fueron calculados para 7 días.

Figura No. 322. Vista cámara, vestíbulo



Figura No. 323. Vista cámara, gradas exterior

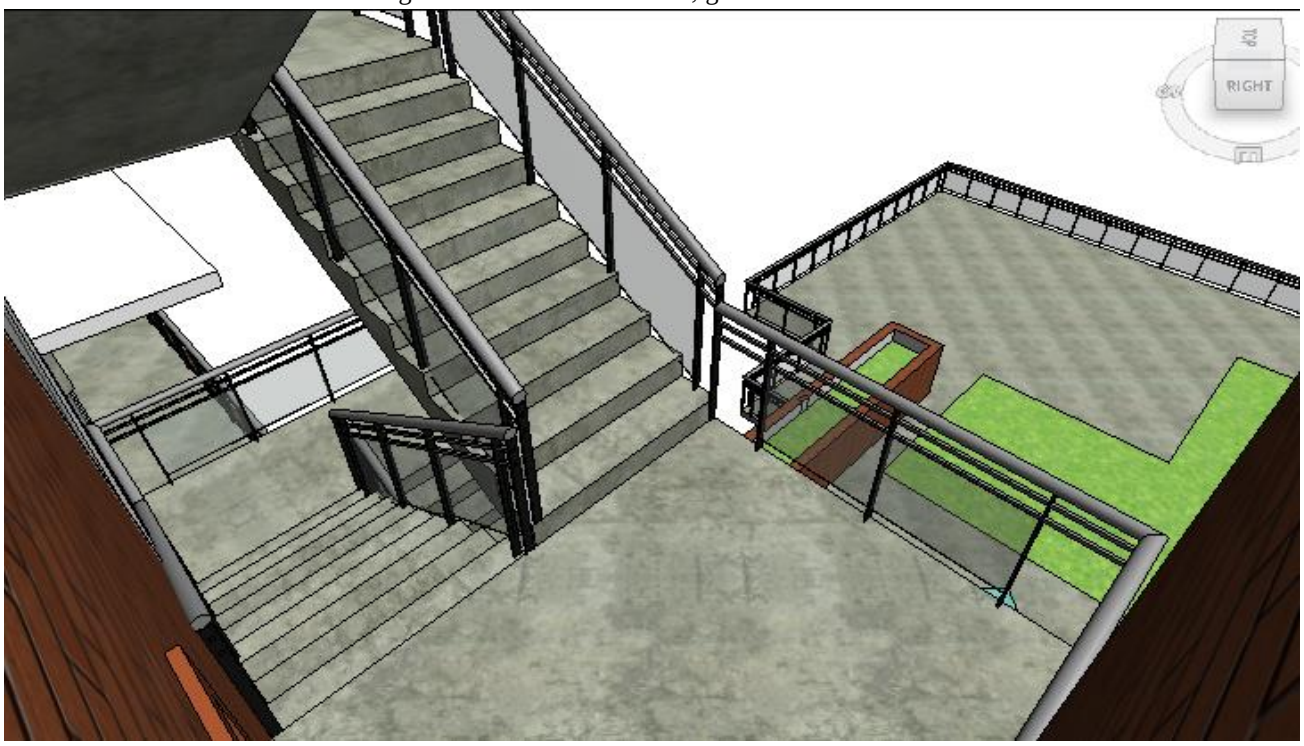


Figura No. 3241. Vista cámara, exterior y rampa



Figura No. 325. Vista cámara, terraza



Figura No. 326. Vista cámara, cafetería principal



3. Costo de implementar el sistema. A continuación, se presenta un estimado del precio que tendría el implementar un sistema de video vigilancia como el que se mostró en todos los planos anteriores en el Centro de Innovación y Tecnología. Hay que tomar en cuenta que solo se hace la integración de costos de las cámaras, cableado, switchs de cada nivel y tubería eléctrica. Todavía hace falta el precio de los ordenadores y almacenamiento que queda al criterio del cliente debido a la gran variedad de productos en el mercado.

Cuadro No. 228. Materiales a utilizar en sistema de cámaras

Materiales
Cable CAT-6
Cámara Axis M3044-V
Cámara Axis P1357-E
Cámara Axis P1405-LE
Camára Axis Q3708-PVE
Switch de red 16 puertos
Fibra óptica

Cuadro No. 229. Cantidad de cable requerido para conexiones

Cantidad de cable por nivel	*Longitud*	
Sótano 4	516.85	m
Sótano 3	594.85	m
Sótano 2	594.85	m
Sótano 1	643.4	m
Nivel 1	238.1	m
Nivel 2	393.1	m
Nivel 3	301.8	m
Nivel 4	282.7	m
Nivel 5	367.45	m

Cantidad de cable por nivel	*Longitud*	
Nivel 6	272.85	m
Nivel 7	330.45	m
Total cable	4536.4	m

Cuadro No. 230. Cuantificación de cámaras por nivel

Cámaras por nivel	*M3044-V*	*P1357-E*	*P1405-LE*	*Q3708-PVE*	*Q_1755*
Sótano 4	2		8		
Sótano 3	2		9		
Sótano 2	2		9		
Sótano 1	2		9	1	1
Nivel 1	6	2	6		
Nivel 2	5	3	5	2	
Nivel 3	5		7		
Nivel 4	5	1	5	1	
Nivel 5	5	1	7		
Nivel 6	4	2	5		
Nivel 7	3	1	9		
Total cámaras	41	10	79	4	1

Cuadro No. 231. Fibra óptica para conexión de switch

Cantidad de fibra por cada switch	*Longitud*	
Switch S4	143.10	m
Switch S3	139.60	m
Switch S2	136.10	m
Switch S1	132.60	m
Switch N1 A	145.20	m
Switch N1 B	68.50	m
Switch N2 A	140.20	m
Switch N2 B	64.10	m
Switch N3 A	139.80	m
Switch N3 B	58.30	m
Switch N4 A	138.30	m
Switch N4 B	61.81	m
Switch N5 A	140.40	m
Switch N5 B	75.10	m
Switch N6 A	144.00	m
Switch N6 B	80.88	m
Switch N7 A	147.60	m
Switch N7 B	81.27	m
Total	2036.86	m

Cuadro No. 232. Integración de precios

Costo cámaras	*Q662,651.98*
Costo cable	Q24,950.20
Costo switch	Q7,980.00
Costo fibra de vidrio	Q15,258.12
Costo tubería eléctrica	Q11,930.10
Total sistema	*Q722,770.40*

4. Diseño del sistema guiado de estacionamiento para el Centro de Innovación y Tecnología. Para llevar a cabo el diseño del sistema guiado de estacionamiento se siguieron las fases mencionadas en el Capítulo 2. A continuación, se presenta el producto final de haber seguido cada una de esas fases, junto con los planos de ubicación de los ductos y sensores, además de tablas de cuantificación de materiales.

La importancia de haber realizado este sistema mediante la metodología BIM es todas las ventajas que esto conlleva a la hora de la instalación. Estos sistemas de estacionamiento no son nada nuevo en nuestro país, lo innovador de este proyecto es el haberlo aplicado al modelo. El edificio ni siquiera ha empezado su construcción y ya se pueden implementar el sistema guiado de estacionamiento, esto se debe a que el modelo tridimensional muestra las dimensiones reales que tendrá el edificio media vez construido.

Otro punto a favor de haber realizado el diseño del sistema de estacionamiento es la cuantificación de materiales. No se realiza de la manera convencional, sino que el programa de una vez genera tablas de cuantificación, otro de los objetivos que se establecieron al inicio de este proyecto. Además de sólo realizar una cuantificación también podemos obtener muchos más valores que nos servirán más adelante en la etapa de planeación y construcción.

5. Análisis del sistema guiado de estacionamiento. Para mostrar el sistema guiado de estacionamiento se mostraron una serie de planos, uno de cada nivel, para los cuatro niveles de sótanos con los que cuenta el edificio. El objetivo de esta parte del proyecto era poder vincular el modelo Revit que se hizo del edificio con nuevas tecnologías en el área de automatización que han surgido en los últimos años. En este caso, era el sistema guiado de estacionamiento.

En cada uno de los planos se puede observar la vista en planta de los sótanos, juntos con la ubicación de los sensores másicos, ductos y luces led. Algo que se debe de cumplir a cabalidad a la hora de instalar un sistema guiado de estacionamiento es que el sensor de metal debe de estar puesto justo en la mitad de cada espacio de parqueo. Esto es algo que también se puede hacer utilizando dibujo CAD tradicional. Lo que no se puede hacer en los software que se utilizaban antes es el análisis que se puede hacer a la hora de dibujar el sistema en tres dimensiones.

La ventaja que presenta diseñar sistemas de automatización de este tipo por medio de la metodología BIM es que se ahorra mucho trabajo a la hora de la instalación, ya que se toman en cuenta muchos factores que no se tomaban antes. Un ejemplo de ello aplicado al sistema guiado de estacionamiento es que se puede establecer la altura exacta de cada uno de los ductos y sensores para evitar que vigas u otro tipo de instalaciones que se encuentren en el sótano intervengan. Utilizar esta metodología evita muchos errores a la hora de la construcción e instalación de los diferentes sistemas.

Uno de los objetivos que se tenía a la hora de el diseño del sistema guiado de estacionamiento era lograr una cuantificación de materiales por medio de las herramientas BIM. Para esto se muestran la Tabla No. 48 en forma de resumen en donde se muestran la cantidad de ductos a utilizar, así también como los sensores y ductos para cada uno de los niveles. Esta herramienta agiliza muchos los proceso, ya que a la hora de tener el modelo terminado, de una vez se puede hacer un análisis para cantidad de materiales, precios y demás.

La ventaja que presenta un sistema guiado de estacionamiento en un edificio con estas características es que logra evitar el congestionamiento vehicular dentro de las instalaciones, ya que cada persona que entre va a poder encontrar un espacio de estacionamiento mucho más fácil. A vez, también beneficia al medio ambiente reduciendo la cantidad de emisión de gases, por la misma razón de que los vehículos van a tener menor necesidad de estar circulando para poder estacionarse. Otra de las ventajas de este sistema ocurre a la hora de reducir costos de de administración de parqueos, ya que no se va a necesitar la ayuda de personas para que puedan dirigir a los conductores dentro del parqueo.

Figura No. 327. Sistema guiado de estacionamiento

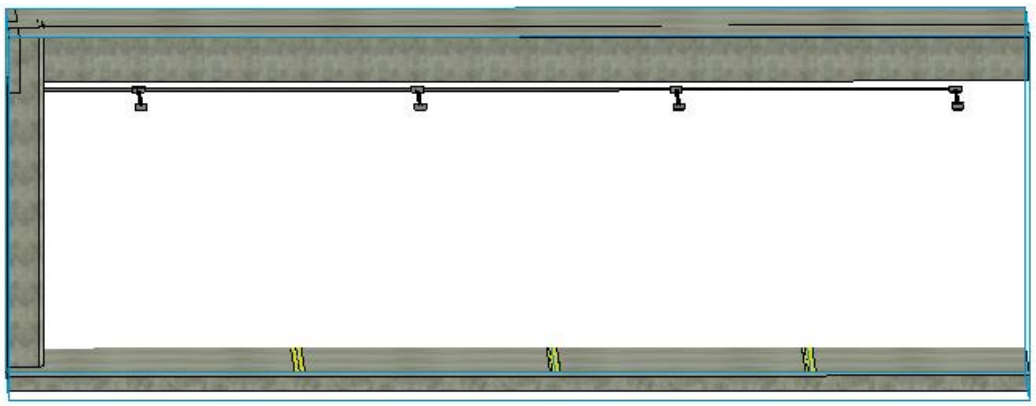
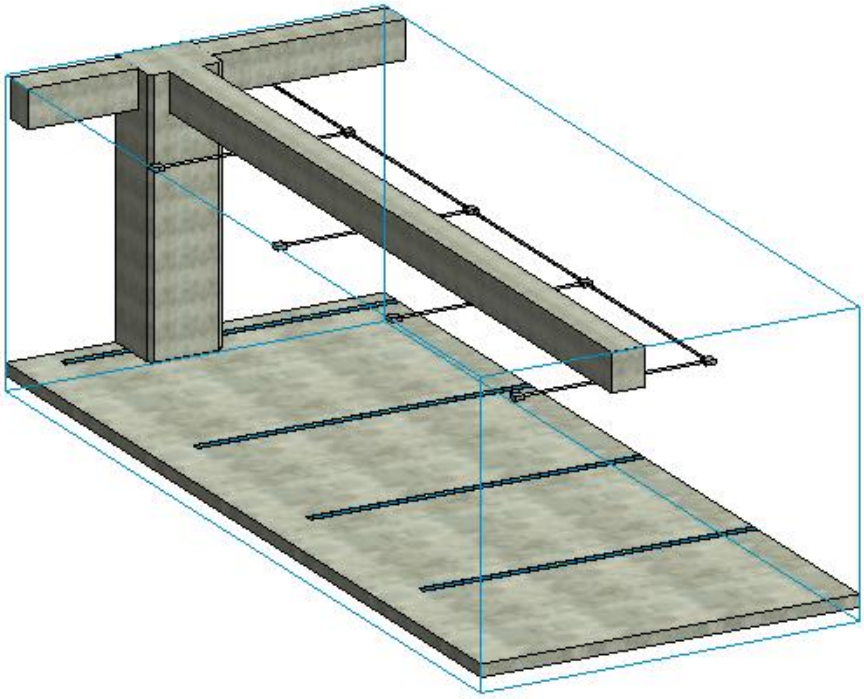


Figura No. 328. Sistema guiado de estacionamiento.



Uno de los argumentos que se tiene para utilizar este tipo de sistema dentro del estacionamiento del CIT es que se reducirá la emisión de gases, entonces se necesitará un sistema de ventilación para extracción de gases mucho más pequeño. En una tesis realizar en la Pontificia Universidad Católica del Perú se realizó el diseño del sistema de ventilación para un estacionamiento subterráneo. El objetivo era mantener el monóxido de carbono dentro del estacionamiento por debajo de las 25 ppm. Se siguieron los lineamiento presentados por la Asociación Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE).

El detalle de dicho trabajo es algo que va más allá de los alcances de este trabajo, pero el punto importante es el costo que tendría implementar dicho sistema. Los cálculos presentados muestran que este sistema tendría un costo de $155,400 aproximadamente, tomando en cuenta gastos de ingeniería, equipos, materiales e instalación. Para este análisis se tomó un tiempo estimado de 180 segundos de circulación dentro del estacionamiento.

Al implementar el sistema guiado de estacionamiento propuesto se estima que este tiempo de circulación se reduzca en un 50%, de esta manera el caudal de ventilación para extraer este tipo de gases también se ve reducido a la mitad. Haciendo un análisis lineal podemos estimar que el costo del equipo será de $105,000 solo reduciendo el precio del equipo, manteniendo los costos de ingeniería, materiales, sistema eléctrico e instalación estables.

Finalmente, se puede ver una reducción del 33% del costo de equipo de extracción de gases del estacionamiento. La inversión total del equipo de ventilación más el sistema guiado de estacionamiento propuesto asciende a $213,000, con la ventaja de que se cuenta con un sistema de automatización que no solo reducirá la emisión de gases dentro de estacionamiento, sino que también reducirá el congestionamiento vehicular y el tiempo de espera para entrar y salir del parqueo. Como se pudo ver al implementar este sistema se tiene un costo por espacio de $270, utilizando el costo por parqueo que se tiene en la actualidad en la universidad, dicha inversión se recupera antes de un año.

E. Propuesta de aire acondicionado

1. Descripción del recinto. El espacio del auditorio se encuentra en el 7mo nivel del Centro de Innovación y Tecnología de la Universidad del Valle de Guatemala. El auditorio cuenta con una capacidad para 108 personas de público más todo el espacio para las personas que vayan a presentarse en el escenario. El auditorio cuenta con un área de 352.68m2 incluyendo las áreas de lobby, backstage, cabina de control, utilería y el escenario.

Figura No. 329. Planta auditorio CIT

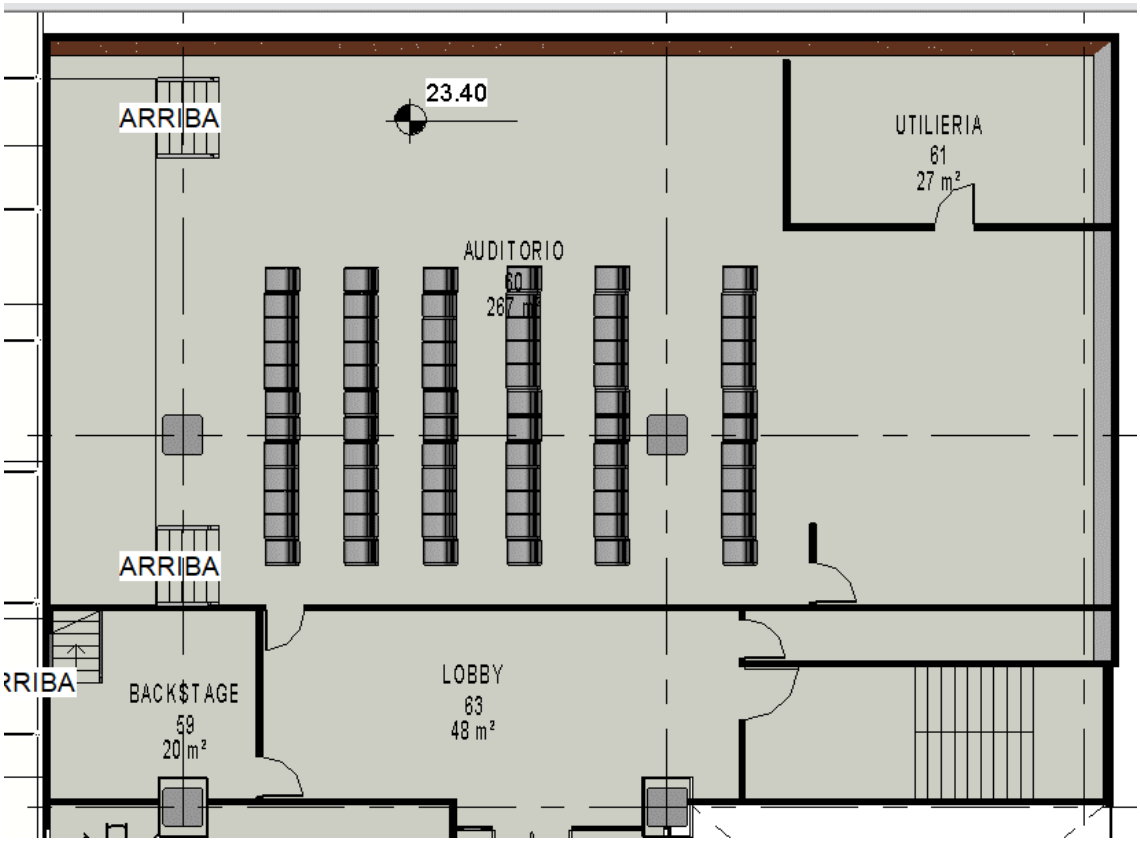


Figura No. 330. Vista 3D del auditorio



2. Ganancia de calor por transmisión (techo, piso y muros). Las condiciones de diseño son las siguientes:

Cuadro No. 233. Condiciones internas y externas de diseño

Temp. bulbo seco interior	22,00	°C
Temp. bulbo seco exterior	33,00	°C
Temp. bulbo seco suelo	24,00	°C
Humedad relativa interior	55%	
Humedad relativa exterior	34%	
Velocidad aire interior	0	Km/h
Velocidad aire exterior	30	Km/h

A continuación se calcularán los cambios de temperatura que tendrán los muros, piso y techo según los materiales de los cuales están hechos. El efecto solar genera que haya una corrección de temperatura por lo que se debe utilizar el Cuadro No. 233. Las paredes son de ladrillo, el techo posee una losa de cemento oscuro sobre él y el piso es de cemento con su posterior recubrimiento y piso. El muro sur no aplica en los cálculos de efecto solar porque no recibe incidencia del sol.

Cuadro No. 234. Corrección de temperatura por el efecto solar

TIPO DE SUPERFICIE	Pared Este	Pared Sur	Pared Oeste	Techo Plano
Superficies de color oscuro tales como: Techo de arcilla negra Techo de chapopote Pintura negra	8 ℉ / **4.44 ℃**	5 ℉ / **2.77 ℃**	8 ℉ / **4.44 ℃**	20 ℉ / **11.1 ℃**
Superficies de color medio tales como: Madera sin pintar Ladrillo Losa roja Cemento oscuro Pintura roja , gris o verde	6 ℉ / **3.33 ℃**	4 ℉ / **2.22 ℃**	6 ℉ / **3.33 ℃**	15 ℉ / **8.3 ℃**
Superficies de color claro tales como: Piedra blanca Cemento de color claro Pintura blanca	4 ℉ / **4.44 ℃**	2 ℉ / **4.44 ℃**	4 ℉ / **4.44 ℃**	9 ℉ / **5 ℃**

(Fundamentos ASHRAE, 1967)

Cuadro No. 235. Cambios de temperatura para los muros, techo y piso

Ubicación	**Cálculo**	**ΔT (°C)**
Muro Norte	(33-22)	11,00
Muro Sur	2,22	2,22
Muro Este	(33-22)+3,33	14,33
Muro Oeste	(33-22)+3,33	14,33
Techo	(33-22)+8,33	19,30
Piso	(33-22)	2,00

a. Cálculo de áreas del espacio. Ahora se analizarán las áreas expuestas de cada elemento (muros, techo y piso) a la exposición solar en donde se debe tomar en cuenta la base, espesores y alturas donde corresponda. Todos estos detalles se obtienen del plano arquitectónico.

Cuadro No. 236. Áreas de muros, techo y piso

	Base (m)	**Altura (m)**	**Espesor (m)**	**Área (m2)**
Muro Norte	24,20	3,60	0,15	87,12
Muro Sur	24,20	3,60	0,15	87,12
Muro Este	17,37	3,60	0,15	62,53
Muro Oeste	17,37	3,60	0,15	62,53
Techo	24,20	17,37	0,15	420,35
Piso	24,20	17,37	0,15	420,35

b. Coeficientes de Película “h”. Se debe tomar en cuenta la rugosidad o aspereza de los elementos previamente mencionados ya que está directamente implicada en el cálculo de los coeficientes totales de transferencia de calor. Los coeficientes son tanto exteriores (he) e interiores (hi) según sea el caso. Este coeficiente también se ve afectado por qué tan rápido impacte el viento en promedio sobre los muros y techo donde se asume que hay un impacto perpendicular a la superficie de contacto.

Según INSIVUMEH, el promedio de velocidad del aire para Guatemala es de 30km/h. Debido a que la tabla nos provee un resultado en kcal/h.m2.°C se utilizará el factor de conversión 1 W/m2.h.°C = 0.86 kcal/h.m2.°C.

Cuadro No. 237. Ecuaciones de coeficiente de película

TIPO DE SUPERFICIE	COEFICIENTE DE PELICULA “F” (SISTEMA MÉTRICO) kcal/h·m^2·ºC
Muy lisa: vidrio, acrílico liso, lámina de aluminio, lámina de latón, etc.	h = 6.8 + 0.85 V
Lisa: madera lisa, aplanado de yeso, etc.	h = 7.8 + 0.90 V
Moderadamente áspera: concreto, tabique rojo comprimido, aplanado de cemento, etc.	h = 9.8 + 1.20 V
Muy áspera: concreto sin afinar, tabique áspero, stucco, etc.	h = 10.3 + 1.50 V

V = Velocidad de aire en km/h

(Fundamentos ASHRAE, 1967)

Cuadro No. 238 Cálculo de coeficientes de película

		Kcal/m2h°C	W/m2°C
Muros	he:9.8+1.2(30)	45,80	53,26
	hi:7.8+0.90(0)	7,80	9,07
Techo	he:9.8+1.2(30)	45,80	53,26
	hi:7.8+1.2(0)	7,80	9,07
Piso	he: 0	0,00	0,00
	hi:10.3+1.5(0)	10,30	11,98

c. Coeficientes globales de transferencia “U”. El coeficiente global de transferencia de calor permite conocer qué tan rápido transfiere energía un elemento en función de su espesor, material y aspereza.

Figura No. 66. Ecuación de coeficiente global de transferencia de calor

$$U = \frac{1}{\frac{1}{he} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \frac{x_3}{k_3} + \frac{x_4}{k_4} + \frac{x_5}{k_5} + \frac{1}{hi}}$$

(Fundamentos ASHRAE, 1967)

Donde:

x1,2,3: Espesores del elemento

Hi, he: Coeficiente de película interno y externo

k1,2,3: Conductividades térmicas de los materiales

Es de suma importancia conocer cuál es la conductividad térmica de un material para posteriormente calcular su coeficiente global de transferencia teniendo su área y cambio de temperatura. Para ello, se analizará el cuadro siguiente:

Cuadro No. 239. Conductividad térmica "K" de materiales de construcción a 20°C

MATERIAL	DENSIDAD Kg/m^3	k kcal/h · m · ℃	k W/m ℃
Acabado texturizado		0.20	0.23
Acustome	800	0.26	0.314
Arena, por término medio	1,500 – 1,800	0.80	0.93
Arenisca Calcárea	1,600	0.70	0.814
Asfalto	2,100	0.60	0.69
Contrachapado de Madera	600	0.12	0.14
Concreto Armado	1,600 – 1,800	0.25	0.29
Mortero de cemento		0.99	1.16
Cemento - arena		1.20	1.395
Granito	2,600 – 2,900	2.50 – 3.50	2.9 – 4.0
Grava para relleno	1,500 – 1,800	0.80	0.93
Impermeabilizante		0.60	0.697
Block común		0.86	1.0
Ladrillo	1,600 – 1,800	0.33 – 0.45	0.38 – 0.52
Linóleo	1,200	0.16	0.19
Mosaico y Azulejo		0.90	1.04
Madera, vertical a la fibra:			
Ligera, de balsa	200 - 300	0.07 – 0.09	0.08 – 0.10
Abeto rojo, Pino	400 - 600	0.10 – 0.14	0.11 – 0.16
Haya, Roble	700 - 900	0.14 – 0.18	0.16 – 0.21
Mampostería de Ladrillo, Ladrillo hueco	800	0.30 – 0.45	0.35 – 0.52
Mampostería de Ladrillo, Ladrillo hueco	1,600	0.45 – 0.65	0.52 – 0.75
Mampostería de Ladrillo, Macizo, interior	1,600 – 1,800	0.60	0.69
Mampostería de Ladrillo, Macizo exterior	1,600 – 1,800	0.75	0.87
Mortero de Cemento		1.20	1.4
Pavimento de Cemento	2,200	1.20	1.4
Piedra Arenisca	2,200 – 2,500	1.40 – 1.80	1.63 – 2.09
Piedra Caliza	2,550	1.05	1.22
Poliestireno (Styropor)	15 - 30	0.033	0.038
Corcho		0.03	0.04
Recubrimiento (Plástico)	1,500	0.2	0.23
Revoque, Aplanado de Cemento, Cal, Arena	1,600 – 1,800	0.80 – 1.00	0.93 – 1.16
Tableros rígidos de Fibra de Madera	900	0.15	0.17
Terrazo (Mosaico Veneciano)	2,200	1.20	1.4
Terreno, seco	1,000 – 2,000	0.15 - 0.50	0.17 – 0.58
Moqueta		0.039	0.046
Alfombra		0.023	0.027
Viruta de caña de azúcar (Celotex)	300	0.05	0.058
Vidrio de ventana	2,400 – 3,200	0.50 – 0.90	0.58 – 1.05
Yeso (Aplanado)	500	0.18	0.21

(Fundamentos ASHRAE, 1967)

Se analizarán por separado los muros, techo y piso.

- Muros

Las diferentes capas de recubrimiento que poseen los muros fueron analizadas en el modelo Revit.

Cuadro No. 240. Capas muro

			K (W/m°C)
Ladrillo	0,05	m	0,52
Agregado	0,00	m	1,16
Block	0,10	m	1,00
Agregado	0,00	m	1,16

Ya teniendo los coeficientes de película, espesores y conductividades térmicas, es posible calcular el coeficiente global de transmisión de calor con la ecuación de la figura 32 lo cual nos proporciona un valor de U=3,08 W/m2.°C.

- Techo

Cuadro No. 2412. Capa techo

			K (W/m°C)
Losa de cemento	0,15	m	1,40

El coeficiente global para el techo es de U=4,23 W/m2.°C.

- Piso

Cuadro No. 242. Capa piso

			K (W/m°C)
Concreto armado	0,15	m	0,29

El coeficiente global para el piso es de U=1,66 W/m2.°C.

Al multiplicar las áreas de exposición por el coeficiente global de transferencia de calor “U” y el cambio de temperatura se puede obtener el calor total por transmisión generado por muros, techo y piso. A continuación, se presenta un resumen de ello:

Cuadro No. 243. Calor total por transmisión de muros, techo y piso

Ubicación	Área	U (W/m2°C)	ΔT (°C)	Q (Watts)
Muro Norte	87,12	3,08	11,00	2951,63
Muro Sur	87,12	3,08	2,22	595.69
Muro Este	62,53	3,08	14,33	2759,94
Muro Oeste	62,53	3,08	14,33	2759,94
Techo	420,35	4,23	19,30	34317,28
Piso	420,35	1,66	2,00	1395,58
			TOTAL	**44184,36**

3. Ganancia de calor por ocupantes. Se asumen diferentes actividades para una serie de personas que afectarán la cantidad de calor emitida al espacio que debe ser acondicionado. En el Cuadro No. 243. se presentan diferentes valores de ganancia de calor por persona según la actidad que esta realice, sólo se multiplica por el número total de personas y se tiene un estimado del calor total que le generan al recinto. Como el cuadro nos presenta valores en BTU/h se utilizará la conversión de que 1 BTU/h = 0,2931 W.

Cuadro No. 244. Cinco personas (baile moderado)

Q (W)	4250,00	BTU/h	1245,68	W

Cuadro No. 245. Ciento ocho personas de público (sentadas en reposo)

Q (W)	35640,00	BTU/h	10446,08	W

Cuadro No. 246. Veinte personas en vestíbulo (caminando lento)

Q (W)	9000,00	BTU/h	2637,90	W

Cuadro No. 247. Tres personas de limpieza (trabajo ligero)

Q (W)	1650,00	BTU/h	483,62	W

Al resumir todos los datos se obtiene el siguiente cuadro:

Cuadro No. 248.Ganancia de calor por ocupantes

Cantidad de personas	Oficio	Calor (W)
5,00	Baile moderado	1245,68
108,00	Público sentado en reposo	10446,08
20,00	Caminando lento	2637,90
3,00	Trabajo ligero	483,62
	TOTAL	**14813,27**

4. Ganancia de calor por iluminación. Debido a que no se conocen todos los detalles de iluminación dentro del auditorio, se procederá a utilizar el Cuadro No. 243. con valores aproximados de potencia calorífica por unidad de área para después multiplicarlo por el área total del espacio iluminado que tendrá requerimientos especiales según la actividad realizada dentro del mismo.

Cuadro No. 249. Escenario (Tareas con requerimientos visuales muy exigentes o de alta precisión)

Área	37,00	m2
Potencia por Área	16,14	W/m2
Q1	597,18	W

Cuadro No. 250. Auditorio (Tareas con requerimientos visuales sencillos)

Área	230,00	m2
Potencia por Área	2,73	W/m2
Q2	628,36	W

Cuadro No. 251. Lobby (Tareas con requerimientos visuales elevados)

Área	48,00	m2
Potencia por Área	8,10	W/m2
Q3	388,70	W

Cuadro No. 252. Backstage (Tareas con requerimientos visuales elevados)

Área	20,00	m2
Potencia por Área	8,10	W/m2
Q4	161,96	W

Cuadro No. 253. Área de Utilería (Tareas con requerimientos visuales sencillos)

Área	20,00	m2
Potencia por Área	2,73	W/m2
Q5	54,64	W

Al resumir todos los datos se obtiene el siguiente cuadro:

Cuadro No. 254. Ganancia de calor por iluminación

Lugar	**Calor (W)**
Escenario	597,18
Auditorio	628,36
Lobby	388,70
Backstage	161,96
Área de Utilería	54,64
TOTAL	**1830,84**

5. Ganancia de calor por maquinaria o aparatos electrónicos. Debido a que no se tiene conocimiento de qué tipos de aparatos se utilizarán dentro del auditorio, se asume el uso de 2 computadoras de escritorio INTEL que generan 824.20W cada una por lo que el calor total sería de 1648.39W.

Teniendo todos los aspectos a considerar en la carga térmica, se procede a sumar todos los valores de la ganancia de calor y se tendrá el valor correspondiente a la carga térmica por vencer en el auditorio. Se utilizará un factor de seguridad de 1.10 por cualquier eventualidad que pueda presentarse dentro del auditorio o que se presenten cambios en la capacidad del mismo de personas, cambios de actividades de los ocupantes, más maquinaria y equipo o cambio en la iluminación.

Debido a que los equipos de refrigeración se venden por la unidad de toneladas de refrigeración (T.R.) se utilizará el factor de conversión de 1 T.R. = 3516.85 W. A continuación, se muestra un resumen de todos los valores de carga térmica individuales y la sumatoria de los mismos:

Cuadro No. 255. Carga térmica total para auditorio

Fuente	**Carga térmica (W)**
Muros, techo, piso	44184,36
Ocupantes	14813,27
Iluminación	1830,84
Maquinaria	1648,39
Sumatoria	62476,87
F.S. (1.10)	68724,56
Q TOTAL (T.R.)	**19,54**

A continuación, se procedió a desarrollar el sketch del sistema de aire acondicionado para después definir todos los componentes que iban a pertenecer al mismo. El sistema cuenta con du ctería de cobre y flexible en las uniones a los difusores. Se seleccionó una velocidad de 1200 ft/min para el diseño según el Cuadro No. 255. y así no generar demasiado ruido. Asimismo, se utilizó el criterio de práctica donde por cada tonelada de refrigeración en el espacio se utilizan 400 CFM de caudal de aire, como hay 20 T.R. el caudal total inicial fue de 8000 CFM. Al analizar la planta del auditorio se decidió utilizar un Sistema Central Separado marca TRANE modelo Odyssey frecuencia 60Hz. Los difuso res son de 400 CFM cada uno con una dimensión de 24”x24” por lo que se utilizaron 20 en total para todo el espacio.

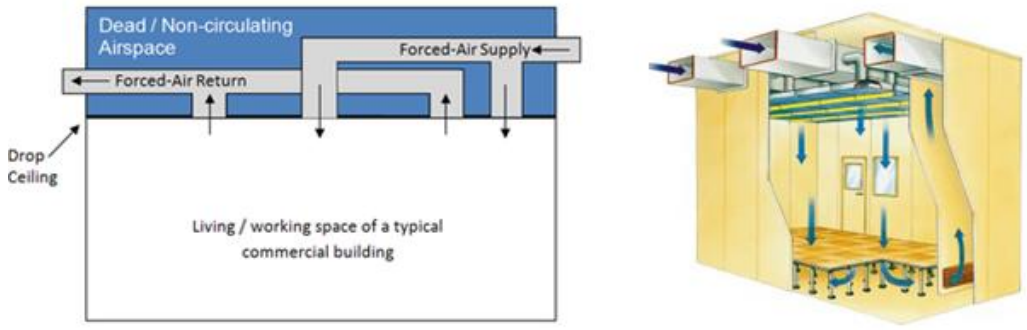
Figura No. 331. Sistema Central Separado TRANE Odyssey



(Manual TRANE, 1965)

El sistema de retorno se realizará por cámara plena lo cual representa un sistema que requieren de cielo falso y losa; donde se coloca un sistema de tuberías para la inyección y una cámara de aire que permite el retorno por rejillas ubicadas estratégicamente en el falso plafón sin necesidad de ductos de retorno.

Figura No. 332. Sistema de cámara plena



(Manual TRANE, 1965)

Ya teniendo la disposición de la ductería con sus determinados accesorios, se procedió a dimensionar la misma con un ductulador. Las pérdidas por presión en los ductos se calcularon por el método de igual fricción descrito en el capítulo anterior con una pérdida igual de 0.13in de agua/100 ft de longitud de ducto. Para los accesorios y transiciones se analizaron los coeficientes de pérdida y se calcularon con las expresiones también explicadas previamente.

Seguidamente, se presenta en el Cuadro No. 256. el cálculo total de presión para el sistema del auditorio que representa cuál es el ventilador que se debe comprar para poder cumplir con la demanda requerida. Los valores de longitud, caudales repartidos y velocidad se obtuvieron del programa Revit en las tablas de planificación

Cuadro No. 256. Cálculo de presión para el sistema del auditorio

Tramo	Componente	Flujo (CFM)	Velocidad (ft/min)	C	Hf (in agua)/100ft	Dimensiones Ducto (in)	Longitud (ft)	Hf (in agua)
1-2	Ducto	8000,00	1161,30		0,10	30x24	1,68	0,0017
	Transición		1161,30	1,10				0,0007
	Codo 90°		1161,30	0,23				0,0002
2-3	Ducto	400,00	594,60		0,10	9x9	1,76	0,0018
	T		594,60	0,75				0,0002
	Transición		594,60	1,10				0,0007
	Codo 90°		594,60	0,23				0,0001
2-4	Ducto	7600,00	1103,20		0,10	30x24	3,85	0,0039
4-5	Ducto	800,00	825,80		0,10	16x10	2,69	0,0027
	T		825,80	0,75				0,0003
	Transición		825,80	1,10				0,0007
5-6	Ducto	400,00	594,60		0,10	9x9	2,92	0,0029
	T		594,60	0,75				0,0002
	Transición		594,60	1,10				0,0007
	Codo 90°		594,60	0,23				0,0001
5-7	Ducto	400,00	594,60		0,10	9x9	11,94	0,0119
	Transición		594,60	1,10				0,0007
7-8	Ducto	400,00	594,60		0,10	9x9	3,20	0,0032
	T		594,60	0,75				0,0002
	Codo 90°		594,60	0,23				0,0001
4-9	Ducto	6800,00	1123,10		0,10	30x18	3,66	0,0037
	Transición		1123,10	1,10				0,0007
9-10	Ducto	400,00	594,60		0,10	9x9	2,03	0,0020
	T		594,60	0,75				0,0002
	Transición		594,60	1,10				0,0007
	Codo 90°		594,60	0,23				0,0001
9-11	Ducto	6400,00	1057,00		0,10	30x24	18,45	0,0185
11-12	Ducto	1600,00	929,00		0,10	20x10	3,37	0,0034
	T		929,00	0,75				0,0004
	Transición		929,00	1,10				0,0007
12-13	Ducto	400,00	594,60		0,10	9x9	4,00	0,0040
	T		594,60	0,75				0,0002
	Transición		594,60	1,10				0,0007
	Codo 90°		594,60	0,23				0,0001
12-14	Ducto	400,00	594,60		0,10	9x9	4,00	0,0040
	Transición		594,60	1,10				0,0007
	Codo 90°		594,60	0,23				0,0001

Continuación Cuadro No. 256

12-15	Ducto	800,00	825,80		0,10	16x10	11,74	0,0117
	Transición		825,80	1,10				0,0007
15-16	Ducto	400,00	594,60		0,10	9x9	4,56	0,0046
	T		594,60	0,75				0,0002
	Transición		594,60	1,10				0,0007
	Codo 90°		594,60	0,23				0,0001
15-17	Ducto	400,00	594,60		0,10	9x9	4,56	0,0046
	Transición		594,60	1,10				0,0007
	Codo 90°		594,60	0,23				0,0001
11-18	Ducto	1600,00	929,00		0,10	20x10	3,37	0,0034
	Transición		929,00	1,10				0,0007
18-19	Ducto	400,00	594,60		0,10	9x9	4,00	0,0040
	T		594,60	0,75				0,0002
	Transición		594,60	1,10				0,0007
	Codo 90°		594,60	0,23				0,0001
18-20	Ducto	400,00	594,60		0,10	9x9	4,00	0,0040
	Transición		594,60	1,10				0,0007
	Codo 90°		594,60	0,23				0,0001
18-21	Ducto	800,00	825,80		0,10	16x10	14,36	0,0144
	Transición		825,80	1,10				0,0007
21-22	Ducto	400,00	594,60		0,10	9x9	4,56	0,0046
	T		594,60	0,75				0,0002
	Transición		594,60	1,10				0,0007
	Codo 90°		594,60	0,23				0,0001
21-23	Ducto	400,00	594,60		0,10	9x9	4,56	0,0046
	Transición		594,60	1,10				0,0007
	Codo 90°		594,60	0,23				0,0001
11-24	Ducto	3200,00	1189,20		0,10	30x12	23,77	0,0238
	Transición		1189,20	1,10				0,0007
24-25	Ducto	1600,00	929,00		0,10	20x10	4,77	0,0048
	T		929,00	0,75				0,0004
	Transición		929,00	1,10				0,0007
25-26	Ducto	400,00	594,60		0,10	9x9	4,00	0,0040
	T		594,60	0,75				0,0002
	Transición		594,60	1,10				0,0007
	Codo 90°		594,60	0,23				0,0001
25-27	Ducto	400,00	594,60		0,10	9x9	4,00	0,0040
	Transición		594,60	1,10				0,0007
	Codo 90°		594,60	0,23				0,0001
25-28	Ducto	800,00	825,80		0,10	16x10	11,74	0,0117
	Transición		825,80	1,10				0,0007
28-29	Ducto	400,00	594,60		0,10	9x9	4,56	0,0046
	T		594,60	0,75				0,0002
	Transición		594,60	1,10				0,0007
	Codo 90°		594,60	0,23				0,0001
28-30	Ducto	400,00	594,60		0,10	9x9	4,56	0,0046
	Transición		594,60	1,10				0,0007
	Codo 90°		594,60	0,23				0,0001

Continuación Cuadro No. 256

24-31	Ducto	1600,00	929,00		0,10	20x10	4,77	0,0048
	Transición		929,00	1,10				0,0007
31-32	Ducto	400,00	594,60		0,10	9x9	4,00	0,0040
	T		594,60	0,75				0,0002
	Transición		594,60	1,10				0,0007
	Codo 90°		594,60	0,23				0,0001
31-33	Ducto	400,00	594,60		0,10	9x9	4,00	0,0040
	Transición		594,60	1,10				0,0007
	Codo 90°		594,60	0,23				0,0001
31-34	Ducto	800,00	825,80		0,10	16x10	14,36	0,0144
	Transición		825,80	1,10				0,0007
34-35	Ducto	400,00	594,60		0,10	9x9	4,56	0,0046
	T		594,60	0,75				0,0002
	Transición		594,60	1,10				0,0007
	Codo 90°		594,60	0,23				0,0001
34-36	Ducto	400,00	594,60		0,10	9x9	4,56	0,0046
	Transición		594,60	1,10				0,0007
	Codo 90°		594,60	0,23				0,0001
							Pérdidas Totales	0,2405

En el apéndice se presentan las disposiciones del sistema para el auditorio. En el plano 1 /2 está todo el dimensionamiento y en el 2/2 el flujo de caudal de aire en la ductería.

Figura No. 333. Disposición en 3D del sistema terminado

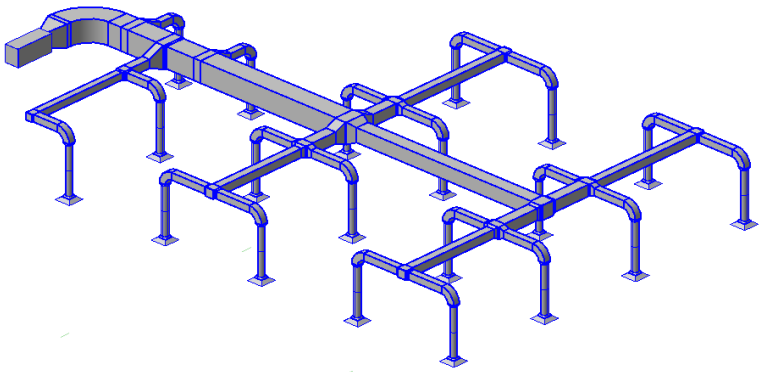
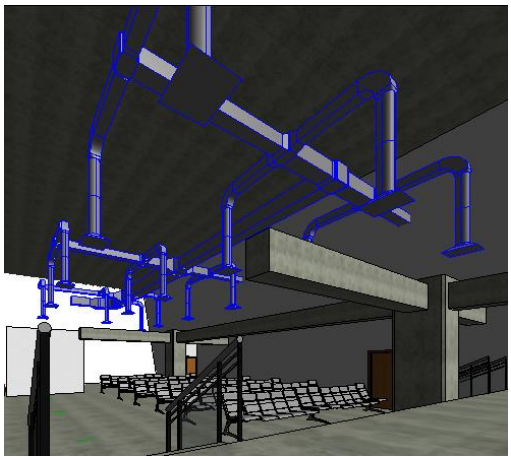


Figura No. 334. Vista del sistema de A/A dentro del auditorio



6. Costos. Para el equipo de aire acondicionado de sistema Central Separado TRANE modelo Odyssey de 20 T.R. – 60 Hz. se realizó una cotización del equipo en la empresa INMELEC S.A. con la instalación de los serpentines y conexión a la ductería lo que genera un costo total de $12,500 o Q91,500 con tipo de cambio de Q7.32 a $1.

En lo que corresponde a la ductería, al incluir los ductos de impulsión, material de difusión (que abarcará rejillas y difusores), embocaduras, codos y demás accesorios, el costo por metro lineal de ducto es de aproximadamente $1,100. Al tener 70m lineales con un 1% de material de más, se tiene un total de $77,000 o Q563,640.00.

El costo total del sistema de aire acondicionado para el auditorio sería de: **Q655,140.00.**

Figura No. 335. INMELEC S.A.



VII. Conclusiones

- Los elementos estructurales del muro pantalla de soil nailing son los anclajes pasivos y del muro pantalla de pilotes son los pilotes y la viga de amarre.
- Se diseñó el refuerzo a cortante y flexión de las dos propuestas de muros de contención, así como los materiales a utilizar para su construcción.
- El modelo tridimensional de los dos muros utilizados para este proyecto se realizó en el software REVIT.
- Se planificaron las fases de ejecución del muro para un total de seis meses.
- Se diseñaron los elementos estructurales del edificio bajo los requerimientos de seguridad, funcionalidad y estética.
- El sistema estructural del edificio es de marcos a momentos, por lo que no se requiere de ningún tipo de arrostramiento.
- Se realizó un análisis sísmico y estructural, al igual que el pre-dimensionamiento; tareas que comprenden un gran número de cálculos y operaciones numéricas.
- El modelo de la estructura utilizado para el edificio se realizó en el programa ETABS.
- Se vinculó exitosamente la estructura de REVIT a ETABS y viceversa con ayuda del plugin CSiXRevit.
- Todos los cálculos y operaciones se cumplen los requerimientos de los manuales para la construcción dichos anteriormente.
- Se realizó el modelo arquitectónico del Centro de Innovación y Tecnología de la Universidad del Valle de Guatemala por medio del software Revit y derivado de planos proporcionados en AutoCAD.
- Se realizó el diseño de la red de distribución de agua potable del Centro de Innovación y Tecnología de la Universidad del Valle.
- Se realizó el diseño de la red de captación de agua de lluvia de las áreas impermeables del Centro de Innovación y Tecnología de la Universidad del Valle.
- Se logró diseñar un sistema de distribución y reutilización de agua de lluvia en los inodoros del Centro de Innovación y Tecnología de la Universidad del Valle.
- Se modeló la red de distribución de agua en sanitarios del CIT por medio del software Revit.
- Desarrollar e instalar sistemas de bajo consumo hídrico en edificaciones como el CIT mantiene una relación estrecha con la misión de la universidad y da un claro ejemplo de la responsabilidad ambiental. Estos sistemas lograrían un ahorro del 60% de agua potable y otro 60% si se utilizara agua de lluvia.
- Se diseñaron cada uno de los sistemas contra incendio pasivos y activos bajo los requerimientos de seguridad, funcionalidad y estética que nos estables normas norteamericanas.
- El diseño del sistema contra incendio para este proyecto se realizó en el software REVIT y en hojas de cálculo en base a criterios de diseño que nos establece la NFPA.

- Los cálculos hidráulicos realizados en este proyecto no sobrepasaron las presiones máximas que nos norma la NFPA por lo que se puede decir que el sistema de rociadores automáticos y mangueras verticales si chequea debido a que la presión máxima que se tuvo fue de 139.10 psi.
- Las rutas de evacuación analizadas si cumplen con los criterios de diseño que nos establece la CONRED.
- El Centro de Innovación y Tecnología de la Universidad del Valle de Guatemala si cuenta con los accesos necesarios esto según su capacidad ocupacional.
- Se efectuó el diseño preliminar de instalaciones eléctricas, dimensionando los conductores de los circuitos derivados y el dispositivo de protección contra sobrecorrientes. La mayoría de circuitos tendrán conductores calibre 14 AWG y 12 AWG, a excepción de aquellos que poseen cargas mayores tales como los laboratorios.
- Se realizó un predimensionamiento de los tableros de distribución para cada nivel por medio del programa Revit. Los niveles del 1 al 6 contarán con dos paneles de 100 A, el séptimo nivel y el sótano tendrán solamente un tablero de distribución de 100 A. Cada laboratorio contará con un panel dependiendo de sus requerimientos de carga.
- Se diseñó el sistema de iluminación artificial interior por medio de la relación de cavidad local y el programa Revit, se debe colocar 1 665 lámparas LED con un costo aproximado de Q5 063 275.75.
- El diseño de iluminación cumple con el requerimiento mínimo de iluminancia de acuerdo con la revisión de Revit, permitiendo espacios con el ambiente adecuado y propiciando la salud y atención del usuario.
- La carga del Centro de Innovación y Tecnología es de 839 053.31 VA, el 17.83% corresponde a la iluminación y el 82.17% a la carga de fuerza.
- Se efectuó el diseño del sistema de aire acondicionado del auditorio del CIT.
- Se determinó la carga térmica del auditorio la cual fue de 19.54 T.R.
- Se seleccionó el equipo que se adecúa más a las necesidades del auditorio y es un sistema Central Separado marca TRANE modelo Odysee de 20 T.R.- 60Hz.
- Se establecieron las dimensiones de la ductería del sistema de suministro de A/A donde se colocaron 20 difusores de 400 CFM de 24”x24”.
- Se elaboraron los planos del sistema y flujo de aire dentro de los ductos donde el caudal principal fue de 8000 CFM.
- El costo total del proyecto incluyendo el equipo de acondicionamiento de aire, ductos de aire y su instalación correspondiente es de Q655,140.00.

VIII. Recomendaciones

Al alumno

- El módulo geotécnico del software CYPE no permite ingresar de manera directa las dimensiones de la varilla que se utilizará para los anclajes pasivos del soil nailing, por lo que se recomienda validar estos datos con otros softwares diseñados para este tipo de cálculos.
- Se recomienda mejorar las familias de los anclajes pasivos agregándoles las funciones paramétricas.
- Se recomienda realizar la comprobación de arrancamiento del anclaje pasivo en un software especializado en esta rama debido a que el software CYPE no realiza dicha comprobación.
- Se recomienda realizar una cimentación tipo zapata, y realizar una comparación con la cimentación profunda para determinar qué sistema es el ideal para el edificio.
- Las propiedades del programa ETABS no proporciona columnas cruciformes, por lo que debemos de diseñarla manualmente.
- El programa ETABS no reconoce una columna diseñada manualmente como sísmicamente compacta, por lo que se recomienda validar la compacidad sísmica bajo cálculos y operaciones numéricas según el manual ASCE 7-10.
- En el diseño de conexiones, se debe de considerar la rosca excluida, pero especificar en planos incluida, así si existiera una negligencia en taller, la conexión no se ve afectada estructuralmente.
- Se recomienda utilizar únicamente conexiones pernadas, debido la falta de experiencia de mano de obra en estructuras de acero en Guatemala podría perjudicar una conexión soldada.
- Se recomienda realizar un estudio sobre las columnas cruciformes, si se pudiera utilizar perfiles más económicos y tener la posibilidad de reducir el tamaño de la columna según el avance de los niveles.
- Es importante conocer las limitaciones que demanda la metodología BIM con otros programas de diseño estructural al momento de vincular o exportar modelos, ya que en el transcurso se puede perder información valiosa y los resultados no serán óptimos.
- Para una próxima investigación sobre diseño estructural se recomienda utilizar Robot, ya que tiene un potencial que valdría la pena explotar. También posee amplias opciones para trabajar con la metodología BIM y con la generación de documentación estructural.
- Se recomienda realizar una comprobación del diseño hidráulico por medio de softwares de diseño como lo es el programa EPANET, con el fin de verificar las presiones de cada uno de los ramales de los sistemas que componen el nivel.
- Por más que existan aparatos de bajo consumo de agua es importante que las personas generen conciencia sobre su buen uso. Por lo que campañas de concientización sobre el ahorro del agua y letreros indicativos de cómo utilizar los aparatos sanitarios de forma correcta, serían otra forma de ahorrar agua.
- Se recomienda realizar la colocación de los detectores de químicos para cada uno de los laboratorios, esto cuando se conozca bien qué tipo de químicos se van a manipular en cada uno de los laboratorios.

- Se recomienda analizar los niveles de los sótanos para determinar si esas son áreas vulnerables a posibles incendios y si lo fueran determinar el tipo de sistema que se debería emplear con el fin de hacer rentable el proyecto para la universidad.
- Se recomienda que se realice un plan de inspección y mantenimiento de cada uno de los sistemas para garantizar el correcto funcionamiento del mismo.
- Se recomienda mejorar las familias de las mangueras verticales agregándoles las funciones paramétricas.
- Se recomienda que se haga un análisis energético de los detectores que se propusieron en el diseño del edificio con el fin de medir el consumo que estos impactaran en el CIT de la Universidad del Valle de Guatemala. Y ver si se puede implementar otro tipo de detector que sea más economizador en el aspecto energético.
- Continuar con la fase 2 del sistema de cámaras, para tener un mejor control del edificio. Ya que esta propuesta no cubre puntos como aulas y laboratorios.
- Integrar otros sistemas de automatización al edificio, como control de iluminación, persianas, control de aparatos electrónicos por medio de sensor infrarrojo.
- La construcción e instalación de los sistemas de ductería debe desarrollarse con sumo cuidado y flexibilidad ya que pueden surgir cambios durante el proceso y así evitar la elevación del costo del proyecto.
- Previo a la elaboración del diseño de un sistema de aire acondicionado, se sugiere compartir la información necesaria entre todas las personas relacionadas al proyecto, con el fin de prevenir datos erróneos e intervenciones al diseño arquitectónico del recinto.
- Entre menos conexiones tenga un sistema de ductería se evita una caída de presión alta y se logra una mayor eficiencia del sistema.
- El equipo de aire acondicionado debe estar ubicado en un área donde se facilite el mantenimiento del mismo.
- Evitar la instalación de ductería sobre equipos eléctricos o zonas que representen peligro para los operarios al efectuar los trabajos de mantenimiento con el debido equipamiento de seguridad industrial.

A la Universidad

- Se recomienda analizar la posibilidad de utilizar un diseño de soil nailing para todos los linderos a proteger. Esta solución puede bajar el tiempo de ejecución del muro y su costo de construcción.
- Es necesario realizar un estudio de suelos en el área donde irá ubicado el nuevo edificio Centro de Innovación y Tecnología de la Universidad del Valle de Guatemala y validar este estudio, ya que los valores utilizados para el diseño propuesto en este documento fueron una aproximación.

- Se recomienda validar las dimensiones de los anclajes pasivos de las primeras dos filas de los linderos “D” y “E” debido a que existe una incongruencia con la arquitectura del edificio.
- Para la colocación de la estructura se deberá contar con una grúa torre de dos toneladas en punta y 60 metros de longitud de brazo.
- Debido a que la columna se encuentra empotrada en la cimentación, se recomienda (para la fase constructiva) fundir en dos partes: 1) fundir hasta donde llegará la columna, 2) con ayuda de andamios o grúa, colocar la columna y terminar la fundición.
- Realizar una comparación analítica sobre que material sería el adecuado para el edificio, acero o concreto.
- A partir de la simulación energética realizada, se identificó potencial de ahorro energético con la implementación de 47 paneles fotovoltaicos de 72 celdas de policristalino con una potencia de 8 775 Watts. El ahorro de energía anualmente sería de Q1 823 433.70 y la inversión de Q2 664 308.00, esta se recuperaría en un año y medio aproximadamente.
- Es recomendable la implementación de lámparas LED. Si estas se usaran, se necesitarían 256 lámparas menos en comparación a que si se implementaran fluorescentes. Esto implica un ahorro en la compra de luminarias de Q36 979.25 y en el consumo energético puesto que la potencia es de 45 Watts.
- Se recomienda incrementar la capacidad de la planta generadora a base de diésel, puesto que la actual no considera la demanda del CIT.
- En los ocho meses restantes la cisterna podría ser utilizada como otra cisterna de agua potable y estar conectada con la red de distribución con válvulas antirretorno y después de su respectiva limpieza.
- En caso de que en esos ocho meses aparezcan lluvias de medianas a leves y la cisterna tenga agua potable, los ramales que conducen el agua de lluvia deberán tener conexión con la cisterna de drenaje con válvulas de compuerta para que esta no contamine la cisterna y sea desechada.
- La instalación del sistema de reutilización de agua lluvia puede ser instalado después de construida la edificación. Esto si la inversión inicial representa un problema para terminar la obra. Podrían ser necesarios algunos cambios en el diseño, pero es factible ya que las tuberías fueron colocadas de forma que no exista necesidad de hacer modificaciones invasivas a la estructura.
- Se recomienda realizar una comparación entre el sistema de rociadores con el sistema de espuma de alta expansión. Esto con el fin de determinar cuál de los dos sistemas saldrá más favorable implementar en el CIT de la universidad.
- Se recomienda que se realice una simulación de evacuación por medio de programas específicos para ver flujos de personas.
- Se recomienda que se realice anualmente las inspecciones y mantenimientos de los sistemas, esto con el fin de evitar falsas alarmas o un mal funcionamiento a la hora de un suceso.
- Se recomienda que se realice un análisis financiero para determinar en cuánto tiempo la Universidad del Valle de Guatemala tardará en recuperar el capital invertido, ya que estos sistemas se caracterizan por ser costosos en el mercado guatemalteco.

- Se recomienda llevar a cabo la instalación de los sistemas de protección contra incendios, esto debido a que beneficia a la universidad para salvaguardar el bien inmueble, proteger la vida humana y a la vez disminuir costos al contratar un servicio de seguros, debido a que disminuye la prima del seguro.
- Se cuenta con un ducto de datos en los niveles 1-7, pero el sótano carece de uno. Si se quiere realizar este tipo de instalaciones es necesario este ducto para poder tener una mejor organización de los cables de datos.
- Destinar un espacio para el centro de control de video vigilancia en el caso que se quieran instalar en el nuevo edificio, ya que en los planos actuales no hay ningún espacio todavía.
- Velar por instalar el sistema guiado de estacionamiento, ya que se esperan más de 400 vehículos dentro del edificio. De esta manera se reducirá en gran manera el congestionamiento vehicular, tanto en las entradas y salidas como dentro del mismo.
- Colocar entre los muros una capa de aire que generará un aislamiento aun mayor y mejor dentro del auditorio.
- Tomar en consideración las 857lb de peso que tiene la unidad condensadora para el diseño de la losa en el techo del CIT.
- Analizar la posibilidad de reducir las alturas de los difusores y la unidad manejadora de aire para que el espacio de la cámara plena no se convierta en una zona de generación de calor en vez de liberación del mismo.
- Se recomienda analizar el diseño de aire acondicionado para los espacios de los laboratorios de ingeniería e alimentos, cocina y biblioteca del CIT.
- La utilización de Revit permitió constatar la utilidad y amplio campo de aplicación en distintas ramas de la ingeniería. Por esta razón, es importante que la universidad implemente este tipo de herramientas en el programa de estudios, contribuyendo a la formación de profesionales más competitivos.
- Se recomienda la utilización de herramientas BIM para permitir la colaboración del proyecto en el área ingenieril y arquitectónico, pues ayuda a que el proceso sea más eficaz y permite vincular todas las áreas para realizar una mejor gestión del proyecto.
- Se recomienda utilizar en futuras investigaciones la metodología BIM como parte del proceso constructivo y de gestión del Centro de Innovación y Tecnología para conocer las ventajas y desventajas de la misma.
- Sería muy útil implementar la metodología BIM en las cátedras universitarias, ya que estos agilizan muchos de los procesos comunes que se emplean en el campo de la construcción como: el modelamiento, el diseño arquitectónico y estructural, análisis de la información, cálculos, funcionalidad, gestión, etc.

IX. Bibliografía

- ACI. (2014). *ACI-318-14*. Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural y Comentario.
- AGIES. (2010). *AGIES NSE 1-10 GENERALIDADES, ADMINISTRACIÓN DE LAS NORMAS Y SUPERVISIÓN TÉCNICA*. Guatemala: Normas de Seguridad Estructural de Edificaciones y Obras de Infraestructura para la República de Guatemala.
- AGIES. (2010). *AGIES NSE 2-10 DEMANDAS ESTRUCTURALES, CONDICIONES DE SITIO Y NIVELES DE PROTECCIÓN*. Guatemala: Normas de Seguridad Estructural de Edificaciones y Obras de Infraestructura para la República de Guatemala.
- AGIES. (2010). *AGIES NSE 3-10 DISEÑO ESTRUCTURAL DE EDIFICACIONES*. Guatemala: Normas de Seguridad Estructural de Edificaciones y Obras de Infraestructura para la República de Guatemala.
- AGIES. (2010). *AGIES NSE 5-10 Requisitos para Diseño de Obras de Infraestructura y Obras Especiales*. Guatemala: Normas de Seguridad Estructural de Edificaciones y Obras de Infraestructura para la República de Guatemala.

  agua-en-guatemala/ [25 de julio de 2017]
- Agustin, L. Sancho, M. Vallespin, A. Miret, E. (2013). *Representación del espacio arquitectónico 2011*. Zaragoza: Universidad de Zaragoza.
- Agustin, L. Sancho, M. Vallespin, A. Miret, E. (2013). *Representación del espacio arquitectónico 2011*. Zaragoza: Universidad de Zaragoza.
- Aire Acondicionado Y Refrigeracion. Jennings-Lewis. Editorial CECSA
- AISC. (2010). *AISC 13th.* Chicago, Illinois: Steel Construction Manual.
- AISC. (2010). *AISC 303-10*. Chicago, Illinois: Code of Standard Practice for Steel Buildings and Bridges.
- AISC. (2010). *AISC 360-10*. Chicago, Illinois: Specification for Structural Steel Buildings.
- ASCE. (2010). *ASCE 7-10*. Roston, Virginia: Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures.
- Autodesk. (2014). *Energy Analysis using Conceptual Masses*. Recuperado el 18 de agosto de 2017, de http://autodesk.efrontlearning.com/courses/www/student.php?view_unit=2330
- Aycinena, Estuardo. (1980). *"Normas de seguridad en edificios".* Universidad Rafael Landívar, Guatemala. 640 p.
- Azhar, Salman, *et al*. 2012. «Building information modeling (BIM): now and beyond». *Australian Journal of Construction Economics and Building.* 12 (4) 15-28.
- Batres, J. J. (2007). *"ANÁLISIS DE NORMAS DE SEGURIDAD Y SU APLICACIÓN; CASO ESPECÍFICO: INCENDIOS Y ACCIDENTES".* (USAC, Ed.) Guatemala, Guatemala.
- Bayon, R. (1978). *"La protección contra incendios en la construcción".* Barcelona: Editores Técnicos Asociados.
- Blanco, A. (3 de octubre de 2012). *Intensidad luminosa*. Recuperado el 25 de agosto de 2017, de SlideShare:https://es.slideshare.net/ablancomeza/intensidad-luminosa

- Braja M. Das. (2001). *Principios de Ingeniería de Cimentaciones*. México: International Thomson Editores.
- Braja M. Das. (2001). *Principios de Ingeniería de Cimentaciones*. México: International Thomson Editores.
- Braja, M. Das. (2012). *Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones*. México: Cengage Learning.
- Braja, M. Das. (2012). *Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones*. México: Cengage Learning.
- BuildingSmart. 2014. *Guía de usuarios BIM: Análisis Energético.* Iniciativa uBIM. 36 págs.
- Campoverde Naranjo, Danny Marcelo; Pesántez Verdezoto, Lenin Stalin & Anchundia Valencia, Fernando. (2009). *"Diseño de un Sistema Contra Incendios con Rociadores Automáticos y Cajetines de Mangueras para un Edificio de Oficina".* Sitio Web: https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/16175/1/Diseño%20de%20un%20Sistema%20Contra%20Incendio%20con%20Rociadores%20Automáticos%20y%20Cajetines.pdf. [Con acceso el 5 de noviembre de 2016].
- Catalog Carrier No. 533-052, Air-Cooled Liquid Chillers, series 30GSX-6SB. U.S.A. 1998.
- Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas - CESEM. (n/f*). Síntesis Geológica de Guatemala.* Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Centro de Estudios Superiores en Energía y Minas. (2001). Zonificación Sísmica Urbana en Guatemala. Fase 1: Identificación de Unidades Geológicas y su Respuesta Sísmica Analítica. Guatemala: Facultad de Ingeniéria, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Coca-Coal Journey. 2016. Así se purifica el agua de lluvia para poder aprovecharla. http://www.coca-colamexico.com.mx/historias/asi-se-purifica-el-agua-de-lluvia-para-poder-aprovecharla [17 de agosto de 2017]
- Contreras E. Manual Básico de Sistemas de Aire Acondicionado y Extracción Mecánica de Uso Común en Arquitectura
  http://webquery.ujmd.edu.sv/siab/bvirtual/BIBLIOTECA%20VIRTUAL/TESIS/06/ARQ/ADTESCM0001340.pdf
- Coordinación Nacional para la Reducción de Desastres. (2017). "*Normas Mínimas de Seguridad en Edificación e Instalaciones de uso Público – NRD 2".* 4ta edición, Guatemala. Pp. 47.
- Crespo, C. 2004. Mecánica de suelos y cimentaciones. Editorial Limusa. 650pp
- Cuevas Lorea, Eduardo. Manual de Refrigeración y Aire Acondicionado. 3ra.edición. México; editorial Prentice Hall, 1999.
  de agosto de 2017]
- De Marcilla del Valle, M. J. (2010). *Eficiencia Energética.* Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala.
  del Estado de Yucatán. Fundación ICA, México. 290 págs.
- Department of Conservation. (2016). *What is a Geologic Map?* Junio 21, 2017, de Department of Conservation Sitio web: http://www.conservation.ca.gov/cgs/information/geologic_mapping#WhatIsAGeologicMap

- Desconocido. (2010), *La economía de Guatemala*. Agosto 01, 2017, de Byrondigoras Sitio web:https://byronidigoras.wordpress.com/2010/07/19/la-economia-de-guatemala/
- Desconocido. (2012), 12. *Que es el acero estructural*. Julio 22, 2017, de Revista ARQHYS Sitio web: http://www.arqhys.com/contenidos/estructurales-aceros.html.
- Desconocido. (2015). *¿En qué consiste el modelo BIM?* Julio 21, 2017, de Hildebrant Gruppe Sitio web: http://www.hildebrandt.cl/en-que-consiste-el-modelo-bim/.
- Desconocido. (2015). *¿Qué es BIM?* Julio 21, 2017, de Coordina Bim Consulting Sitio web: https://www.bimconsulting.cl/bim
- Desconocido. (2016). *BIM en el mundo*. Enero 11, 2017, de BIM Community Sitio web: https://bimcommunity.com/news/load/269/bim-en-el-mundo
- Desconocido. (2016). *La situación actual del BIM en el mundo*. Agosto 01, 2017, de BIMCommunity Sitio web: https://www.bimcommunity.com/news/load/329/la-situacion-actual-del-bim-en-el-mundo/view_original
- Desconocido. (2017), 4 *ESPECTACULARES ESTRUCTURAS DE ACERO DEL MUNDO MODERNO*. Agosto 01, 2017, de Soluciones Integrales en Acero Sitio web: http://soliacero.com.mx/4-espectaculares-estructuras-de-acero-del-mundo-moderno/.
- Desconocido. (2017), *Estructuras metálicas famosas*. Julio 22, 2017, de Codimec SAS Sitio web: https://www.codimec.com/single-post/2017/01/26/ESTRUCTURAS-METALICAS-FAMOSAS.
- Desconocido. (2017), *Normas para la reducción de desastres*. Agosto 05, 2017, de Coordinadora nacional para la reducción de desastres Sitio web: https://www.conred.gob.gt/www/index.php?option=com_content&view=article&id=4444&Itemid=819#nrd2
- Desconocido. (2017). *BIM en términos generales*. Julio 21, 2017, de Graphisoft Sitio web: https://www.graphisoft.es/archicad/open_bim/about_bim/
- Desconocido. (2017). *Información General.* Agosto 15, 2017, de Computers & Structures, Inc Sitio web: http://www.csiespana.com/programa/5/etabs
- Desconocido. (Julio 2006*). Informática*. Arte y Cemento, 13, 176.
- Dirección General de Caminos. (2000). *Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes.* Guatemala: Ingenieros Consultores de Centroamérica S.A.
- Doménech, Walter. 2017. Diseño y cálculo de las instalaciones de agua potable y aguas servidas
- Emagister: Grupos. (2009). *"Nivel avanzado Categoria: MANTENIMIENTO INDUSTRIAL".* En Internet: http://grupos.emagister.com/imagen/bomba_jockey/1534-148102. [con acceso el 15 de agosto de 2017].
- Empresa Clima Real, Selección de Difusores, México D.F. En línea: http://www.climareal.com/pdf/selecDif.pdf
- Empresa Municipal de Agua. 2017. Producción de Agua Potable. http://mu.muniguate.com/index.php/component/content/article/40-empagua/50-aguapotable [25 de julio de 2017]

- Enríquez Harper, G. (1998). *El ABC de las instalaciones eléctricas residenciales* (1ª ed.). México D.F.: Limusa Noriega Editores.
- Escobar, D. (2003). *Manual de geología para ingenieros*. Julio 1, 2017, de Universidad Nacional de Colombia Sitio web: http://www.bdigital.unal.edu.co/53252/49/anexo.tablasycuadrosdegeomec%C3%A1nica.pdf
- Fruto, A. 2013. *KAMJZ propone torres que amortiguan al efecto sísmico a través del agua* https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-268771/kamjz-propone-torres-que-amortiguan-el-efecto-sismico-a-traves-del-gua?ad_medium=widget&ad_name=navigation-prev [13 de agosto de 2017]
- Galván, G. (2017). *Tema 2. Análisis energético BIM.* eadic, Madrid.
- García, Jorge. 2001. Instalaciones Hidráulicas y sanitarias en edificios. Universidad Autónoma
- García, Rafael. Diseño de cisterna. https://es.scribd.com/doc/63387106/DISENO-CISTERNA [13
- General Electric. (2010). *GE Lighting Ballast Catalog.* Ohio: GE Lighting.
- Grupo Fortis. (n/f). *Proceso Constructivo Muro de Pilotes Secantes*. Junio 15, 2017, de Geofortis Sitio web:http://www.geofortis.co.cr/descargas/Procedimiento%20constructivo%20pantalla%20de%20pilotes%20secantes.pdf

  Guatemala y los efectos del cambio climático. http://www.laccei.org/LACCEI2014-Guayaquil/RefereedPapers/RP052.pdf [25 de julio de 2017]
- Guzmán, Nicolás; F. Quiñonez. 2014. Evaluación del consumo de agua potable en la Ciudad de
- Harper, Enríquez. 2004. El ABC de las instalaciones de gas, hidráulicas y sanitarias. 2ª ed.
- INSIVUMEH. (2017). Atlas climatológico. Julio 15, 2017, de INSIVUMEH Sitio web: http://www.insivumeh.gob.gt/hidrologia/ATLAS_HIDROMETEOROLOGICO/Atlas_Climatologico/d-lluvia.jpg
- INSIVUMEH. (2017). Atlas climatológico. Julio 15, 2017, de INSIVUMEH Sitio web: http://www.insivumeh.gob.gt/hidrologia/ATLAS_HIDROMETEOROLOGICO/Atlas_Climatologico/hum-rel.jpg
- INSIVUMEH. (2017). Atlas climatológico. Julio 24, 2017, de INSIVUMEH Sitio http://www.insivumeh.gob.gt/hidrologia/ATLAS_HIDROMETEOROLOGICO/Atlas_Hidrologico/isoyetas.jpg
- INSIVUMEH. (2017). Datos meteorológicos de los departamentos. Julio 15, 2017, de INSIVUMEH Sitio web: http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia/ESTADISTICAS.htm
- Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. 2015. Mapas de
- International Energy Agency. (2006). *Light's Labour's Lost.* París, Francia: OECD.
- John Wiley & Sons. Calefacción, ventilación y aire acondicionado. 1ra.edición. México; editorial Limusa, 2003.
- Kwok, A., & Grondzik, W. T. (2007). *The Green Studio Handbook* (1ª edición ed.). Oxford, Reino Unido: Elsevier Inc. .
- Lazarte, C. (2015). Soil Nail Walls Reference Manual. Estados Unidos: National Highway Institute.

Lluvia promedio 1960 a 2013. http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia/pp_prom_1960_2013.html [15 de agosto de 2017]

- López E. Diseño e Instalación Del Sistema De Ductería Para La Distribución De Aire Acondicionado Dado Por Cuatro Manejadoras En Almacenes Carrión. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 2007.
- Manual De Refrigeración Y Aire Acondicionado. Trad. Camilo Boreto. Ed. Prentice Hall. 2013
- Mapa geológico del cuadrángulo de San José Pinula: IGN, Guatemala, 1:50,000.
- Martín E. Diseño de un Sistema de Aire Acondicionado/Calefacción, Incluyendo Métodos Recuperativos y Energía Solar, Universidad de Valladolid, Escuela de Ingenierías Industriales, España, 2014
- Martínez, L. E. & N. Barreto. (2007). *"Diseño de un Sistema Contra Incendios para una Empresa Productora de Cereales".* (Escuela Superior Politécnica del Litoral) Guayaquil, Ecuador.
- McCormac, J. (2008). Diseño de Concreto Reforzado. México: Alfaomega.
- McCormac, J. (2008). Diseño de Concreto Reforzado. México: Alfaomega.
- McCormac. J, S. Csernak. (2015). *Diseño de estructuras de acero*. México: Alfaomega.
- Méndez, J. 2016. *Importancia de las instalaciones hidráulicas.* https://www.emaze.com/@ACFQWWZI [13 de agosto de 2017]
- Merrit, F., & Ricketts, J. (2001). *Building Design and Construction Handbook* (6ª ed.). New York, Estados Unidos: McGraw Hill.
  México D.F.: Limusa. 305 págs.
- Mollinedo, Fernando. 2014. El agua en Guatemala. http://guatehistoria.com/breve-historia-del-
- Monolit. (2015). Malla Electrosoldada. Septiembre 15, 2017, de Monolit Sitio web: http://grupomonolit.com/productos/acero-monolit/malla-electrosoldada/
- Mozó, E. (2012). *Análisis y Diseño de Muros Pantalla en Suelos Arenosos*. Concepción: Universidad Católica de la Santísima Concepción.
- Muñoz, H. (2011). *Manual para el proceso de diseño y construcción de muros anclados de concreto lanzado.* Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Muñoz, Oscar. (2008). *"El fuego y lineamientos para contrarrestar incendios en proyectos arquitectos".* Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Arquitectura. 123 p
- N/f. (Desconocido). *Cohesión y Fricción Interna: Propiedades del Suelo*. Junio 14, 2017, de Apuntes Ingeniería Civil Sitio web: http://apuntesingenierocivil.blogspot.com/2011/02/cohesion-y-friccion-interna-propiedades.html
- National Fire Protection Association. (2007). *NFPA 10 NORMA PARA EXTINGUIDORES POTÁTILES CONTRA INCENDIOS*. Orlando, FL.
- National Fire Protection Association. (2007). *NFPA 13 INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE ROCIADORES Y ESTÁNDARES DE FABRICACIÓN*. Orlando, FL.
- National Fire Protection Association. (2007). *NFPA 14 INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE TUBERÍA VERTICAL Y DE MANGUERAS*. Orlando, FL.

- National Fire Protection Association. (2007). *NFPA 20 INSTALACIÓN DE BOMBAS ESTACIONARIAS CONTRA INCENDIOS*. Orlando, FL.
- National Fire Protection Association. (2007). *NFPA 72 CÓDIGO NACIONAL DE ALARMAS*. Orlando, FL.
- National Fire Protection Association. (2013). *NFPA 10 NORMA PARA EXTINGUIDORES POTÁTILES CONTRA INCENDIOS*. Orlando, FL.
- NFPA. (2011). *National Electric Code.*
- Organización Meteorológica Mundial. 2015. El agua. https://public.wmo.int/es/nuestro-mandato/el-agua [25 de julio de 2017
- Organización Mundial de la Salud. 2017. Agua. http://www.who.int/topics/water/es/
- Organización Panamericana de la Salud. 2013. Agua y saneamiento. http://www.paho.org/gut/index.php?option=com_content&view=article&id=789:agua-y-saneamiento&Itemid=405 [25 de julio de 2017]
- Paniagua, Enrique. 2009. Instalaciones de agua potable en casas y edificios. https://es.scribd.com/doc/39697245/Instalaciones-de-Agua-Potable-en-Casas-y-Edificios [13 de agosto de 2017]
- Pérez, José. (2015). *"Diseño y Cálculo de las instalaciones de PCI en un establecimiento industrial destinado al almacenamiento de líquidos inflamables y su distribución logística".* Universidad Politécnica de Cartagena, Facultad de Ingeniería Industrial. 380 Pp.
- Pita, Edward G. Acondicionamiento de aire principios y sistemas. México; editorial Continental, 1994.
- Pivaral Hernández, M. (2007). *DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LOS EDIFICIOS DEL CENTRO CULTURAL UNIVERSITARIO (PARANINFO UNIVERSITARIO) Y CLUB DEPORTIVO "LOS ARCOS"* . Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Revista ARQHYS. (2012). *Lámina troquelada.* Agosto 15, 2017, de ARQHYS Sitio web: http://www.arqhys.com/articulos/lámina troquelada .html
- Rodríguez, V. y N. Carranza. 2006. Sistemas de presión constante y calentadores. Universidad de Oriente, Venezuela.
- Rojo, G. (2016). *Estudio de Sistemas de Sostenimiento de Suelo en Excavaciones en Edificios*. Santiago de Chile: Universidad de Chile.
- Saldarrieaga, Juan. (2007). *"Hidráulica de Tuberías: Abastecimiento de Agua, Redes y Riego".* (Alfaomega) México.
- Santamaría, J. (2001*). Guía para el diseño y la ejecución de anclajes al terreno en obras de carretera*. Madrid: Dirección Técnica de la Dirección General de Carreteras.
- Sanz Serrano, J. L. (2009). *Instalaciones Eléctricas* (3ª edición ed.). Madrid, España: Paraninfo.
- Saravia, Jorge. 1975. Diseño y cálculo de drenajes con P.V.C en las instalaciones residenciales.

- Serrano, Paula. 2014. Ahorro y eficiencia en el uso del agua en los edificios y su entorno. http://www.certificadosenergeticos.com/ahorro-eficiencia-uso-agua-edificios-entorno- leed [14 de agosto de 2017]
- SHERWINCA. (2015), *Mantenimiento Estructuras Metálicas para evitar la Corrosión*. Julio 22, 2017, de SHERWINCA Sitio web: https://sherwinca.wordpress.com/2015/06/08/mantenimiento-estructuras-metalicas-para-evitar-la-corrosion/
- Sitio solar. 2013. Los sistemas de recolección de agua de lluvia. http://www.sitiosolar.com/los-sistemas-de-recoleccion-de-agua-de-lluvia/ [16 de agosto de 2017]
- Sparrow, Edgar. 2014. *Instalaciones Sanitarias.* Tesis Universidad Nacional Del Santa. Perú. 49 págs.
- Termodinámica para ingenieros PUCP. Aire Acondicionado. Miguel Hadzich. San Miguel, Lima, Perú 2012.
- Trejo P. Reyes A. Cálculo y Selección del Equipo de un Sistema de Aire Acondicionado para un Teatro en Puerto Vallarta, Jalisco, Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, México D.F. 2009.

  una edificación de 5 pisos altos, PB y terraza. *https://es.slideshare.net/wahadoav/diseo-y-*calculo-de-las-instalaciones-de-agua-potable-y-agua-servidas-en-una-edificacion-de-5-pisos-altos-pb-y-terraza. [02 de septiembre de 2017]
- Valcárcel, J. (n/f). *Conceptos Generales de la Mecánica del Suelo*. La Coruña: E.T.S.A. Arquitectura de la Coruña - Departamento de Tecnología de la Construcción.
- Valdez, Pedro. (2011). Manual de Diseño y Construcción de Muros Anclados de Hormigón Proyectado. Quito: Universidad San Francisco de Quito.
- Wekker, J. 2004. *Sistemas de Bombeo: Características y Dimensionamiento.* http://aducarte.weebly.com/uploads/5/1/2/7/5127290/sistema_hidroneumatico.pdf [13 de agosto de 2017]
- Westinghouse Electric Corporation. (2010). *Lighting Handbook.* Bloomfield, Estados Unidos: Westinghouse.

X. GLOSARIO

- Accesorio: Accesorio o acoplamiento que permite a la tubería principal privada de servicio contra incendio realizar su función prevista.
- Accionador Manual: dispositivos iniciadores de alarmas accionados manualmente para el inicio de señales que no sean de alarma de incendio.
- Acondicionamiento de aire: Procesos de tratamiento de aire que modifican sus condiciones para adecuarlas a unas necesidades determinadas.
- Adherencia límite del bulbo del anclaje: También llamada de arrancamiento, es la capacidad máxima unitaria del terreno que rodea el bulbo frente al deslizamiento de éste. Su integración es la capacidad externa del anclaje.
- Agua para uso industrial: No es necesario que sea potable ni pura, ya que químico, físico y bacteriológicamente la calidad depende de las necesidades en cada caso, generalmente se obtiene por tratamiento.
- Agua potable: Es la que por su calidad química física y tecnológica es aceptado para el consumo humano.
- Agua servida o desagüe: Líquido que contiene desperdicios materiales en suspensión o solución de origen humano, animal vegetal y los provenientes de plantas industriales.
- Alarma: Advertencia de peligro.
- Alimentadora: Tubería de distribución de agua que no es de impulsión, de aducción, ni ramal. Abastece a los ramales.
- Ampacidad: Capacidad de conducción de corriente máxima para determinado calibre, está dada en Amperios.
- Anclaje activo: Un anclaje sometido a una carga de tensado, después de su ejecución, no inferior al 50% de la máxima prevista en proyecto.
- Anclaje pasivo: Un anclaje sometido a una carga inicial baja, normalmente comprendida entre el 10 y el 25% de la máxima prevista en proyecto para el mismo.
- Anclaje permanente: Anclaje cuya vida útil se considera superior a dos años.
- Anclaje provisional o temporal: Anclaje cuya vida útil se encuentra en un rango entre los 18 y 36 meses. En caso de ambientes y/o terrenos especialmente agresivos (p. e. ambiente marino, terrenos con sal gema, terrenos contaminados con queroseno o pesticidas, etc.) este periodo deberá ser reducido, de acuerdo con lo establecido en proyecto.
- Anclaje: Elemento capaz de transmitir esfuerzos de tracción desde la superficie del terreno hasta una zona interior del mismo. Consta básicamente de cabeza, zona libre y bulbo o zona de anclaje.

- Apagadores: Son interruptores pequeños de acción rápida, se operan manualmente para controlar aparatos pequeños y unidades de alumbrado.
- Aparato sanitario: Artefacto conectado a la instalación interior que recibe agua potable sin peligro de contaminación y los descarga a un sistema de evacuación después de ser utilizados.
- Aparatos de uso privado: Aquellos destinados a ser utilizados por un número restringido de personas.
- Aparatos de uso público: Los que están ubicados de modo que puedan ser utilizados de acuerdo con su buen uso sin restricciones con cualquier persona
- ASHRAE: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers.
- Bombilla fluorescente: Tubos sellados llenos de determinado gas (argón, vapor de mercurio, neón, entre otros). El interior del bombillo contiene una cobertura de fósforo, cuando llega la luz ultravioleta se emite una luz visible al ojo humano.
- Bulbo: También llamado zona de anclaje, es la parte en que el anclaje se adhiere al terreno y le transmite su carga, generalmente mediante la lechada, y que se tiene en cuenta a efectos resistentes; Fusible del rociador automático que da inicio a la expulsión de agua a la hora de un incendio.
- Cabeza, o cabezal del anclaje: Parte externa del anclaje capaz de transmitir la carga del tirante a la superficie del terreno o a la estructura a anclar. Esta zona se compone a su vez normalmente de: placa de reparto, cuñas o tuercas, portacuñas y protección. Incluye la transición a la zona libre.
- Caja de registro: Caja destinada a permitir la inspección y desobstrucción de las tuberías de desagüe.
- Calentador: Aparato en el cual, mediante el empleo de una fuente de calor adecuada el agua es calentada.
- Calor: Energía que se ve manifestado por un aumento de temperatura y procede a la transformación de otras energías.
- Campana: Parte externa ensanchada de la tubería o accesorio en la que se introduce la espiga.
- Capacidad externa del anclaje: Carga que produce el deslizamiento continúo del bulbo bajo carga constante.
- Capacidad interna del anclaje: Carga correspondiente al límite de rotura del tirante del anclaje.
- Carga critica de deslizamiento: Es la carga a partir de la cual se produce en los ensayos, fundamentalmente de investigación, un cambio brusco en la velocidad de deslizamiento.
- Carga nominal: Es la carga de Proyecto, normalmente obtenida en los cálculos de estabilidad de la estructura anclada.
- Carga térmica de climatización: La cantidad de energía térmica por unidad de tiempo que un recinto cerrado intercambia con el exterior debido a las diferentes condiciones higrotérmicas del interior y del exterior, considerando las exteriores como las más desfavorables posible. El cálculo de estas cargas permite disponer los sistemas adecuados de calefacción o refrigeración para compensarlas.
- Celsius: Unidad termométrica cuyo 0 se ubica 0.01 grados por debajo del punto triple del agua y su intensidad calórica equivale a la del kelvin.
- Centrador: Elemento solidario al tirante para asegurar su recubrimiento.
- Chiller: Es un equipo diseñado especialmente para enfriar agua la cual es utilizada para muchas aplicaciones.

- Ciclo frigorífico: Es el proceso por el cual el refrigerante tiene una condición y un estado inicial, pasa por una serie de procesos que son regulación, evaporación, compresión y condensación, y vuelve a su estado inicial.
- Cielorraso con pendiente a un agua: Cielorraso en los que la altura máxima se encuentra a un extremo proyectado la pendiente hacia el extremo opuesto.
- Cielorraso: Superficie de un espacio, sin importar la altura. Las áreas de los cielorrasos suspendidos tienen dos cielorrasos, uno visible desde el suelo y uno sobre el cielorraso suspendido.
- Cisterna: Depósito de agua intercalado entre el medidor y el conjunto motor – bomba.
- Coeficiente de utilización: Cantidad de lúmenes que llegan al plano de trabajo.
- Coeficientes de mayoración: Son las magnitudes por las que se multiplica la carga nominal del anclaje, para tener en cuenta la situación de cálculo y el tipo de obra y de esfuerzo actuante.
- Coeficientes de minoración: Son las magnitudes por las que se dividen los parámetros resistentes del tirante y del bulbo, teniendo en cuenta el tipo de anclaje.
- Colector: Tubería destinada a recibir y conducir desagües.
- Columna de ventilación: Tubería vertical destinada al sistema de ventilación de un desagüe, de una edificación de uno o varios pisos.
- Comburente: Cualquier sustancia que en ciertas condiciones de temperatura y presión puede combinarse con un combustible, provocando así una combustión.
- Combustible: Es cualquier material capaz de liberar energía cuando se oxida de forma violenta con desprendimiento de calor.
- Comfort higrotérmico: Sensación de comodidad percibida por el ser humano relacionando temperatura, humedad y velocidad del aire en un espacio acondicionado.
- Compresor: Es utilizado para comprimir un fluido en su estado gaseoso para utilizarlo en el ciclo de refrigeración por compresión de vapor.
- Conductores: Son elementos que permiten la circulación de la corriente eléctrica.
- Conexión domiciliaria de agua: tramo de tubería comprendido entre la última matriz – pública y la ubicación del medidor o el dispositivo de medición.
- Conexión domiciliaria de desagüe: Tramo de tubería comprendido entre la última caja de registro y el colector público de desagüe.
- CONRED: Entidad del gobierno de Guatemala, creada para prevenir los desastres o reducir su impacto en la sociedad, y para coordinar esfuerzos de rescate, atender y participar en la rehabilitación y reconstrucción de los daños causados por los desastres que se presenten.
- Contactos: También denominados tomacorrientes o enchufes, son utilizados para enchufar por medio de clavijas dispositivos portátiles (televisores, lámparas, cargadores, lavadoras, entre otros).
- Corriente eléctrica: Es la capacidad de flujo de electrones libres, se representa con la letra “I” e indica la intensidad del flujo, su dimensional es el Amperio (A).

- Desvío: Es el cambio de dirección de un montante de desagüe obtenido mediante un accesorio o la combinación de varios, y que le permite formar una posición paralela a la original.
- Diámetro Nominal: Medida que corresponde al diámetro interior útil, mínimo de una tubería.
- Dispositivo de protección contra sobrecorrientes: Elemento que garantiza que la corriente será interrumpida antes que de alcanzar un valor excesivo que pueda ocasionar daño al conductor o a la carga.
- Dispositivo: Componente de un sistema.
- Ductería: Conjunto de ductos que conforman el sistema completo de transporte de aire acondicionado al recinto.
- Ductulador: Herramienta utilizada en aire acondicionado para diseñar sistemas de ductería.
- Dureza: Propiedad que comunican al agua las sales de calcio y magnesio, que impiden la formación de espuma de jabón.
- Espiga: Extremo de la tubería o necesario que se introduce en la campana.
- Evacuación: Acción o al efecto de retirar personas de un lugar determinado. Normalmente sucede en emergencias causadas por desastres, ya sean naturales o accidentales.
- Falsa Alarma: Alarma no deseada.
- Filtración: Separación de las sustancias solidas en suspensión en el líquido mediante el uso de medios porosos.
- Filtro de Aire: Es un dispositivo que elimina partículas sólidas como por ejemplo polvo, polen y bacterias del aire.
- Filtro: Dispositivo o aparato con el que se efectúa el procediendo de filtración
- FIRE STOP: Sistema que impide que se propague el fuego en otros ambientes de una estructura.
- Flotador: Dispositivo que se mantiene en la superficie del agua y que se utiliza generalmente para registrar las variaciones de nivel o para gobernar un interruptor o un grifo.
- Flujo luminoso: Cantidad de energía luminosa que atraviesa una superficie perpendicular a los rayos de luz, por unidad de tiempo; su unidad de medida es el lumen.
- Flujo: Movimiento de un fluido.
- Fuego: Conjunto de partículas o moléculas incandescentes de materia combustible, capaces de emitir luz visible, producto de una reacción química de oxidación violenta.
- Golpe de ariete: Aumento anormal de las presiones que se produce sobre las paredes de una tubería que conduce agua, cuando la velocidad del flujo es modificada bruscamente.
- Gradiente hidráulico: Pendiente de la superficie piezométrica de agua en una tubería.
- Iluminancia: Flujo luminoso incidente en una unidad de área de una superficie, y se mide en lúmenes por metro cuadrado (lm/m2) y se le llama “lux”. El pie-candela es el equivalente a un lumen por pie cuadrado (lm/pie2).
- Incendio: Fuego de grandes proporciones que arde de forma fortuita o provocada y destruye cosas que no están destinadas a quemarse.
- Intensidad luminosa: Cantidad de luz emitida por un cuerpo luminoso, esta se cuantifica en candela (cd) o bujía decimal.

- Inyección única global (IU): Inyección efectuada en una sola fase para rellenar el taladro de la perforación. Se realiza normalmente a través de un tubo flexible solidario con el tirante
- Inyección: Proceso de la ejecución de un anclaje, que permite transmitir la carga del tirante al terreno a través de la zona de bulbo. Siempre se efectúa en la perforación, antes del tensado del anclaje.
- LED: Diodo emisor de luz. Dispositivo semiconductor que emite luz al polarizar la unión positivo negativo cuando circula la corriente eléctrica.
- Ley de Ohm: El voltaje es el producto de la resistencia por la corriente.
- Longitud libre aparente: Longitud teórica de la zona libre de un anclaje obtenida en un ensayo de puesta en carga según las leyes de la elasticidad, a partir de las fuerzas aplicadas, las deformaciones elásticas observadas y las características geométricas y mecánicas del tirante.
- Luminancia: Equivalencia direccional de la iluminancia, la cual está definida en unidades de candela por metro cuadrado llamado “nit”.
- Manguito termo-retráctil: Elemento que se contrae con el calor y que sirve para sellar los extremos de los tubos o vainas.
- Máxima demanda simultánea: Es el caudal máximo probable de agua en una vivienda, una edificación o una sección de ellas.
- Mulching: es una capa de material orgánico utilizada sobre el suelo para mantener húmeda el área.
- National Fire Protection Association (NFPA): Organización fundada en Estados Unidos en 1896, encargada de crear y mantener las normas y requisitos mínimos para la prevención contra incendio, capacitación, instalación y uso de medios de protección contra incendios, utilizado tanto por bomberos, como personal encargado de la seguridad.
- Norma: Documento, cuyo texto principal contiene únicamente disposiciones obligatorias que emplean la palabra “debe” para indicar los requisitos y que está diseñado de una manera generalmente adecuada para ser utilizado como referencia obligatoria por otra norma o código o para su adopción como ley.
- Ocupación: Uso designado a una estructura según normas de diseño.
- Pérdida de carga: Es la pérdida de presión que se produce en las tuberías, debido al rozamiento del líquido con esta y entre las mismas moléculas.
- Potencia eléctrica: Capacidad de realizar un trabajo en un circuito eléctrico. Se representa con la letra P y la unidad de medida utilizada es el Watt (W).
- Psicrometría: Ciencia que estudia las propiedades de la mezcla aire-vapor de agua y establece las relaciones entre ellas para su cálculo y tratamiento.
- Ramal de agua: Tubería comprendida entre el alimentador y la salida en los servicios.
- Ramal de desagüe: tubería que recibe efluente.
- Ramal de descarga: Tubería que recibe directamente, efluentes de aparatos sanitarios.
- Reacción Cadena: Secuencia de reacciones en las que un producto o subproducto reactivo produce reacciones adicionales.

- Reflectancia de los materiales del área: Cantidad de luz capaz de reflejarse dependiendo de las características de color y textura del material.
- Resistencia: Propiedad de un circuito eléctrico de oponerse a la corriente. La unidad de esta propiedad es el ohm (Ω) y se representa con la letra R.
- Riesgo Leve: Ocupaciones o partes de otras ocupaciones donde la cantidad y/o combustible de los contenidos es baja, y se esperan incendios con bajos índices de liberación de calor.
- Sifonaje: es la rotura o pérdida del sello hidráulico de la trampa (SIFÓN) de un aparato sanitario con resultado de la perdida de agua contenida en ella.
- Sistema Internacional (SI): Sistema de unidades que se usa en todos los países del mundo.
- Tirante: Elemento del anclaje, constituido por cables o barra de acero de alta resistencia, que transmite la carga desde la cabeza al bulbo.
- Tlaloque: Sistema que separa en el agua de las primeras lluvias, el agua de los sólidos y vacía únicamente el líquido.
- Tuberías Húmedas: Tuberías que se utilizan normalmente en zonas de alojamiento y similares, donde materiales sólidos son los medios combustibles.
- Tuberías Verticales: Las tuberías verticales de alimentación en un sistema de rociadores.
- Tubo corrugado: Elemento cilíndrico, generalmente de plástico, que se utiliza como protector anticorrosión en los anclajes.
- Vaina: Elemento normalmente de plástico, que se emplea como protector anticorrosión de los anclajes.
- Válvula de expansión: Es una válvula utilizada para la reducción de presión y temperatura del refrigerante durante el ciclo de refrigeración.
- Ventilador: Es una turbomáquina que transmite energía para generar la presión necesaria con la que se mantiene un flujo continuo de aire.
- Vértice: Punto donde coinciden dos o más aristas.
- Volumen normal: Cantidad máxima de lechada que es previsible que sea necesario inyectar para la ejecución de un anclaje. Dependerá fundamentalmente de las características del terreno circundante, y a efectos de este documento puede limitarse en unas tres veces el volumen teórico de inyección.
- Zona libre o longitud libre: Es la parte del anclaje situada entre la cabeza y el bulbo o zona de anclaje, dotada de libre alargamiento.

XI. Anexos

Anexo No. 1.

Cuadro No. 257. Cálculo de aceleración máxima del suelo y componente vertical del sismo de diseño.

Lugar	Ciudad de Guatemala
Clase de Obra	Importante
Nivel de proteccion sismica	D
Prob. Exdencia	5% en 50 años
Clase de Sitio	E

Io	4
Scr	1.5
S1r	0.55
Fa	1
Fv	1.5
Na	1
Nv	1

Parametros de espectro

Scs=Scr*Fa	1.5
S1s=S1r*Fv	0.825

Kd=	0.8

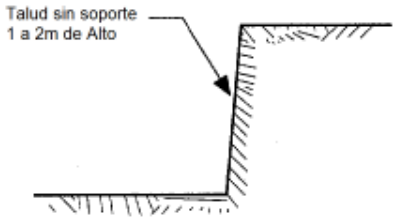
Scd=Scs*Kd	1.2
S1d=S1s*Kd	0.66

Ts=S1d/Scd	0.5500

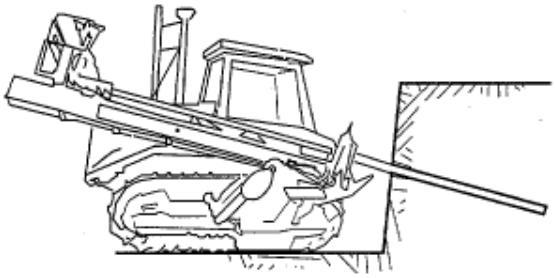
AMSd=0.40*Scd	0.48
Svd= 0.15*Scd	0.18

Anexo No. 2.

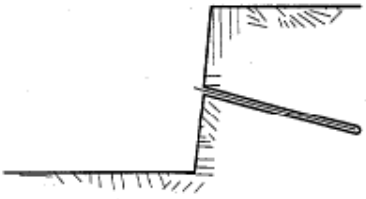
Figura No. 336. Proceso constructivo.



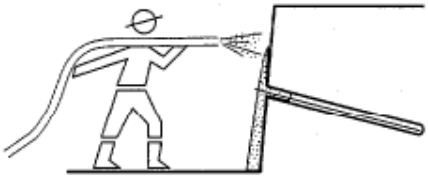
PASO 1. Excavación Talud Inicial



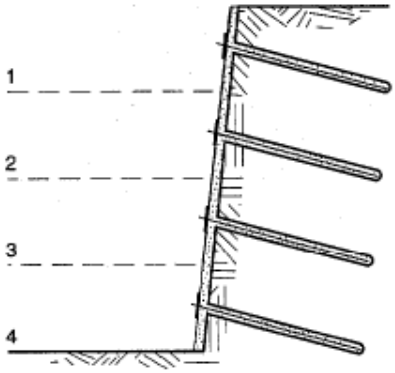
PASO 2. Perforación del Hueco para Anclaje



PASO 3. Instalación del Anclaje y centralización con mortero de Cemento



PASO 4. Instalación de refuerzos y configuración de pantalla con hormigón proyectado. Reforzado de anclaje con placas

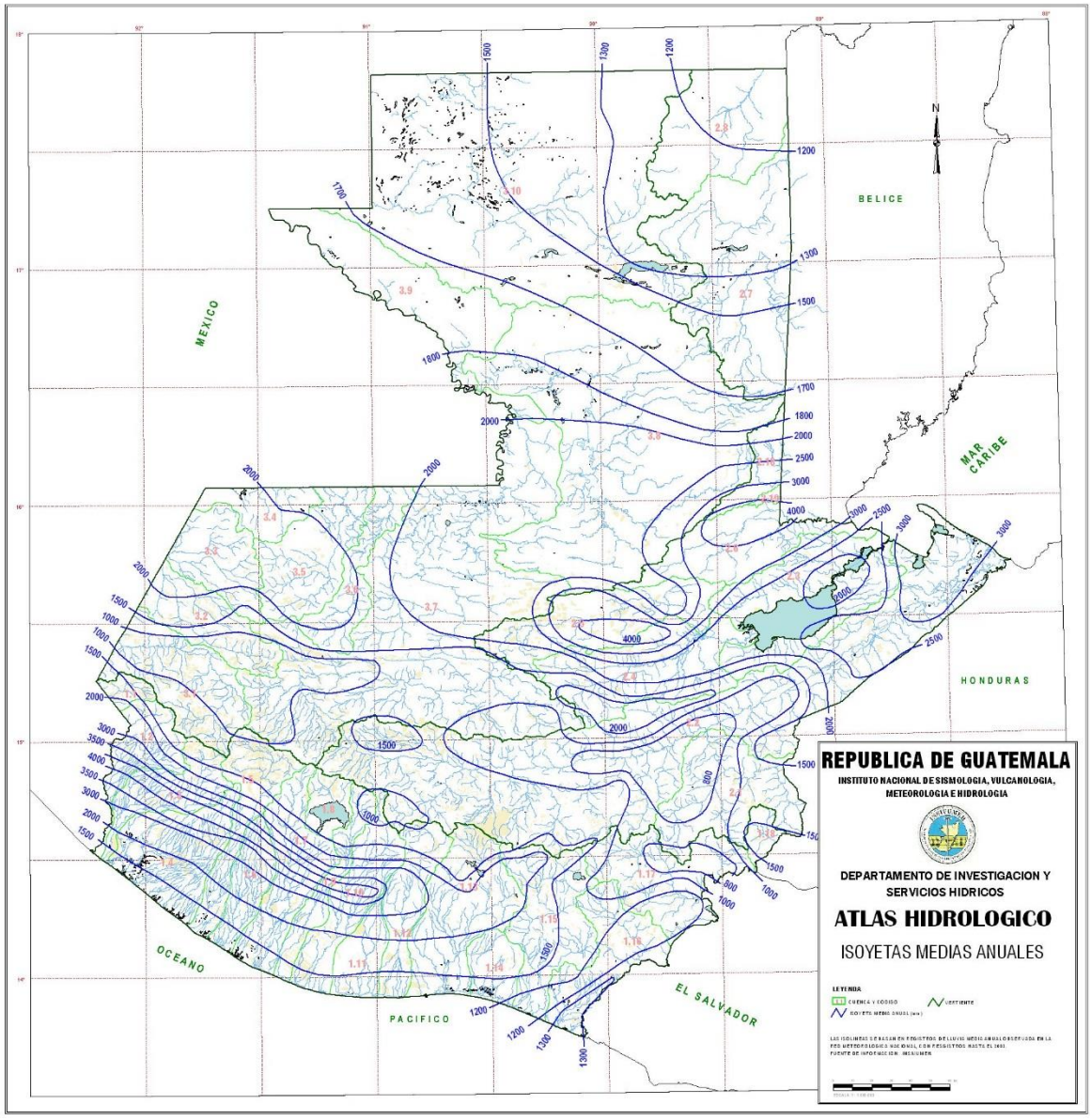


PASO 5. Repetición del mismo proceso en los taludes inferiores hasta completar el muro

(Valdez, 2011)

Anexo No. 3.

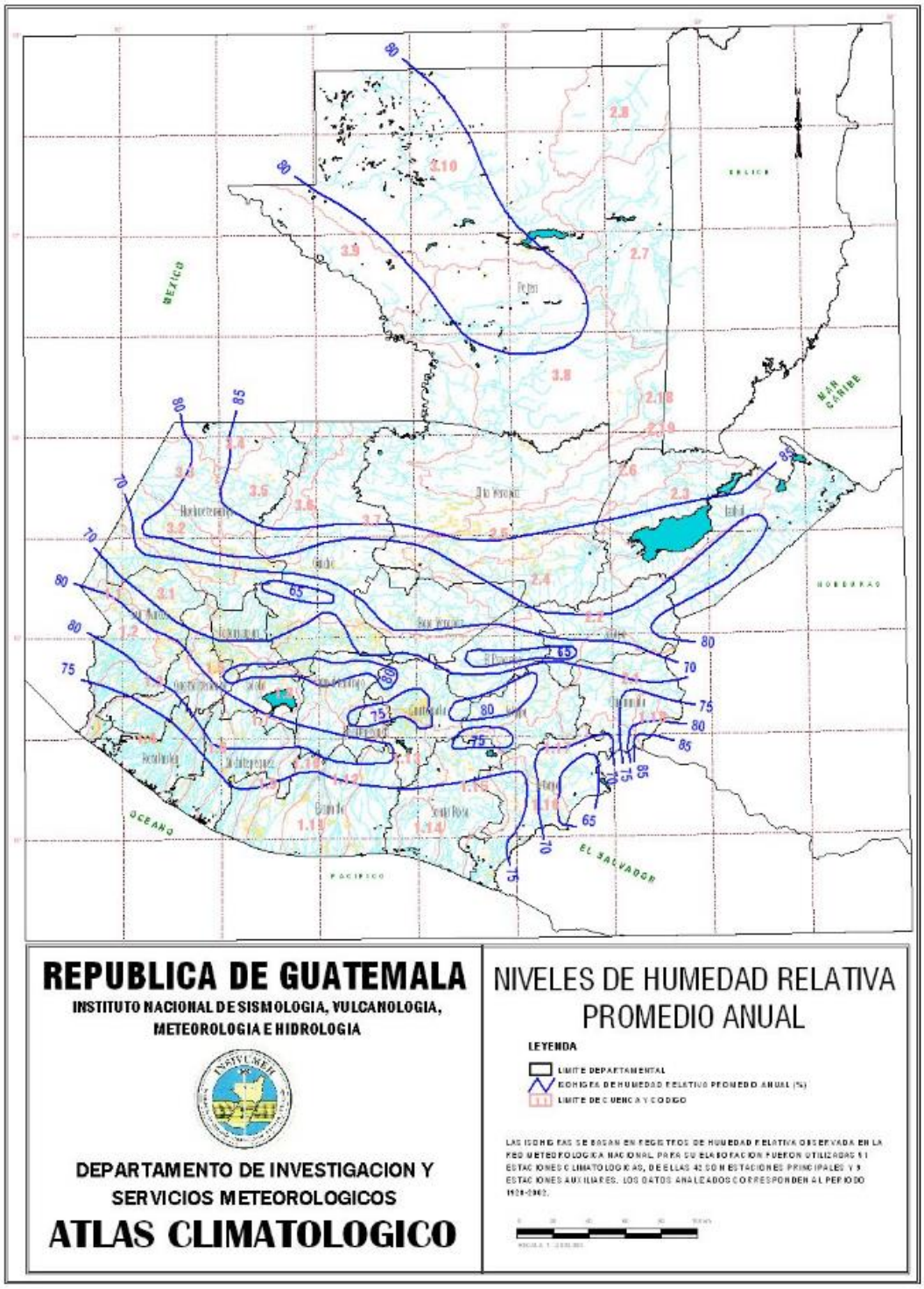
Figura No. 337. Isoyetas medias anuales.



Fuente: INSIVUMEH.

Anexo No. 4.

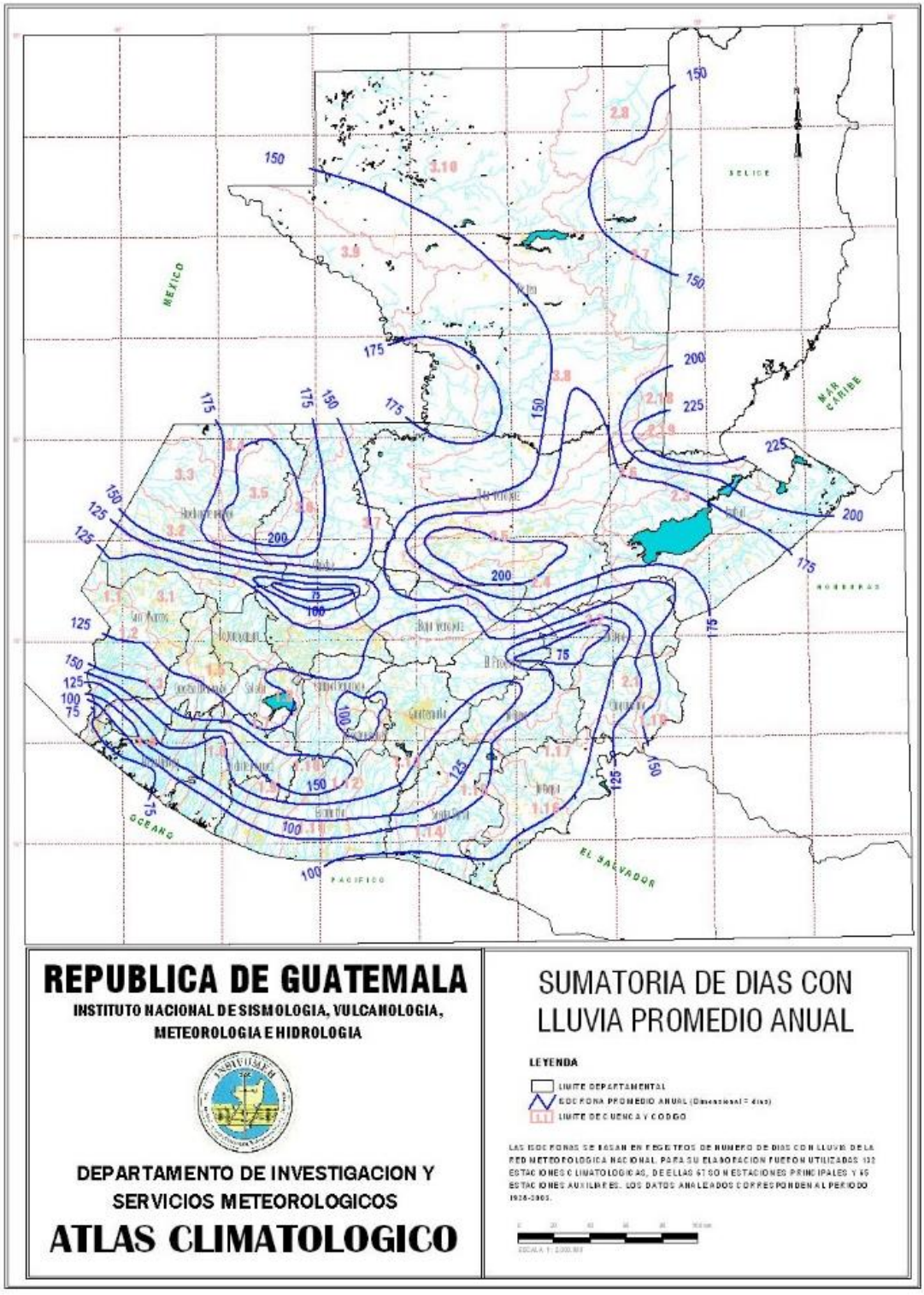
Figura No. 338. Niveles de humedad relativa.



Fuente: (INSIVUMEH, 2017)

Anexo No. 5.

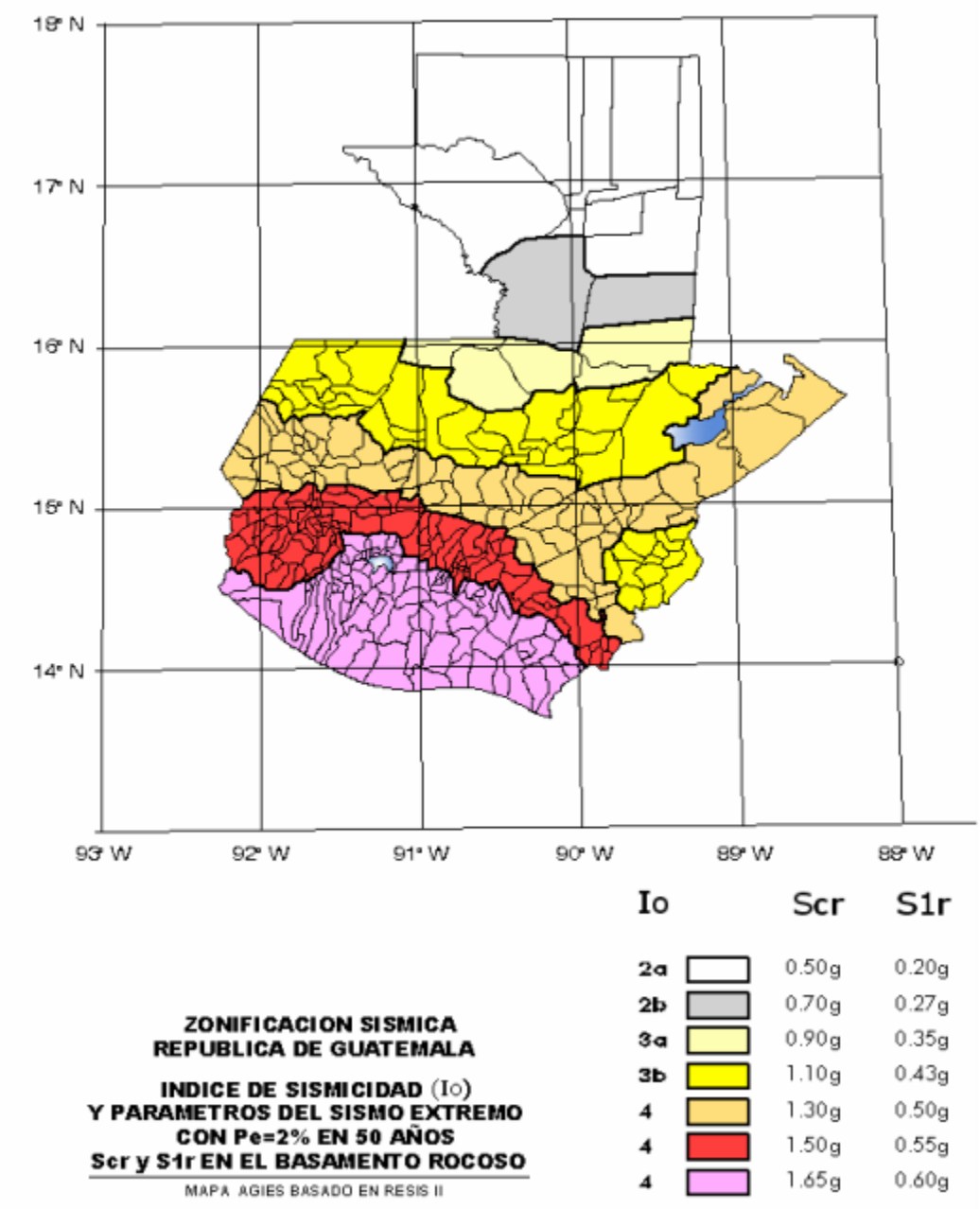
Figura No. 339. Sumatoria de días con lluvia promedio anual.



Fuente: (INSIVUMEH, 2017)

Anexo No. 6. Zonificación sísmica para la República de Guatemala.

Figura 4-1
Zonificación sísmica para la República de Guatemala



Fuente: AGIES NSE 2-10

Anexo No. 7. Listado de amenaza sísmica por municipio.

No.	Municipio	Departamento	I_o	S_{cr}	S_{1r}
40	Comapa	Jutiapa	4	1.50 g	0.55 g
41	Comitancillo	San Marcos	4	1.50 g	0.55 g
42	Concepción	Atitlán	4	1.65 g	0.60 g
43	Concepción Chiquirichapa	Quetzaltenango	4	1.50 g	0.55 g
44	Concepción Huista	Huehuetenango	3b	1.10 g	0.43 g
45	Concepción Las Minas	Chiquimula	3b	1.10 g	0.43 g
46	Concepción Tutuapa	San Marcos	4	1.30 g	0.50 g
47	Conguaco	Jutiapa	4	1.65 g	0.60 g
48	Cubulco	Baja Verapaz	4	1.30 g	0.50 g
49	Cuilapa	Santa Rosa	4	1.65 g	0.60 g
50	Cuilco	Huehuetenango	4	1.30 g	0.50 g
51	Cunén	Quiché	3b	1.10 g	0.43 g
52	Cuyotenango	Suchitepéquez	4	1.65 g	0.60 g
53	Dolores	Petén	2a	0.50 g	0.20 g
54	El Adelanto	Jutiapa	4	1.50 g	0.55 g
55	El Asintal	Retalhuleu	4	1.50 g	0.55 g
56	El Estor	Izabal	3b	1.10 g	0.43 g
57	El Jícaro	El Progreso	4	1.30 g	0.50 g
58	El Palmar	Quetzaltenango	4	1.50 g	0.55 g
59	El Progreso	Jutiapa	4	1.30 g	0.50 g
60	El Quetzal	San Marcos	4	1.50 g	0.55 g
61	El Rodeo	San Marcos	4	1.50 g	0.55 g
62	El Tejar	Chimaltenango	4	1.50 g	0.55 g
63	El Tumbador	San Marcos	4	1.50 g	0.55 g
64	Escuintla	Escuintla	4	1.65 g	0.60 g
65	Esquipulas	Chiquimula	3b	1.10 g	0.43 g
66	Esquipulas Palo Gordo	San Marcos	4	1.50 g	0.55 g
67	Estanzuela	Zacapa	4	1.30 g	0.50 g
68	Flores	Petén	2a	0.50 g	0.20 g
69	Flores Costa Cuca	Quetzaltenango	4	1.50 g	0.55 g
70	Fraijanes	Guatemala	4	1.65 g	0.60 g
71	Fray Bartolomé de las Casas	Alta Verapaz	3a	0.90 g	0.35 g
72	Génova	Quetzaltenango	4	1.50 g	0.55 g
73	Granados	Baja Verapaz	4	1.30 g	0.50 g
74	Gualán	Zacapa	4	1.30 g	0.50 g
75	Guanagazapa	Escuintla	4	1.65 g	0.60 g
76	Guatatoya	El Progreso	4	1.30 g	0.50 g
77	Guatemala	Guatemala	4	1.50 g	0.55 g
78	Guazacapán	Santa Rosa	4	1.65 g	0.60 g
79	Huehuetenango	Huehuetenango	4	1.30 g	0.50 g

Fuente: AGIES NSE 2-10

Anexo No. 8. Coeficientes de sitio.

Table 11.4-1 Site Coefficient, F_a

	Mapped Risk-Targeted Maximum Considered Earthquake (MCE_R) Spectral Response Acceleration Parameter at Short Period				
Site Class	$S_S \leq 0.25$	$S_S = 0.5$	$S_S = 0.75$	$S_S = 1.0$	$S_S \geq 1.25$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F	See Section 11.4.7				

Note: Use straight-line interpolation for intermediate values of S_S.

Table 11.4-2 Site Coefficient, F_v

	Mapped Risk-Targeted Maximum Considered Earthquake (MCE_R) Spectral Response Acceleration Parameter at 1-s Period				
Site Class	$S_1 \leq 0.1$	$S_1 = 0.2$	$S_1 = 0.3$	$S_1 = 0.4$	$S_1 \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F	See Section 11.4.7				

Note: Use straight-line interpolation for intermediate values of S_1.

Fuente: ASCE 7-10

Anexo No. 9. Categoría de diseño y Factor de importancia.

Table 1.5-1 Risk Category of Buildings and Other Structures for Flood, Wind, Snow, Earthquake, and Ice Loads

Use or Occupancy of Buildings and Structures	Risk Category
Buildings and other structures that represent a low risk to human life in the event of failure	I
All buildings and other structures except those listed in Risk Categories I, III, and IV	II
Buildings and other structures, the failure of which could pose a substantial risk to human life.	III
Buildings and other structures, not included in Risk Category IV, with potential to cause a substantial economic impact and/or mass disruption of day-to-day civilian life in the event of failure.	
Buildings and other structures not included in Risk Category IV (including, but not limited to, facilities that manufacture, process, handle, store, use, or dispose of such substances as hazardous fuels, hazardous chemicals, hazardous waste, or explosives) containing toxic or explosive substances where their quantity exceeds a threshold quantity established by the authority having jurisdiction and is sufficient to pose a threat to the public if released.	
Buildings and other structures designated as essential facilities.	IV
Buildings and other structures, the failure of which could pose a substantial hazard to the community.	
Buildings and other structures (including, but not limited to, facilities that manufacture, process, handle, store, use, or dispose of such substances as hazardous fuels, hazardous chemicals, or hazardous waste) containing sufficient quantities of highly toxic substances where the quantity exceeds a threshold quantity established by the authority having jurisdiction to be dangerous to the public if released and is sufficient to pose a threat to the public if released.[a]	
Buildings and other structures required to maintain the functionality of other Risk Category IV structures.	

[a]Buildings and other structures containing toxic, highly toxic, or explosive substances shall be eligible for classification to a lower Risk Category if it can be demonstrated to the satisfaction of the authority having jurisdiction by a hazard assessment as described in Section 1.5.2 that a release of the substances is commensurate with the risk associated with that Risk Category.

Table 1.5-2 Importance Factors by Risk Category of Buildings and Other Structures for Snow, Ice, and Earthquake Loads[a]

Risk Category from Table 1.5-1	Snow Importance Factor, I_s	Ice Importance Factor—Thickness, I_i	Ice Importance Factor—Wind, I_w	Seismic Importance Factor, I_e
I	0.80	0.80	1.00	1.00
II	1.00	1.00	1.00	1.00
III	1.10	1.25	1.00	1.25
IV	1.20	1.25	1.00	1.50

[a]The component importance factor, I_p, applicable to earthquake loads, is not included in this table because it is dependent on the importance of the individual component rather than that of the building as a whole, or its occupancy. Refer to Section 13.1.3.

Fuente: ASCE 7-10

Anexo No. 10. Coeficiente y factores para diseño de sistemas sismorresistentes.

TABLA 1-1
Coeficientes y factores para diseño de sistemas sismorresistentes

	SISTEMA ESTRUCTÚRAL (sección 1.5)	Sistema Constructivo Véase Secc1.5.8	R	Ω_r	C_d	Límite de altura en metros Nivel de Protección			
						B	C	D	E
E1	SISTEMA DE MARCOS								
E1-A	Marcos tipo A								
	De concreto reforzado	NSE 7.1	8	3	5.5	SL	SL	SL	SL
	De acero estructural	NSE 7.5	8	3	5.5	SL	SL	SL	SL
E1-B	Marcos tipo B								
	De concreto reforzado	NSE 7.1	5	3	4.5	50	30	12	NP
	De acero estructural	NSE 7.5	4.5	3	4	50	30	12	NP
E1-C	Marcos tipo C								
	De concreto reforzado	NSE 7.1	3	3	3	30	NP	NP	NP
	De acero estructural	NSE 7.5	3.5	3	2.5	30	NP	NP	NP
E2	SISTEMA DE CAJON								
	Con muros estructurales								
	De concreto reforzado A	NSE 7.1	5	2.5	5	SL	75	50	30
	De concreto reforzado B	NSE 7-1	4	2.5	4	50	50	30	NP
	De concreto reforzado BD	1.5.8	5	2.5	3	30	30	15	12
	De mampostería reforzada A	NSE 7.4	4	2.5	3	30	30	20	15
	Paneles de Concreto prefabricado	NSE 7.3	4	3	3.5	30	30	15	12
	Con paneles de madera	NSE 7.6	6	3	4	20	20	15	20
E3	SISTEMA GENERAL								
	Con muros estructurales								
	De concreto reforzado A	NSE 7.1	6	2.5	5	SL	75	50	50
	De concreto reforzado B	NSE 7.1	5	2.5	4	SL	50	30	NP
	De mampostería reforzada A	NSE 7.4	5.5	3	3.5	SL	SL	50	50
	Paneles de concreto prefabricado	NSE 7.3	4.5	3	3.5	SL	30	30	20
	Marcos de acero arriostrado								
	Tipo A con riostras excéntricas	NSE 7.5	8	2	4	SL	50	50	30
	Tipo A con riostras concéntricas	NSE 7.5	6	2	5	SL	50	30	20
	Tipo B con riostras concéntricas	NSE 7.5	3.5	2	3.5	30	12	12	NP

Fuente: AGIES NSE 3-10

Anexo No.11. Valores y coeficientes para el cálculo del período a utilizar

Table 12.8-1 Coefficient for Upper Limit on Calculated Period

Design Spectral Response Acceleration Parameter at 1 *s*, S_{D1}	Coefficient C_u
≥ 0.4	1.4
0.3	1.4
0.2	1.5
0.15	1.6
≤ 0.1	1.7

Table 12.8-2 Values of Approximate Period Parameters C_t and x

Structure Type	C_t	x
Moment-resisting frame systems in which the frames resist 100% of the required seismic force and are not enclosed or adjoined by components that are more rigid and will prevent the frames from deflecting where subjected to seismic forces:		
Steel moment-resisting frames	0.028 (0.0724)[a]	0.8
Concrete moment-resisting frames	0.016 (0.0466)[a]	0.9
Steel eccentrically braced frames in accordance with Table 12.2-1 lines B1 or D1	0.03 (0.0731)[a]	0.75
Steel buckling-restrained braced frames	0.03 (0.0731)[a]	0.75
All other structural systems	0.02 (0.0488)[a]	0.75

[a]Metric equivalents are shown in parentheses.

Anexo No. 12. Preferencias de diseño ETABS

Steel Frame Design Preferences for AISC 360-10

	Item	Value
01	Design Code	AISC 360-10
02	Multi-Response Case Design	Step-by-Step - All
03	Framing Type	OMF
04	Seismic Design Category	D
05	Importance Factor	1
06	Design System Rho	1
07	Design System Sds	1
08	Design System R	8
09	Design System Omega0	3
10	Design System Cd	5.5
11	Design Provision	LRFD
12	Analysis Method	Direct Analysis
13	Second Order Method	General 2nd Order
14	Stiffness Reduction Method	Tau-b Fixed
15	Add Notional load cases into seismic combos?	No
16	Beta Factor	1.3
17	BetaOmega Factor	1.6
18	Phi(Bending)	0.9
19	Phi(Compression)	0.9
20	Phi(Tension-Yielding)	0.9
21	Phi(Tension-Fracture)	0.75
22	Phi(Shear)	0.9
23	Phi(Shear-Short Webed Rolled I)	1
24	Phi(Torsion)	0.9
25	Ignore Seismic Code?	No
26	Ignore Special Seismic Load?	No
27	Is Doubler Plate Plug-Welded?	Yes
28	HSS Welding Type	ERW
29	Reduce HSS Thickness?	No
30	Consider Deflection?	Yes
31	DL Limit, L /	120
32	Super DL+LL Limit, L /	120
33	Live Load Limit, L /	360
34	Total Limit, L/	240
35	Total-Camber Limit, L/	240
36	Pattern Live Load Factor	0.75
37	Demand/Capacity Ratio Limit	0.95

SMF

Anexo No. 13. Características irregulares en planta

Tabla 1-2
Características irregulares en planta [1]

Tipo de irregularidad	Descripción	Nivel de Protección al que aplica	Sección de referencia
H1-A	**Giro mayor de diafragma**: en la dirección de la carga lateral, la deriva en un extremo es mayor que 1.5 veces la deriva en el otro extremo	D, E	1.8.3.4 • 1.10.5
		C, D, E	1.8.3.5 • 1.10.5
		B, C, D, E	1.10.5
H1-B	**Giro extremo del diafragma**: en la dirección de la carga lateral, la deriva en un extremo es mayor que 2.3 veces la deriva en el otro extremo	E	1.8.3.1 ♦
		D	1.8.3.4 • 1.10.5
		C, D	1.8.3.5 • 1.10.5
		B, C, D	1.10.5
H2	**Esquina entrante**: al menos una esquina del diafragma está recortada más de 25% en la dirección de análisis	D, E	1.8.3.4 • 1.10.5
H3	**Diafragma discontinuo**: el diafragma tiene menos del 50% del área del rectángulo que circunscribe al piso o si cambia rigidez en más de 50% de un piso al siguiente	D, E	1.8.3.4 • 1.10.5
H4	**Desfase lateral**: un muro o marco o columna se interrumpe y se reanuda total o parcialmente hacia un lado	D, E	1.8.3.4 • 1.10.5
		B, C, D, E	1.8.3.3 Ω_r
		B, C, D, E	1.10.5
H5	**Sistema no-paralelo**: cuando hay uno o más marcos o muros que no son paralelos a los ejes principales de la estructura	D, E	1.10.5
		B, C, D, E	1.8.3.6
		B, C, D, E	4.2.4

1) La tabla no aplica a estructuras sin diafragma o con diafragma sin rigidez
♦ irregularidad prohibida para el NdP indicado
• precaución especial para el NdP indicado
Ω_r irregularidad requiere aplicar Ω_r para resolverla

Anexo No. 14. Limitación de las proporciones de anchura y espesor de los elementos a compresión para moderadamente dúctiles y altamente dúctiles.

TABLE D1.1
Limiting Width-to-Thickness Ratios for Compression Elements For Moderately Ductile and Highly Ductile Members

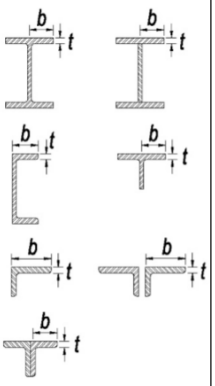
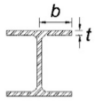
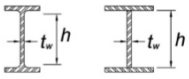
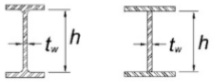
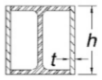
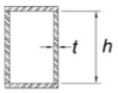
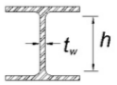
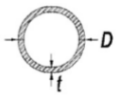
	Description of Element	Width-to-Thickness Ratio	Limiting Width-to-Thickness Ratio		Example
			λ_{hd} Highly Ductile Members	λ_{md} Moderately Ductile Members	
Unstiffened Elements	Flanges of rolled or built-up I-shaped sections, channels and tees; legs of single angles or double angle members with separators; outstanding legs of pairs of angles in continuous contact	b/t	$0.30\sqrt{E/F_y}$	$0.38\sqrt{E/F_y}$	
	Flanges of H-pile sections per Section D4	b/t	$0.45\sqrt{E/F_y}$	not applicable	
	Stems of tees	d/t	$0.30\sqrt{E/F_y}$ [a]	$0.38\sqrt{E/F_y}$	
Stiffened Elements	Walls of rectangular HSS	b/t	$0.55\sqrt{E/F_y}$ [b]	$0.64\sqrt{E/F_y}$ [c]	
	Flanges of boxed I-shaped sections and built-up box sections	b/t			
	Side plates of boxed I-shaped sections and walls of built-up box shapes used as diagonal braces	h/t			
	Webs of rolled or built-up I-shaped sections used as diagonal braces	h/t_w	$1.49\sqrt{E/F_y}$	$1.49\sqrt{E/F_y}$	

TABLE D1.1 (CONTINUED)
Limiting Width-to-Thickness Ratios for Compression Elements For Moderately Ductile and Highly Ductile Members

	Description of Element	Width-to-Thickness Ratio	Limiting Width-to-Thickness Ratio		Example
			λ_{hd} Highly Ductile Members	λ_{md} Moderately Ductile Members	
Stiffened Elements	Webs of rolled or built-up I-shaped sections used as beams or columns[d]	h/t_w	For $C_a \le 0.125$ $2.45\sqrt{E/F_y}(1-0.93C_a)$	For $C_a \le 0.125$ $3.76\sqrt{E/F_y}(1-2.75C_a)$	
	Side plates of boxed I-shaped sections used as beams or columns	h/t	For $C_a > 0.125$ $0.77\sqrt{E/F_y}(2.93-C_a)$ $\ge 1.49\sqrt{E/F_y}$	For $C_a > 0.125$ $1.12\sqrt{E/F_y}(2.33-C_a)$ $\ge 1.49\sqrt{E/F_y}$	
	Webs of built-up box sections used as beams or columns	h/t	where $C_a = \frac{P_u}{\phi_c P_y}$ (LRFD) $C_a = \frac{\Omega_c P_a}{P_y}$ (ASD)	where $C_a = \frac{P_u}{\phi_c P_y}$ (LRFD) $C_a = \frac{\Omega_c P_a}{P_y}$ (ASD)	
	Webs of H-Pile sections	h/t_w	$0.94\sqrt{E/F_y}$	not applicable	
	Walls of round HSS	D/t	$0.038E/F_y$	$0.044E/F_y$[e]	
Composite Elements	Walls of rectangular filled composite members	b/t	$1.4\sqrt{E/F_y}$	$2.26\sqrt{E/F_y}$	
	Walls of round filled composite members	D/t	$0.076E/F_y$	$0.15E/F_y$	

[a] For tee shaped compression members, the limiting width-to-thickness ratio for highly ductile members for the stem of the tee can be increased to $0.38\sqrt{E/F_y}$ if either of the following conditions are satisfied:
(1) Buckling of the compression member occurs about the plane of the stem.
(2) The axial compression load is transferred at end connections to only the outside face of the flange of the tee resulting in an eccentric connection that reduces the compression stresses at the tip of the stem.

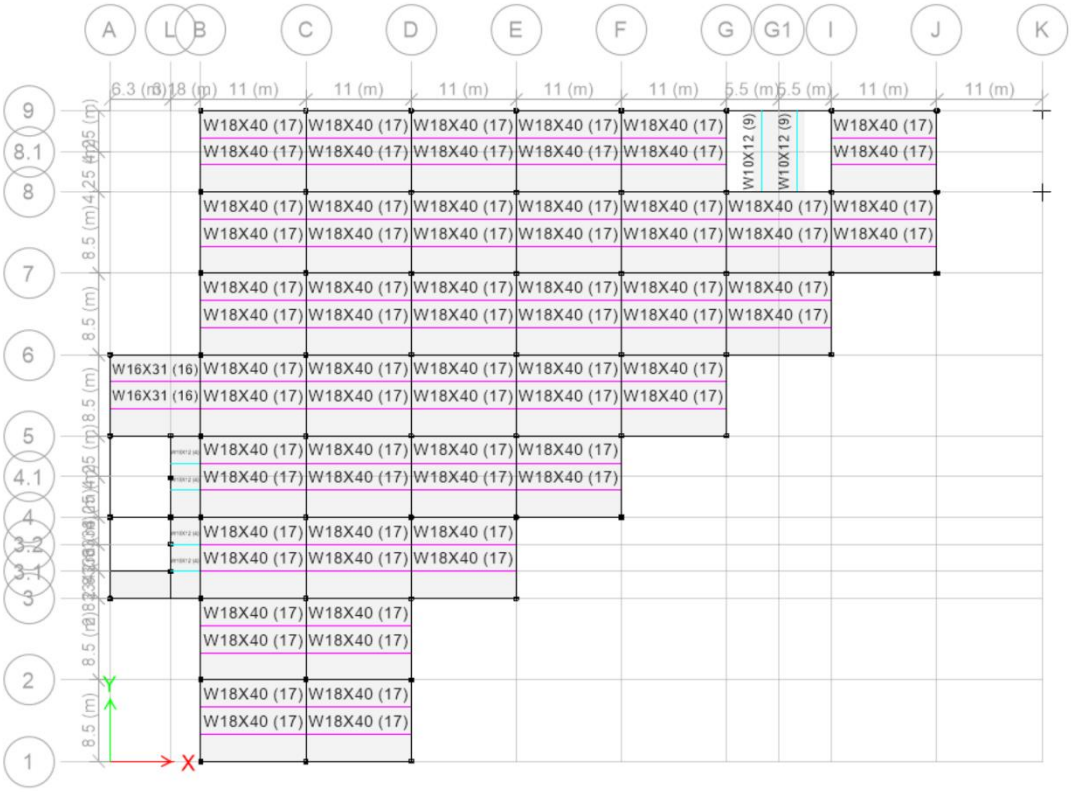
[b] The limiting width-to-thickness ratio of flanges of boxed I-shaped sections and built-up box sections of columns in SMF systems shall not exceed $0.6\sqrt{E/F_y}$.

[c] The limiting width-to-thickness ratio of walls of rectangular *HSS* members, flanges of boxed I-shaped sections and flanges of built-up box sections used as beams or columns shall not exceed $1.12\sqrt{E/F_y}$.

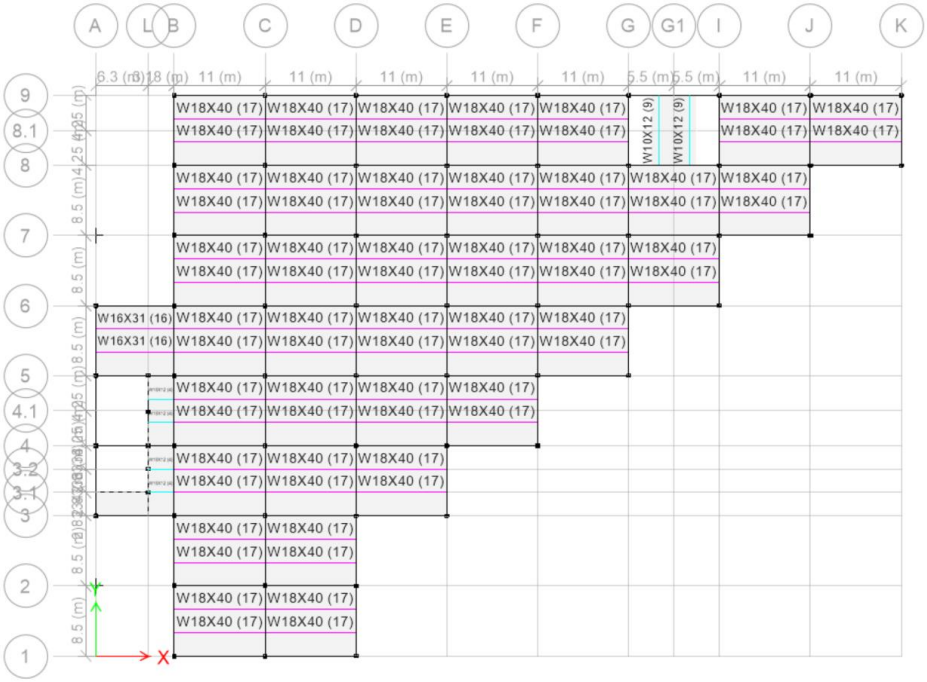
[d] For I-shaped beams in SMF systems, where C_a is less than or equal to 0.125, the limiting ratio h/t_w shall not exceed $2.45\sqrt{E/F_y}$. For I-shaped beams in IMF systems, where C_a is less than or equal to 0.125, the limiting width-to-thickness ratio shall not exceed $3.76\sqrt{E/F_y}$.

[e] The limiting diameter-to-thickness ratio of round *HSS* members used as beams or columns shall not exceed $0.07E/F_y$.

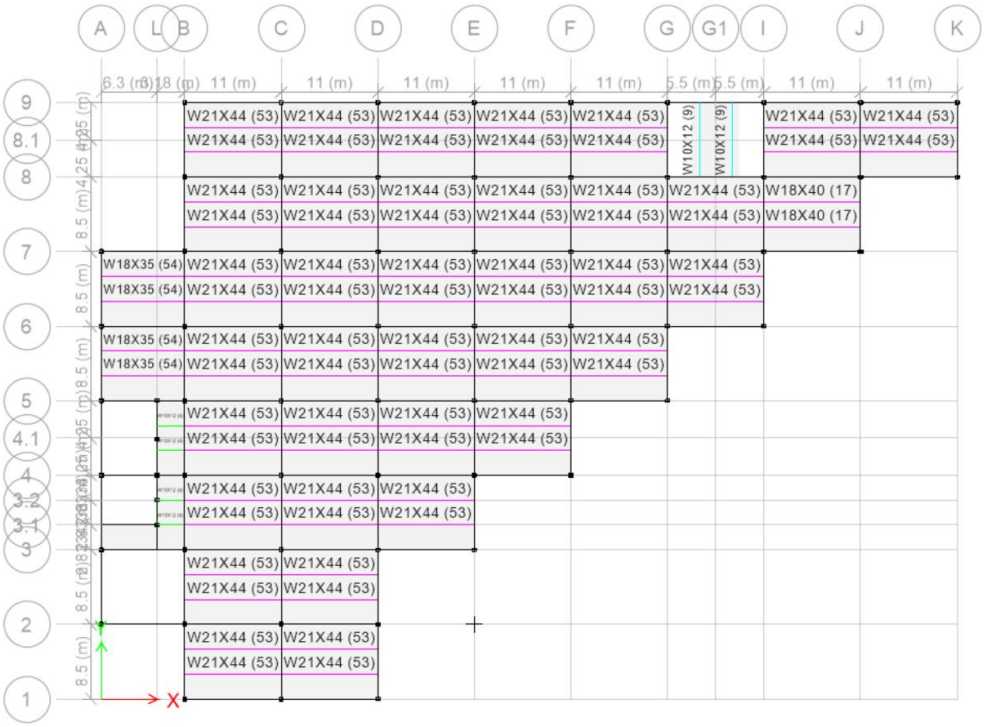
Anexo No. 15. Planta de vigas secundarias en los Sótanos 3 y 2.



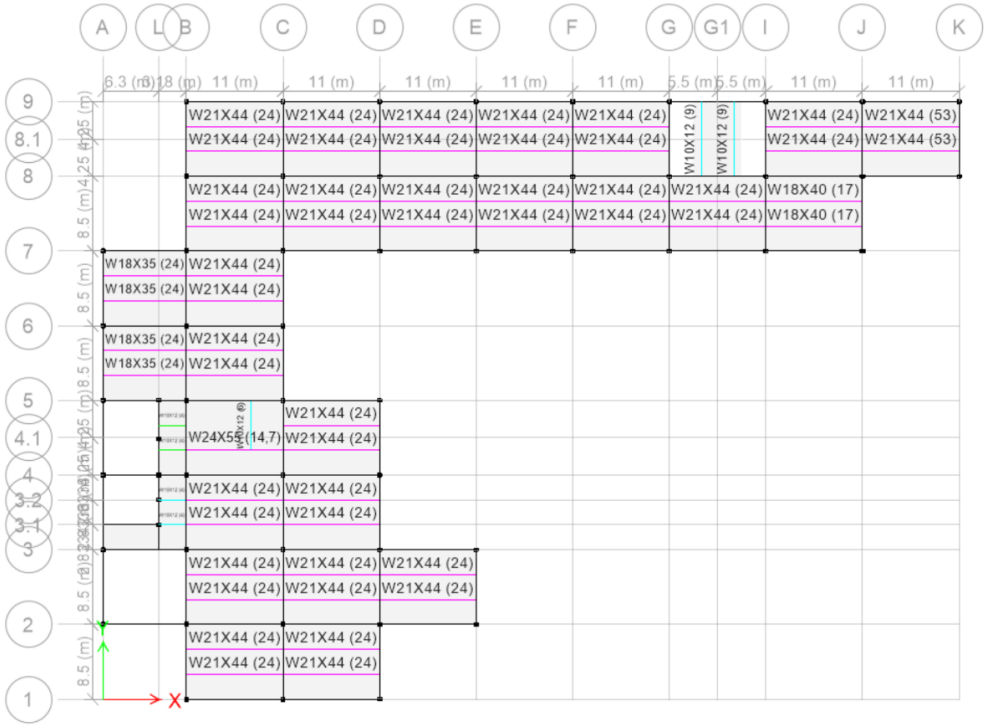
Anexo No. 16 . Planta de vigas secundarias en el Sótano 1.



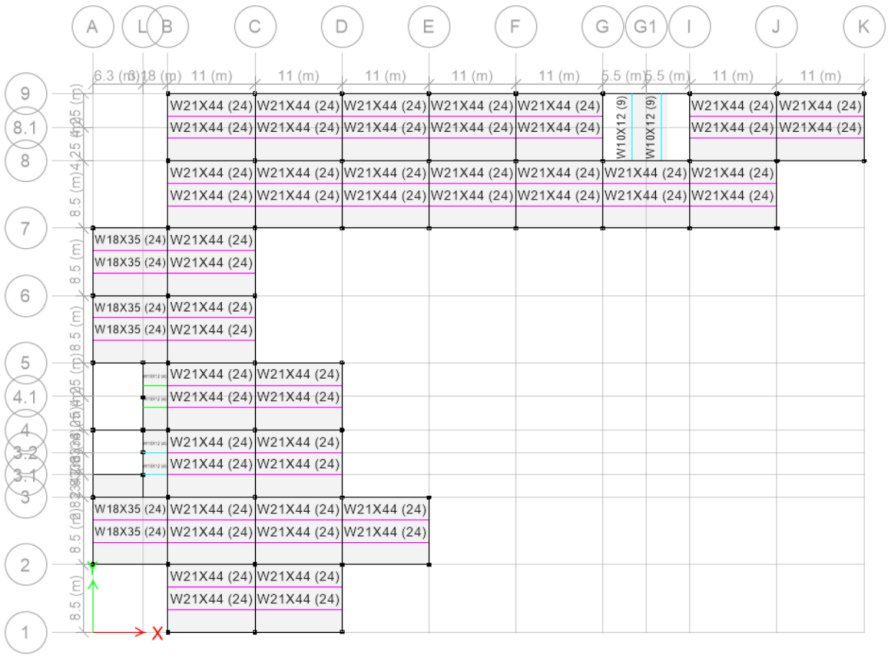
Anexo No. 17. Planta de vigas secundarias Nivel 1.



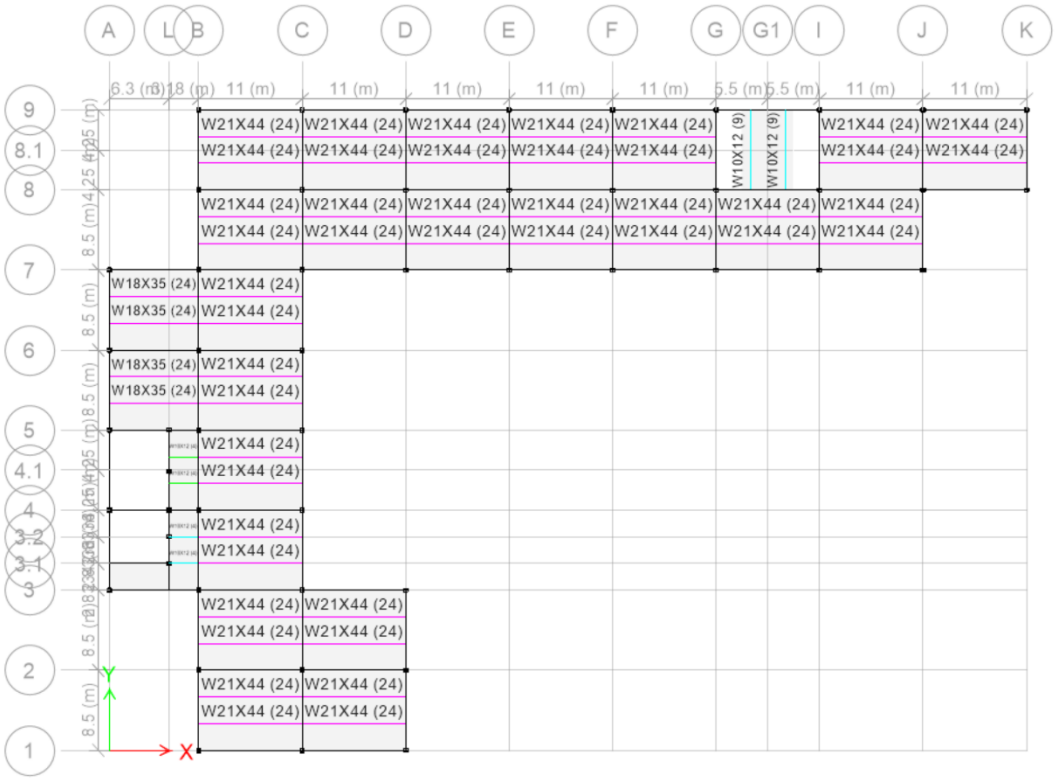
Anexo No. 18. Planta de vigas secundarias Nivel 2.



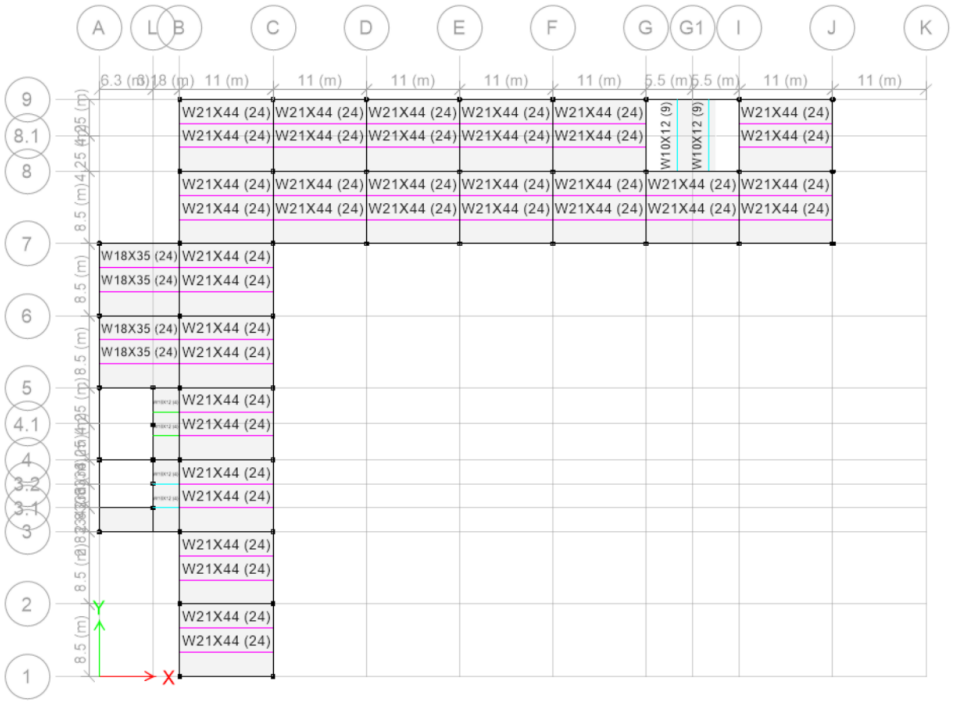
Anexo No. 19. Planta de vigas secundarias Nivel 3.



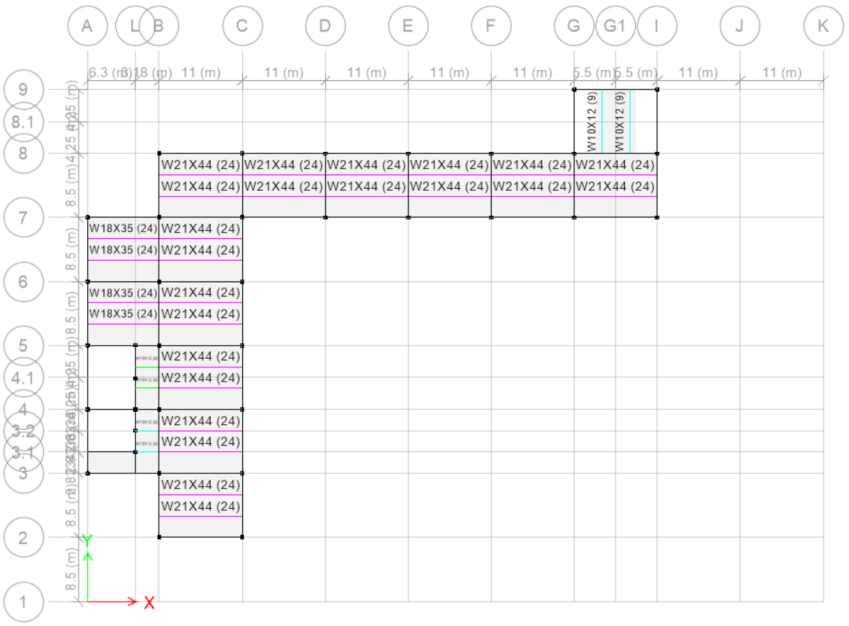
Anexo No. 20. Planta de vigas secundarias Nivel 4 y 5.



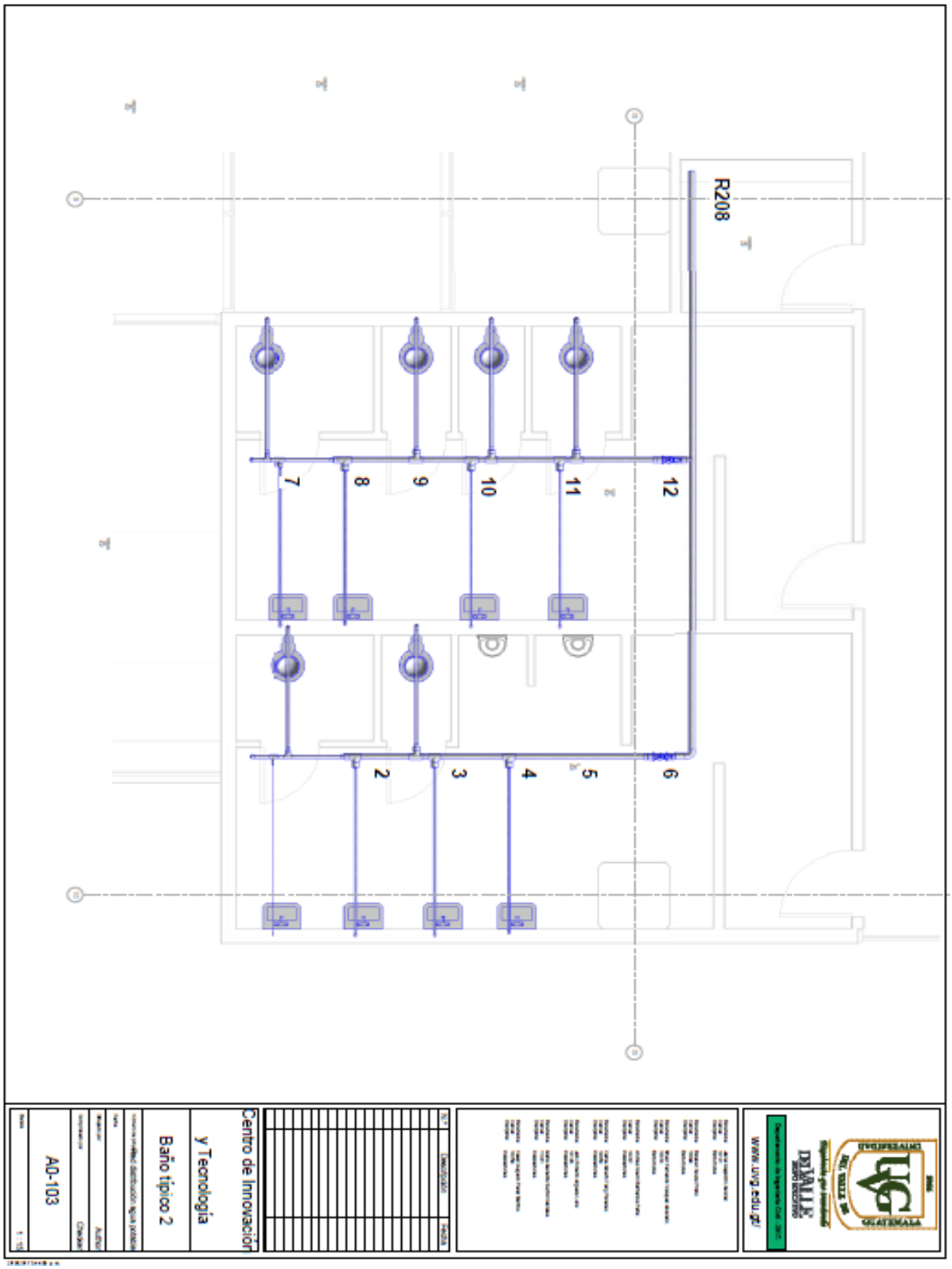
Anexo No. 21. Planta de vigas secundarias Nivel 6.



Anexo No. 22. Planta de vigas secundarias Nivel 7 (TECHO)



Anexo No. 23.

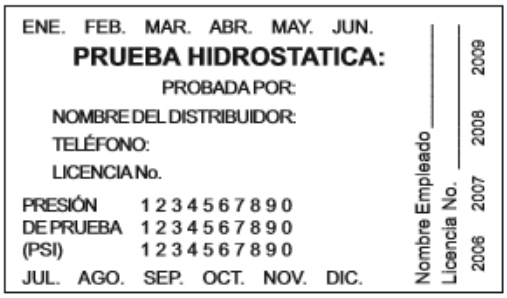

R208
7
8
9
10
11
12
2
3
4
5
6
Centro de Innovación
y Tecnología
Baño típico 2
A0-103

Anexo No. 24.


Centro de Innovación
y Tecnología
BAÑO TÍPICO
A0-102
S1N2
9
8
7
6
5
4
3

Anexo No. 25.

Figura No. 340. Diseño de etiqueta de prueba hidrostática.



Fuente: National Fire Protection Association 10. Edición 2013.

La Figura No. 34 es una guía para el diseño de una etiqueta de prueba hidrostática. Todas las letras de la etiqueta deben ser de color negro con un fondo plateado.

Anexo No. 26

Cuadro No. 258. Carga de ocupación por nivel, para determinar que el ancho mínimo de las gradas.

NIVEL	# DE PERSONAS POR NIVEL	CANTIDAD DE SALIDAS
7	663.00	4.00
6	1,154.00	4.00
5	1,213.00	4.00
4	1,157.00	4.00
3	1,264.00	4.00
2	616.00	4.00
1	351.00	4.00

Fuente: elaboración propia

Anexo No. 27

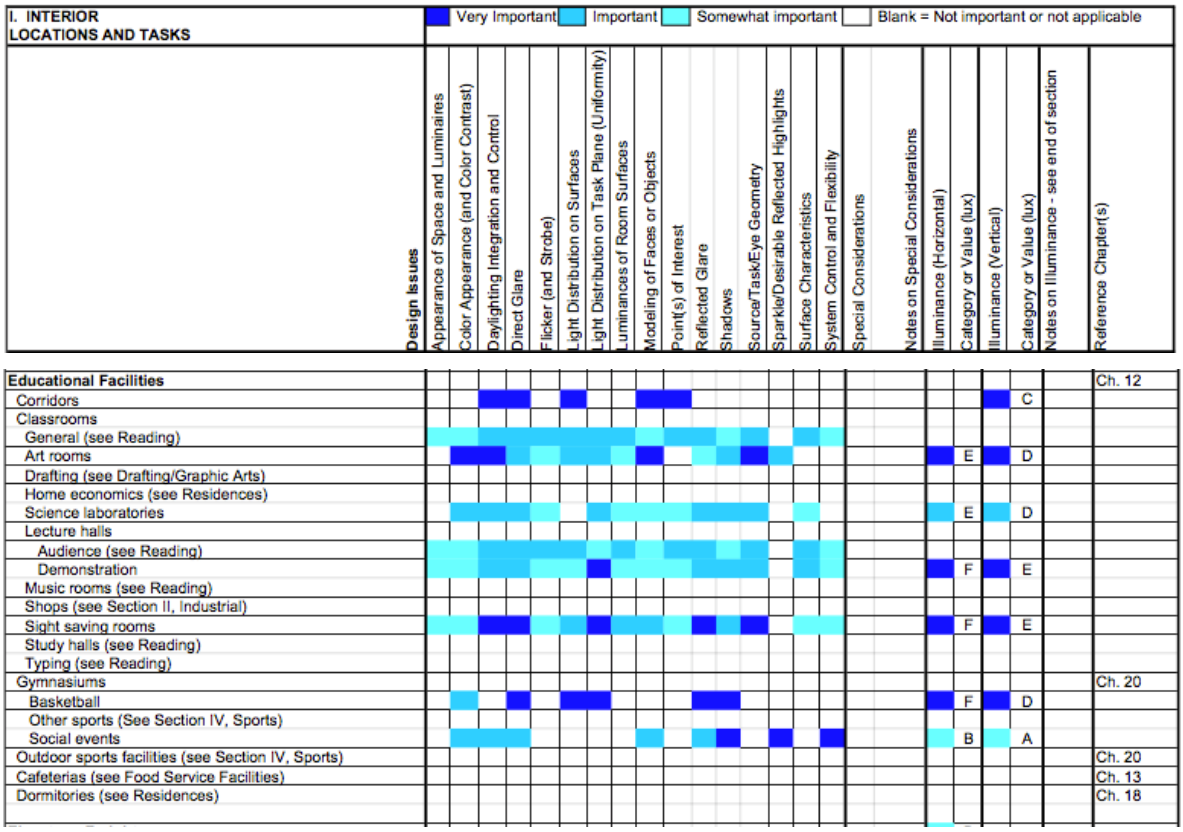
Cuadro No. 259. Tamaño y localización de extintores de incendio para riesgo de Clase B.

Tipo de riesgo	Clasificación básica mínima del extintor	Distancia máxima de recorrido hasta los extintores (pies)	(m)
Leve (bajo)	5-B	30	9.14
	10-B	50	15.25
Ordinario (moderado)	10-B	30	9.14
	20-B	50	15.25
Extraordinario (alto)	40-B	30	9.14
	80-B	50	15.25

Notas: Los márgenes especificados no implican que los incendios de las magnitudes indicadas por estas calificaciones se producirá, sino que se proporcionan para dar a los operadores más tiempo y el agente para manejar los incendios dificiles derrame que tienen el potencial de ocurrir.

Fuente: National Fire Protection Association 10. Edición 2013.

Anexo No. 28. Guía del diseño de iluminación de IESNA



I. INTERIOR LOCATIONS AND TASKS	Very Important	Important	Somewhat important	Blank = Not important or not applicable																								
Design Issues	Appearance of Space and Luminaires	Color Appearance (and Color Contrast)	Daylighting Integration and Control	Direct Glare	Flicker (and Strobe)	Light Distribution on Surfaces	Light Distribution on Task Plane (Uniformity)	Luminances of Room Surfaces	Modeling of Faces or Objects	Point(s) of Interest	Reflected Glare	Shadows	Source/Task/Eye Geometry	Sparkle/Desirable Reflected Highlights	Surface Characteristics	System Control and Flexibility	Special Considerations	Notes on Special Considerations	Illuminance (Horizontal)	Category or Value (lux)	Illuminance (Vertical)	Category or Value (lux)	Notes on Illuminance - see end of section	Reference Chapter(s)				
Educational Facilities																												Ch. 12
Corridors			■	■		■			■	■											■	C						
Classrooms																												
General (see Reading)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■												
Art rooms		■	■		■	■	■	■	■		■	■	■	■		■			■	E	■	D						
Drafting (see Drafting/Graphic Arts)																												
Home economics (see Residences)																												
Science laboratories		■	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■		■				■	E	■	D						
Lecture halls																												
Audience (see Reading)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■												
Demonstration	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			■	F	■	E						
Music rooms (see Reading)																												
Shops (see Section II, Industrial)																												
Sight saving rooms	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		■	■			■	F	■	E						
Study halls (see Reading)																												
Typing (see Reading)																												
Gymnasiums																												Ch. 20
Basketball		■		■		■	■				■	■							■	F	■	D						
Other sports (See Section IV, Sports)																												
Social events		■	■	■					■		■	■		■		■				B		A						
Outdoor sports facilities (see Section IV, Sports)																												Ch. 20
Cafeterias (see Food Service Facilities)																												Ch. 13
Dormitories (see Residences)																												Ch. 18

Anexo No. 29. Coeficientes de utilización

Coefficients of Utilization

EFFECTIVE FLOOR CAVITY REFLECTANCE 20 PER (pfc=0.20)

pcc	80			70			50	
pw	70	50	30	70	50	30	50	30
RCR								
0	102	102	102	100	100	100	94	94
1	92	88	83	90	85	81	81	78
2	82	75	68	81	72	68	69	65
3	75	65	57	72	64	56	60	55
4	68	56	48	66	56	47	53	46
5	63	51	41	59	50	41	46	40
6	57	45	36	56	44	36	41	35
7	53	40	33	51	40	32	38	32
8	48	36	28	47	35	28	34	28
9	46	34	26	45	33	26	32	26
10	42	30	23	41	30	23	28	23

Continuación Anexo No. 29

Coefficients of Utilization

EFFECTIVE FLOOR CAVITY REFLECTANCE 20 PER (pfc=0.20)

pcc	80			70			50	
pw	70	50	30	70	50	30	50	30
RCR								
0	89	89	89	86	86	86	82	82
1	81	78	75	80	77	73	73	70
2	75	68	64	72	68	63	65	61
3	68	60	56	67	59	55	57	54
4	63	55	48	61	54	47	52	46
5	57	48	42	56	47	41	46	41
6	54	45	38	53	44	38	42	36
7	50	40	34	48	40	34	39	33
8	46	36	30	46	36	30	35	29
9	44	34	28	42	34	28	33	28
10	40	32	26	40	30	26	29	25

Anexo No. 30. Carga de iluminación general según la ocupación

TABLE 220.12 General Lighting Loads by Occupancy

Type of Occupancy	Unit Load	
	Volt-Amperes/ Square Meter	Volt-Amperes/ Square Foot
Armories and auditoriums	11	1
Banks	39[b]	3½[b]
Barber shops and beauty parlors	33	3
Churches	11	1
Clubs	22	2
Court rooms	22	2
Dwelling units[a]	33	3
Garages — commercial (storage)	6	½
Hospitals	22	2
Hotels and motels, including apartment houses without provision for cooking by tenants[a]	22	2
Industrial commercial (loft) buildings	22	2
Lodge rooms	17	1½
Office buildings	39[b]	3½[b]
Restaurants	22	2
Schools	33	3
Stores	33	3
Warehouses (storage)	3	¼
In any of the preceding occupancies except one-family dwellings and individual dwelling units of two-family and multifamily dwellings:		
Assembly halls and auditoriums	11	1
Halls, corridors, closets, stairways	6	½
Storage spaces	3	¼

Anexo No. 31. Factores de demanda de la carga de iluminación

TABLE 220.42 Lighting Load Demand Factors

Type of Occupancy	Portion of Lighting Load to Which Demand Factor Applies (Volt-Amperes)	Demand Factor (%)
Dwelling units	First 3000 or less at	100
	From 3001 to 120,000 at	35
	Remainder over 120,000 at	25
Hospitals*	First 50,000 or less at	40
	Remainder over 50,000 at	20
Hotels and motels, including apartment houses without provision for cooking by tenants*	First 20,000 or less at	50
	From 20,001 to 100,000 at	40
	Remainder over 100,000 at	30
Warehouses (storage)	First 12,500 or less at	100
	Remainder over 12,500 at	50
All others	Total volt-amperes	100

*The demand factors of this table shall not apply to the calculated load of feeders or services supplying areas in hospitals, hotels, and motels where the entire lighting is likely to be used at one time, as in operating rooms, ballrooms, or dining rooms.

Anexo No. 32. Factores de demanda para carga de tomacorrientes no residencial

TABLE 220.44 Demand Factors for Non-Dwelling Receptacle Loads

Portion of Receptacle Load to Which Demand Factor Applies (Volt-Amperes)	Demand Factor (%)
First 10 kVA or less at	100
Remainder over 10 kVA at	50

Anexo No. 33. Ampacidad de conductores

TABLE 310.15(B)(16) (formerly Table 310.16) Allowable Ampacities of Insulated Conductors Rated Up to and Including 2000 Volts, 60°C Through 90°C (140°F Through 194°F), Not More Than Three Current-Carrying Conductors in Raceway, Cable, or Earth (Directly Buried), Based on Ambient Temperature of 30°C (86°F)*

	Temperature Rating of Conductor [See Table 310.104(A).]						
	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	
Size AWG or kcmil	Types TW, UF	Types RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE, ZW	Types TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	Types TW, UF	Types RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE	Types TBS, SA, SIS, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	Size AWG or kcmil
	COPPER			ALUMINUM OR COPPER-CLAD ALUMINUM			
18	—	—	14	—	—	—	—
16	—	—	18	—	—	—	—
14**	15	20	25	—	—	—	—
12**	20	25	30	15	20	25	12**
10**	30	35	40	25	30	35	10**
8	40	50	55	35	40	45	8
6	55	65	75	40	50	55	6
4	70	85	95	55	65	75	4
3	85	100	115	65	75	85	3
2	95	115	130	75	90	100	2
1	110	130	145	85	100	115	1
1/0	125	150	170	100	120	135	1/0
2/0	145	175	195	115	135	150	2/0
3/0	165	200	225	130	155	175	3/0
4/0	195	230	260	150	180	205	4/0
250	215	255	290	170	205	230	250
300	240	285	320	195	230	260	300
350	260	310	350	210	250	280	350
400	280	335	380	225	270	305	400
500	320	380	430	260	310	350	500
600	350	420	475	285	340	385	600
700	385	460	520	315	375	425	700
750	400	475	535	320	385	435	750
800	410	490	555	330	395	445	800
900	435	520	585	355	425	480	900
1000	455	545	615	375	445	500	1000
1250	495	590	665	405	485	545	1250
1500	525	625	705	435	520	585	1500
1750	545	650	735	455	545	615	1750
2000	555	665	750	470	560	630	2000

*Refer to 310.15(B)(2) for the ampacity correction factors where the ambient temperature is other than 30°C (86°F).

**Refer to 240.4(D) for conductor overcurrent protection limitations.

Anexo No. 34. Factor de corrección de temperatura ambiente

TABLE 310.15(B)(2)(A) Ambient Temperature Correction Factors Based on 30°C (86°F)

For ambient temperatures other than 30°C (86°F), multiply the allowable ampacities specified in the ampacity tables by the appropriate correction factor shown below.

Ambient Temperature (°C)	Temperature Rating of Conductor			Ambient Temperature (°F)
	60°C	75°C	90°C	
10 or less	1.29	1.20	1.15	50 or less
11–15	1.22	1.15	1.12	51–59
16–20	1.15	1.11	1.08	60–68
21–25	1.08	1.05	1.04	69–77
26–30	1.00	1.00	1.00	78–86
31–35	0.91	0.94	0.96	87–95
36–40	0.82	0.88	0.91	96–104
41–45	0.71	0.82	0.87	105–113
46–50	0.58	0.75	0.82	114–122
51–55	0.41	0.67	0.76	123–131
56–60	—	0.58	0.71	132–140
61–65	—	0.47	0.65	141–149
66–70	—	0.33	0.58	150–158
71–75	—	—	0.50	159–167
76–80	—	—	0.41	168–176
81–85	—	—	0.29	177–185

Anexo No. 35. Calibre mínimo de conductor

TABLE 310.106(A) Minimum Size of Conductors

Conductor Voltage Rating (Volts)	Minimum Conductor Size (AWG)	
	Copper	Aluminum or Copper-Clad Aluminum
0–2000	14	12
2001–5000	8	8
5001–8000	6	6
8001–15,000	2	2
15,001–28,000	1	1
28,001–35,000	1/0	1/0

Anexo No. 36. Factores de demanda para equipo de cocina no residencial

TABLE 220.56 Demand Factors for Kitchen Equipment — Other Than Dwelling Unit(s)

Number of Units of Equipment	Demand Factor (%)
1	100
2	100
3	90
4	80
5	70
6 and over	65