

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



El impacto de un tsunami en la costa sur de Guatemala

Trabajo de megaproyecto presentado por
Ezequiel Herrera Morales, Miriam Alejandra Ruano Aldana, Carlos
Domingo Lemus Mejía, Andrea Raquel González Urizar para optar al grado
académico de Licenciados en Ingeniería Civil.

Guatemala
2016

El impacto de un tsunami en la costa sur de
Guatemala

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería





El impacto de un tsunami en la costa sur de
Guatemala

Trabajo de megaproyecto presentado por
Ezequiel Herrera Morales, Miriam Alejandra Ruano Aldana, Carlos
Domingo Lemus Mejía, Andrea Raquel Gonzalez Urizar para optar al grado
académico de Licenciados en Ingeniería Civil.

Guatemala
2016

Vo. Bo. :

(f) 
Ing. Otoniel Echeverría Castellanos

(f) 
Ing. Roberto Godo Levinsen

Directores de los estudiantes que trabajaron el Megaproyecto:

(f) 
Ing. Otoniel Echeverría Castellanos

(f) 
Ing. Roberto Godo Levinsen

Fecha de aprobación: Guatemala 24 de noviembre de 2016

Prefacio

El presente trabajo de investigación se desarrolló desde julio de 2015 hasta septiembre de 2016. El proyecto se dirige particularmente a la parte sur del país dado que es área exenta a ser afectada por un tsunami. En la región centroamericana un evento que fue de gran impacto ocurrió en Nicaragua en 1992. Este caso sirve como ejemplo para otros países con alta vulnerabilidad ante estos fenómenos porque debido a la falta de un sistema de alerta y construcciones diseñadas con resiliencia suficiente para soportar un tsunami, los daños causados fueron de mayor magnitud.

Un evento natural como un tsunami, demanda del manejo integrado y eficiente de las autoridades, las cuales deben priorizar la vida de las personas bajo un marco con los pasos estratégicos que buscan reducir el daño que se presente en las zonas más vulnerables y afectadas. Parte de la motivación para la elaboración de este proyecto es que Guatemala no está exenta a sufrir una calamidad semejante, tomando en cuenta que nuestro país se encuentra en una zona una actividad sísmica muy alta, no cuenta con sistemas de mitigación de daños y no existe ningún plan de respuesta formal ante la catástrofe natural de un tsunami.

Damos gracias a Dios en primer lugar por permitirnos culminar con éxito esta etapa.

A nuestra familia por el apoyo incondicional durante estos cinco años. La motivación a lo largo de nuestra carrera fue lo que nos permitió continuar en los momentos más difíciles.

Nuestros padres, formaron parte fundamental en nuestro desarrollo. Su amor, paciencia y esfuerzo nos enseñaron que todo es posible cuando no lo proponemos. Ustedes son la razón por la que hoy estamos hasta aquí.

A nuestro Asesor el Ingeniero Otoniel Echeverría por su importante contribución durante el desarrollo del proyecto. Sus consejos, revisiones y guía nos permitieron alcanzar esta meta.

A nuestro directo de carrera, el MBA. Roberto Godo por su dirección y apoyo durante toda la carrera. Se agradece que fue una persona dedicada y comprometida con sus estudiantes.

Nuestros profesores quienes nos marcaron con sus enseñanzas. Gracias por compartir con nosotros sus conocimientos y ser ejemplo de profesionalismo y excelencia.

Amigos porque han sido personas que generan un impacto positivo en nuestras vidas.

Índice

Prefacio	v
Índice.....	vi
Lista De Tablas.....	viii
Lista de Ilustraciones.....	xi
Introducción	1
Justificación.....	2
Objetivos	3
A. Objetivo general.....	3
B. Objetivos específicos	3
Marco Teórico	4
A. Antecedentes	4
B. Tsunamis mundiales.....	32
C. Tsunamis en Centro América.....	48
D. Vulnerabilidad en Guatemala.....	57
E. Mapas con indicadores de Guatemala.....	88
F. Uso del suelo	96
G. Costos de los cultivos y los animales en los Municipios de Iztapa y San José	98
H. Sistemas de Monitoreo	100
I. Plan de contingencia	111
J. Sistemas de Evacuación Vertical	154
K. Códigos estándares y guías para estructuras resistentes a tsunamis.....	161
L. Categorías de riesgo y objetivos de desempeño.....	162
M. Daños causados por tsunamis a las estructuras	164
Áreas más afectadas por oleajes de gran tamaño.....	173
Elaboración de ruta de evacuación	175
A. Secuencia de trazo de Rutas en Quantum GIS.....	175
Categoría del uso del suelo en el área analizada.....	202
Costo de pérdida al momento de un tsunami en los municipios de Iztapa y San José.....	211

A.	Determinación del costo de pérdida dependiendo del uso del suelo	211
B.	Adaptación del costo de pérdida a los municipios de Iztapa y San José	215
	Comparación entre las pérdidas por tsunami y las pérdidas de otras catástrofes naturales	226
	Cargas producidas por un tsunami según fema p-545	229
A.	Parámetros hidrodinámicos y topográficos	229
B.	Fuerzas hidrostáticas	230
C.	Fuerzas boyantes	231
D.	Fuerzas hidrodinámicas.....	232
E.	Fuerzas impulsivas.....	233
F.	Fuerzas de impacto por escombros	234
G.	Formación de diques por escombros de agua.....	236
H.	Fuerza de levantamiento	236
I.	Fuerza por sobrecarga gravitacional	237
J.	Combinaciones de cargas.....	239
K.	Cargas aplicadas a la estructura en conjunto.....	239
L.	Combinaciones de fuerzas de tsunami en componentes individuales	240
	Análisis de un modelo estructural resistente a un tsunami	242
A.	Características de la estructura.....	242
B.	Diseño	242
	Conclusiones	279
	Recomendaciones.....	283
	Glosario	287
	Bibliografía	289
	Anexos.....	296

Lista de tablas

Tabla 1. Descripción de la Escala de Mercalli	12
Tabla 2. Descripción de los terremotos más desastrosos en la antigüedad.....	15
Tabla 3. Clasificación de olas.....	17
Tabla 4. Causas de tsunami en el Océano Pacífico.	18
Tabla 5. Porcentaje de distribución de tsunamis en el mundo.....	19
Tabla 6. Regiones afectadas por tsunamis en el Océano Pacífico.	21
Tabla 7. Tsunamis más significativos en las costas del Océano Pacífico.....	21
Tabla 8. Escala modificada Sieberg de intensidades de tsunamis. (Escala Sieberg - Ambraseys)	23
Tabla 9. Escala de grados de tsunamis según Iida.....	24
Tabla 10. Escala de grados de un tsunami según Wiegel.	25
Tabla 11. Clasificación del mar en función de la altura de las olas.....	25
Tabla 12. Descripción de velocidad de la fase en una ola.	26
Tabla 13. Aproximación de velocidades para olas ideales utilizando las velocidades de idealizadas de olas de mar.....	27
Tabla 14. Clasificación de la protección de barreras naturales en el tsunami del océano Índico, 2004.....	30
Tabla 15. Tabla de daños producidos por el terremoto y tsunami, Japón 2011.....	37
Tabla 16. Intensidad en las regiones de Chile afectadas por el terremoto del 2010.	39
Tabla 17. Resumen de damnificados por el terremoto y tsunami de Sumatra, 2004.....	48
Tabla 18. Registro de los tsunamis ocurridos en Centroamérica.....	49
Tabla 19. Tsunamis registrados en Guatemala	62
Tabla 20. Tsunamis registrados en Guatemala.....	81
Tabla 21. Registro de tsunamis en Centroamérica.	82
Tabla 22. Altura de olas en función de la batimetría.	84
Tabla 23 - Uso del suelo en Guatemala para el año 2003	97
Tabla 24. Matriz de funcionamiento de COEM.	131
Tabla 25. Intervención con base a los niveles de emergencia.	139
Tabla 26. Paradigmas que se tiene sobre tsunamis.....	151
Tabla 27. Fuentes de origen de tsunami y tiempos de advertencia.....	158
Tabla 28. Categorías de riesgo para edificios y otras estructuras.	163
Tabla 29. Objetivos de funcionamiento para tsunamis.....	164

Tabla 30. Socavación estimada como porcentaje de profundidad de inundación (d).....	171
Tabla 31. Descripción del proceso del trazo de rutas de evacuación.....	179
Tabla 32. Resultados y desarrollo de rutas de evacuación y riesgo.....	184
Tabla 33. Descripción de los niveles de alerta de CONRED.	193
Tabla 34 - Resumen de resultados de simulación de inundación a 6 metros y aplicación del costo de pérdida a los usos del suelo en los municipios de Iztapa y San José.	223
Tabla 35 - Resumen de resultados de simulación de inundación a 4 metros y aplicación del costo de pérdida a los usos del suelo en los municipios de Iztapa y San José.	224
Tabla 36 - Resumen de resultados de simulación de inundación a 2 metros y aplicación del costo de pérdida a los usos del suelo en los municipios de Iztapa y San José.	224
Tabla 37. Propiedades de masa y rigidez de escombros comunes.....	235
Tabla 38. Revisión de derivas bajo carga sísmica	249
Tabla 39. Revisión de estabilidad de la estructura bajo cargas sísmicas	250
Tabla 40. Revisión de derivas bajo carga de tsunami Ft + Fd, Ft sobre eje C.....	251
Tabla 41. Revisión de derivas bajo carga de tsunami Ft + Fd, Ft sobre eje A.....	252
Tabla 42. Especificaciones e integración de carga viva y muerta aplicada a losas.	256
Tabla 43. Especificaciones e integración de carga de tsunamis aplicada a losas	256
Tabla 44. Momentos, áreas de acero y refuerzo requeridos para losas bajo carga muerta y viva	260
Tabla 45. Porcentaje del momento producido por tsunami de la combinación 0.9DL +Fb + 0.25LL que logra ser cubierto con el refuerzo propuesto de la combinación 1.4DL + 1.6LL.	262
Tabla 46. Especificaciones e integración de carga viva y muerta para vigas secundarias.....	263
Tabla 47. Especificaciones e integración de cargas de tsunami aplicada a vigas secundarias.	264
Tabla 48. Momentos, áreas de acero y refuerzo requeridos para vigas secundarias bajo carga muerta y viva.....	267
Tabla 49. Porcentaje del momento producido por tsunami que logra ser cubierto con el refuerzo propuesto bajo carga viva y carga muerta en vigas secundarias.....	267
Tabla 50. Especificaciones de vigas principales.....	268
Tabla 51. Momentos, áreas de acero y refuerzo requeridos para vigas secundarias bajo la combinación (1.2+0.2Sds) DL + LL + E.....	270
Tabla 52. Momentos obtenidos para cargas de tsunami.	274
Tabla 53. Revisión de cortante de las vigas.....	275
Tabla 54. Suma de rutas de evacuación y riesgo en kilómetros.	359
Tabla 55. Entrevista a Agentes de la PNC.....	370
Tabla 56. Descripción de entrevista a miembro del Juzgado de Paz de Iztapa.....	371
Tabla 57. Descripción de entrevista a vecino de Iztapa.....	371
Tabla 58. Descripción de entrevista a vecina de los municipios de estudio.	372
Tabla 59. Descripción de entrevista a familia guatemalteca.	372

Tabla 60. Descripción de entrevista a vecinos de los municipios de estudio.	373
Tabla 61. Descripción de entrevista a pareja de esposos de la zona.....	374
Tabla 62. Descripción de entrevista a madre de la comunidad.	374
Tabla 63. Descripción de entrevista a trabajador del Juzgado de Paz.	375
Tabla 64. Descripción de entrevista a vecina del municipio de Iztapa.....	375
Tabla 65. Descripción de entrevista a lancheros de la zona.	376

Lista de ilustraciones

Ilustración 1. Capas de la tierra, tiene tres capas principales: corteza, manto y núcleo.	5
Ilustración 2. Inversión de la polaridad magnética en la corteza oceánica.	6
Ilustración 3. Distribución de las placas tectónicas en la tierra.	7
Ilustración 4. Movimientos convectivos en el Manto Terrestre.	7
Ilustración 5. Sección transversal de la corteza terrestre ilustrando los tipos de fronteras entre placas.....	8
Ilustración 6. Representación de la escala de magnitud y energía liberada durante un sismo.....	12
Ilustración 7. Descripción de longitud y alturas de olas en un tsunami.....	16
Ilustración 8. Ubicación de los tsunamis en el Océano Pacífico.	20
Ilustración 9. Simulación de bosque costero y su influencia en una inundación.....	29
Ilustración 10. Impacto de las olas con relación en altura y densidad de los bosques en el tsunami de Indonesia, 2004.....	30
Ilustración 11. Efectos del tsunami en la costa con y sin barrera.	32
Ilustración 12. Mapa de intensidad del terremoto ocurrido en Japón, 2011.	33
Ilustración 13. Mapa con la localización del epicentro del terremoto ocurrido en Japón 2011.....	33
Ilustración 14. Tiempo de llegada de la ola para las regiones del pacifico en el tsunami de Japón, 2011.....	35
Ilustración 15. Mapa de alturas de propagación de ola del tsunami en Japón, 2011.	36
Ilustración 16. Mapa de la locación del epicentro e intensidad del terremoto de Chile, 2010.....	39
Ilustración 17. Mapa de amplitud de ola para el tsunami de Chile 2010.....	41
Ilustración 18. Tiempo de llegada de la ola a las regiones afectadas por el terremoto de Chile, 2010.....	41
Ilustración 19. Mapa de la localización del epicentro e intensidad del terremoto de Samoa, 2009.....	43
Ilustración 20. Tiempo de llegada de la ola a las regiones afectadas por el terremoto de Samoa, 2009.....	44
Ilustración 21. Registro de una boya tsunamica a 260 km de Hawaii.	45
Ilustración 22. Mapa de localización del epicentro e intensidad del terremoto de Sumatra, 2004.	46
Ilustración 23. Tiempo de llegada de las olas del terremoto de Sumatra, 2004.....	47
Ilustración 24. Historial de tsunamis destructivos ocurridos en Centroamérica generados por terremotos locales.....	49
Ilustración 25. Secuencia de tres terremotos ocurridos en Centroamérica en el 2012, para los tres eventos se generaron alertas de tsunamis.	51
Ilustración 26. Mapa de la vulnerabilidad de Centroamérica ante un tsunami.	52
Ilustración 27. Estaciones sismológicas en Centroamérica.	53

Ilustración 28. Mapa del epicentro del terremoto en Nicaragua, 1992.....	53
Ilustración 29. Mapa de las zonas de riesgo para Nicaragua.....	55
Ilustración 30. Placas tectónicas de Guatemala.....	59
Ilustración 31. Cantidad de daños provocados por el terremoto en Guatemala, 1976.....	62
Ilustración 32. - Zonas aledañas al sector metropolitano quedaron inundadas debido a la cantidad de lluvia que presentó el Huracán Mitch.....	65
Ilustración 33. Puente Jones destruido por la crecida del Río Motagua, en Teculután, Zacapa.....	65
Ilustración 34. Viviendas destruidas por deslaves debido a la crecida del Río Platanitos, en Villa Hermosa, San Miguel Petapa.....	66
Ilustración 35. Colapso del tramo carretero al pacífico en el kilómetro 136, Retalhuleu.....	67
Ilustración 36. Reconstrucción tras Tormenta Tropical Agatha.....	68
Ilustración 37. Puente colapsado por la Tormenta Tropical Agatha.....	69
Ilustración 38. - Inhabilitación de paso en puente Manuel José Arce que conecta la Ciudad Pedro de Alvarado, Jutiapa con El Salvador, debido a la crecida del Río Paz.....	70
Ilustración 39. Mapa topográfico de Guatemala.....	71
Ilustración 40. Mapa topográfico del Puerto de San José, Escuintla.....	71
Ilustración 41. Topografía de Guatemala.....	73
Ilustración 42. Mapa de curvas de nivel para Mesoamérica.....	74
Ilustración 43. Perfil batimétrico para la costa sur de Guatemala.....	75
Ilustración 44. Fenómeno de reflexión de la ola.....	75
Ilustración 45. Perfiles Batimétricos en distintas costas de Japón.....	76
Ilustración 46. Relación entre la pendiente del terreno y la energía de las olas.....	77
Ilustración 47. Perfiles batimétricos para los países mesoamericanos.....	79
Ilustración 48. Representación de las olas que azotaron las costas de Nicaragua en el tsunami de 1992.....	80
Ilustración 49. Perfil batimétrico para la costa de Alaska.....	85
Ilustración 50. Regiones fisiográficas de Guatemala.....	89
Ilustración 51. Temperatura promedio anual de Guatemala.....	90
Ilustración 52. Precipitación promedio anual en Guatemala.....	91
Ilustración 53. Capacidad del uso de la tierra en Guatemala según la Metodología de USDA.....	92
Ilustración 54. Clasificación de tierras por capacidad de uso según la Metodología de INAB.....	93
Ilustración 55. Cobertura vegetal y uso de la tierra en Guatemala.....	94
Ilustración 56. Amenaza potencial por inundaciones en Guatemala.....	95
Ilustración 57. Datos de observación terrestre que requieren las estaciones de monitoreo de tsunamis.....	100
Ilustración 58. Canales de comunicación del PTWC.....	104
Ilustración 59. Distribución mundial de las redes sísmicas.....	105

Ilustración 60. Boya de detección de tsunamis ubicada en las costas pacíficas de Colombia.	107
Ilustración 61. Distribución operativa de las boyas de tsunámetro en 2007.	109
Ilustración 62. Componentes del Sistema Dart II.	110
Ilustración 63. Grado de vulnerabilidad (International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies).	114
Ilustración 64. Clasificación de la vulnerabilidad en función de sus indicadores.	114
Ilustración 65. Planificación y responsabilidades sociales.	117
Ilustración 66. Una pintura artística expone el maremoto sufrido de 1746.	119
Ilustración 67. Pintura busca describir los 19 barcos que fueron encallados durante el tsunami.	119
Ilustración 68. Daños en el Callao por tsunami.	120
Ilustración 69. Fotografía tomada por Jirón Loreto de los daños causados por el tsunami en el Callao.	120
Ilustración 70. Tsunami de Perú (1996) en el suroeste de San Juan de Marcona.	121
Ilustración 71. Pisco (2007), este tsunami causó más de 500 víctimas.	122
Ilustración 72. Daños producidos en el terremoto de Niigata Japón.	123
Ilustración 73. Sismo de Alaska de 1964.	123
Ilustración 74. Terremoto de Loma Prieta.	124
Ilustración 75. Periodo de retorno y probabilidad de ocurrencia.	127
Ilustración 76. Hipótesis de desastre desarrollado en Perú.	127
Ilustración 77. Mapa de distritos costeros de Lima propensos a un tsunami.	128
Ilustración 78. Mapa de ubicación en zonas de peligro ante tsunami.	129
Ilustración 79. Jerarquía de grupo de trabajo (organigrama).	130
Ilustración 80. Niveles de alerta manejados en Lima.	136
Ilustración 81. Clasificación de Emergencias y capacidad de respuesta en Lima, Perú.	138
Ilustración 82. Tsunami ocurrido en Cauquenes 2010.	143
Ilustración 83. Señalizaciones varias del manual de ONEMI.	144
Ilustración 84. Compañías telefónicas y marcas que son compatibles con la SAE de Chile.	145
Ilustración 85. Programa de Familia Preparada.	146
Ilustración 86. Programa de vía de evacuación de tsunami y punto de encuentro.	147
Ilustración 87. Afiches de coordinación y zona de seguridad ante el tsunami.	147
Ilustración 88. Evacuación adentrándose al mar.	148
Ilustración 89. Evacuación vertical (solo en caso de emergencia)	149
Ilustración 90. Afiche de medidas a tomar en caso de ir en un vehículo.	149
Ilustración 91. Retorno a la vivienda después de aprobación de autoridades.	150
Ilustración 92. Flujograma de Evacuación Horizontal.	152
Ilustración 93. Ejemplo de mapa de evacuación.	153
Ilustración 94. Proceso para la toma de decisiones y diseño para estructuras de desalojo vertical.	155

Ilustración 95. Berma de tierra con espacio comunal abierto.....	156
Ilustración 96. Elevación mínima de refugio.....	159
Ilustración 97. Objetivos de Funcionamiento sísmico relacionando el funcionamiento de edificios y niveles de peligro de terremotos.....	163
Ilustración 98. Daños Producidos por el momento de flujo en viviendas de bloques de concreto.	165
Ilustración 99. Grado de daño a edificio vs. altura de alcance. Las marcas en negro es información del tsunami en Okushiri en 1999.	166
Ilustración 100. Colapso de Viviendas de madera en Iwaki, Japón.....	167
Ilustración 101. Colapso de estructuras en Onagawa,	168
Ilustración 102. Fallo de la mampostería en una estructura de acero en Onagawa, Japón.	169
Ilustración 103. Socavamiento de los cimientos (Camaná).....	170
Ilustración 104. Diagrama de Hjulstrom. Velocidades de erosión según tipo de suelo.....	172
Ilustración 105. Parte (A).	175
Ilustración 106. Parte (B).	176
Ilustración 107. Parte (C).	176
Ilustración 108. Parte (D).	176
Ilustración 109. Parte (E).....	177
Ilustración 110. Parte (F).....	177
Ilustración 111. Parte (G).	177
Ilustración 112. Parte (H).	178
Ilustración 113. Parte (I).....	178
Ilustración 114. Parte (J).	179
Ilustración 115. Resultado 1	181
Ilustración 116. Resultado 2.....	181
Ilustración 117. Resultado 3.....	182
Ilustración 118. Resultado 4.....	182
Ilustración 119. Resultado 5.....	182
Ilustración 120. Resultado 6.....	183
Ilustración 121. Resultado 7.....	183
Ilustración 122. Resultado 8.....	184
Ilustración 123. Visita a PNC de Iztapa	186
Ilustración 124. Visita a juzgado de paz de Iztapa.	186
Ilustración 125. Visita a Bomberos Voluntarios.	187
Ilustración 126. Acercamiento con el cuerpo de Bomberos Voluntarios de Iztapa.....	187
Ilustración 127. Salón municipal de Iztapa.	188
Ilustración 128. Entrevistas en mercado de Iztapa.	188
Ilustración 129. Visita a los lancheros.....	189

Ilustración 130. Encuestas en el puente de Iztapa.	189
Ilustración 131. Viviendas en la orilla del rio de Iztapa.	190
Ilustración 132. Vista de casco urbano de Iztapa, (Escala 1: 10,000).	190
Ilustración 133. Vista de rutas en el casco urbano de puerto San José. (Escala 1:25,000).	191
Ilustración 134. Alerta Pública de CONRED.	192
Ilustración 135. Estragos del huracán Mitch en la Costa Sur.	194
Ilustración 136. Representación del epicentro de tsunami en Nicaragua del Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER).	195
Ilustración 137. El tsunami de Nicaragua sacudió a 34 poblaciones.	196
Ilustración 138. Imagen de niños que fueron víctimas del tsunami (iglesia Masachapa).	196
Ilustración 139. Ayuda a damnificados de la costa del Pacífico.	196
Ilustración 140. Información de la red sísmica y estación de banda ancha.	197
Ilustración 141. Estaciones mareográficas de Nicaragua	198
Ilustración 142. Mapa de uso del suelo en los municipios de Iztapa y San José, área urbana.	205
Ilustración 143. Mapa de uso del suelo en los municipios de Iztapa y San José, Área Agrícola.	206
Ilustración 144. - Mapa de uso del suelo en Iztapa y San José, área de ganadería.	207
Ilustración 145. - Mapa de uso del suelo en los municipios de Iztapa y San José, área de bosques.	208
Ilustración 146. Mapa de uso del suelo en los municipios de Iztapa y San José, centros poblados.	209
Ilustración 147. Mapa de uso del suelo en los municipios de Iztapa y San José.	210
Ilustración 148. Mapa de inundación a 6m sobre el nivel del mar, en los municipios de Iztapa y San José.	216
Ilustración 149. Mapa de uso del suelo en la zona de inundación, en los municipios de Iztapa y San José.	217
Ilustración 150. - Mapa de uso del suelo en los municipios de Iztapa y San José, área agrícola inundada.	218
Ilustración 151. Mapa de uso del suelo en los municipios de Iztapa y San José, área urbana inundada.	219
Ilustración 152. Mapa de uso del suelo en los municipios de Iztapa y San José, área de ganadería inundada.	220
Ilustración 153. Mapa de uso del suelo en los municipios de Iztapa y San José, área de bosques inundada.	222
Ilustración 154. Mapa de uso del suelo en los municipios de Iztapa y San José, comparación de costos de pérdida.	225
Ilustración 155. Parametros de diseño para tsunamis.	229
Ilustración 156. Distribución de fuerzas hidrostática.	231
Ilustración 157. Fuerzas Boyantes sobre edificios con niveles bajos.	232
Ilustración 158. Distribución de la fuerza hidrodinámica.	233

Ilustración 159. Fuerzas hidrodinámicas y de arrastre.	234
Ilustración 160. Fuerza de impacto.	235
Ilustración 161. Fuerza boyante ejercida por un piso elevado.....	237
Ilustración 162. Proceso de Cargas Aplicadas.....	238
Ilustración 163. Planta típica y elevación del edificio de 4 niveles.....	244
Ilustración 164. Parámetros de diseño contra tsunami para la estructura propuesta.....	245
Ilustración 165. Fuerza hidrostática aplicada a la estructura.....	246
Ilustración 166. Fuerza hidrodinámica aplicada a la estructura.....	247
Ilustración 167. Fuerza de impacto aplicada a la estructura.....	248
Ilustración 168. Deformaciones sismo en X sobre el eje E.....	253
Ilustración 169. Deformación de la estructura Ft + Fd sobre el eje A.....	253
Ilustración 170. Diagramas de fuerza axial con la combinación 1.2DL + 1.6LL.....	254
Ilustración 171. Diagramas de fuerza axial con la combinación: 1.2 D + Fh + Fb + Lref + 0.25L.....	254
Ilustración 172. Distribución de momentos - 1.2DL + 1.6LL en el sentido largo.....	258
Ilustración 173. Distribución de momentos - 1.2DL + 1.6LL en el sentido corto.....	258
Ilustración 174. Distribución de momentos - 0.9DL + Fb + 0.25LL en el sentido corto.....	259
Ilustración 175. Distribución de momentos - 0.9DL + Fb + 0.25LL en el sentido largo.....	259
Ilustración 176. Refuerzo propuesto para losas con 1.2DL + 1.6LL.....	261
Ilustración 177. Diagrama de momento para vigas secundarias - 1.2DL + 1.6LL.....	265
Ilustración 178. Diagrama de momento para vigas secundarias - 1.2DL + Fb.....	265
Ilustración 179. Diagrama de corte para vigas secundarias - 1.2DL + 1.6LL.....	266
Ilustración 180. Diagrama de corte para vigas secundarias - 1.2DL + Fb.....	266
Ilustración 181. Modelo tridimensional para el análisis estructural.....	269
Ilustración 182. Elevación y sección típica V-1.....	272
Ilustración 183. Elevación y sección típica V-2.....	272
Ilustración 184. Elevación y sección típica V-3.....	273
Ilustración 185. Diagrama de interacción.....	276
Ilustración 186. Diagrama de interacción sin considerar Fb.....	278
Ilustración 187. Sección típica de refuerzo de columnas.....	278

Lista de anexos

Anexo 1 - CONRED; Amenaza por Deslizamientos e Inundaciones, Departamento de Escuintla, Municipio de Iztapa.....	296
Anexo 2 - CONRED; Amenaza por Deslizamientos e Inundaciones, Departamento de Escuintla, Municipio de San José.....	297
Anexo 3 - Datos de área agrícola inundada.....	298
Anexo 4 - Datos de área agrícola.....	303
Anexo 5 - Datos de Área Urbana Inundada.....	316
Anexo 6 - Datos de área urbana.....	324
Anexo 7 - Datos de área de ganadería inundada.....	335
Anexo 8 - Datos de área de ganadería.....	340
Anexo 9 - Datos de Área de Bosques Inundada.....	348
Anexo 10 - Datos de Área de Bosques.....	351
Anexo 11 – Mapas temáticos de Quantum GIS.....	356
Anexo 12 - Resultados de rutas de evacuación (San Jose - Iztapa).....	359
Anexo 13 - Entrevistas a autoridades y habitantes.....	370
Anexo 14. Integración carga sísmica según ASCE 7 – 10.....	377
Anexo 15. Integración Carga de viento según ASCE 7 – 10.....	378
Anexo 16. Diseño de columnas.....	380

Resumen

Guatemala es un país altamente sísmico con vulnerabilidad ante un tsunami. Por ello es importante analizar el impacto que tendría este fenómeno en la costa sur del país.

Para el desarrollo del simulador de inundación se investigaron los mecanismos generadores de tsunamis, sus fases de generación, propagación e inundación; las propiedades que los caracterizan, los modelos matemáticos que se han empleado o desarrollado y las herramientas que han seleccionado para llevar a cabo simulaciones numéricas de tsunamis.

Mediante un simulador de inundación, utilizando un run-up de 6 metros sobre el nivel del mar, basada en el tsunami de Nicaragua de 1992, se determinó el alcance tierra adentro que genera una ola de tsunami con el fin establecer la pérdida económica producida y compararla con otras catástrofes naturales ocurridas en el país. Se estimó un costo de pérdida de Q7,815,567,676.00 tomando para el cálculo el uso del suelo dedicado a la agricultura, ganadería, bosques de conservación y área urbana.

Adicionalmente, se diseñaron rutas de evacuación hacia puntos elevados mediante un software de información geográfica, con el cual se generaron mapas para representar gráficamente los resultados obtenidos.

Finalmente, se realizó un diseño y análisis del comportamiento de una estructura de concreto bajo consideraciones sísmicas para evaluar si esta no colapsa ante cargas producidas por un tsunami. El objetivo de este tipo de estructuras es que funjan como sistemas de evacuación vertical. Se determinó que la estructura sufriría daños locales en los niveles sujetos a inundación, sin embargo, permanece estable y no colapsa.

Palabras clave: Tsunami, simulación numérica, cota de inundación, uso del suelo, catástrofes naturales, consideraciones sísmicas

I. Introducción

El historial de tsunamis en otros países ha demostrado que la única forma de enfrentar estas catástrofes es contar con programas de prevención de daños. La necesidad de la elaboración de mapas de zona de riesgo surge a partir de la vulnerabilidad de la región. Hechos pasados han demostrado que Guatemala aún no está lista para un fenómeno de esta magnitud. Huracanes como el Mitch y Stan han provocado grandes pérdidas y estos no se comparan con el nivel de daño generado por un tsunami en el ámbito social, económico y psicológico.

Se realizó un análisis de impacto económico determinando cuales serían las áreas más afectadas por el oleaje que representa un tsunami, con el fin de determinar el uso del suelo en esos sectores y de esta forma determinar los costos de pérdida en cada uno de ellos.

Los efectos que produce la inundación por un tsunami dependen de la topografía de la zona costera, la batimetría del suelo marino donde se originó y las características de la falla que generó el tsunami ya que esto influye en su propagación y por tanto, en la inundación que cause.

Un desastre natural como un tsunami requiere de un manejo integrado y eficiente de las autoridades en conjunto con la comunidad, otorgando una respuesta rápida y segura. Para ello se requiere realizar una serie de procedimientos que reduzcan el daño en las zonas vulnerables. El plan de contingencia busca establecer el diseño de un escenario de riesgo, estimación de daños, áreas más vulnerables, zonas seguras y posibles tareas de preparación.

Es importante que existan estructuras de evacuación vertical que provean una medida de prevención y resguardo para las personas dentro de la región, para mitigar la cantidad de pérdidas humanas. Dicha estructura debe ser capaz de mantener su integridad y evitar el colapso para proporcionar refugio a las personas. Actualmente los códigos de construcción están enfocados en el análisis sísmico y por viento. No existen códigos para la construcción de una estructura tsunami – resistente, sin embargo, el diseño se realizó bajo las consideraciones de cargas de tsunami estipuladas en FEMA P-646.

II. Justificación

Durante este siglo han ocurrido aproximadamente 70 terremotos en Centro América y de estos 6 están asociados a las fallas de Chixoy-Polochic y Motagua, ubicadas en Guatemala. En Centroamérica se han registrado 48 tsunamis en los últimos 500 años, de los cuales 37 han sido en la costa del Pacífico relacionados con la zona de subducción de las placas de Caribe y Cocos.

Es de suma importancia que el análisis de riesgo esté presente en el diseño y construcción de estructuras, especialmente ante eventos catastróficos como lo es un tsunami. La necesidad de la elaboración de mapas de zonas de riesgo surge a partir de la vulnerabilidad en la que se encuentre la región. Hechos pasados han demostrado que Guatemala aún no está lista para un fenómeno de esta magnitud. Huracanes como el Mitch y Stan han provocado grandes pérdidas en el país y no se comparan con los mecanismos de daños ocasionados por un tsunami en el ámbito social, económico y psicológico.

Junto con el análisis de riesgo se debe analizar el impacto económico que esta tendría, basándose en que tan vulnerables son las comunidades presentes en el lugar de estudio, definiendo las variables para llegar a una conclusión de vulnerabilidad y así entender la magnitud del impacto que tiene en ellos un evento catastrófico del tipo de un tsunami.

Es importante mencionar que los tsunamis vienen generalmente acompañados por un sismo previo, lo que hace que el daño sea aún mayor, no solo tienen un impacto económico en la infraestructura del país si no repercusiones sociales como pérdida de calidad de vida de los afectados, a raíz de la destrucción de sus propiedades y bienes materiales. En el caso de la costa Sur de Guatemala es importante tener en cuenta que la reparación de daños resultaría aún más difícil dado que en estos sectores existen personas de bajos recursos por ende con menos acceso a recuperar sus bienes. Esta zona suele ser afectada por inundaciones, lo cual puede ser una consecuencia de un tsunami. En años anteriores las inundaciones han provocado la evacuación de personas hacia albergues. En la época lluviosa del 2013 murieron alrededor de 13 personas y más de 300,000 fueron afectadas, según reportó CONRED. El problema radica en que, ante una situación de mayor magnitud como un tsunami, estos albergues dejarían de ser funcionales y la cantidad de pérdidas y personas afectadas sería aún mayor.

III. Objetivos

A. Objetivo general

- Identificar las características de un tsunami para desarrollar un plan de contingencia y determinar el impacto económico en la costa sur de Guatemala.

B. Objetivos específicos

- Describir las características de un tsunami.
- Categorizar los tsunamis por su fuente de generación.
- Clasificar los mecanismos de daño provocados por los tsunamis desde el punto de vista sismológico.
- Investigar la vulnerabilidad de la costa sur de Guatemala ante un tsunami.
- Definir las herramientas utilizadas en los sistemas de monitoreo y alerta temprana para tsunamis
- Establecer los mecanismos de coordinación necesarios en caso de un tsunami.
- Adaptar un plan para Guatemala, basándose en la comparación de planes de contingencia del mundo.
- Analizar la implementación del plan de contingencia en Guatemala.
- Identificar puntos seguros ante posibles inundaciones en los municipios de estudio y justificar por qué son seguras estas zonas.
- Identificar la vulnerabilidad de las personas en los municipios objetos de estudio.
- Identificar la categoría del uso de suelo en la zona de estudio.
- Determinar el costo de pérdida por metro cuadrado de cada categoría.
- Comparar pérdidas económicas generadas por un tsunami con otras catástrofes naturales anteriores.
- Determinar qué significa cada costo de pérdidas aplicadas al objeto de estudio
- Definir los conceptos estructurales, arquitectónicos y de planeamiento necesarios para un edificio de evacuación vertical.
- Describir las condiciones críticas debido a flujo y carga a las que son sometidas las estructuras bajo cargas de tsunami.
- Aplicar los requisitos básicos estructurales para diseño de estructuras tsunami – resistentes.
- Realizar un análisis comparativo entre el comportamiento estructural debido a un sismo y a un tsunami.

IV. Marco teórico

A. Antecedentes

1. Sismología

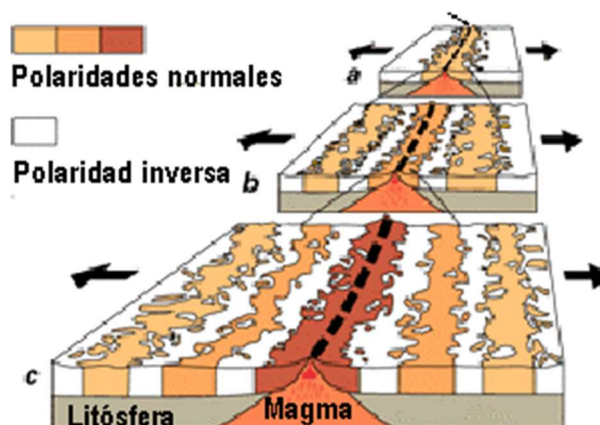
a. Teoría de la tectónica de placas y la deriva continental. El astrónomo y meteorólogo alemán Alfred Wegener (1880 – 1930) fue el autor de la teoría de la tectónica de placas y deriva continental, el planteamiento inicial consistía en que «en el pasado geológico todos los continentes estuvieron unidos en un supercontinente llamado Pangea, que posteriormente se habría separado por la deriva continental.» (México, 2016)

La teoría de la tectónica de placas propone que los primeros 100 km de la superficie terrestre se componen de un material rígido, quebradizo y poco denso llamado litosfera. Esta capa no es una capa continua si no que se encuentra fragmentada en varias placas que se mantienen en un movimiento constante. Este movimiento se debe a la expulsión del magma en el centro de la tierra, cuando este sale a través del manto ocasiona una fuerza que empuja los límites de las placas continentales desplazándolas entre sí.

La Tierra está dividida en tres partes principales: corteza, manto y núcleo (Ver Ilustración 1). La zona que separación entre la corteza y el manto se conoce como discontinuidad sísmica de Mohorovicic

- Corteza, es la capa más externa. Está formada por placas rígidas que constituyen la litosfera, dichas placas se denominan, placas tectónicas y se encuentran flotando sobre una capa semilíquida llamada astenósfera.
- Manto, se extiende desde la base de la corteza hasta unos 3000 km de profundidad,
- Núcleo, tiene una capa sólida (núcleo externo) y una líquida (núcleo interno). Las temperaturas pueden llegar a los 6,650°C.

Ilustración 2. Inversión de la polaridad magnética en la corteza oceánica.



Fuente: (México, 2016)

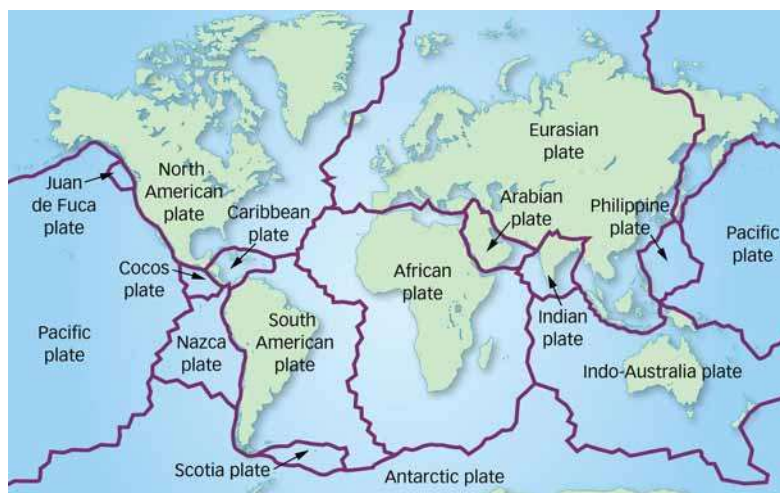
Las placas tectónicas pueden clasificarse según la corteza:

- *Placas oceánicas*: constituidas por corteza oceánica, delgadas tienden a ser más densas en comparación a las placas continentales, generalmente están sumergidas por las masas oceánicas exceptuando los sectores con presencia de volcanes.
- *Placas continentales*: placas donde se encuentra la superficie de los continentes, tiene mayor espesor que una placa oceánica.

a) División de placas. De acuerdo a su extensión Las placas están divididas en placas principales, secundarias y micro placas. En la Ilustración 3 se observa la distribución de las placas.

- *Placas principales*: Placa Suramericana, Placa Norteamericana, Placa Euroasiática, Placa Indo australiana, Placa Africana, Placa Antártica, Placa Pacífica.
- *Placas secundarias*: Placa de cocos, Placa del caribe, Placa de Nazca, Placa Filipina, Placa Árábica, Placa Escocesa, Placa Juan de Fuca.
- *Otras placas*: Placa de la Riviera, Placa de Farallón, Placa de Okhotsk, Placa Amuria, Placa de Kula, Placa Somalí.
- *Microplacas*: Placa de Birmania, Placa Yangtze, Placa cabeza de pájaro.

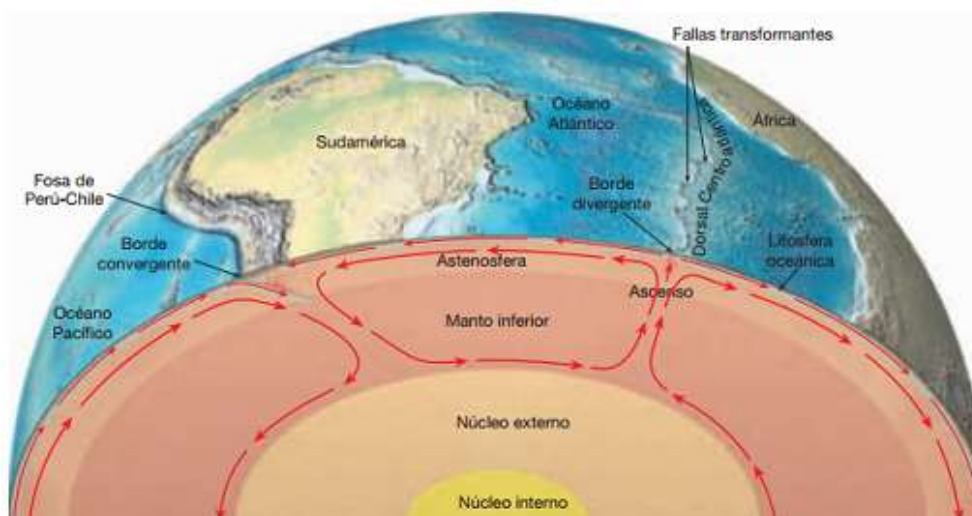
Ilustración 3. Distribución de las placas tectónicas en la Tierra.



Fuente: (Rica, Red Sismológica Nacional, s.f.)

Movimiento de las placas. El movimiento se puede explicar por el fenómeno de convección, cuando el magma es expulsado hace flotar a las partículas más calientes y hundiendo a las más frías, el movimiento es similar a como hierve el agua en una olla. (Ver Ilustración 4)

Ilustración 4. Movimientos convectivos en el Manto Terrestre.



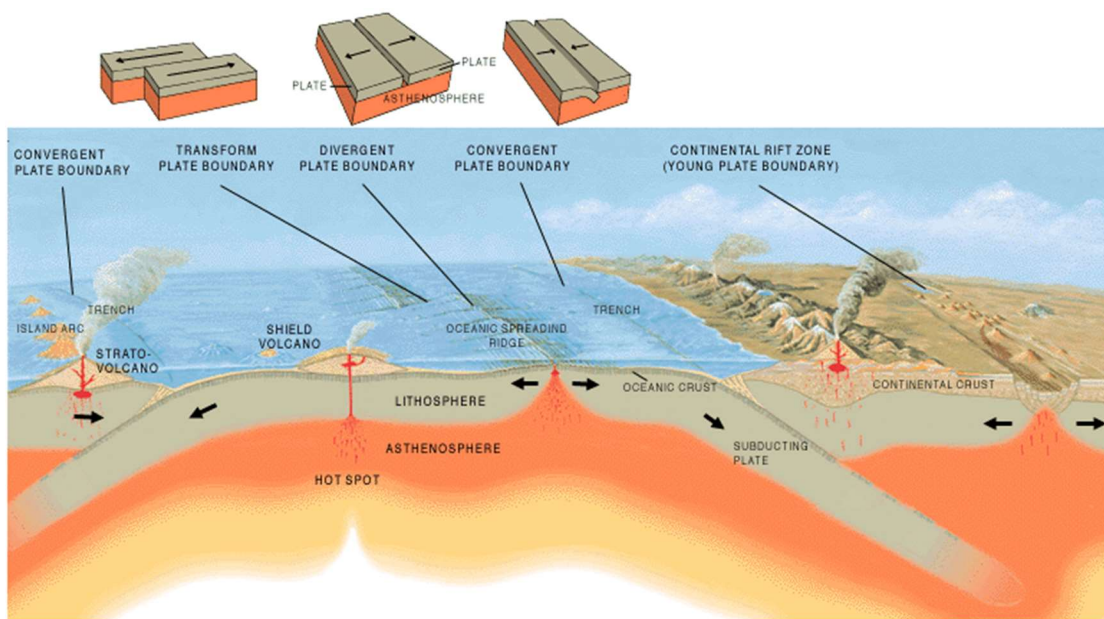
Fuente: (Rica, Red Sismológica Nacional, s.f.)

Las placas no se mueven en la misma dirección lo que provoca choques y roces entre ellas produciendo lo que se conoce como un “movimiento sísmico”. Estos movimientos producen deformaciones en los límites, generando la mayoría de terremotos, volcanes y cadenas montañosas. El tipo de movimiento y composición de

las placas determinan su comportamiento. La Ilustración 5 ejemplifica el tipo de frontera entre placas: divergente, convergente y transcurrente:

- Frontera convergente: colisión de las placas, la placa más densa (placas oceánica) se hunde bajo la otra placa (continental), se conoce también como zonas de subducción, se genera la formación de cadenas montañosas como los Alpes que son el resultado de la colisión entre la Placa de África y Europa o el caso de los Himalaya que formaron hace más de 50 millones de años como resultado del choque entre las Placas de India y Asia.
- Frontera divergente: dos placas se alejan entre sí, el magma es expulsado hacia la superficie empujando las placas. Un ejemplo de esta frontera es la formación del mar rojo.
- Frontera transcurrente: movimiento lateral entre dos placas, en este caso las placas no chocan, ni se alejan pero se generan grandes fricciones que liberan energía y produce grandes terremotos. El mayor ejemplo de una frontera transcurrente es la falla de San Andrés en California entre las Placas Norteamericana y Pacífica.

Ilustración 5. Sección transversal de la corteza terrestre ilustrando los tipos de fronteras entre placas



Fuente: (USGS, This Dynamic Earth , 1996)

b. Características. El punto exacto donde se origina el sismo se llama foco o hipocentro, está situado bajo la superficie terrestre. El punto geográfico sobre la superficie terrestre localizado directamente sobre el hipocentro es llamado epicentro, donde el sismo alcanza su mayor intensidad.

La falla es causada por la liberación de los esfuerzos de tensión, compresión, o de corte impuestos al suelo por lo tanto este se ve sometido a una vibración. La vibración ocurre porque las ondas sísmicas se propagan en todas las direcciones y transmiten las fuerzas que se generan en el hipocentro hasta el epicentro en proporción a la intensidad y magnitud de cada sismo. Las diversas ondas sísmicas viajan a diferentes velocidades por lo que llegan al sismógrafo a diferentes horas, los tiempos de viaje se ilustran como gráficas de tiempo-distancia llamados sismogramas con lo que se podrá determinar el epicentro de cualquier sismo.

Cuando se genera un movimiento sísmico las ondas se propagan en distintas direcciones lo que provoca el movimiento del suelo en dirección vertical y horizontal. Si el sismo es de gran magnitud y ocurre sobre una placa continental se denomina terremoto, si por el contrario el epicentro se localiza en una placa oceánica o a nivel del mar se denomina maremoto que provoca olas gigantes llamadas tsunamis.

Al tiempo comprendido entre dos terremotos se le llama tiempo de recurrencia y al lapso de calma (menos sismos y de baja magnitud) en un área donde han ocurrido macro sismos se le conoce como quietud sísmica.

«De acuerdo con recientes investigaciones de Max Wyss en el campo de la geología, se ha determinado que es ahí donde se encuentran los mayores riesgos de un terremoto, ya que indican la acumulación de energía o tensión elástica.» (Mexicano, 2013)

Los sismos traen consecuencias como incendios, olas marinas sísmicas (tsunamis) y derrumbes. Para cuantificar o medir el tamaño de un temblor se utilizan escalas de intensidad y magnitud. Aunque los terremotos tengan magnitudes similares, su efecto variará según la distancia al epicentro, profundidad a la que se genera el sismo, condiciones del sitio, estándares de construcción, longitud de onda y la densidad poblacional. (Prieto.G, 2004)

c. Ondas sísmicas

1) Ondas de cuerpo: viajan en todo el volumen de la roca

Onda primaria. (Onda P)

- Movimiento longitudinal, pull-push (compresión y dilatación)
- Velocidad de 5-7 km/s en la corteza terrestre > 8 km/s en el manto.
- Velocidad aproximada de 1.5 km/s en el agua
- Velocidad de 0.3 km/s en el aire
- Onda más rápida, primera en registrarse en el sismograma.
- Frecuencias más pequeñas que las ondas S y mayores que las ondas superficiales.
- Similar a una onda sonora.

- El tipo de suelo define la velocidad de la onda.
- El suelo funciona como un filtro que absorbe parte de energía de la onda y modifica su longitud de onda.
- Pueden viajar a través de roca, aire y agua.
- Su dirección solamente es en la dirección en que se propaga la onda.

Onda secundaria (onda S)

- Onda shear wave, onda con movimiento cortante.
- Produce daño superficial por su gran componente vertical y lateral.
- Velocidad aproximada de 3-4 km/s en tierra.
- Velocidad aproximada de 2 a 3 km/s en el núcleo.
- No puede viajar en el aire ni en líquidos
- La diferencia de velocidades de estas ondas ayuda a determinar la distancia al epicentro.
- Daño superficial.
- La componente vertical afecta a los voladizos.
- Constante, no pierde energía conforme a la profundidad.

2) Ondas superficiales: No viajan a través del aire ni del agua debido a su componente de cortante.

Generan más daño en la superficie.

Love Wave

- Longitud de onda amplia
- Movimiento horizontal, trasversal, perpendicular a la dirección del movimiento, paralelo a la superficie de la Tierra. Movimiento vertical
- Velocidad entre 2 - 4.4 km/s en la corteza terrestre
- Únicamente viaja en la superficie de la Tierra
- Mayor amplitud en la superficie, decrece con la profundidad.

Rayleigh wave

- Ondas parecidas a olas de mar.
- Velocidad aproximada de 2 – 4.2 km/s
- Su amplitud decrece con la profundidad
- Son las últimas en llegar a la estación sismológica.

d. **Magnitud e intensidad.** Para medir los sismos se utilizan los sismógrafos, un sensor que registra el movimiento de la tierra. La magnitud se basa en el concepto que la amplitud de las ondas sísmicas es una medida de la energía sísmica liberada (Ver Ilustración 6). La escala de Richter mide solamente la magnitud, sin embargo existen otras escalas que se encargan de categorizar un terremoto utilizando otros criterios, la escala sismológica de Magnitud de momento (M_w) mide la longitud de falla, rigidez de la roca y la distancia media del desplazamiento, es la más utilizada por su precisión. A continuación se presenta una lista de las magnitudes y de los criterios utilizados para su medición.

- **Magnitud local, M_L**

Normalmente conocida como magnitud de Richter. Inicialmente se empleó para calcular magnitudes de sismos ocurridos en California, ha sido calibrada para ser utilizada en distintas partes del mundo, sin embargo por limitaciones se dejó de utilizar, y fue reemplazada por la Magnitud de Momento (M_w).

- **Magnitud de coda, M_c**

Esta magnitud se obtiene a partir de la duración de un registro sísmico. La coda de un sismograma representa a la parte tardía de la señal hasta regresar a su nivel original, La duración de la coda es proporcional al tamaño del sismo. (Servicio Sismológico Nacional, 2005)

- **Magnitud de ondas de cuerpo, M_b**

Amplitud máxima observada en las ondas de cuerpo durante un sismo. Con períodos de oscilación de 1 segundo. Con magnitudes superiores a 6.5, no es posible determinar esta magnitud ya que se satura y es imposible su lectura.

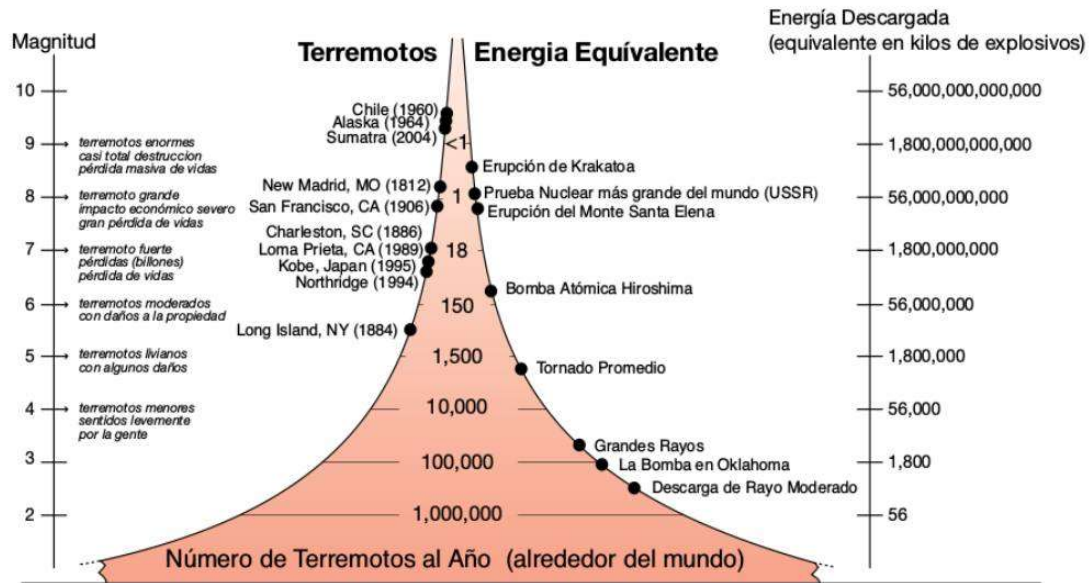
- **Magnitud de momento, M_w**

Es una cantidad proporcional que involucra el área de ruptura y deslizamiento en la falla. Su estimación es la más compleja de todas las magnitudes. Si los datos son locales se puede tardar 15 minutos en determinar M_w , en casos donde los datos requeridos provengan de estaciones lejanas pueden tardarse hasta 30 minutos en calcular la Magnitud de momento. Es la más confiable y usada por las organizaciones de monitoreo.

- **Magnitud de energía, M_e**

La magnitud de energía es proporcional a la energía irradiada por el sismo en las ondas sísmicas,

Ilustración 6. Representación de la escala de magnitud y energía liberada durante un sismo.



Fuente: (Segovia, 2010)

Por otra parte, la intensidad es una estimación cualitativa de los efectos del terremoto basados en tres criterios principales: percepción de las personas, efectos sobre edificaciones e infraestructura y los efectos sobre el terreno y medio ambiente. La escala modificada de Mercalli, consta de 12 grados desarrollada para evaluar la intensidad de los terremotos a través de los efectos y daños causados. La Tabla 1 corresponde a la escala de Mercalli y sus efectos.

Tabla 1. Descripción de la Escala de Mercalli

Grado I	Registrado solo instrumentalmente, movimiento sentido por muy pocas personas en condiciones especialmente favorables.
Grado II	Perceptible sólo por pocas personas en pisos altos, movimiento sentido sólo por pocas personas en reposo, los objetos suspendidos pueden oscilar.
Grado III	Movimiento sentido claramente en los interiores, especialmente en los pisos altos de los edificios, muchas personas no lo asocian con un temblor. Los vehículos de motor estacionados pueden moverse ligeramente. Vibración como la originada por el paso de un carro pesado. Duración estimable
Grado IV	Movimiento producido durante el día, perceptible por muchas personas en los interiores, por pocas en el exterior. Por la noche algunas despiertan. Vibración de vajillas, vidrios de ventanas y puertas; los muros crujen. Sensación como de un carro pesado chocando contra un edificio, los vehículos de motor estacionados se balancean claramente.
Grado V	Sacudida sentida casi por todo el mundo; muchos despiertan. Algunas piezas de vajilla, vidrios de ventanas, etc. Se rompen; pocos casos de agrietamiento de aplanados; caen objetos inestables.

Continuación Tabla 1

	Se observan perturbaciones en los árboles, postes y otros objetos altos. Se detienen de relojes de péndulo.
Grado VI	Sacudida sentida por todo mundo; muchas personas atemorizadas huyen hacia afuera. Algunos muebles pesados cambian de sitio; pocos ejemplos de caída de aplanchados o daño en chimeneas. Daños ligeros.
Grado VII	Advertido por todos. La gente huye al exterior. Daños ligeros en estructuras ordinarias bien construidas; daños considerables en las débiles o mal planeadas; rotura de algunas chimeneas. Estimado por las personas conduciendo vehículos en movimiento.
Grado VIII	Daños ligeros en estructuras de diseño especialmente bueno; considerable en edificios ordinarios con derrumbe parcial; grande en estructuras débilmente construidas. Los muros salen de sus armaduras. Los muebles pesados se vuelcan. Arena y lodo proyectados en pequeñas cantidades. Cambio en el nivel del agua de los pozos. Pérdida de control en las personas que guían vehículos motorizados.
Grado IX	Daño considerable en las estructuras de diseño bueno; las armaduras de las estructuras bien planeadas se desploman; grandes daños en los edificios sólidos, con derrumbe parcial. El terreno se agrieta notablemente. Las tuberías subterráneas se rompen.
Grado X	Dstrucción de algunas estructuras de madera bien construidas; la mayor parte de las estructuras de mampostería y armaduras se destruyen con todo y cimientos; agrietamiento considerable del terreno. Las vías del ferrocarril se tuercen. Considerables deslizamientos en las márgenes de los ríos y pendientes fuertes. Invasión del agua de los ríos sobre sus márgenes.
Grado XI	Casi ninguna estructura de mampostería queda en pie. Puentes destruidos. Anchas grietas en el terreno. Las tuberías subterráneas quedan fuera de servicio. Hundimientos y derrumbes en terreno suave. Gran torsión de vías férreas.
Grado XII	Dstrucción total. Ondas visibles sobre el terreno. Perturbaciones de las cotas de nivel (ríos, lagos y mares).

Fuente: (Segovia, 2010)

e. Importancia del estudio de los terremotos. Los terremotos generados por la energía liberada de la Tierra o por un choque entre las placas tectónicas constituyen una de las catástrofes naturales más devastadoras que existen, el estudio de estos es importante para estar preparados y reducir los daños que puedan ocasionar. La prevención es la clave para una respuesta eficaz y económica ante una amenaza de este tipo.

Las consecuencias de estos están asociadas a la intensidad del movimiento, en la actualidad para identificar la intensidad se utiliza la Magnitud de Momento Sísmico (M_w), es una escala logarítmica utilizada para medir y comparar terremotos, su medición está basada en la energía total liberada en un sismo. En esta escala por cada unidad superior representa 32 veces la energía liberada, por ejemplo un sismo de magnitud 8 M_w , es 32 veces más grande que uno de escala 7 M_w .

Los eventos sísmicos ocurren periódicamente en las mismas regiones geográficas; a medida que pasa el tiempo en una región donde no ha ocurrido un movimiento fuerte, mayor es la probabilidad de que ahí ocurra uno. Es de esperarse que en las regiones donde ya se han presentado sismos fuertes, vuelvan a presentarse en

el futuro. Inicialmente, la frecuencia de ocurrencia es grande pero decae gradualmente con el tiempo. El estudio de las réplicas de un gran sismo se ha aprovechado para estimar las dimensiones de la zona de ruptura y otros estudios científicos, pero desde el punto de vista social es necesario conocer su ocurrencia para adoptar una actitud previsoras. Las réplicas son de menor magnitud y pueden ocurrir minutos, días y hasta años después del evento principal, el número de estas puede variar desde unos cuantos sismos hasta cientos de eventos.

Los terremotos pueden ser clasificados de acuerdo a su origen:

- **Perimétrico:** es originado en el interior de las placas (oceánicas o continentales) tras la liberación de una concentración de energía, el hipocentro se origina en el interior de las placas.
- **Tectónico:** se producen en una falla tectónica ocasionado por una liberación abrupta de energía en zonas profundas y se eleva hasta el borde de la falla.
- **Volcánico:** se generan en el interior o en las proximidades de un volcán tras el escape o concentración de energía en la estructura volcánica. También puede ser producido por los gases y explosiones que ocurren en el volcán, generalmente las magnitudes de este tipo de terremotos son bajas.
- **Preliminar:** ocurren previo al evento principal con mayor intensidad.
- **Microsismos:** movimientos de baja intensidad (no superan 3.0 Mw), generados en las zonas de mantos con mayor profundidad, no generan ningún tipo de daño.
- **Réplicas:** Ocurren posterior al evento principal son de menor magnitud, como ocurren en la zona de ruptura del sismo, su ocurrencia se debe probablemente al reajuste mecánico de la región afectada que no recupera su estado de equilibrio inmediatamente después del movimiento
- **Maremoto:** se generan en la profundidad del mar, puede ser dentro de una falla tectónica oceánica o en algún punto de la misma, produce una agitación violenta que genera grandes olas (más de 30 metros), fenómeno conocido como tsunami.

El impacto de los terremotos comprende pérdidas naturales, materiales y humanas. Las observaciones empíricas de los terremotos iniciaron en 1755 cuando el catastrófico terremoto y tsunami de Lisboa ocurridos en ese mismo año marcaron el inicio de una nueva era sismológica. A continuación se presenta una tabla con los registros de los sismos más significativos en la antigüedad. (Las magnitudes son aproximadas hasta antes del sismógrafo)

Tabla 2. Descripción de los terremotos más desastrosos en la antigüedad.

LUGAR	FECHA	INTENSIDAD (M _w)	EFFECTOS
Lisboa (Portugal)	1 de noviembre de 1755	8.7	62,000 muertes
Tabriz (Irán)	1779 – 1780		100,000 muertes
Nápoles (Italia)	16 de diciembre de 1875	6.5	12,000 muertes
Perú y Ecuador	16 de agosto de 1868		250,000 muertes
Riku – ugo (Japón)	15 de junio de 1896		17,120 muertes
Assam (India)	12 de junio de 1897	8.7	1,500 muertes
Alaska	10 de septiembre de 1899	8.5	
Guatemala	19 de abril de 1902	8.3	
San Francisco	18 de abril de 1906	8.3	700 muertes
Valparaíso (Chile)	17 de agosto de 1906	8.2	20,000 muertes
Messina (Italia)	28 de diciembre de 1908	7.5	30,000 muertes
Kansu (China)	16 de diciembre de 1920	8.5	200,000 muertes
Kwanto (Japón)	1 de septiembre de 1923	7.9	100,000 muertes
Islas Aleutianas	9 de marzo de 1957	9.1	Generación de Tsunami
Alaska	28 de marzo de 1964	9.2	Generación de Tsunami y 114 muertes
Guatemala	4 de febrero de 1976	7.5	23,000 muertes
China	27 de julio de 1976	7.5	655,200 muertes
Valparaíso (Chile)	3 de marzo de 1985	8.0	

Fuente: (Gause & Nelson, 1989)

Los Sistemas de Alerta Sísmica implantados en algunos países dan la oportunidad de conocer el inicio de un sismo fuerte cerca de su epicentro, la diferente velocidad de propagación de las ondas sísmicas y la distancia entre el sitio del epicentro sísmico y el lugar donde se desea prevenir sus efectos. La eficacia de esta tecnología depende del resultado de las acciones como captar el sismo, pronosticar su magnitud e informar oportunamente a la población en riesgo para que responda adecuadamente.

f. Mecanismos de daño

- *Licuefacción del suelo*: El suelo se comporta como un líquido, este fenómeno ocurre en suelos arenosos y cuando se somete a vibración pierde todas sus características de soporte. Generalmente ocurre en zonas costeras y en zonas de suelos saturados. No sucede en suelos cohesivos.
- *Ruptura del suelo*: La parte superficial de la falla provoca la ruptura del suelo.
- *Derrumbes*: El suelo de Guatemala es arenoso porque es producto del material volcánico como el selecto y arena pómez, sin propiedades cohesivas.
- *Incendios*: Pueden ser incluso más dañinos que el mismo evento sísmico como sucedió en San Francisco.

- *Tsunamis*: Los sismos provocan tsunamis, tienen la zona de subducción en el mar, existe un punto de quiebre, hasta que se suelta la corteza y ese movimiento provoca los tsunamis las ondas afectan en radios como se propaga la onda.

2. Tsunamis. La palabra tsunami tiene su origen de dos palabras japonesas “**Tsu**” que significa puerto y “**nami**” que significa ola. Un tsunami es una ola o serie de olas (tren de olas) provocadas por una fuerza externa que desplaza verticalmente una masa de agua. Estas olas pueden alcanzar una altura de más de 30 metros.

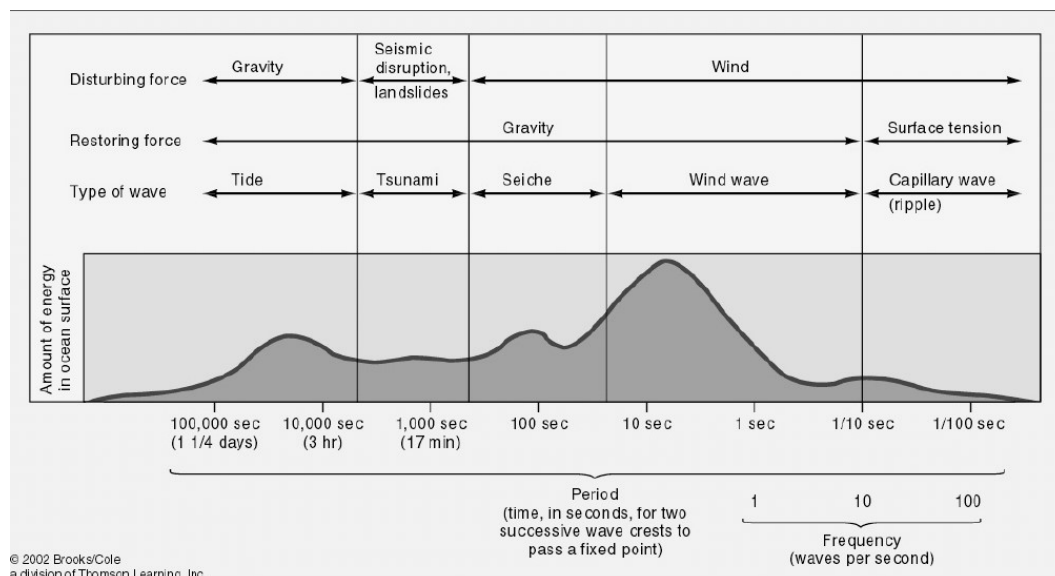
Las masas de agua son desplazadas durante varios kilómetros hasta llegar a la costa, la intensidad dependerá del hipocentro, la profundidad del fondo del mar, así como también la morfología de las placas tectónicas involucradas en dicho evento.

a. Características. La ola del tsunami tiene una longitud de onda, periodo y altura en aguas profundas. Generalmente en aguas profundas la elevación no es mayor a 0.4 metros. En algunos casos el tren de olas de un tsunami consiste en un pico inicial que luego se va disminuyendo en forma exponencial.

El tiempo que tarda una cresta de ola entre otra cresta en pasar por el mismo punto se denomina el período de la ola. Los tsunamis generalmente tienen un periodo de ola entre 100 – 2,000 S (1.6 - 33 min), la longitud de onda es la distancia entre las crestas de olas puede estar entre 10 y 500 km, esta longitud de ola es la diferencia entre una marea alta o una tormenta en alta mar. (Ver Tabla 3)

De acuerdo al periodo de ola éstas pueden ser clasificadas dentro de un espectro de energía en función de la frecuencia. En la Ilustración 7 se muestra el espectro de energía de cada tipo de ola, su periodo, y cantidad de energía.

Ilustración 7. Descripción de longitud y alturas de olas en un tsunami.



Fuente: (Bryant, 2014)

Las olas en mar abierto tienen una forma sinusoidal y se vuelven más agudas mientras se acercan a la corteza continental, la separación entre las crestas puede llegar a ser tan grande que desaparece el cuerpo de la ola y solo se genera un gran pico esto se debe a que conforme la ola se aproxima a la costa transforma su energía cinética y la convierte a energía potencial, generalmente cuando esto ocurre se convierte en una ola solitaria, en esta ola se trasladan grandes masas de agua.

No siempre la primera ola en llegar a la costa es la más desastrosa. Por ejemplo durante el tsunami de 1868 en Suramérica donde existieron dos primeras olas que no generaron mayor desastre, sin embargo luego fue embestida por una tercera ola de aproximadamente 21m de altura, tuvo un alcance de 3 km tierra adentro, otro caso fue Hawaii en 1946 donde la tercera ola que impactó dejó muchos fallecidos.

Tabla 3. Clasificación de olas

Tipo de ola	Longitud de onda	Fuente de generación
Olas de viento	60 – 150 m	Vientos fuertes que afectan desde mar abierto y rompen en la playa. Poco intervalo entre ola y ola.
Tsunami	200 km	Se produce por un movimiento sísmico, erupción volcánica o deslizamientos submarinos
Marea	½ de la circunferencia de la tierra	Se produce por la atracción gravitacional de la tierra.

Fuente: (Texas, 2006)

Los tsunamis están categorizados en tres fases principales:

- *Generación*: Inicio del proceso cuando ocurre una fuerza externa que perturba el suelo submarino, la altura que alcance el tren de olas dependerá principalmente de la magnitud, velocidad, longitud de desplazamiento y profundidad del mar.
- *Propagación*: En esta etapa la energía es transportada desde la zona de generación hasta la costa. La altura de la ola es muy pequeña con respecto a su largo. Variaciones de la profundidad del fondo del mar pueden modificar la dirección de la ola. A medida que se acerca a la costa y se minimiza la profundidad del fondo marino, la energía tiene que acomodarse en un volumen más pequeño de agua provocando olas más altas y corrientes más rápidas.
- *Inundación*: Las olas pueden alcanzar varios metros de altura, si no hay acantilados o la topografía no es muy escarpada las aguas pueden penetrar centenares de pies adentro. En muchas ocasiones antes que ocurra la inundación ocurre un retroceso del mar, puede desbordar cientos metros de tierra, el más rápido movimiento del agua asociado con la inundación del tsunami puede destruir casas u otras estructuras que se encuentran en la costa.

b. ¿Cómo se produce un tsunami? La causa más frecuente son los terremotos, existen otras fuentes menos comunes como los derrumbes submarinos o erupciones volcánicas. (Ver Tabla 4). Un ejemplo de lo que produce las erupciones volcánicas fue la erupción volcánica de Krakatoa de 1883 que generó olas de hasta 40 metros.

Tabla 4. Causas de tsunamis en el Océano Pacífico.

Origen	Número de eventos	Porcentaje de eventos	Número de muertes	Porcentaje de muertes
Deslizamientos submarinos	66	4.4%	14,661	2.0%
Terremotos	1,242	83%	644,880	90.0%
Erupciones Volcánicas	67	4.5%	51,643	7.2%
Desconocido	122	8.1%	5,364	0.7%
Total	1,497	100%	716,548	100%

Fuente: (Bryant, 2014)

Dichos eventos no avanzan en una sola dirección, las ondas se expanden en todas las direcciones. Al principio las olas son imperceptibles, pero conforme se acerca a la costa van ganando fuerza y altura. La mayoría de tsunamis se producen en el Océano Pacífico a lo largo del cinturón de fuego (Ver Tabla 5), área geológicamente activa. Normalmente la parte baja de la ola, llega a la costa primero. Cuando esto sucede, se produce un vacío que succiona el agua hacia el mar y deja expuesto el mar y el suelo. Esta retracción del agua es una señal de alerta importante de un tsunami.

Todos los tsunamis son potencialmente peligrosos, aunque no todos provocan daños, pueden provocar inundaciones que arrastran todo a su paso y la destrucción del lecho submarino.

FEMA (Federal Emergency Management Agency), clasifica a los tsunamis en base al tiempo de llegada de la ola. Esto depende básicamente de la distancia en donde ocurre el evento que produce el primer levantamiento de las olas. Dentro de las tres clasificaciones se encuentran:

- Fuente lejana: Son también conocidos como trans – pacíficos o tele-tsunamis. Estos tsunamis tienen una duración de viaje de aproximadamente medio día o más desde la zona de generación y requieren que la fuente que lo genera sea bastante grande. (Yauri, 2008) Se generan usualmente a distancias mayores de 1000km. (FEMA, 2008)
- Fuente intermedia: Se denominan tsunamis regionales si la fuente de generación se encuentra entre 100 y 1000km del punto de observación. Tienen la peculiaridad de tener efectos limitados y localizados fuera de la región de origen. (Yauri, 2008) La llegada a la costa tardaría entre 30 minutos y 2 horas. (FEMA, 2008)
- Fuente cercana. Se denominan tsunamis locales cuando la fuente de generación del tsunami se localiza cerca al punto de observación, generalmente a menos de 100km de distancia y menor de una hora de viaje desde su origen. Este tipo de tsunamis son principalmente generados por sismos de grandes magnitudes, grandes deslizamientos de tierra o emisión de flujos piro-clásticos. (Yauri, 2008) Los tsunamis de origen cercanos se generan en las proximidades de las costas, estos son los más peligrosos debido a que en menos de 30 minutos la ola podría alcanzar la costa. Ante un tsunami de fuente cercana es importante estar preparado y evacuar hacia zonas seguras en el menor tiempo posible. (FEMA, 2008)

Tabla 5. Porcentaje de distribución de tsunamis en el mundo.

Lugar	Porcentaje
Este del Atlántico	1.6%
Mediterráneo	10.1%
Este de India	20.3%
Asia	0.8%
Océano Pacífico	25.4%
Japón – Rusia	18.6%
Este del Pacífico	8.9%
Caribe	13.8%
Oeste del Atlántico	0.4%

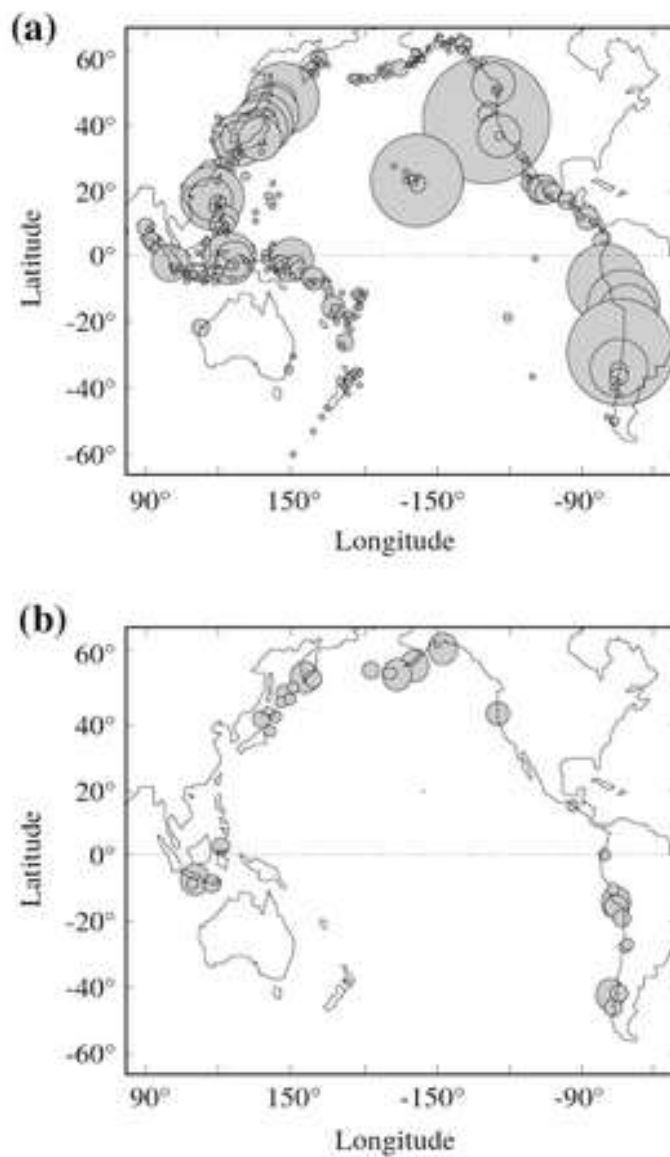
Fuente: (Bryant, 2014)

1) Mediterráneo: El mar Mediterráneo tiene uno de los historiales más grandes, han existido más de 300 eventos desde 1300 A.C. aproximadamente el 7% del origen de estos tsunamis han sido terremotos. El mayor evento que se ha presentado ocurrió el 28 de diciembre de 1908 en la región de Sicilia, Italia. Dejando aproximadamente 60,000 muertes, las olas alcanzaron alturas superiores a los 10m. La planicie del sur de Francia y del norte de Libia son producto de un tsunami, que se relaciona con la erupción en Santorini alrededor de 1470 A.C.

2) Mar Caribe: La costa sur de los Estados Unidos es particularmente propensa ante un tsunami debido a la falla entre la Placa del Caribe y la norteamericana, lo que produce fuerte actividad sísmica en el lugar. Sin embargo las zonas del mar Caribe se han visto azotadas mayormente por huracanes y tormentas tropicales. Han existido 84 eventos relacionados con tsunamis el 74% causado por terremotos, 14% por erupciones volcánicas y el 7% por deslizamientos submarinos. El mayor evento ocurrido ocurrió en Port Royal, Jamaica, un tsunami en 1692 que dejó 3,000 muertes.

3) Región del Océano Pacífico: La Ilustración 8 muestra la distribución de los tsunamis registrados en las costas del Océano Pacífico, el tamaño de los círculos es proporcional al número de observaciones de dichos eventos. Datos aproximados porque algunos países cuentan con sistemas de monitoreo que cuentan con un registro completo de los fenómenos que los afectan. «Cada 25 años se genera tsunami como consecuencia a un terremoto mayor a 8.2 Mw, afectando a todo el Océano Pacífico.» (Bryant, 2014)

Ilustración 8. Ubicación de los tsunamis en el Océano Pacífico.



Fuente: (Bryant, 2014)

Para las regiones del océano pacífico el tsunami es una mayor amenaza que los huracanes y tormentas tropicales, sobre todo para las pequeñas islas del sur del pacífico donde la población se concentra en las líneas costeras como en el caso de Indonesia. En la Tabla 6 se tabulan los tsunamis y regiones afectadas.

Tabla 6. Regiones afectadas por tsunamis en el Océano Pacífico.

Región	Tsunamis generados	Porcentaje
Japón	329	25.2%
Suramérica	278	21.3%
Nueva Guinea	129	9.9%
Filipinas	128	9.8%
Islas Kamchatka - Kuril	95	7.3%
Nueva Zelanda	82	6.3%
Norteamérica	78	6.0%
Alaska – Islas Aleutianas	77	5.9%
Centroamérica	72	5.5%
Hawaii	39	3.0%
Total	1,307	100%

Fuente: (Bryant, 2014)

En la Tabla 7 se describen los terremotos más significativos que durante los últimos 2000 años se han generado en las costas del Pacífico.

Tabla 7. Tsunamis más significativos en las costas del Océano Pacífico.

Fecha	Fuente	Altura máxima de la Ola (m)	Otras regiones afectadas
26 enero 1700	Washington D.C	desconocida	Japón
8 julio 1730	Concepción, Chile	desconocida	Japón
7 de noviembre 1837	Sureste de Chile	8	Hawaii
9 julio 1854	Islas de Kuril	desconocida	Japón
13 de agosto 1868	Chile	21	Costas del Pacífico
20 enero 1878	Islas Aleutianas	3	Hawaii
10 mayo 1877	Chile	24	Costas del Pacífico
31 enero 1906	Ecuador	5	Este del Pacífico
17 agosto 1918	Chile	3.6	Costas del Pacífico
7 septiembre 1918	Islas de Kuril	12	Filipinas
11 noviembre 1922	Chile	12	Costas del Pacífico
2 marzo 1933	Japón	29.3	Hawaii

Continuación Tabla 7

Fecha	Fuente	Altura máxima de la Ola (m)	Otras regiones afectadas
1 agosto 1940	Japón	3.5	noroeste del pacifico
1 abril 1946	Alaska	35	Costas del Pacifico
9 marzo 1957	Islas Aleutianas	16.2	noreste del pacifico
22 mayo 1960	Sur de Chile	25	Costas del Pacifico
20 noviembre 1960	Perú	9	Japón
28 marzo 1964	Alaska	67.1	noreste del pacifico
4 febrero 1965	Islas Aleutianas	10.7	noroeste del pacifico
11 agosto 1968	Japón	5	Japón
3 marzo 1985	Chile	3.5	Costas del Pacifico
17 julio 1998	Nueva Guinea	15	local
1 abril 2007	Islas Solomon	12.1	local
29 septiembre 2009	Samoa	22.4	local
27 febrero 2010	Chile	29	Sureste del Pacifico
11 marzo 2011	Japón	38.9	local

Fuente: (Center N. G., 2013)

c. Clasificación de los tsunamis. El sistema Nacional de Alarma de Maremotos (SNAM) clasifica los tsunamis de siguiente manera:

- *Tsunami instrumental*, los efectos son sólo detectables a través de instrumental de Estaciones de monitoreo. No generan ningún tipo de daño ni afectan a los sectores marítimos. Las amplitudes de tsunami esperadas, son inferiores a 30 centímetros en la costa.
- *Tsunami menor*, se presentan corrientes que pueden ser peligrosas para la actividad que se realice en el mar. Las amplitudes de tsunami debieran estar en el rango de 0,3 a 1 metro en la costa.
- *Tsunami intermedio*, efectos se traducen en inundaciones costeras en localidades con pendiente suave, daños leves a estructuras de material ligero y embarcaciones situadas en el borde costero. Las amplitudes de tsunami esperadas, debieran estar en el rango de 1 y 3 metros en la costa
- *Tsunami mayor*, grandes inundaciones en zonas costeras, con amplitudes de tsunami que podrían superar los 3 metros, generando daños a estructuras, buques de gran escala y pudiendo ocasionar muertes, lesiones u otros impactos. Sus efectos pueden extenderse y afectar a zonas costeras alejadas del área de generación del tsunami.

El Pacific Tsunami Warning Center proporciona otra clasificación:

- *Tsunami de origen atmosférico*, Ondas similares a los tsunamis, generadas por el rápido movimiento de un frente de presión atmosférica sobre un mar poco profundo aproximadamente a la misma velocidad de las ondas, permitiendo acoplamiento entre ellas.

- *Tsunami interno*, tsunami que se manifiesta como una onda interna viajando a lo largo de una termoclina.
- *Tsunami local*, tsunami con efectos destructivos que se confinan a las costas dentro de cien kilómetros de la fuente que lo generó, normalmente causado por un terremoto, a veces por un deslizamiento de tierra.
- *Microtsunami*, tsunami de amplitud tan pequeña que debe observarse instrumentalmente; no se puede detectar fácilmente de manera visual.
- *Tsunami regional*, tsunami capaz de causar destrucción en una región geográfica particular, generalmente dentro de 1000 km de su fuente. Ocasionalmente, los tsunamis regionales tienen también efectos muy limitados y localizados en zonas fuera de la región.

d. Intensidad y magnitud de un tsunami. Para estudiar de forma precisa los fenómenos tsunamigénicos existe una escala descriptiva de la intensidad del tsunami, esta escala se denomina escala de Sieberg – Ambraseys. (Ver Tabla 8).

Tabla 8. Escala modificada Sieberg de intensidades de tsunamis. (Escala Sieberg - Ambraseys)

GRADO	EFECTOS
I	Muy suave, la onda es solamente perceptible por los registros de los mareógrafos
II	. Suave, las ondas con perceptibles por la población en las costas,
III	Bastante fuerte, es perceptible en costas con pendientes suaves, y pequeñas embarcaciones, estructuras construidas con materiales débiles sufren daños menores, en estuarios se invierten los flujos de los ríos hacia arriba.
IV	Fuerte, inundación de costas, erosión en rellenos construidos artificialmente, edificaciones en costas dañadas, arrastre de sedimentos a las costas.
V	Muy fuerte, inundación de las costas, daños en muelles y estructuras sólidas cercanas a la costa, grandes daños por erosión de tierras. Arrastre de sedimentos y fauna marítima. Arrastre de todo tipo de embarcaciones a excepción de buques de gran dimensión, gran crecimiento de ríos, obras portuarias dañadas. Personas ahogadas, la ola se acompaña de un rugido.
VI	Desastroso, destrucción parcial o completa de estructuras, grandes inundaciones costeras, buques de grandes dimensiones son arrastrados y severamente dañados, árboles arrancados de raíz o rotos.

Fuente: (Center I. T., 2004)

1) *Magnitud*, es la medida del tamaño físico total de un tsunami, está definida en términos de amplitudes de ola y está definida por:

$$Mt = \log_2 H$$

Fuente: (Center I. T., 2004)

Donde H es la altura máxima de inundación (run-up) o la amplitud en un litoral cerca del área de generación, sin embargo, esta no es la única escala de magnitud de tsunamis, existen dos más. Definidas por:

$$Mt = \log H + B$$

Fuente: (Center I. T., 2004)

Donde H es la máxima amplitud de una sola cresta o depresión de las olas del tsunami (en metros) y B es una constante. Finalmente, la última conclusión a la que se ha llegado es:

$$Mt = \log H + a \log R + D$$

Fuente: (Center I. T., 2004)

Donde R es la distancia en kilómetros desde el epicentro del terremoto a la estación mareográfica a lo largo de la trayectoria oceánica más corta, y a y D son constantes.

Por otra parte, Iida en 1963 propone una escala de grados de tsunami, relacionando la máxima altura de subida que alcanza en tierra la ola (Run – up), medida sobre el nivel medio del mar; y la energía de los tsunamis correspondientes a diferentes grados de intensidad. Esta relación se puede observar en la Tabla 9.

Tabla 9. Escala de grados de tsunamis según Iida.

Grado de tsunami	Energía	Máxima altura de inundación, Run - Up (m)
5.0	25.5×10^{23}	> 32
4.5	12.8×10^{23}	24 - 32
4.0	6.4×10^{23}	16 - 24
3.5	3.2×10^{23}	12 - 16
3.0	1.6×10^{23}	8 - 12
2.5	0.8×10^{23}	6 - 8
2.0	0.4×10^{23}	4 - 6
1.5	0.2×10^{23}	3 - 4
1.0	0.1×10^{23}	2 - 3
0.5	0.05×10^{23}	1.5 - 2
0.0	0.025×10^{23}	1 - 1.5
-0.5	0.0125×10^{23}	0.75 - 1
-1.0	0.006×10^{23}	0.5 - 0.75
-1.5	0.003×10^{23}	0.3 - 0.5
-2.0	0.0015×10^{23}	< 0.30

Fuente: (Lllasat, 2010)

Posteriormente en 1970, Wiegel propone una escala con el grado de tsunamis y la descripción de los daños producidos. (Ver Tabla 10.)

Tabla 10. Escala de grados de un tsunami según Wiegel.

Grado tsunami	Altura de la ola (m)	Cota máxima de inundación, Run - Up (m)	Descripción de los daños
0	1 – 2	1 - 1.5	No produce daños.
1	2 – 5	2 -3	Casas inundadas y botes destruidos son arrastrados.
2	5 – 10	4 - 6	Hombres, barcos y casas son barridos.
3	10 -20	8 - 12	Daños extendidos a lo largo de 400 km tierra adentro.
4	> 30	16 - 24	Datos extendidos sobre más de 500 km a lo largo de la línea costera.

Fuente: (Lllasat, 2010)

e. Velocidad de un tsunami. En profundidades mayores de 6,000 metros las olas de tsunami pueden ser imperceptibles y viajar a más de 900k/h, a esta velocidad pueden trasladarse alrededor del mundo en menos de 24 horas. Al acercarse las ondas de los tsunamis a la costa, debido reducción de profundidad disminuye su velocidad y se acortan las longitudes de onda por lo tanto existe una concentración de energía aumentando la altura de la ola.

Debido a las formas de las olas, se ha adoptado una clasificación internacional de las olas descritas en la Tabla 11.

Tabla 11. Clasificación del mar en función de la altura de las olas

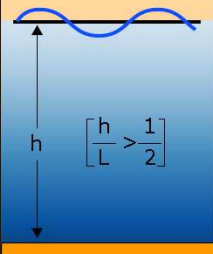
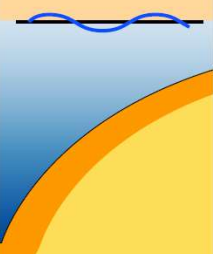
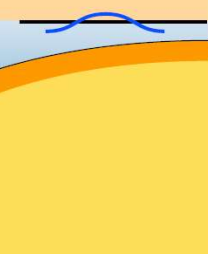
Denominación del mar	Altura de las olas (metros)
Calma	0
Rizada	0 – 0.1
Marejadilla	0.1 – 0.5
Marejada	0.5 – 1.25
Marejada fuerte	1.25 – 2.5
Mar gruesa	2.5 – 4.0
Mar muy gruesa	4.0 – 6.0
Arbolada	6.0 – 9.0
Montañosa	9.0 – 14.0
Enorme	Mayor de 14.0

Fuente: (Gutierrez, 2008)

La velocidad de un grupo de olas en agua profunda es menor que la velocidad de las componentes que la forman, la envolvente siempre va rezagada con respecto de las ondas individuales. En aguas poco profundas la velocidad del grupo es igual a la velocidad de la fase de la onda. Este fenómeno origina que las olas cambien gradualmente su velocidad de propagación y su dirección conforme se aproximan a la costa, dicho comportamiento se denomina refracción de las olas. (Gutierrez, 2008)

La ecuación de la velocidad de las olas está en función de la profundidad en la que viajan, mayor profundidad mayor velocidad. Por lo tanto, a continuación, se proporciona una tabla con las ecuaciones para la velocidad de la ola dependiendo en la fase en la que se encuentre. (Ver Tabla 12) Donde $k = 2\pi/L$, es el denominado número de onda; h la profundidad del agua; L la longitud de onda; g la aceleración de la gravedad y \tanh , la tangente hiperbólica. La velocidad de fase está representada por la letra C .

Tabla 12. Descripción de velocidad de la fase en una ola.

Función	Agua profunda	Intermedia	Agua somera
Velocidad de fase, C	$\frac{g}{2\pi}T$	$\left[\frac{g}{k}\tanh(kh)\right]^{1/2}$	$[gh]^{1/2}$
Límites de aplicación			

Fuente: (Gutierrez, 2008)

Un fenómeno que puede producirse cuando las olas llegan a la costa es el de reflexión, la ola choca contra un obstáculo o barrera vertical; la ola se refleja con muy poca pérdida de energía. Asumiendo que el tren de ondas es regular la suma de las ondas incidentes y reflejadas origina una ola estacionaria, en la que se anulan mutuamente los movimientos horizontales de las partículas.

En condiciones ideales la energía de la onda estacionaria resultante es dos veces la de la onda incidente, fenómeno que puede utilizarse en la conversión de oleaje para velocidades idealizadas.

1) Velocidades de idealizadas Olas del Mar. Esta velocidad es dependiente de la longitud de onda y para mares poco profundos, también depende de la profundidad del agua. La velocidad puede describirse como:

$$v = \sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi} \tanh\left(2\pi \frac{d}{\lambda}\right)}$$

Donde:

λ = longitud de onda

d = profundidad

g = aceleración de la gravedad

En aguas profundas, \tanh se aproxima al valor 1, de modo que:

$$v \approx \sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi}} \text{ para aguas profundas, } d > \frac{\lambda}{2}$$

$$v \approx \sqrt{gd} \text{ para aguas poco profundas, } d < \frac{\lambda}{2}$$

(Olmo & Nave, 2000)

En mar abierto las olas pueden ser imperceptibles, al entrar en aguas menos profundas la longitud de onda y la velocidad de la ola disminuyen causando una amplitud en la ola. Para “ondas ideales” dada una longitud de onda de 282 km a 7000 pies de profundidad se proporciona la siguiente tabla:

Tabla 13. Aproximación de velocidades para olas ideales utilizando las velocidades de idealizadas de olas de mar.

Profundidad (metros)	Velocidad (km/h)	Longitud de onda (km)
7000	943	282
4000	713	213
2000	504	151
200	159	48
50	79	23
10	36	10.6

Fuente: (Olmo & Nave, 2000)

f. Mecanismos de daños. La llegada de un tsunami a las costas se manifiesta por un cambio anómalo en el nivel del mar, generalmente se presenta un aumento o retroceso del agua en las costas, cuando ocurre un retroceso deja al descubierto grandes extensiones del fondo marino. La energía acumulada en las olas del tsunami se descarga en el impacto contra las costas.

La dinámica del tsunami en tierra es bastante compleja, mientras mayor sea la altura de la ola, mayor es la energía acumulada y dependiendo de la pendiente costera y morfología del terreno así será el área inundada. La variación en las formas y pendientes de la batimetría submarina cercana a la línea costera influye

directamente en el potencial de energía del tsunami, ocurriendo una amplificación o atenuación de las ondas produciendo distintos tipos de daños:

- 1) *Daños producidos por el momento de flujo*, daños que se producen por efectos del torque o momento, se origina cuando la masa de agua seguida por una fuerte corriente impacta las estructuras y su entorno, cuando la masa de agua fluye de vuelta al mar (resaca) los escombros arrastrados aplican mayor fuerza de empuje al flujo que choca por segunda vez en la estructura anteriormente debilitadas por la primera embestida.
- 2) *Daños por inundación*, si el flujo que se produce no fuera de gran magnitud, las inundaciones produce que materiales y objetos que no estén ligados fuertemente a su base puedan flotar, como casas sin buenos cimientos, provocando que estos choquen contra otras estructuras dañándolas o generando víctimas que sean embestidas.
- 3) *Daños producidos por Socavamiento*, estos daños generalmente se observan en infraestructuras portuarias, cerca de la costa la corriente producida por el tsunami, remueve la arena del fondo del mar, socavando la cimentación de las estructuras, este efecto también se observa en cimientos de ferrocarriles o carreteras. Este daño produce grandes efectos de rescate o para trabajos de reconstrucción.

Los daños y la fuerza destructiva en el área costera dependen de los siguientes factores:

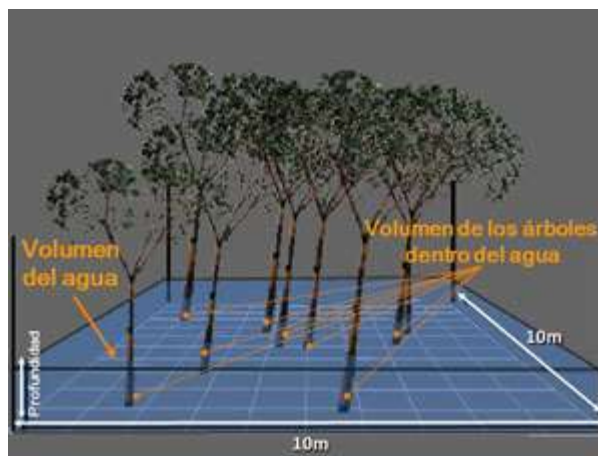
- Magnitud del fenómeno que lo induce. Si la fuente que lo produce es un terremoto se debe considerar la magnitud y profundidad del foco.
- Influencia de la topografía submarina en la propagación del tsunami.
- Costa en peldaños, zona que tiene una plataforma continental con cambios bruscos de pendiente, el efecto que produce es que la ola pierda gradualmente su energía cinética (potencial) ante sucesivos choques de la masa de agua con el fondo marino.
- Costa forma de rampa, línea costera con topografía de pendientes suaves, en que la plataforma continental penetra suavemente en el mar. Esto permite que la energía del tsunami sea transmitida en su totalidad, y por lo tanto el poder destructivo será mayor. Costas de mayor riesgo.
- Distancia a la costa desde el punto donde se generó el movimiento (epicentro).
- Configuración de la línea costera.
- Características direccionales del eje de una bahía respecto al epicentro.
- Presencia o ausencia de corales o rompeolas.
- Estado de la marea durante el tsunami.
- Influencia de la topografía en la superficie, incluye pendientes y grado de rugosidad derivado de construcciones, árboles y obstáculos presentes. (Universidad católica de Santiago, 2013)

g. Barreras naturales

1) Bosques costeros. El tsunami ocurrido en Indonesia en el 2004 fue uno de los tsunamis más desastrosos en el océano Índico, este evento hizo cuestionar a la comunidad internacional sobre la prevención de los riesgos y la factibilidad de un bosque costero.

Sobre el impacto que un tsunami tenga se deben tomar en cuenta la medición del evento que lo provoca y el análisis del comportamiento en función de los obstáculos con los que se encuentra. (Ver Ilustración 9).

Ilustración 9. Simulación de bosque costero y su influencia en una inundación.



Fuente: (Service, 2011)

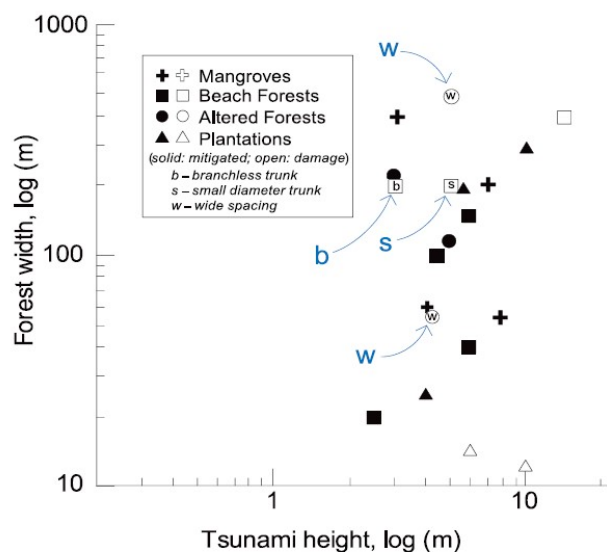
2) Manglares. De acuerdo al Instituto Geofísico del Perú los manglares pueden comportarse como una barrera natural que ayudan a disminuir la altura de la ola y retrasar el tiempo de llegada para que la población pueda evacuar hacia puntos seguros. Malasia, parte de India y Sumatra fueron protegidos parcialmente por los manglares durante el tsunami del 2004. (Ver Tabla 14)

Este desastre provocó incrementó el interés por replantar las áreas degradadas y deforestadas de manglares en Asia para mejorar la protección costera. Los ecologistas y otros estudiosos de los sistemas costeros han expresado que de haber existido más barreras naturales protectoras, como los manglares, arrecifes de coral y otros, podrían haberse reducido las pérdidas humanas. La atenuación de la ola por los manglares dependerá de la densidad de este.

En Tailandia, India, durante el tsunami los árboles bien establecidos como el manglar Pichavaram actuaron como un cinturón protector que ralentizaron las olas y brindó protección para más de 1700 personas que viven en aldeas situadas a una distancia entre 100 y 1000 metros de los manglares. En Malasia, en las zonas donde los manglares están intactos, los daños fueron reducidos, según ha informado la Asociación de Pescadores Costeros de Penang Bienestar. En Indonesia, el número de muertos en la isla de Simeuleu, ubicada cerca del epicentro fue relativamente bajo, en parte debido a los manglares que rodean la isla. Los bosques grandes de manglares mitigan la fuerza del tsunami en la provincia de Phang Nga (Tailandia), donde el daño

fue mínimo. Estudios realizados en el lugar después del tsunami revelaron que en lugares donde había bosques existió un impacto menor (Ver Ilustración 10)

Ilustración 10. Impacto de las olas con relación en altura y densidad de los bosques en el tsunami de Indonesia, 2004.



Fuente: (Forbes & Broadhead, 2007)

Tabla 14. Clasificación de la protección de barreras naturales en el tsunami del océano Índico, 2004.

Altura de la ola (m)	Inundación (m)	Protección o fracaso	Contiguo o lejano a la costa	Tipo de protección	Ancho (m); Densidad (m)	Especificaciones	Lugar
15 -30		Fracaso	Contiguo	Playa	400+	Casuarina y otros árboles, 5m de dunas de arena.	Lhoknga, west Aceh, Indonesia
10		Fracaso	Contiguo	Plantaciones	10+ en 2 filas	Cinturón de Casuarina.	Phang Nga, Tailandia.
10+	10	Protección	Contiguo	Plantaciones	250 - 300	Arboleda de Marañón.	Ranong, Tailandia.
8	5+	Protección	Contiguo	Manglar	>50	Los primeros 50 m cubiertos de manglares.	Phang Nga, Tailandia.
7 - 12		Fracaso	Contiguo	Manglar	150 tallo/m ²	Manglares rotos e interrumpidos.	Banda Aceh, Indonesia.
7 - 9	4 -6	Protección	Lejano	Manglar	200	Manglares densos	Hambantota, Sri Lanka
Altura de la ola (m)	Inundación (m)	Protección o fracaso	Contiguo o lejano a la costa	Tipo de protección	Ancho (m); Densidad (m)	Especificaciones	Lugar
7		Protección	Lejano	Manglar	5 -6	Estuarios y vegetación de ríos	West Java, Indonesia.

Continuación tabla 14

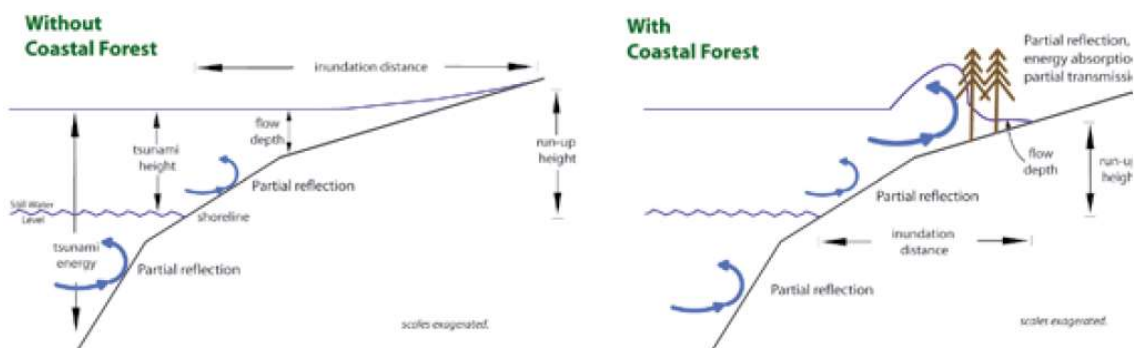
6 - 9		Fracaso	Lejano	Plantaciones	10 - 15	Cinturón de Casuarina altamente dañado.	Batticaloa, Sri Lanka.
6 - 7		Protección	Contiguo	Playa	40	Pendientes bruscas.	West Java, Indonesia.
6	4.5 - 5	Protección	Lejano	Playa	155	Manglares y pantanos.	Rekawa, Sri Lanka.
5.2 - 6.8		Protección	Contiguo	Mixto	100	Arboleda de coco que impide la erosión.	Phang Nga, Tailandia.
5 - 6	3	Protección	Lejano	Mixto	>100	Densidad de palmeras de coco.	Kalutara, Sri Lanka.
5.0 - 5.5		Fracaso	Lejano	Playa	200	Arbustos y árboles pequeños.	Yala, Sri Lanka.
5	3	Fracaso	Lejano	Mixto	500	Presencia de algunas palmeras.	Hikikaduwa, Sri Lanka.
4.5 - 5.5		Protección	Lejano	Playa	100	Pantanos y densidad de palmeras.	Galle, Sri Lanka.
4.5		Protección	Lejano	Plantaciones	200	Gran reducción de daños por la presencia de casuarinas con más de 35 años.	Tamil Nadu, India.
4.7	3-5	Protección	Ambas	Plantaciones	20 - 26	Pino Japonés.	Japón
4.5		Protección	Contiguo	Manglar	50	Poca inundación.	Ranong, Tailandia.
4.5		Protección	Lejano	Manglar	10 - 15	Distancia al mar y la elevación con pendientes bruscas.	Tamil Nadu, India.
4	2.5	Fracaso	Lejano	Mixto	54	Poca presencia de palmeras.	Oluvil, Sri Lanka.
3 - 7		Protección	Contiguo	Manglar	400	Ayuda del manglar en el impacto.	Islas Nicobar, India.
3		Fracaso	Contiguo	Playa	200	Poca presencia de Casuarina.	Ranong, Tailandia.
2 - 3	1 - 2	Protección	Lejano	Mixto	200+	Bosques costeros, arboleda de coco, y horticultura.	Kerala, India.
1.5 - 2.5	1 - 2	Protección	Lejano	Playa	15 - 20	Presencia de arbustos y árboles.	Islas Maldivas

Fuente: (Forbes & Broadhead, 2007)

La función de toda barrera contra tsunamis ya sea un bosque costero, rompeolas, malecón, o un acantilado es de absorber las fuerzas de impacto y para retardar el flujo de las grandes olas. Un malecón, si es lo suficientemente alto o los taludes naturales de la batimetría de la costa, refleja la onda de nuevo al mar. Los rompeolas y los bosques costeros tratan de minimizar la profundidad del agua.

En el caso de un bosque costero, la energía se absorbe progresivamente a medida que pasa a través de este. Sin la barrera del bosque, el tsunami llegaría con sus efectos máximos determinados por la magnitud y la naturaleza del evento sísmico que lo provoca y factores locales, tales como el perfil de la costa, batimetría en alta mar y pendiente de la playa. Una vez que el tsunami llega a la costa, la cantidad de reducción en el agua, profundidad, velocidad y fuerza depende de la cantidad de agua que se refleja y la energía absorbida por las barreras. (Ver Ilustración 11)

Ilustración 11. Efectos del tsunami en la costa con y sin barrera.



Fuente: (Forbes & Broadhead, 2007)

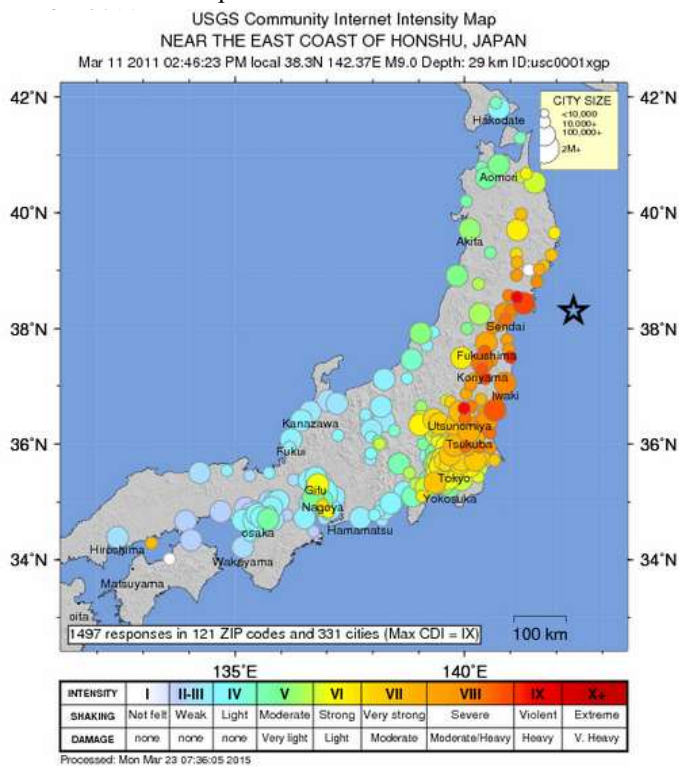
B. Tsunamis mundiales

1. Japón, 2011.

a. Terremoto. El 11 de marzo de 2011 aproximadamente a las 05:46 am (UTC), 14:46 hora local, se produjo un terremoto de magnitud 9.0 Mw (Ver Ilustración 12) cerca de la costa este de Honshu, Japón. A consecuencia del movimiento sísmico, se produjo un tsunami con olas de hasta 40.5 metros.

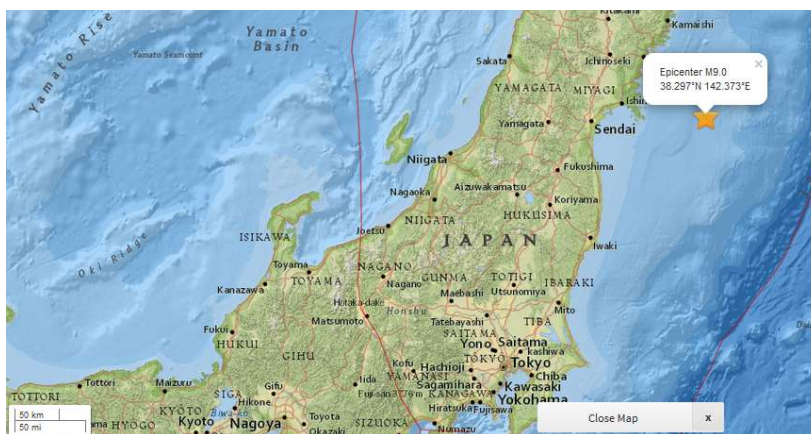
Dos días antes del evento principal ocurrió un terremoto preliminar de menor magnitud (9 de marzo, 2011) con una magnitud de 7Mw. En la Ilustración 13 se identifica el epicentro localizado frente a la costa de Honshu, 130 km al este de Sendai, el movimiento sísmico ocasionado en la zona de subducción entre la Placa del Pacífico y la Norteamericana tuvo una duración aproximada de 6 minutos.

Ilustración 12. Mapa de intensidad del terremoto ocurrido en



Fuente: (USGS, M9.0 - near the east coast of Honshu, Japan, 2011)

Ilustración 13. Mapa con la localización del epicentro del terremoto ocurrido en Japón 2011.



Fuente: (USGS, M9.0 - near the east coast of Honshu, Japan, 2011)

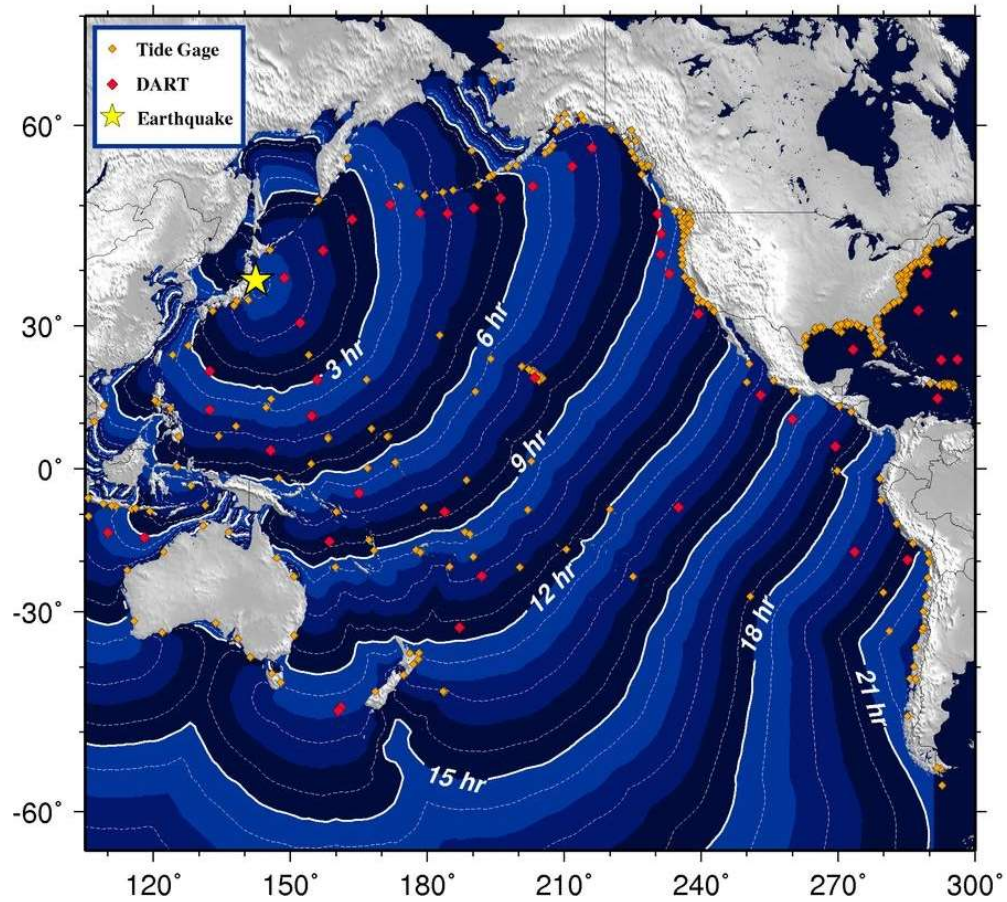
Un minuto antes del terremoto, el sistema de alerta de terremotos, conectado a cerca de 1,000 sismógrafos generó una alerta, salvando una gran cantidad de vidas. De acuerdo al USGS la energía liberada durante el terremoto fue de $1.9 \pm 0.5 \times 10^{17}$ joules, equivalente a 0,320 giga toneladas de TNT o 600 millones de veces la energía de la bomba nuclear de Hiroshima.

b. Tsunami. Un terremoto con estas características tiende a generar tsunamis por lo que después del sismo se generó una alerta de tsunami para la costa del pacífico de Japón y otros países como Estados Unidos, América Central, Sudamérica, Australia y Filipinas. En la ilustración 14 se describe el tiempo esperado de llegada luego del evento principal, esperando que tocara la costa de Guatemala en aproximadamente 17 horas después del evento principal.

Se observó una ola de 10 metros desde el aeropuerto de Sendai, causó destrucciones de edificios y estructuras en todo Japón, ocasionó grandes inundaciones en Hawaii, Oregón y California. En Estados Unidos el lugar más afectado fue Crescent City, al norte del condado de Carolina del norte (lugar conocido por ser muy vulnerable ante tsunamis). El tsunami llegó hasta las costas de Hawaii, provocando inundaciones de 3 km tierra adentro. En lugares como Centroamérica las olas tuvieron alturas entre 15 y 40 centímetros. En la ilustración 15 se ejemplifica las alturas de las Olas conforme a su propagación. En Chile la localidad más perjudicada fue Puerto Viejo, donde 80 casas quedaron destruidas y 200 con daños severos. En Dichato, embarcaciones fueron arrastradas tierra adentro, el resto de regiones en Chile no sufrieron mayores daños más que el aumento del nivel del mar.

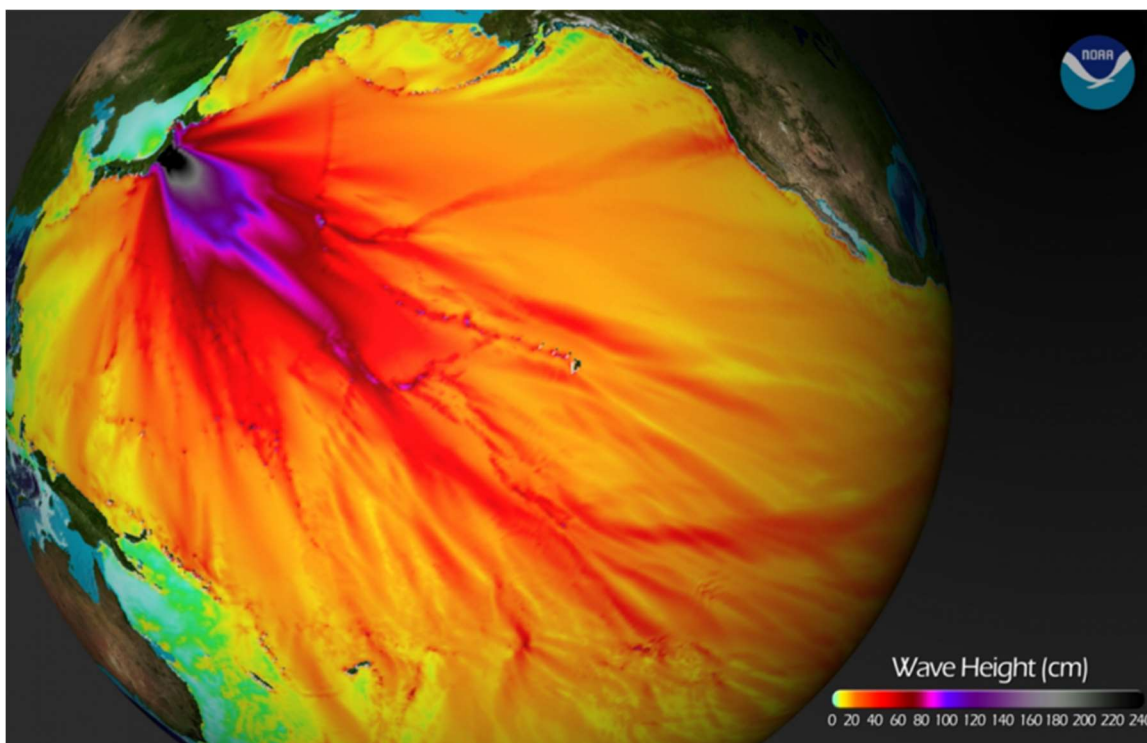
Este evento ha sido el más catastrófico en la historia de Japón, porque el terremoto tuvo consecuencias como el tsunami, la erupción del volcán Karangetang y la licuefacción del suelo. Se hicieron reportes oficiales policiales y de las ONG que apoyaron posteriormente llegando a una cantidad de 15,900 muertes, 3000 personas desaparecidas y 122,000 estructuras totalmente colapsadas.

Ilustración 14. Tiempo de llegada de la ola para las regiones del pacifico en el tsunami de Japón, 2011



Fuente: (National Oceanic and Atmospheric Administration, 2011)

Ilustración 15. Mapa de alturas de propagación de ola del tsunami en Japón, 2011.



Fuente: (National Oceanic and Atmospheric Administration, 2011)

Licuefacción del suelo, los niveles de licuefacción del suelo se extendieron por grandes distancias en todo Japón, grandes estructuras se hundieron e inclinaron, aunque estructuralmente se mantuvieron intactas. Los cambios en el suelo destruyeron tuberías de agua, gas y alcantarillados por lo tanto paralizaron distintos servicios públicos, inutilizando infraestructuras de uso vital. Como resultado de este fenómeno las comunidades afectadas son ahora más susceptibles a inundaciones durante las mareas altas por el hundimiento ocasionado.

c. Pérdidas económicas. *Comunidades afectadas*, en la Tabla 15 se describen los daños producidos por el tsunami, el análisis hecho por la agencia de la policía nacional japonesa reflejó que el 92.5% de los fallecidos murieron ahogados. Se confirmó la muerte de 19 extranjeros de nacionalidades estadounidenses, china, nor y sur corea, paquistaní y filipina.

La inversión de billones de dólares que Japón había hecho en muros marinos anti – tsunamis con 12 metros de altura que bordean por lo menos el 40% de su extensión territorial, fue inútil porque el tsunami pasó por encima de ellos y llevándose algunos de ellos a su paso. (Onishi, 2011)

Tabla 15. Tabla de daños producidos por el terremoto y tsunami, Japón 2011.

Prefecture	Type of damages		Personnel damages			Property damages										Damaged roads Place	Damage d bridges Place	Landslides Place	Break of dikes Place	Damaged railways Place
	Killed Person	Missing Person	Injured			Total collapse Door	Half collapse Door	Swept out Door	Total burn down Door	Partial burn down Door	Inundated above floor level Door	Inundated below floor level Door	Partially damaged Door	Non-dwelling houses Door						
			Severely injured Person	Slightly injured Person	Total Person															
Hokkaido	1			3	3		4				329	545	7	469						
Aomori	3	1	26	86	112	308	701						1,006	1,402	2					
Iwate	4,673	1,123			213	19,507	6,568		33			6	18,921	4,700	30	4	6			
Miyagi	9,541	1,233			4,145	82,999	155,130		135			7,796	224,198	26,796	390	12	51	45	26	
Akita			4	7	11								5	3	9					
Yamagata	2		8	21	29								21	96	21		29			
Fukushima	1,613	197	20	163	183	15,194	79,575		77	3	1,061	351	141,332	1,010	187	3	9			
Tokyo	7		20	97	117	15	198		1				4,847	1,101	295	55	6			
Ibaraki	24	1	34	678	712	2,630	24,374		31		1,799	779	187,507	22,609	307	41				
Tochigi	4		7	126	133	261	2,118						73,552	295	257		40		2	
Gunma	1		14	28	42		7						17,679		36		9			
Saitama			7	38	45	24	199		1	1		1	1,800	33	160					
Chiba	21	2	29	229	258	801	10,152		15		157	731	55,044	660	2,343		55		1	
Kanagawa	4		17	121	138		41						459	13	160	1	2			
Niigata				3	3								17	9						
Yamanashi				2	2								4							
Nagano				1	1															
Shizuoka			1	2	3							5	13							
Gifu															1					
Mie				1	1										9					
Tokushima												2								
Kochi				1	1							2								
Total	15,894	2,557			6,152	121,739	279,067		297		3,352	10,231	726,412	59,205	4,198	116	207	45	29	

Fuente: (Lekkas, Andreadakis, & Alexoudi, «The Mw=9.0 Tohoku Japan Earthquake (March 11, 2011) Tsunami Impact on Structures and Infrastructure», 2011)

Debido a las diversas fuentes de información para esta catástrofe, los valores del daño ocasionado por este tsunami son variados, pero se estima que podrían estar cerca de los 300 billones de dólares. Estos costos de la catástrofe toman en cuenta las pérdidas económicas en la infraestructura, y los daños a la central nuclear antes mencionada. Debido a esta catástrofe, la firma de servicios financieros globales Morgan Stanley estimó que el ritmo de expansión mundial económica de Japón se reduciría a 3.8% (0.5% menor que antes del desastre). También el Fondo Monetario Internacional estimó que el crecimiento económico de este país se podría posicionar en un 1.4%, valor menor que el 1.6% con el cual se contaba antes de este evento. De la misma manera, el centro de estudios Chatham House, en Londres, evaluó que el capital de trabajo japonés perdido con esta catástrofe se acerca a un 10%, y que la reconstrucción se podría dar en un plazo de 4 a 5 años aproximadamente. (Cánovas, 2011) (Reuters, 2011) (Costo del tsunami de Japón casi cuadruplica al del huracán Katrina, 2011)

2. Chile, 2010.

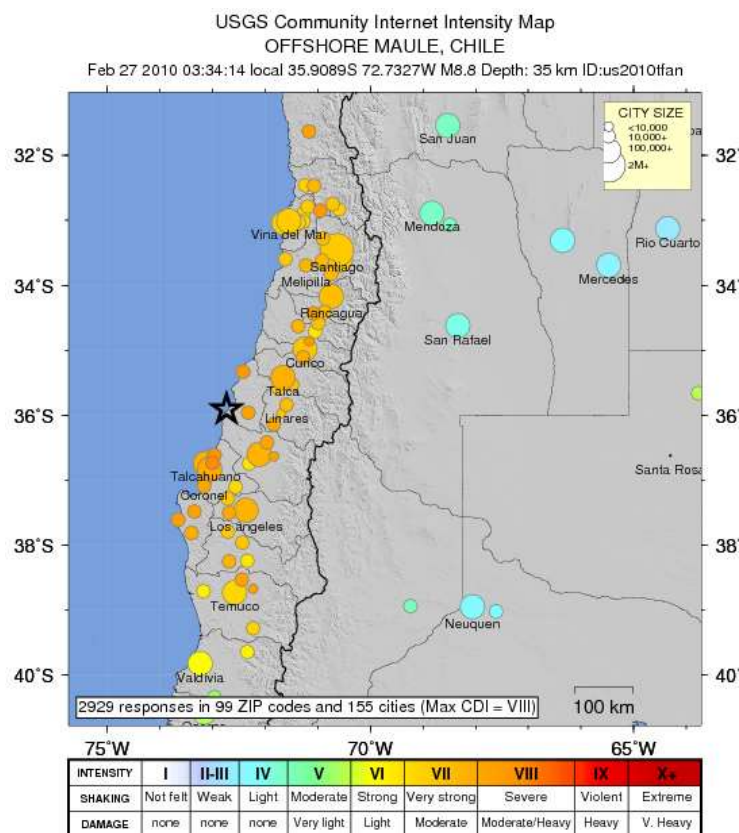
a. Terremoto. El sábado 27 de febrero de 2010 ocurrió un terremoto de 8.8 Mw. Aproximadamente a las 3:34 hora local (UTC -3) el epicentro fue localizado aproximadamente a 150 kilómetros al noroeste de Concepción en el mar de Chile. (Ver Ilustración 16).

El terremoto ocurrió en la frontera de convergencia entre la placa Nazca y la placa sudamericana, las regiones más afectadas fueron Valparaíso, Santiago, Bio Bio y La Araucanía. Según la Nasa el fuerte terremoto hizo un cambio en la masa terrestre haciendo el día más corto en 1.26 microsegundos e inclinó el eje terrestre. Existieron réplicas inmediatamente después del terremoto, en las 24 horas siguientes que alcanzaron una intensidad de 6.9 Mw.

Dicho sismo tuvo una duración aproximada de cuatro minutos en las zonas aledañas al epicentro y dos minutos en la ciudad. Este evento es considerado como el tercer sismo más fuerte del país y el octavo en la historia del mundo. La energía liberada por el sismo es equivalente a 100,000 bombas atómicas, similar a la energía de la bomba atómica de Hiroshima en 1945.

La Tabla 16 describe el grado de intensidad en del sismo tuvo una variación en las regiones de Chile.

Ilustración 16. Mapa de la locación del epicentro e intensidad del terremoto de Chile, 2010.



Fuente: (USGS, M.8.8 Offshore Bio - Bio, Chile, 2010)

Tabla 16. Intensidad en las regiones de Chile afectadas por el terremoto del 2010.

Lugar	Región	Población	Intensidad Mercalli
Constitución	VII del Maule	33.914	IX
Concepción	del Biobío	1.035.650	IX
Talca	del Maule	268.994	VIII
Curicó	del Maule	153.447	VIII
Linares	del Maule	87.661	VIII
Chillán	del Biobío	165.528	VIII
Los Ángeles	del Biobío	187.494	VIII
Rancagua	de O'Higgins	236.363	VIII
Santiago	R. Metropolitana	5.428.590	VIII
Temuco	de la Araucanía	339.664	VIII

Continuación Tabla 16

Lugar	Región	Población	Intensidad Mercalli
Victoria	de la Araucanía	33.501	VIII
Angol	de la Araucanía	53.996	VIII
Gran San Antonio	de Valparaíso	143.246	VIII
Gran Valparaíso	de Valparaíso	979.127	VII
Gran Quillota	de Valparaíso	171.777	VII
Valdivia	de Los Ríos	127.750	VI
Illapel	de Coquimbo	30.355	VI
Conurbación La Serena-Coquimbo	de Coquimbo	429.794	V
Osorno	de Los Lagos	153.797	V
Gran Puerto Montt	de Los Lagos	266.200	V
Vallenar	de Atacama	48.129	IV
Copiapó	de Atacama	125.983	III
Antofagasta	de Antofagasta	285.255	II
Calama	de Antofagasta	126.135	II

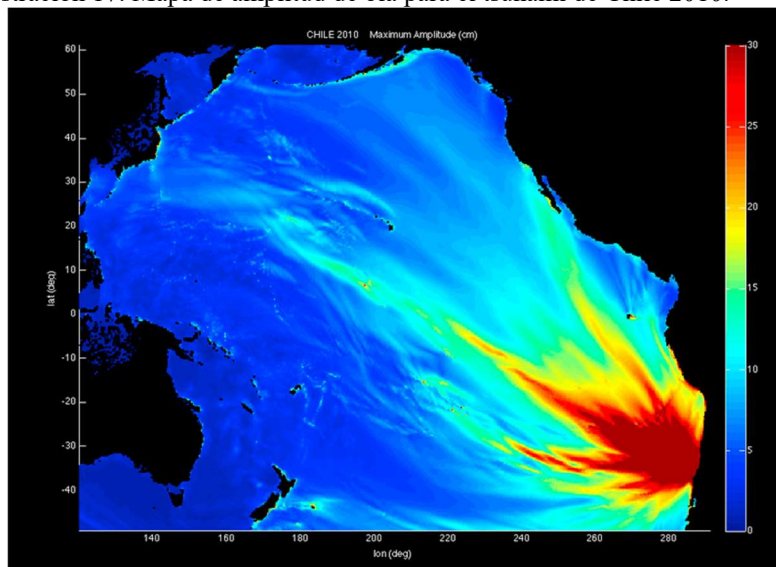
Fuente: (Chile, 2010)

Durante las 24 horas siguientes al evento principal existieron réplicas algunas alcanzaron una magnitud de 6.9 Mw. Causando el colapso de estructuras que habían quedado dañadas durante el terremoto.

b. Tsunami. Un fuerte tsunami impactó las costas chilenas como consecuencia del terremoto, por errores e indecisiones de los organismos encargados del monitoreo ninguna alerta fue emitida, casi 35 minutos después del terremoto una primera ola arrasó con la población del archipiélago de Juan Fernández. El Centro de Alerta de tsunamis del pacífico (PTWC) generó pocos minutos después del tsunami una alerta a 53 países incluidos Perú, Ecuador, Colombia, Panamá, Costa Rica, Nicaragua y costas de Hawaii.

De acuerdo a un artículo publicado por Vista al Mar el 31 de marzo 2010 se realizaron estudios que incluyeron el análisis de algas y restos de plantas que se ubicaron en las partes de árboles y algunos cerros, los resultados reflejaron que las olas del tsunami alcanzaron los 30 metros de altura (Ver Ilustración 17) y se estima una velocidad promedio de ola de 800 km/h.

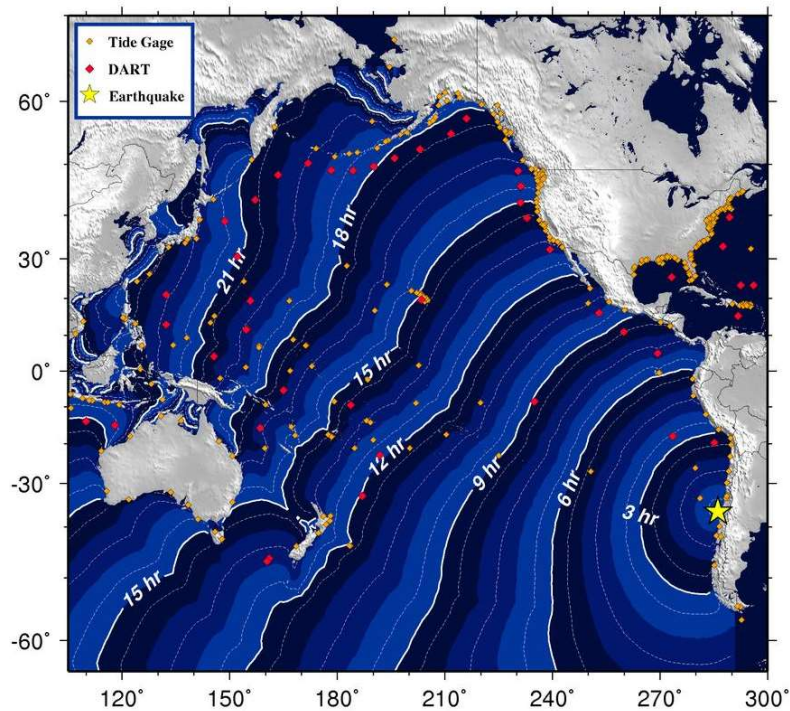
Ilustración 17. Mapa de amplitud de ola para el tsunami de Chile 2010.



Fuente: (National Oceanic and Atmospheric Administration, 2011)

El tsunami se amplió por gran parte del Pacífico, en la Isla de Pascua la población logró ser evacuada antes que las olas impactaran seis horas después de haberse generado. En la Polinesia Francesa las olas llegaron a los 2 metros de altura. La Ilustración 18 esquematiza los tiempos de llegada de la ola a distintas costas del Pacífico.

Ilustración 18. Tiempo de llegada de la ola a las regiones afectadas por el terremoto de Chile, 2010.



Fuente: (National Oceanic and Atmospheric Administration, 2011)

Comunidades afectadas, las víctimas llegaron a 525 fallecidos. 500mil viviendas daños severos y 2 millones de damnificados. Se vio afectada aproximadamente el 80% de población chilena, ocasionó 512 muertos, 16 desaparecidos y 800 mil personas damnificadas. La mayor cantidad de fallecidos fue debido al tsunami. Después del terremoto casi todos los servicios básicos presentaron fallas, la red de distribución de energía eléctrica fue la primera en colapsar por la caída de distintos postes, la telefonía móvil, fija y suministro de agua también presentaron fallas.

Chile se ha visto afectado frecuentemente por fenómenos naturales provocando emergencias y desastres. Por ello, había tomado la decisión años atrás de construir un Sistema de Protección Civil que asigna roles y atribuciones a los distintos órganos del Estado en una respuesta que prevenga, mitigue y atienda las consecuencias, dicho plan está orientado a que la Protección Civil prevenga la ocurrencia de desastres, para mitigar su impacto y preparar la respuesta ante su ocurrencia. «El terremoto y tsunami del 27 de febrero de 2010 requirieron la aplicación del Plan Nacional de Protección Civil en toda su magnitud, exigiendo a las autoridades respuestas asertivas y oportunas y, a la población, prácticas y comportamientos que mitigaran el impacto del desastre.» (Salud, 2010)

El gran error de Chile fue ignorar la alerta de tsunami que originó el Pacific Tsunami Warning Center, de acuerdo a un comunicado generado por este centro se especifica que 15 minutos después del terremoto se hizo una llamada al Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile (SHOA), el encargado en ese momento no dominaba el idioma inglés y no notificó la alerta.

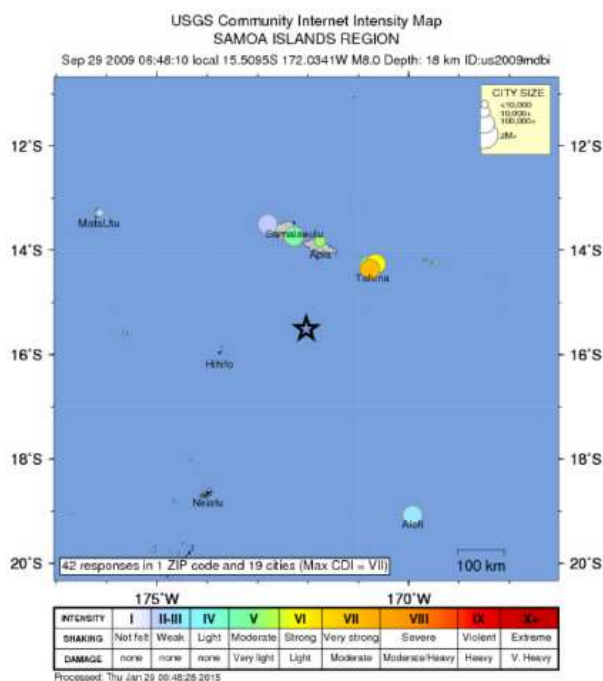
Existieron pérdidas por más de 30 millones de dólares, las infraestructuras que más daños sufrieron fueron los puentes, especialmente 4400 situados al sur del país algunos de los cuales debieron ser reconstruidos en su totalidad.

3. Samoa, 2009

a. Terremoto. El 29 de septiembre de 2009 ocurrió un terremoto de magnitud 8.1 Mw a las 17:48 (UTC). El epicentro fue localizado en el océano Índico a 25 km al sur de Yogyakarta, Java, Indonesia con una duración de casi 3 minutos. (Ver Ilustración 19).

El límite entre la placa de Australia es una de las áreas con mayor sismicidad debido a su límite convergente entre la placa del Pacífico y la Placa de Australia. Desde 1900 se han registrado más de 15 sismos con intensidades mayores a 7.5Mw. Luego del evento principal el Centro de Alerta de Tsunami del Pacífico (PTWC) registró un aumento en los niveles del mar de aproximadamente 3 pulgadas. Existieron más de 40 réplicas con una magnitud mayor de 5.0Mw posterior al terremoto principal.

Ilustración 19. Mapa de la localización del epicentro e intensidad del terremoto de Samoa, 2009.

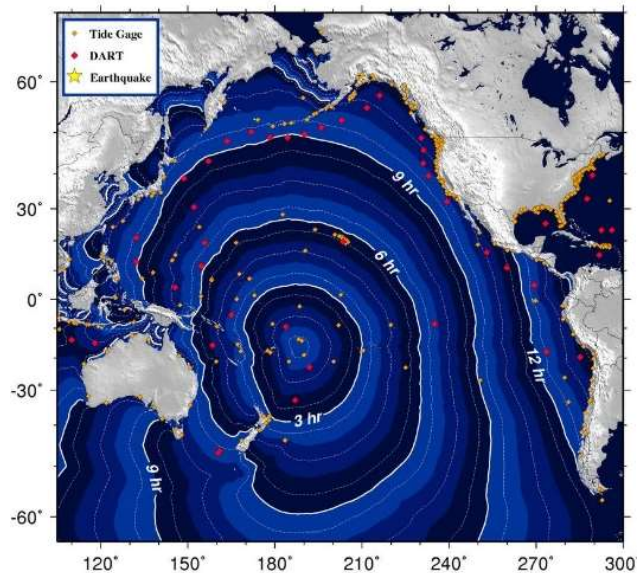


Fuente: (USGS, M8.1 Samoa Islands , 2009)

b. Tsunami. El terremoto generó un tsunami que rompió contra las costas de Samoa aproximadamente 10 minutos después, estudios realizados por el Instituto Nacional del Agua y de Investigación Atmosférica (NIWA) y ciencias GNS determinaron que el tsunami de Samoa consistió de dos a tres olas significativas que alcanzaron los 14 metros de altura y 700 metros tierra adentro. Se emitieron alertas para Hawai y Papua Nueva Guinea. Para América se esperaban que las olas llegaran a las costas 9 horas después del evento principal (Ver ilustración 20).

El departamento de la NOAA recibió informes enviados desde boyas de monitorización del estado el gráfico reveló una elevación de más de 30 metros en el nivel medio del mar en aquellas zonas. La Ilustración 21 corresponde a un registro de la boya 51407 localizada a unos 260 km de Hawaii, que detectó un incremento en la altura de las olas de casi 5 metros tras el terremoto. (Mar, 2009)

Ilustración 20. Tiempo de llegada de la ola a las regiones afectadas por el terremoto de Samoa, 2009.

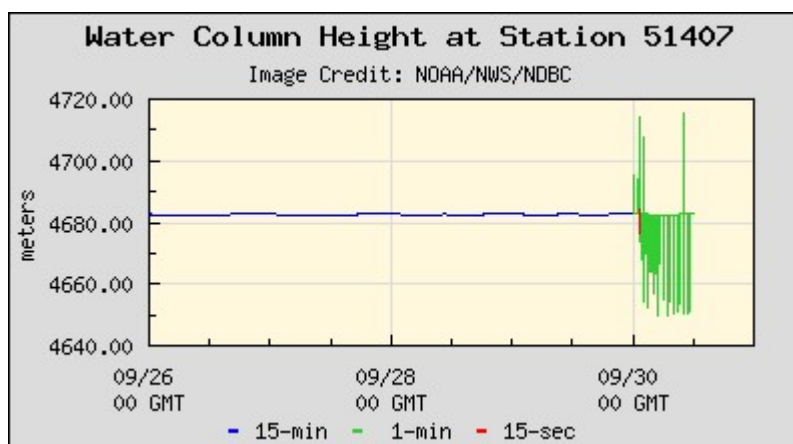


Fuente: (National Oceanic and Atmospheric Administration, 2011)

Comunidades afectada, el mayor inconveniente que provocó el tsunami fue que dejó incomunicadas a las islas al derribar torres de telecomunicaciones existentes. Las víctimas de este desastre natural llegaron a los 200.000 habitantes. La mayoría de estructuras presentes en Samoa no son adecuadas para soportar este tipo de desastres naturales la mayoría de las viviendas son cabañas que no pueden soportar la oleada de agua.

De acuerdo a noticias locales muchos de los habitantes de Samoa habían sido instruidos en caso de ocurrir un terremoto, cuáles eran los procedimientos de evacuación y gracias a estos hubieron muchos sobrevivientes.

Ilustración 21. Registro de una boya tsunami a 260 km de Hawaii.



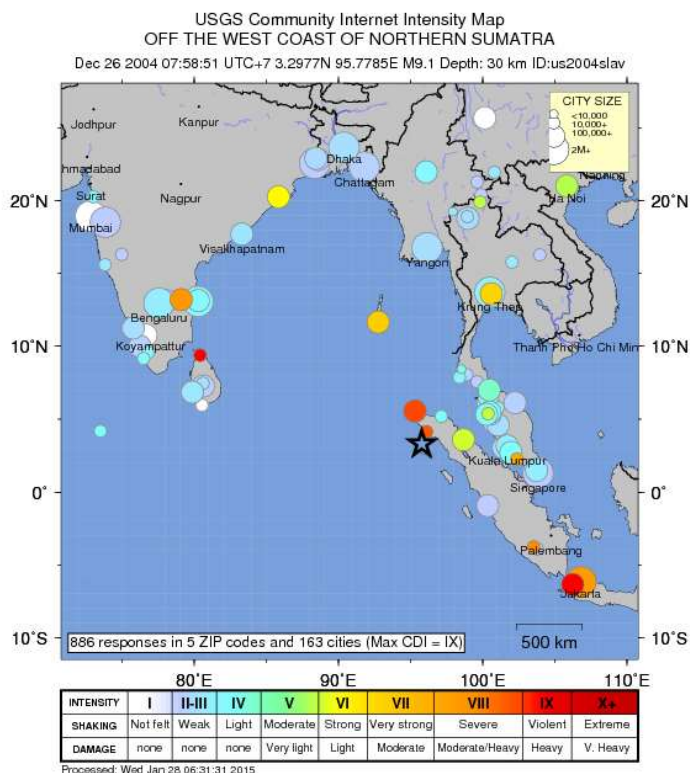
Fuente: (National Oceanic And Atmospheric, 2016)

4. Indonesia, 2004

a. Terremoto. El terremoto de Sumatra – Andamán ocurrió el domingo 26 de diciembre del 2004, el movimiento ocurrió aproximadamente a las 00:58 (UTC), con una intensidad de 9.1Mw. El epicentro se localiza aproximadamente a 120 kilómetros al oeste de Sumatra. (Ver Ilustración 22). Se registra como el tercer terremoto más fuerte en la historia de la humanidad (desde la existencia del sismógrafo). Ha sido el terremoto con mayor duración entre 8.3 – 10 minutos, su gran magnitud lo hizo sensible en lugares tan alejados como en Alaska y mínimas vibraciones a nivel mundial.

Durante los siguientes cuatro meses luego del terremoto principal ocurrieron réplicas de una magnitud de 6.6Mw. Este sismo se asocia con el fenómeno de subducción que ocurre entre la placa de India y la placa de Birmania. El terremoto y tsunami de Sumatra generó el mayor número de muertos, damnificados y estructuras destruidas. Investigaciones han demostrado que las olas alcanzaron 24 metros de altura. La energía liberada por el sismo se estima en 1.1×10^{17} joules, o el equivalente a 26 megatoneladas de TNT, más de 1500 veces la bomba atómica de Hiroshima.

Ilustración 22. Mapa de localización del epicentro e intensidad del terremoto de Sumatra, 2004.



Fuente: (USGS, M 9.1 off the west coast of Sumatra , 2004)

b. Tsunami. El terremoto generó una serie de tsunamis que azotaron a toda la costas de los países que bordean al océano indico. Los países afectados fueron Indonesia, Malasia, Tailandia, India y el sureste de Asia. Tuvo consecuencias en Sudáfrica ocasionando muertes a más de 8000 kilómetros del epicentro. De los registros que se tiene hasta ahora podría considerarse que el tsunami más destructivo de la historia fue el que ocurrió hace unos años, en diciembre de 2004, en las costas de Indonesia, India, y Sumatra. Once países sufrieron los estragos del tsunami, entre ellos India, Indonesia, Tailandia, y Sri Lanka, y el saldo final fue de más de 230,000 muertes, el tiempo de llegada de la ola se describe en la Ilustración 23.

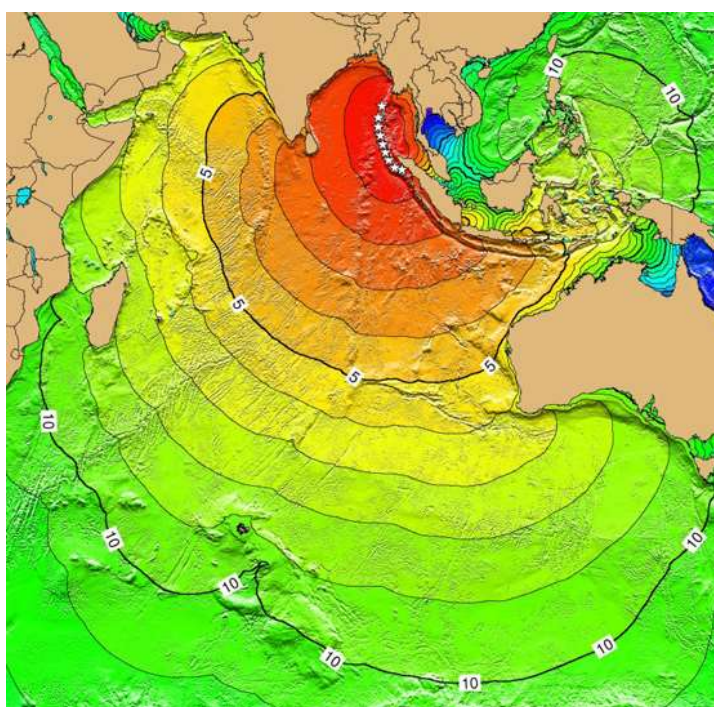
Satélites detectaron dos horas después del terremoto olas en aguas profundas de 60 centímetros, pero los datos tardaron horas en analizarse porque no fueron construidos para esos fines. Las olas alcanzaron 2 km tierra adentro donde arrasaron con todo a su paso. Indonesia se vio afectada muy rápidamente, mientras que Tailandia fue afectada dos horas más tarde ya que el tsunami viaja más lentamente en aguas poco profundas.

En lugares de Tailandia se observó pocos minutos después del terremoto el retroceso del agua de las costas, el tsunami golpeó primero el oeste y norte de las costas de Sumatra, indonesia en relativamente 15-20 minutos después del terremoto.

Alturas de olas:

- 15-30 m (49 empanadas-98 pies) en la costa occidental de Aceh.
- 6-12 m (19,7 empanadas-39,4 pies) en la costa de Banda Aceh.
- 6 m (19,7 pies) en la costa Krueng Raya (3 tanques de aceite flotaron)
- 5 m (16,4 pies) en el Sigli Costa.
- 3-6 m (9,8-empanadas 19,7 pies) en la costa Norte de la isla de Weh Directamente frente a la fuente de tsunami.
- 3 m (9,8 pies) en el lado opuesto de la costa de la isla de Weh Frente al tsunami.

Ilustración 23. Tiempo de llegada de las olas del terremoto de Sumatra, 2004.



Fuente: (National Oceanic and Atmospheric Administration, 2011)

c. Pérdidas económicas. *Comunidades afectadas*, la cifra de fallecidos asciende a más de 150,000. Existen miles de desaparecidos y cerca de un millón de viviendas destruidas (ver Tabla 17). Es la primera vez que ocurre un tsunami en el océano Índico después de la erupción del volcán Krakatoa en 1883.

Tabla 17. Resumen de damnificados por el terremoto y tsunami de Sumatra, 2004.

País	Fallecidos confirmados	Fallecidos estimados	Heridos	Desaparecidos	Desplazados
Indonesia	94,081	167,000	500,000	-	271,908
Sri Lanka	29,957	30,000	8,200	5,240	1,5 millones
India	14,962	15,000	-	5,421	-
Tailandia	5,046	9,400	8,953	3,810	29,000
Somalia	142	-	-	-	-
Birmania	90	-	45	14	788
Maldivas	74	-	-	31	6,697
Malasia	68	-	299	6	5,000

Fuente: (Rodríguez, 2014)

Las cantidades extremas de pérdidas humanas en estos países (cerca de medio millón de personas), se estima que las pérdidas económicas debido a esta catástrofe fueron mayores a los \$ 13,000,000,000.00, tomando en cuenta que este valor no fue mayor porque las olas no afectaron algunos de los recursos más importantes de estos países; como el petróleo y el gas, entre otros. Un dato interesante es que previo a esta catástrofe, La India había rechazado la iniciativa propuesta para implementar un sistema de alerta temprana de tsunamis, ya que lo habían considerado de poca utilidad. Sin embargo, después de la lamentable catástrofe, el gobierno de este país se comprometió a implementar un sistema de este tipo asegurando que los costos del mismo y su utilidad a corto plazo no serán factores de mayor importancia. Se estima que el sistema que se implementará podría tener un costo de 29 millones de dólares. (Parkin & Esquivel, 2006)

C. Tsunamis en Centro América

Hasta el año 2000 se tiene un registro de 49 tsunamis en América Central (Ver Tabla 18), diez de estos tsunamis han causado daños principalmente en el las costas del Océano Pacífico. Los tsunamis de Indonesia del 2004 y Japón del 2011 afectado ciertas regiones elevando el nivel de altura de las olas. (Fernandez, Molina, Havskov, & Atakan, 2000)

La región va desde Guatemala hasta las costas de Panamá está ubicadas en una zona vulnerable a tsunamis de todo tipo, pero principalmente los locales, si ocurriera algún evento sísmico con magnitud superiores a 7.0Mw, en suelo marino o continental se podrían generar olas que impacten las zonas de riesgo. El primer tsunami conocido ocurrió en 1854 en la costa Pacífica de Costa Rica. El tsunami ocurrido en Nicaragua en 1992 es una evidencia clara que Centroamérica está expuesta a este tipo de riesgos. También en 1882 se tiene conocimiento del único tsunami del caribe que azotó las costas del Archipiélago de San Blas en Panamá. (Ver Ilustración 24)

«Treinta y siete tsunamis han golpeado la costa del pacifico desde 1539 hasta el 2000. Veintitrés tsunamis fueron disparados por temblores de subducción debido a la interacción entre las placas del Coco y Caribe, uno provino de la Zona de Fractura de Panamá, dos de fallas superficiales, uno de la interacción entre

las placas norteamericana y sudamericana y seis más se desconoce la fuente.» (Rica, Red Sismológica Nacional, 2008)

De acuerdo a informes proporcionados por el instituto geológico de Estados Unidos (USGS) en abril del 2014 se generó una alerta de tsunami para toda Centroamérica luego que un sismo de magnitud 7.4Mw ocurriera en la zona del océano pacifico frente a las costas de El Salvador.

Ilustración 24. Historial de tsunamis destructivos ocurridos en Centroamérica generados por terremotos locales.



Fuente: (Fernandez, Strauch, & Lindholm, Tsunami Hazard in Central America, History and Future, 2014)

Tabla 18. Registro de los tsunamis ocurridos en Centroamérica

AÑO	MES	DÍA	MAGNITUD (Mw)	REGIÓN AFECTADA
1621	Mayo	02	5.8	Panamá Viejo
1822	Mayo	07	7.6	Matina, Costa Rica
1825	Febrero	-	5.5	Roatán, Honduras

Continuación Tabla 18

AÑO	MES	DÍA	MAGNITUD (Mw)	REGIÓN AFECTADA
1844	Mayo	-	7.5	Lago de Nicaragua
1854	Agosto	05	7.2	Golfo Dulce, Costa Rica
1855	Septiembre	05	6.3	Trujillo, Honduras
1856	Agosto	04	7.5	Omoa, Golfo de Honduras
1859	Agosto	26	6.3	Amapala Honduras
1859	Diciembre	09	7.5	Bahía de Acajutla, El Salvador
1882	Octubre	14	7.9	San Blas, Panamá
1902	Enero	18	6.3	Ocos, Guatemala
1902	Febrero	26	7	Costas de Guatemala, El Salvador
1902	Abril	19	7.5	Ocos, Guatemala
1904	Diciembre	20	7.5	Bocas del Toro, Panamá
1905	Enero	20	6.8	Isla de Coco, Costa Rica
1906	Enero	31	8.2	Ecuador, Panamá, Costa Rica
1913	Octubre	02	6.7	Azuero, San Miguel, Panamá
1915	Septiembre	07	7.7	Costa de El Salvador
1916	Abril	26	6.9	Bocas del Toro, Panamá
1916	Mayo	25	7.5	El Salvador
1919	Junio	29	6.7	El corintio, Nicaragua
1926	Noviembre	05	7	Nicaragua
1934	Julio	18	7.5	Golfo de Chiriquí, Panamá
1941	Diciembre	06	7.6	Punta Dominical, Costa Rica
1941	Diciembre	06	6.9	Golfo de Nicoya, Costa Rica
1950	Octubre	05	7.9	Costas de Costa Rica, Nicaragua, El Salvador
1950	Octubre	23	7.3	Costas de Guatemala, El Salvador
1951	Agosto	03	6	Potosí, Golfo de Fonseca, Nicaragua
1952	Mayo	13	6.9	Puntarenas, Costa Rica
1956	Octubre	24	7.2	San Juan del Sur, Nicaragua
1957	Marzo	10	8.1	Acajutla, El Salvador
1962	Marzo	12	6.7	Armuelles, Chiriquí, Panamá
1968	Septiembre	25	6	México, Guatemala
1976	Febrero	04	7.5	Cortes, Golfo de Honduras
1976	Julio	11	7	Jaque, Darien, Panamá
1990	Marzo	25	7	Puntarenas, Quepos, Costa Rica
1991	Abril	22	7.6	Costa Rica, Panamá
1992	Septiembre	01	7.2	Nicaragua, Costa Rica
2001	Enero	13	7.6	El Salvador

Fuente: (Molina, 1997)

Eventos más recientes han impactado la región centroamericana aunque de una forma menos severa que en 1992 en Nicaragua:

- Incremento en la altura de olas (50 cm) después del terremoto de 7.7Mw en el 2001 en El Salvador.
- En el 2009 se registró un alza en el nivel del mar en el Noreste de Guatemala luego del terremoto de 7.3Mw en el Golfo de Honduras.
- En el 2012 se generó una alerta de tsunami para Centroamérica luego del terremoto en costa Rica.

Estos eventos no causaron daños severos pero deben utilizarse como recordatorios constantes de la amenaza a la que Centroamérica está expuesta. En la Ilustración 25 se describen una secuencia de tres terremotos ocurridos en la zona de subducción de Centroamérica.

Ilustración 25. Secuencia de tres terremotos ocurridos en Centroamérica en el 2012, para los tres eventos se generaron alertas de tsunamis.



Fuente: (Fernandez, Strauch, & Lindholm, Tsunami Hazard in Central America, History and Future, 2014)

La zona de subducción del Pacífico tiene pendientes pronunciadas, estudios de oceanografía realizados han demostrado que hay gran ocurrencia de deslizamientos submarinos frente a las costas de Nicaragua y Costa Rica, estos deslizamientos en algún punto pueden generar un tsunami que afecte a todas las costas centroamericanas.

El tiempo de traslación de un tsunami generado por un terremoto local en la zona de subducción es para Guatemala, El Salvador y Nicaragua entre 25 y 45 minutos, para Costa Rica y Panamá el tiempo es menor en intervalos de 10 minutos. Los tsunamis que se generen en la zona de subducción de Colombia pueden llegar a afectar a Panamá sobre todo a la Provincia de Darien en menos de 10 minutos.

Para mejorar la situación de amenaza en Centroamérica se ha dado inicio a un mapeo de las zonas costeras vulnerables ante un tsunami (Ver Ilustración 26). La cartografía detallada de elevación de la línea costera y la batimetría son documentos indispensables para el mapeo de estas zonas de riesgo.

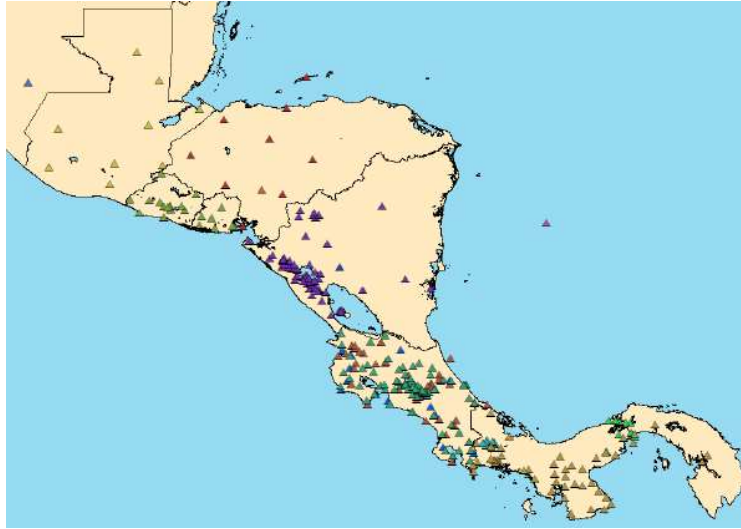
Ilustración 26. Mapa de la vulnerabilidad de Centroamérica ante un tsunami.



Fuente: (Fernandez, Strauch, & Lindholm, Tsunami Hazard in Central America, History and Future, 2014)

Una alerta de tsunami debe basarse en información sismológica, hace más de dos décadas las 350 estaciones sismológicas de los seis países centroamericanos han colaborado con los procesos e información registrada, la Ilustración 27 proporciona un mapa indicando las estaciones sismológicas en Centroamérica. En el 2015 se creó una red sísmica para integrar las estaciones de estudio y pueda utilizarse inicialmente para generar alertas de tsunami.

Ilustración 27. Estaciones sismológicas en Centroamérica.

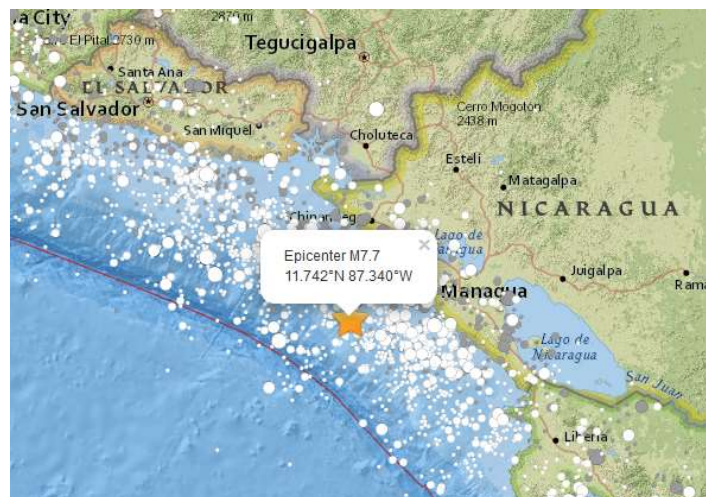


Fuente: (Fernandez, Strauch, & Lindholm, Tsunami Hazard in Central America, History and Future, 2014)

1. Nicaragua, 1992.

a. Terremoto. El tsunami de Nicaragua ha sido el evento con mayores efectos en Centroamérica. El tsunami fue generado por un evento sísmico ocurrido el 1 de septiembre 1992 con una magnitud de 7.7Mw aproximadamente a las 00:16 (UTC) y 20:00 hora local, en la ilustración 28 proporciona la ubicación del epicentro.

Ilustración 28. Mapa del epicentro del terremoto en Nicaragua, 1992.



Fuente: (USGS, M 7.7 near the coast of Nicaragua, 1992)

b. Tsunami. El terremoto produjo olas que alcanzaron los 9.5 metros de altura y dejó a su paso alrededor de 170 personas fallecidas. Este evento ha sido el más catastrófico en la historia de Centroamérica, sin embargo, dejó dos grandes lecciones:

- Nunca subestimar un sismo, pues se demostró que aunque el movimiento haya sido de una magnitud pequeña, ocasionó un tsunami devastador.
- Aunque no se tenga un historial de tsunamis en la región, no se descarta que pueda ocurrir un desastre de esta magnitud.

Después de esta catástrofe, Nicaragua se unió al Sistema de Alerta de Tsunamis del Pacífico y ha participado en el monitoreo desde entonces. El sistema de Nicaragua se considera el sistema más avanzado de la región. El sistema cuenta con 60 sirenas automáticas en la costa del Pacífico y un sistema de radiocomunicaciones de voz con las comunidades cercanas a la costa.

En el 2015 Nicaragua propone una oferta para establecer un centro regional de monitoreo, que proporcionara vigilancia sísmica en tiempo real, evaluación de parámetros focales, estimación de la probabilidad de ocurrencia de un tsunami, determinación de tiempos de llegada y amplitudes máximas de olas, se busca que los resultados estén disponibles en minutos después de un gran terremoto para generar alertas. Adicionalmente se han generado mapas de riesgo y rutas de evacuación (ver Ilustración 31) con puntos de concentración y la información de vulnerabilidad, estos mapas se utilizan para entrenar a la población costera y aumentar la conciencia de riesgos de un tsunami.

Ilustración 29. Mapa de las zonas de riesgo para Nicaragua.



Fuente: (Fernandez, Strauch, & Lindholm, Tsunami Hazard in Central America, History and Future, 2014)

c. Pérdidas económicas. Los daños a la economía nicaragüense fueron muy grandes, en los primeros estudios realizados después de la catástrofe, se pudieron estimar los costos dividiéndolos en cuatro sectores distintos; los sectores sociales, los sectores productivos y de servicios, la infraestructura, y los gastos de emergencia. (CEPAL, 1992)

En los sectores sociales se tomaron en cuenta áreas como las de vivienda, las cuales tuvieron que soportar fuerzas laterales ejercidas por las olas que dependían de la topografía del sector, la distancia y el trayecto hacia la costa, y el retorno de las mismas hacia el mar. En este sector vivienda se pueden encontrar dos subcategorías, las cuales son viviendas estructuralmente débiles (las cuales pertenecen a la población que vive en el sector y que es de escasos recursos) que presentaron 1,138 viviendas totalmente destruidas y 2,200 viviendas en necesidad de reparación. Y las viviendas de recreación (las cuales son propiedad de personas con más recursos y que las utilizan solo para vacacionar, no residen en ellas) que presentaron 80 viviendas totalmente destruidas y 490 viviendas en necesidad de reparación. Los cálculos de las pérdidas económicas se realizaron basándose en los costos de reposición de viviendas con características similares. También en los sectores sociales se tomó en cuenta el subsector de salud, en el cual se observó que el tsunami además de los daños que generó sobre la infraestructura directamente (como centros de salud destruidos o dañados, entre otros), provocó que los índices higiénicos sanitarios de la población de deterioraran debido a los daños en la infraestructura, las personas heridas, la falta de servicios básicos desde antes de la catástrofe, y la posibilidad de aumentar la propagación de enfermedades debido al confinamiento que tienen las personas en los albergues temporales. El último subsector del sector social fue el de educación, en el cual se observó que las olas generadas por el tsunami destruyeron totalmente una escuela, así como ocasionó daños en otras 24 escuelas, llevando consigo la pérdida de materiales utilizados para impartir las clases en estos centros educativos. En este sector social se estimaron pérdidas que sobrepasan los 67,857,000.00 córdobas (moneda en la cual se estimaron las pérdidas), que equivale a unos \$ 13,571,400.00 a precios de septiembre de 1992, equivalentes a cerca de \$ 25,000,000.00 actualmente. (CEPAL, 1992)

En el sector productivo se tomó en cuenta el área agropecuaria, la cual resultó perjudicada debido a los daños presentados a algunos árboles frutales y a pastizales en el sector, así como la muerte y desaparición de muchos animales domésticos como gallinas, gallos, pollos y pollas, así como también cerdos, vacas lecheras con sus crías, y animales de carga. En este sector también se vio grandemente afectada el área de la pesca artesanal (la pesca industrial no se vio afectada de manera significativa) ya que quedaron inoperables cerca de 214 embarcaciones que se utilizaban para esta actividad, así como también 36 embarcaciones más quedaron con daños, además de daños también a los motores y las redes de pesca, entre otros. El turismo también se vio afectado en este sector, ya que la infraestructura dedicada a los servicios turísticos (como bares, restaurantes, hoteles, y otros centros turísticos importantes) sufrió daños de importancia significativa. Por último en este sector, también se encuentra el área del comercio, la cual vio sus actividades suspendidas por completo después de la catástrofe debido a que las personas del sector se debían preocupar totalmente en resolver los problemas inmediatos que trajo este evento catastrófico, y que aun cuando se reanudaron las operaciones, la actividad comercial tardó en levantarse ya que la pesca artesanal, como se mencionó anteriormente, se redujo de manera significativa. Se estima que las pérdidas de este sector se acercan a la suma de 47,242,000.00 córdobas, lo que con los precios de septiembre de 1992 equivale a unos \$ 9,448,400.00, equivalentes a cerca de \$ 18,000,000.00 en la actualidad. (CEPAL, 1992)

El sector de infraestructura como tal también se vio afectado, ya que los sistemas de suministro de agua y de disposición de aguas servidas, debido a que las olas del tsunami alcanzaron 8 acueductos y un sistema de alcantarillado en la zona del desastre, así como también presentaron daños los pozos excavados, las letrinas y las fosas sépticas, así como los suministros de agua de emergencia. También en este sector se vio afectada el área de la electricidad, ya que los sistemas de distribución de electricidad se vieron afectados en 13 lugares distintos, incluyendo en estos la caída y ruptura de líneas, transformadores, postes, y unidades de alumbrado público. Aunque este desastre no afectó las operaciones portuarias de forma significativa, otra área en el sector de infraestructura que presentó daños fueron los puertos, ya que tres de estos sufrieron daños en su infraestructura auxiliar y en algunos de sus equipos; estos puertos fueron el puerto de San Juan del Sur, el puerto de Sandino, y el puerto de Corinto. Los daños estimados en la infraestructura fueron de 4,331,000.00 córdobas, lo que en septiembre de 1992 alcanzaba el valor de \$866,200.00, lo que equivale a cerca de \$ 1,600,000.00 en la actualidad. (CEPAL, 1992)

Además de los tres sectores mencionados anteriormente, también se incurrieron en gastos en un sector de emergencia, los cuales se relacionan con la atención y alimentación de las personas evacuadas y heridas, así como también de las personas que se encontraban en los albergues temporales, y con la limpieza y remoción de escombros de la infraestructura perdida. En este sector se toman en cuenta los gastos realizados por el Departamento de Defensa Civil, el Ministerio de Construcción y Transportes, y otras entidades pertenecientes al gobierno central. Estos gastos se estiman que tuvieron un valor de 4,900,000.00 córdobas, que de la misma manera que para los casos anteriores, su equivalencia para septiembre del año 1992 es de \$ 980,000.00, equivalentes a cerca de \$ 1,800,000.00 en la actualidad. (CEPAL, 1992)

Los datos presentados anteriormente alcanzan la suma de \$24,866,000.00 de pérdida total estimada para septiembre del año 1992 debido al tsunami de Nicaragua, lo que proporcionaría un total de \$ 45,500,000.00 en la actualidad, y esto significaría cerca de Q 340,300,000.00. (CEPAL, 1992)

D. Vulnerabilidad en Guatemala

Primero se debe definir la vulnerabilidad como la característica de una persona o de un grupo de personas y su situación, que influyen su capacidad para anticipar, enfrentar, resistir y recuperarse del impacto de un desastre natural. (Wisner, Blaikie, Cannon, & Davis, 2003)

Debido a esto se observa que el riesgo con el que cuenta una comunidad a sufrir un desastre natural depende de distintos factores humanos, como la vulnerabilidad y no solamente de la magnitud de la amenaza natural. Por lo que, lo que determina que un evento natural o un evento provocado por el hombre, se convierta en un verdadero desastre, es la vulnerabilidad y el grado de esta en el cual se encuentren los municipios de Iztapa y San José. Entonces, la magnitud de los daños provocados por un evento natural está ligada a, pero no es totalmente dependiente de, los factores de la vulnerabilidad de una población. (Jaque Castillo, Contreras, & Córdova, 2014)

Aplicado a la zona de estudio, se puede definir la vulnerabilidad en el sector como la incapacidad de las comunidades a enfrentarse a los cambios en su medio ambiente, que por la gravedad del tema que se está tratando, significa un gran riesgo para ellos. La vulnerabilidad en este caso busca indicar que magnitud de daños se producirán si llega a suceder el evento de un tsunami en estas comunidades. (Wilches-Chaux, 1989)

La vulnerabilidad global busca evidenciar que este tema es una relación de distintas vulnerabilidades individuales, influyendo cada una de ellas sobre las demás, ya sea disminuyendo la siguiente vulnerabilidad individual o aumentándola. Todas estas vulnerabilidades se encuentran y analizan en una misma área geográfica a distintos niveles, y este análisis en conjunto es lo que permite establecer la vulnerabilidad de una comunidad. Entonces, para que una sociedad no sea vulnerable ante una catástrofe natural de la magnitud de un tsunami, debería existir un equilibrio entre las distintas debilidades de esta comunidad, ya que bastaría con que una de estas debilidades se amplifique para que el sector sea considerado vulnerable. (Wilches-Chaux, 1989)

Los distintos aspectos de la vulnerabilidad se pueden dividir en los siguientes:

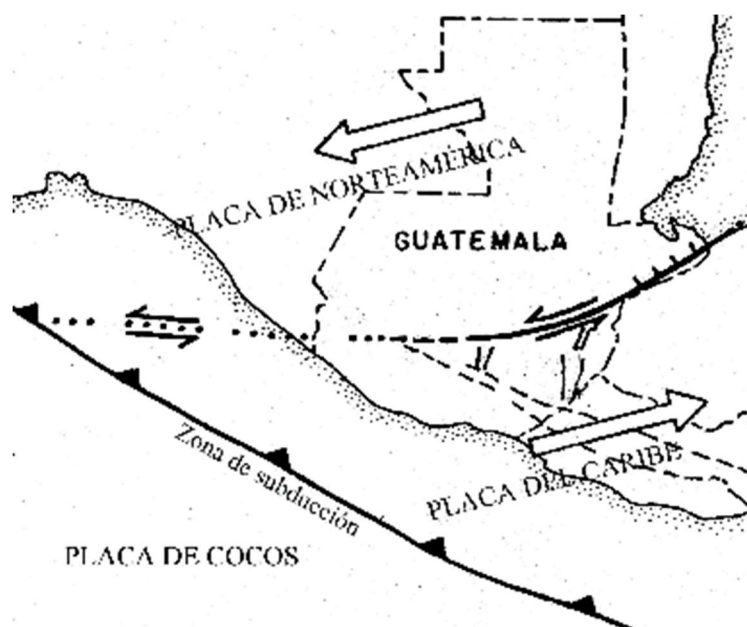
- Vulnerabilidad física: Relaciona las características de las comunidades en base a su ubicación geográfica, y que riesgo puede representar esta ubicación. Esto puede ser provocado por la falta de oportunidades, de conocimiento, y de dinero para localizarse en una ubicación de menor riesgo. (Wilches-Chaux, 1989)
- Vulnerabilidad económica: Existe una relación muy evidente entre los ingresos y la capacidad económica de una comunidad, y el impacto que puede tener en ella una catástrofe natural, en otras palabras, la pobreza aumenta el riesgo a un desastre, haciendo más vulnerables a las comunidades con inestabilidad laboral, personas de ingresos mínimos, individuos desempleados. Este efecto se puede amplificar debido a que estas personas pueden tener difícil acceso a la educación para el conocimiento y la información acerca del tema, y también puede que no tengan un rápido acceso a los servicios de salud al momento de una catástrofe. (Wilches-Chaux, 1989)
- Vulnerabilidad social: El nivel es muy bajo o no existente de la organización comunitaria, así como su relación interna puede ser deficiente. Esto restringe la capacidad comunitaria de prevenir, mitigar, o responder a las situaciones generadas por los desastres naturales. Esto puede provocar el difícil acceso al saneamiento ambiental y los servicios básicos necesarios para que una comunidad se recupere de una catástrofe natural. (Wilches-Chaux, 1989)
- Vulnerabilidad educativa: Indica que la falta de conocimientos generales en las comunidades puede colocarlas en una situación de alto riesgo; originada por la deficiencia, o falta de, la distribución de información sobre los desastres naturales y el medio ambiente, así como también de información de la manera correcta del

comportamiento individual y colectivo al momento de enfrentarse a una amenaza de la escala de una catástrofe natural. Se debe proporcionar a las personas el conocimiento de la situación de la comunidad para poder generar planes para enfrentarse a las situaciones de alto riesgo. (Wilches-Chaux, 1989)

1. Tectónica de placas para Guatemala. El territorio guatemalteco se encuentra altamente vulnerable y es considerado como una zona con un índice de sismicidad alto. Guatemala está entre tres placas tectónicas: dos continentales, la de Norteamérica y la del Caribe y una continental: Cocos. (Ver Ilustración 30)

La frontera entre la placa de Cocos y del Caribe es un límite convergente, es decir la placa de Cocos se hunde bajo la placa del Caribe, este fenómeno es conocido como subducción, esto genera la cadena de volcanes de la costa sur. El contacto entre la placa de Norteamérica y el Caribe es de tipo transcurrente esto ocasiona las fallas de Chixoy- Polochic y la del Motagua.

Ilustración 30. Placas tectónicas de Guatemala.



Fuente: (Instituto Nacional de Sismología, 2015)

En 1925 se instalaron los primeros sismógrafos en Guatemala, casi 50 años después a principios de 1970 estos sismógrafos fueron reemplazados por la tecnología electromagnética. Posterior al terremoto de 1976 el gobierno de Guatemala decidió crear el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) y a través de este crear una red sismográfica nacional.

Estudios sísmicos y análisis de muestras de núcleos de perforación han permitido definir la configuración del talud continental en las costas de Guatemala. Como resultado de estos estudios se indica la existencia de horizontes de roca, «con buzamientos hacia el continente, pueden relacionarse con rocas

básicas y ultra básicas con altas velocidades de ondas P y grandes anomalías magnéticas. Batimétricamente, fue definido el Cañón San José, el cual corta perpendicularmente al talud continental a la altura del meridiano 91°O, estructura que se ha relacionado con la con las fallas en la misma dirección. » (Bohnenberger & Barrillas, 1996)

A través de la definición del talud se especificaron espesores y velocidades de onda para la parte alta y baja del mismo, se detectaron anomalías magnéticas y gravimétricas positivas.

2. Principales eventos sísmicos del siglo xx en Guatemala

a. Terremoto, 1902. El 18 de abril a las 20:23 hora local, se generó un sismo con magnitud de 7.5 que ocasionó daños principalmente en Quetzaltenango y Sololá. Este terremoto dejó aproximadamente 200 personas fallecidas

b. Terremoto, 1913. El 8 de marzo a las 08:55 hora local. Se generó un sismo que causó la destrucción del departamento de Cuilapa, Santa Rosa. Se desconoce la ubicación del epicentro.

c. Terremoto, 1917 y 1918. El 26 de diciembre a las 5:21 am un sismo muy fuerte destruyó el centro de la capital, otro le siguió a las 6:18 am. No hay información clara de la totalidad de cuantos muertos y heridos y muertos en este trágico evento. El 4 de enero de 1918 a eso de las 4:30 am y a las 4:52 am, se sintieron dos nuevos sismos que siguieron destruyendo lo poco que quedaba. Fue el 24 de enero cuando aconteció el último sismo, el que terminó de hacer daño.

d. Terremoto, 1942. Ocurrido el 6 de agosto a las 23:36 hora local, con magnitud 8.3Ms el epicentro se localizó en 13.9 grados latitud Norte y 90.8 grados longitud Oeste. Se presentan los daños que se generaron en el territorio nacional:

- Departamento de Guatemala: En el municipio de Amatitlán se reportaron 99 casas destruidas, en Villa Nueva, algunas paredes se derrumbaron, pero no se reportaron fallecimientos.
- Departamento de Sacatepéquez: daños en el Palacio de Los Capitanes Generales y algunas iglesias católicas, derrumbes en la carretera entre la capital y la ciudad de Antigua Guatemala.

e. El terremoto de 1959. El evento se registró el 20 de febrero a las 18:16 hora local. Puede ser considerado como uno de los eventos destructores más al Norte del territorio nacional, el evento generó mayores daños en la población de Ixcán, departamento de El Quiché.

f. Terremoto, 1976. La hipótesis de la tectónica de placas proporciona un enfoque para discutir el origen del terremoto de Guatemala de 1976 y otras actividades sísmicas de la región. La placa del Caribe está rodeada de franjas sísmicas. Varios terremotos destructivos históricos ocurrieron en los límites de dicha falla.

En la costa suroeste de México y Centroamérica se encuentra otra zona de alta sismicidad (zona de subducción entre la placa de Cocos y placas Norte América y Caribe). El terremoto ocurrido el 4 de febrero de 1976 tuvo una magnitud de 7.5 Mw a las 03:01 hora local. El epicentro se localizó a 5km de Los Amates, en el departamento de Izabal. Se presentaron gran cantidad de réplicas llegando a intensidades de 5.8Mw.

Este evento ha sido el más catastrófico en la historia de Guatemala, en pocos segundos la ciudad fue reducida a escombros debido a las prácticas de construcción de la época (construcciones de adobe en su mayoría) fue causado la activación de zonas de fallas secundarias como la falla de Mixco, y la licuefacción de suelo principalmente en las zonas costeras (Puerto Barrios). Existieron grandes pérdidas y consecuencias ya que el 40% de la infraestructura hospitalaria colapsó.

Uno de los principales y mayores problemas que causó este fenómeno fue la falta de agua potable para el consumo de los habitantes, a consecuencia de esto se generó un riesgo de epidemia de fiebre tifoidea. Estructuras que debieron de permanecer intactas quedaron totalmente inhabitables como los centros hospitalarios que se vieron en la necesidad de evacuar a sus pacientes por las malas condiciones en las que habían quedado las estructuras.

La carretera al Atlántico quedó inhabilitada durante dos semanas, hasta que el Ministerio de Comunicaciones construyó una vía alterna habilitada únicamente para el paso de ayuda ya que era aún muy peligrosa.

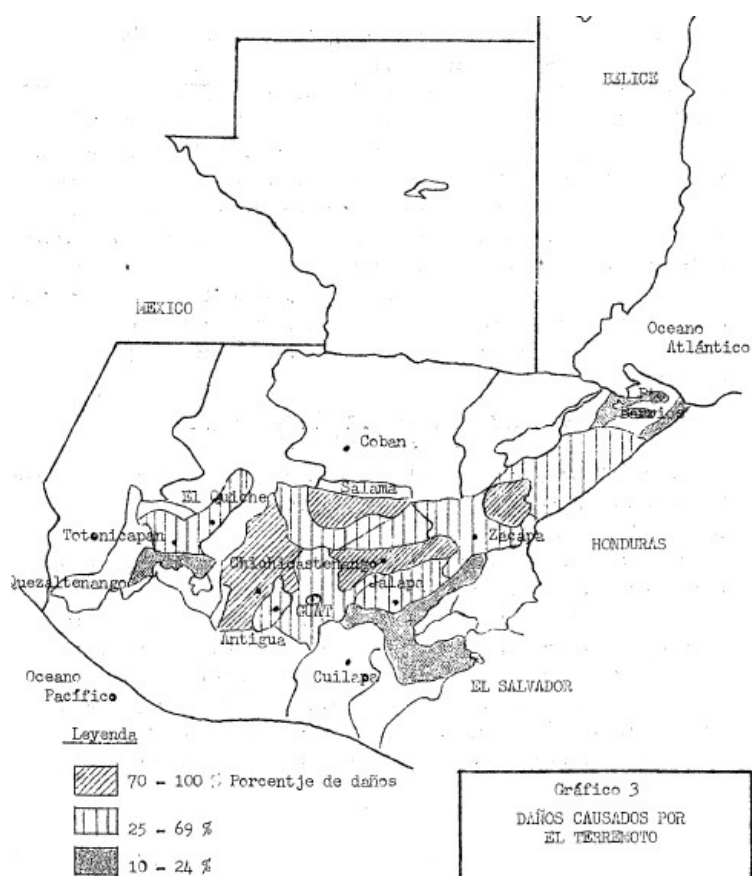
1) Daños en la población y vivienda. El total de la población afectada por el terremoto de 1976 se estima que sobrepasa los 3.4 millones de habitantes (64% de la población para esa fecha). Aproximadamente 23.000 personas fallecidas y más de 70.000 heridos. Existieron más de 468 millones de dólares en pérdidas materiales. (Ver Ilustración 31)

Si bien el terremoto del 76 no produjo una alerta de tsunami, sí se alertaron por inundaciones, ya que el terremoto produjo grandes deslizamientos de tierra que funcionaron como presas acumulando grandes cantidades de agua. Con la relación de los parámetros de inclinación del terreno y el tipo del mismo se puede definir una susceptibilidad regional de zonas inestables.

2) Impacto en el suelo. Estos estudios de los eventos pasados sirven como base para establecer un punto de comparación con otro tipo de eventos catastróficos. Para el caso del estudio de los tsunamis y poder establecer puntos seguros (puntos de resguardo) es necesario el estudio de la capacidad soporte del suelo para asegurar que en el momento del impacto de la ola, este no presente ningún tipo de saturación que conlleve a la licuefacción del suelo.

Debido a las fallas, rupturas y deslizamientos del terreno fue necesario definir los códigos y normas de construcción con los cuales se busca mitigar los efectos destructivos para eventos futuros.

Ilustración 31. Cantidad de daños provocados por el terremoto en Guatemala, 1976.



Fuente: (Molina, 1997)

De acuerdo al instituto Nicaragüense de estudios territoriales han ocurrido 5 tsunamis en la región de Guatemala, derivado de los sismos. En la Tabla 19 se presenta la descripción de los tsunamis registrados.

Tabla 19. Tsunamis registrados en Guatemala

Año	Fecha	Magnitud (Mw)	Región afectada
1902	18/01	6.3	Ocos, Guatemala
1902	26/02	7.0	Costas de Guatemala y El Salvador
1902	19/04	7.5	Ocos, Guatemala
1950	23/10	7.3	Costas de Guatemala y El Salvador
1968	25/09	6.0	Costas de México y Guatemala.

Fuente: (territoriales, 1996)

3. Tipo de daño durante las catástrofes naturales

a. Huracán Hattie, 1961. Este evento se dio durante el 27 y el 31 de octubre, presentando un número de víctimas fatales de 275 personas, y siendo el evento que infligió más daño a la península de Yucatán desde el huracán Janet en 1955. Al momento en el que el huracán Hattie inició su desplazamiento tierra adentro, lo hizo por medio de las costas de Belice (en ese entonces llamado Honduras Británica), en donde se estimaron velocidades de viento que rondaban los 250 kilómetros por hora. También en las costas de ese país se observaron olas de entre 4 y 5 metros de altura, las cuales llegaron a depositar sedimentos y lodo hasta en el tercer nivel de algunas estructuras. El daño causado por este evento fue tan destructivo que se cree que un 75% de la capital de la Honduras Británica; Belice, fue destruida o severamente dañada, ya que algunas comunidades incluso fueron totalmente destruidas, lo que hizo que se consideraran planes para trasladar la capital del país a algún punto más tierra adentro. El daño en la Honduras Británica presentó un número de 262 personas fallecidas, así como la pérdida aproximada de \$2,000,000.00, lo que equivale a cerca de \$ 8,000,000.00 en la actualidad en cultivos cítricos listos para la cosecha y exportación, así como una cantidad desconocida de millones de dólares que se perdieron en productos como madera, cocoa, y bananos, teniendo un daño total cerca de los 60 millones de dólares, equivalentes a \$240,000,000.00 en la actualidad aproximadamente, dando un total de Q 1,792,000,000.00 en la actualidad. En Guatemala se reportaron 11 muertes y en Honduras 1 muerte; la mayor parte de estas debido a las inundaciones repentinas. (Dunn, 1962)

b. Huracán Fifi – Orlene, 1974. Entre los días 16 y 24 de septiembre del año 1974, Centroamérica fue afectada por un desastre natural de magnitud desastrosa para la población, denominado Huracán Fifi. Debido a una célula de alta presión en el Golfo de Honduras que frenó el avance del evento meteorológico, este huracán prolongó su tiempo y aumentó los efectos y daños causados en una zona geográfica significativa, muy poblada, y con un movimiento económico muy importante para los países afectados por el mismo. El Huracán Fifi se formó como una tormenta tropical en las cercanías de la costa sur de Jamaica, con una trayectoria identificada que le permitía desplazarse de Este a Oeste, mientras que el día 17 de septiembre obtuvo las características necesarias para ser catalogado como un huracán, al exceder la velocidad del viento los 120 kilómetros por hora, para que un día después (el 18 de septiembre), este ya contara con vientos superiores a los 200 kilómetros por hora en un frente de alrededor de 450 kilómetros de extensión. Este huracán tocó tierra cerca de Puerto Barrios, Guatemala el 19 de septiembre. El huracán Fifi provocó en las costas del pacífico la formación de otra depresión meteorológica que eventualmente se convirtió en la tormenta llamada “Orlene”, la cual de la misma manera causo grandes daños, esta vez en las planicies costeras de Honduras, El Salvador, y Guatemala. El huracán Fifi y la tormenta Orlene perdieron fuerza durante su trayecto al adentrarse a territorio mexicano. (Naciones Unidas, 1974)

De las primeras estimaciones, se puede deducir que la actividad bananera fue la que presentó mayores daños debido a estos desastres naturales que, aunque las plantaciones fueron seriamente afectadas (que fueron arrancadas por los fuertes cauces), también presentaron daños significativos a sus instalaciones físicas, como drenajes, canales de riego, centros de acopio, cableados, entre otros, así como el daño a las vías de

distribución de los cultivos. La producción de cereales, como el maíz y el arroz, se vieron afectados casi en su totalidad, debido a que los lugares en donde estos se cultivan fueron inundados, lo que generó un posible déficit en el abastecimiento de dichos productos de hasta 50,000 toneladas de maíz y 10,000 toneladas de arroz, durante la temporada agrícola entre los años 1974 y 1975. La palma africana resistió de manera satisfactoria los efectos del huracán, debido a que las plantaciones jóvenes se encontraban en buenas condiciones a pesar de haber permanecido durante varios días bajo el agua debido a las inundaciones en el sector. El sector ganadero también se vio fuertemente afectado; desde el ganado de engorde hasta el dedicado a la producción de leche, debido a que la mayor parte de los animales estaban dentro de sus establos y no pudieron huir a las zonas altas por sí mismos. Una estimación preliminar indicó que las pérdidas podrían llegar hasta un 10% de todo el ganado presente en el sector, que para ese entonces podrían ser 60,000 cabezas aproximadamente. Este sector también vería la dificultad de levantarse debido a que los pastizales se habían visto contaminados por materiales de acarreo, lodo, y arena, mostrando un área dañada de esta manera de cerca de 5,000 hectáreas. El ganado menor y las aves básicamente desaparecieron de la zona del desastre, y aunque el monto de las pérdidas de estos no se pueda cuantificar, si se sabe que esto afectaría de manera grave la disponibilidad de alimentos para las familias damnificadas. (Naciones Unidas, 1974)

También se pudo observar gran daño al sector del transporte carretero, a los puertos y embarcaciones, las telecomunicaciones, los acueductos y alcantarillado sanitario, y a la infraestructura urbana. (Naciones Unidas, 1974)

c. Huracán Mitch, 1998. Este evento inició el 22 de octubre y finalizó el 5 de noviembre, presentando velocidades de viento de hasta 285 kilómetros por hora, lo que permite afirmar que este evento ha sido uno de los ciclones más poderosos de la era moderna. Este huracán destruyó gran parte del sistema de carreteras en las áreas rurales del país, así como también inundó poblados enteros, dejado con esto a más de 100 personas fallecidas. Se reporta que fueron evacuadas aproximadamente 46,000 personas, en su mayoría de los departamentos de Zacapa, Izabal, Alta Verapaz, Petén, y Chiquimula, pero también se evacuaron 2,500 personas en el área de la capital, quienes se encontraban residiendo en zonas de alto riesgo. Para poder movilizar a tantas personas, fueron habilitados 69 albergues temporales; 22 de los cuales se encontraban en el área de la capital, y el resto en los demás departamentos del país. Durante esta crisis se reportaron 75 derrumbes en el nororiente y el sur del país, dejando a muchas comunidades incomunicadas con el resto de la población, en casos incluso en donde para llevar la ayuda humanitaria solo se podía acceder en lancha. De la misma manera se vio afectada la red telefónica en distintos lugares, y en ocasiones incluso por varios días. (Galicia, 2015)

Ilustración 32. - Zonas aledañas al sector metropolitano quedaron inundadas debido a la cantidad de lluvia que presentó el Huracán Mitch.



Fuente: (Galicia, 2015)

Ilustración 33. Puente Jones destruido por la crecida del Río Motagua, en Teculután, Zacapa.



Fuente: (Galicia, 2015)

La Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED) indicó que existía un aproximado de 60,00 viviendas dañadas, especialmente en las zonas marginales del área metropolitana, ya que estas se encontraban en una situación de riesgo significativo. Los asentamientos que se encontraban es

dichas áreas marginales de la capital sufrieron deslaves que dejaron un saldo de 55 personas fallecidas, 70 personas heridas, y más de 2,000 personas evacuadas de estos lugares. Algunos de los sectores más afectados fueron la Colonia Trinidad, El Incienso, Santa Luisa, y el relleno sanitario de la zona 3, en donde se calcula que existieron más de 20 víctimas de esta catástrofe, así como también en áreas marginales de la zona 5, zona 6, Villa Hermosa, San Miguel Petapa, y Villalobos se presentaron personas fallecidas. (Galicia, 2015)

Ilustración 34. Viviendas destruidas por deslaves debido a la crecida del Río Platanitos, en Villa Hermosa, San Miguel Petapa



Fuente: (Galicia, 2015)

d. Huracán Adrián, 2005. El huracán tuvo una duración de tres días; del 17 al 20 de mayo. Esta fue la primera tormenta de la temporada, lo que hizo que el gobierno de Guatemala se preparara para evacuaciones en tierra y que llamara a los botes a regresar a puerto, debido a que se esperaban lluvias torrenciales en puntos en donde previamente se había observado que eran vulnerables a inundaciones. El huracán alcanzó velocidades de viento de 130 kilómetros por hora, por lo que en la costa sur de Guatemala se prepararon refugios para 400,000 personas que se encontraban viviendo en lugares que presentaban alto riesgo, debido a que muchas personas viven en casas hechas con materiales inadecuados en puntos como laderas, o cerca de los ríos, por lo que las inundaciones pueden causar grandes desastres. Se reportaron 2 personas fallecidas en el país, debido a que las lluvias de este huracán provocaron socavamiento en una zanja. Este evento presentó lluvias torrenciales, inundaciones repentinas, y socavamiento de terrenos, entre otros. (Roberts, 2005)

e. Huracán Stan, 2005. El huracán inició el 1 de octubre para finalizar el 5 del mismo mes, mostrando velocidades de viento cercanas a los 130 kilómetros por hora. Se cree que el total de los costos y pérdidas que generó este evento meteorológico asciende hasta los Q. 7,472,000,000.00 según un informe

divulgado por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). En este se indicaba también que el huracán afectó de manera directa a 14 de los 22 departamentos del país. Esta catástrofe dejó un rastro de víctimas mortales que se estima fueron 670 personas, así como también 850 personas desaparecidas y 3,500,00 personas damnificadas. Además de las pérdidas de vidas humanas, también se reportaron los daños y pérdidas causados a los sectores de salud, educación, y vivienda que ascienden a los 127 millones de euros, 1,046 millones de quetzales aproximadamente. De la misma manera el sector productivo del país; la agricultura, ganadería, comercio, industria, y turismo, reportó pérdidas y daños de 229 millones de euros, 1,885 millones de quetzales aproximadamente. La infraestructura del país contó con una pérdida y daños que rondan la cifra de 380 millones de euros, 3,128 millones de quetzales aproximadamente. Por último, los daños y la pérdida que experimentaron los sectores del medio ambiente y el patrimonio cultural fueron de 101 millones de euros, 832 millones de quetzales aproximadamente. (EFE, 2005)

Según registros de esta catástrofe, se considera que cerca de 35,000 viviendas presentaron daños significativos o quedaron totalmente destruidas, así como más de 1,400 kilómetros de carreteras resultaron dañados, al igual que 32 puentes, lo que resultó en 1,158 comunidades que se vieron afectadas por ese desastre natural, que además de dejar incomunicadas a las personas, presentó 3 mil millones de quetzales en pérdidas en agricultura, pues comunidades completas perdieron sus cosechas. Esto además de los 53 derrumbes a lo largo del país, que dejaron con la necesidad de reparación 430 kilómetros de red pavimentada y 970 de terracería. Debido a todo esto el tránsito vehicular fue suspendido por varios días en distintas regiones del país, como San Marcos, Quetzaltenango, Huehuetenango, Totonicapán, Quiché, y algunos lugares de Sololá. De los 32 puentes dañados, 16 tuvieron que ser reconstruidos debido a que estos colapsaron en su totalidad. Los sistemas de agua potable también se vieron grandemente dañados en muchas de las comunidades afectadas. (Gaitán Lara, 2013)

Ilustración 35. Colapso del tramo carretero al Pacífico en el kilómetro 136, Retalhuleu.



Fuente: (Rodas, 2005)

f. Tormenta Tropical Agatha, 2010. Esta tormenta duro solamente un día (del 29 al 30 de mayo), y aunque fue relativamente débil (con velocidades de viento máximas de 75 kilómetros por hora) fue bastante destructiva. Parte de este rastro de destrucción se pudo observar al norte de la ciudad capital, en donde debido a las fuertes lluvias de la tormenta, se creó un cráter de 20 metros de diámetro que hizo que la zona se declarara de alto riesgo, lo que provocó la evacuación de aproximadamente 300 personas del lugar.

Ilustración 36. Reconstrucción tras Tormenta Tropical Agatha



Fuente: (EU, 2011)

De manera similar las lluvias provocaron deslaves en otros puntos del país, los cuales en muchos casos soterraron viviendas que tenían personas dentro, aumentando el número de víctimas fatales de esta catástrofe. Los tramos carreteros también se vieron afectados por las fuertes lluvias, situación que genera grandes pérdidas económicas debido a la imposibilidad del transporte de productos comerciales a los puertos, aeropuertos, o sus respectivos centros de distribución, así como estos problemas también dejan aisladas a comunidades enteras, ya que además se reportaron al menos 18 puentes totalmente colapsados. Los cultivos agrícolas también se vieron fuertemente afectados, ya que gran parte de las planicies de la costa sur y del atlántico se vieron inundadas debido a las lluvias torrenciales y al desbordamiento de los ríos. Esto generó que los precios comerciales de algunos productos se vieran elevados de manera significativa, debido a las grandes pérdidas de los mismos en muchos sectores del país por las inundaciones, como lo fueron las plantas ornamentales y los criaderos de camarones. Algunas cifras del saldo que dejó esta tormenta son: 152 fallecidos, 87 personas heridas, y más de 100 personas desaparecidas, así como también 42,286 damnificados, más de 124 mil pobladores evacuados, 64,383 personas refugiadas en albergues, y cerca de 22 mil viviendas afectadas. Cabe resaltar que es difícil evaluar cuales fueron los daños causados solamente por la tormenta, ya que días antes ocurrió una violenta erupción del Volcán de Pacaya, que también ocasionó víctimas fatales, daños a viviendas, gran cantidad de personas damnificadas, y cubrió con miles de toneladas de ceniza volcánica y arena grandes partes del país. (Noticias gt, Tormenta Agatha le cambió el rostro a Guatemala en dos días, 2010)

Ilustración 37. Puente colapsado por la Tormenta Tropical Agatha



Fuente: (Noticias gt, Tormenta Agatha le cambió el rostro a Guatemala en dos días, 2010)

g. Depresión Tropical 12E, 2011. Esta tormenta duro un día; del 12 al 13 de octubre, presentando velocidades de viento aproximadas de 55 kilómetros por hora, y más de 14 horas de lluvia. Entre los daños materiales se encuentran cerca de 42 tramos carreteros bloqueados o dañados debido a los deslizamientos de tierra que evitan el tránsito por dichos puntos, así como también causados por las inundaciones y el desborde de algunos ríos. Esto generó que la mayoría de las carreteras del país presentara algún nivel de daño, así como de la misma manera estas lluvias prolongadas provocan que estos tramos se deterioren de manera considerable, afectado el tránsito y dejando a gran parte de la población incomunicada. 14 de los 22 departamentos del país se vieron afectados debido a la tormenta, dejando millones de quetzales en pérdidas de agricultura, lo que genera un alza en el costo de los productos presentes en la canasta básica. (Luo, 2011)

Las lluvias generadas a partir de este evento dejaron total de 38 muertos en el país, así como también 5 personas desaparecidas, 18 personas heridas, y cerca de 525,000 personas afectadas, 78,000 de ellas afectadas directamente. La mayor parte de las víctimas se reportaron en los departamentos de Quetzaltenango y Guatemala, pero también existieron víctimas en los departamentos de Jutiapa, Totonicapán, Suchitepéquez, Santa Rosa, Huehuetenango, Baja Verapaz, Chimaltenango, y Sololá. Se habilitaron 128 albergues en todo el país para las casi 15,000 personas refugiadas, ya que 22,685 viviendas presentaron daños, mientras que 4,768 quedaron en estado de riesgo. Se estiman daños en cerca del 42% de la red vial del país. El Ministro de Finanzas Públicas informó que se planteó utilizar los recursos de cuatro dependencias estatales para contar con 900 millones de quetzales para atender las emergencias. (EFE, Temporales en Guatemala se alejan y dejan 38 muertos y 524.480 afectados, 2011)

Los ingresos agrícolas del país, con datos de los productores agrícolas, agroexportadores y agroindustriales a nivel nacional, se redujeron en cerca de 37.5 millones de dólares, 280.5 millones de quetzales aproximadamente, como resultado de las lluvias excesivas causadas por esta tormenta, ya que,

aunque la mayor parte del daño se debe a las inundaciones y el exceso de humedad, el sector agrícola también se ve afectado por la generación de hongos, plagas y enfermedades, así como también la reducción de horas de luz solar que afectan de manera directa el tiempo de crecimiento de los cultivos. Esta proyección económica no solo toma en cuenta los costos y gastos, sino que también utiliza datos de las ventas y entregas que no se cumplirán en el mercado local y en la industria de la exportación. (EFE, 2011)

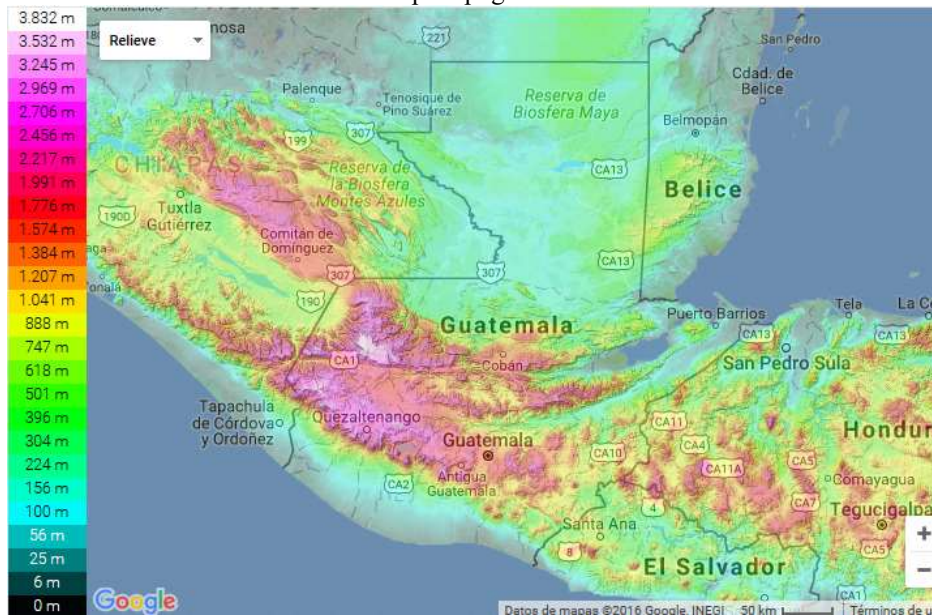
Ilustración 38. - Inhabilitación de paso en puente Manuel José Arce que conecta la Ciudad Pedro de Alvarado, Jutiapa con El Salvador, debido a la crecida del Río Paz.



Fuente: (Noticias gt, 2011)

4. Topografía. Topografía de Escuintla, Escuintla. El territorio del municipio de Escuintla tiene siete montañas y once ríos. Se encuentra situada sobre la cordillera (Sierra Madre), por lo que su estructura es accidentada y con una pendiente que termina en el mar. En su parte norte, el departamento se encuentra propiamente sobre la cordillera eruptiva del país, ofreciendo en consecuencia un aspecto variado en su topografía: grupos volcánicos como los del Pacaya, notable en el sistema de la América Central serranía de complicadas y elevadas crestas altiplanicies dilatadas desfiladeros y barrancos profundos cráteres que revelan la actividad volcánica y lagunas que son pruebas de los trastornos Geológicos verificados en el suelo, además de contar con 21 quebradas. Las ilustraciones 34 y 35 proporcionan un mapa topográfico de Guatemala y del departamento de escuintla, respectivamente.

Ilustración 39. Mapa topográfico de Guatemala.



Fuente: (Map, 2016)

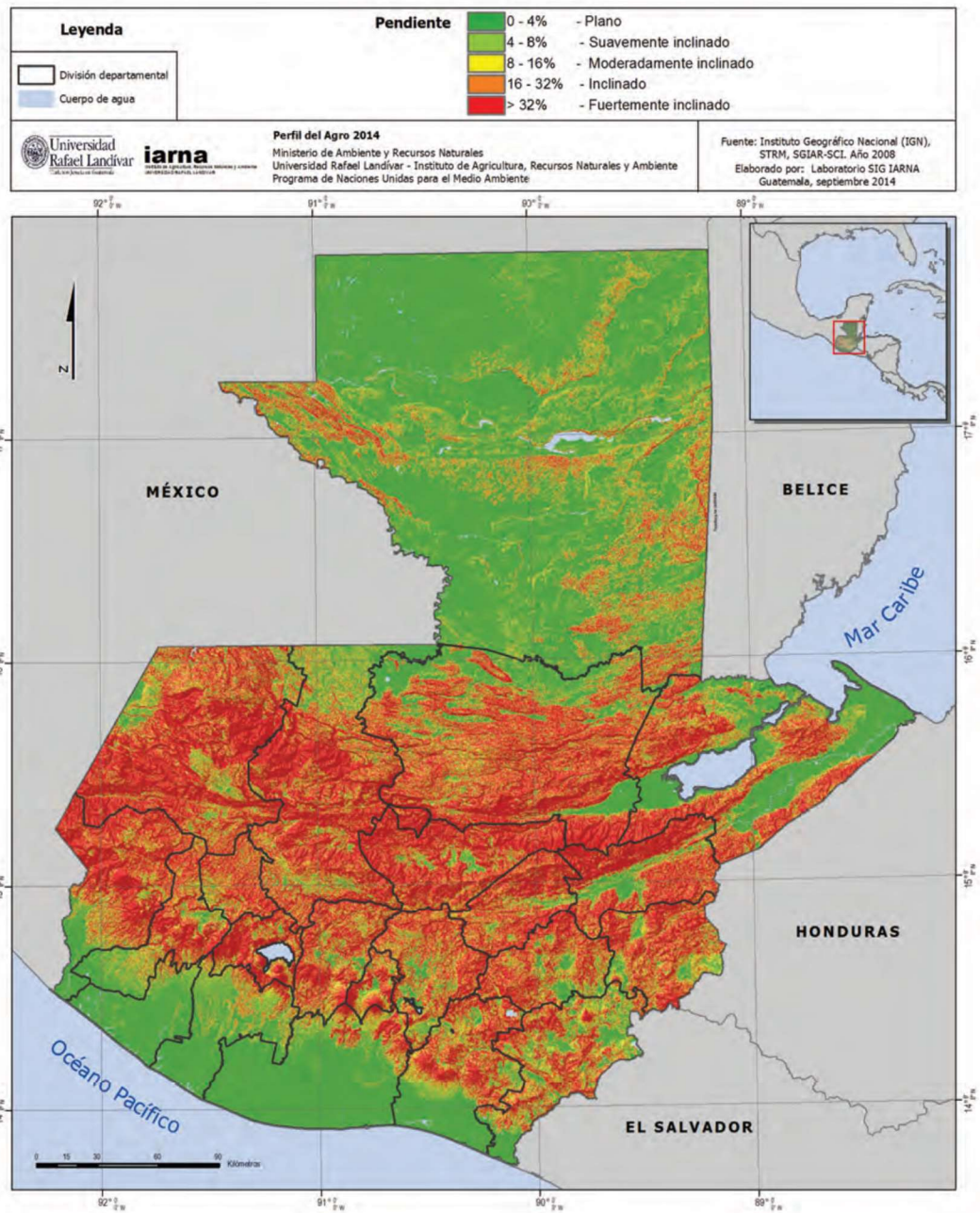
Ilustración 40. Mapa topográfico del Puerto de San José, Escuintla.



Fuente: (Map, 2016)

Una de las partes más importantes para el estudio de los efectos que tendría un tsunami en la costa sur del país es la topografía de la región, como se observa en el siguiente mapa, ya que esta nos indica hasta donde llegaría el agua tierra adentro, así como en qué puntos es que las personas podrían estar a salvo de los efectos de las inundaciones generadas a partir de una catástrofe de este tipo. Basado en análisis realizados por el MAGA, se puede conocer que un aproximado del 49% de la superficie del país está clasificada como terreno plano, con pendientes de entre 0 y 4%, así como el 7% del área nacional es catalogada como suavemente inclinada con pendientes que van desde un 4% hasta un 8%, también el 9% del territorio está indicado moderadamente inclinado, contando esta zona con pendientes de entre un 8 % y un 16%, de la misma manera el 19% del territorio nacional se encuentra con pendientes inclinadas del 16% al 32%, y el 16% del terreno restante se considera fuertemente inclinado, contando esta superficie con pendientes mayores al 32%. Las dos clasificaciones de pendientes más pronunciadas se encuentran lógicamente en las regiones fisiográficas altas del país. (URL, IARNA, & IICA, 2015)

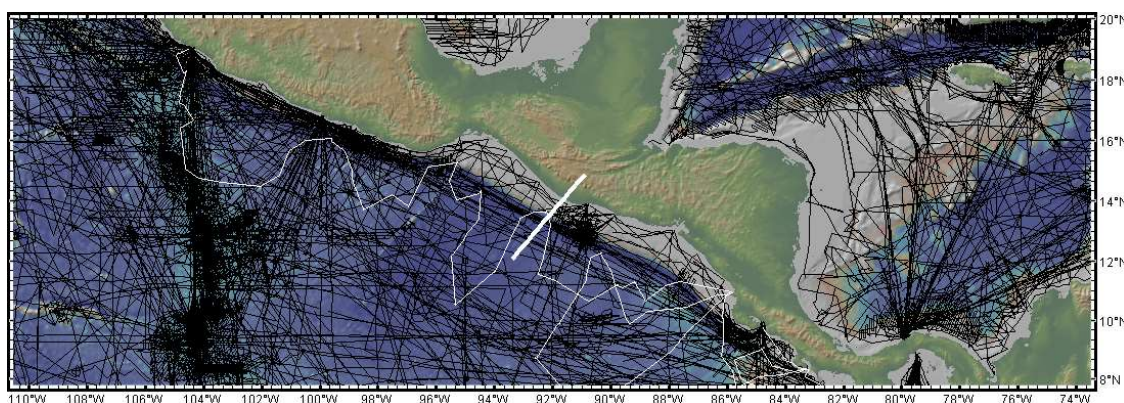
Ilustración 41. Topografía de Guatemala.



Fuente: (URL, IARNA, & IICA, 2015)

5. Batimetría. La superficie de la costa sur de Guatemala no es regular, sus pendientes son elevadas frente a los departamentos de Escuintla y Santa Rosa. El límite entre la Placa del Coco y la Placa Caribe forman un gran cañón submarino llamado Fosa Mesoamericana. Un hundimiento ocasionado por la frontera de subducción de las placas, se extiende desde el sur de México hasta Panamá y en algunas partes puede alcanzar más de 4000 metros de profundidad. La parte menos profunda se encuentra al sur de Costa Rica donde la Placa del Coco penetra muy superficialmente. A través de la aplicación GeoMapApp, como parte del Sistema de Geociencias Marinas de datos, se construyeron perfiles batimétricos a lo largo de toda la Fosa. En la siguiente Ilustración las líneas negras representan las curvas de nivel de la batimetría y la línea blanca a partir de la cual se trazó el perfil batimétrico para la costa sur de Guatemala.

Ilustración 42. Mapa de curvas de nivel para Mesoamérica.



Fuente: (System, 2013)

Cuando las costas son muy bajas y planas los tsunamis tienen mayor impacto, la batimetría actúa como un campo de lentes que enfocan y desenfocan los tsunamis, dando lugar a cáusticas. Se ha observado una gran sensibilidad de la amplitud del tsunami en cierto punto del océano a las pequeñas variaciones de la batimetría; variaciones de menos del 2% en la profundidad del océano conducen a variaciones hasta en un factor de seis en la amplitud de las ondas.

A partir del mapa obtenido de la Elevación Nacional de Conjunto de Datos (Ilustración 42) se obtiene el perfil batimétrico para la zona costera de Guatemala (Ilustración 43) donde el punto indica la zona más profunda de la fosa mesoamericana. Se observa el talud ocasionado por la zona de subducción, la configuración topográfica y batimétrica le da una ventaja a Guatemala ante los tsunamis, a medida que la ola se acerca a la costa se produce un fenómeno de reflexión de ola, este se origina cuando la ola choca contra un obstáculo o barrera vertical provocando la pérdida de la energía cinética y potencial. La suma de las ondas incidentes y la ola reflejada en el talud origina una onda estacionaria, en la que se anulan mutuamente los movimientos horizontales, fenómeno que se puede observar en la Ilustración 44.

Ilustración 43. Perfil batimétrico para la costa sur de Guatemala.

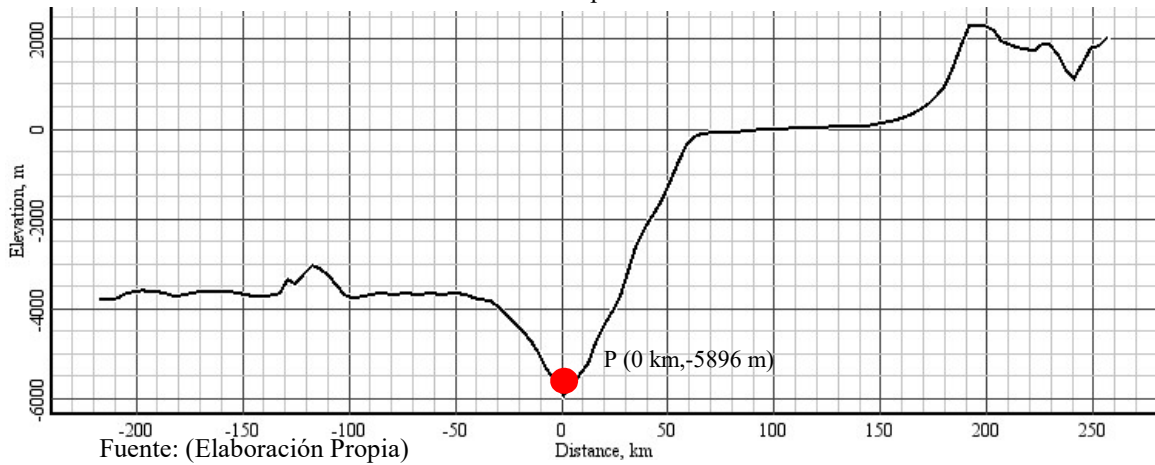
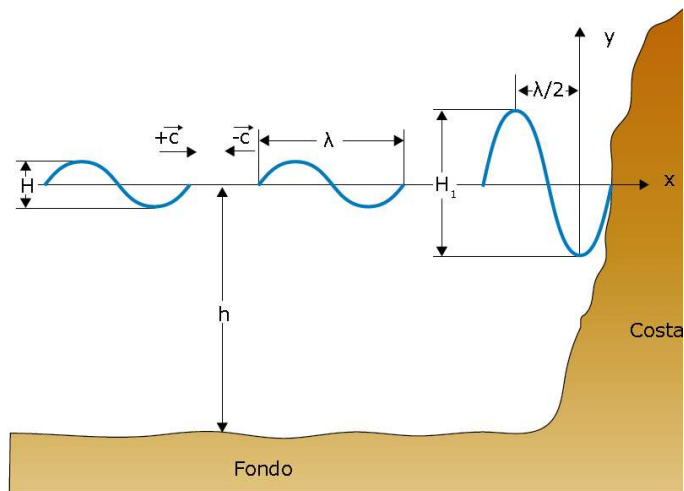


Ilustración 44. Fenómeno de reflexión de la ola.



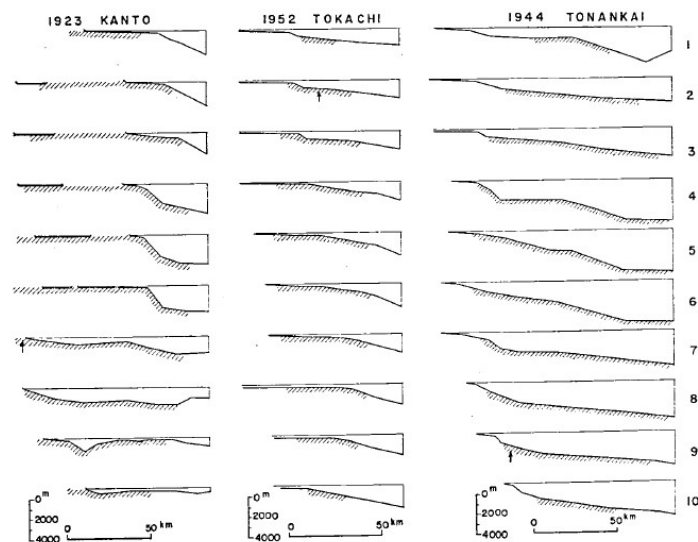
Fuente: (Gutierrez, 2008)

a. Efectos de la batimetría en un tsunami. La propagación de las ondas de tsunami varía cuando el impulso es más fuerte en una dirección que en otra debido a la orientación o a las dimensiones del área generadora, la batimetría regional y los rasgos topográficos modifican la forma de la onda y su velocidad. Específicamente, las ondas del tsunami se ven afectadas por procesos de refracción y reflexión a lo largo de su viaje.

La topografía de las tierras emergidas influye directamente en la penetración del tsunami en la superficie. Cuando la pendiente es relativamente fuerte la extensión de la zona inundada no es significativa, en cambio cuando el terreno es plano o escasa pendiente, la penetración puede abarcar kilómetros tierra adentro. En las bahías puede existir reflexión en los bordes de las costas; en este caso si el período es igual al tiempo que tarda en recorrer la bahía, al llegar la segunda ola puede verse forzada con un remanente de la primera y aumentar la energía al interior de la bahía, este es el fenómeno de resonancia. Esta condición puede producir la amplificación de las alturas del tsunami al interior de una bahía como ocurre en la bahía de concepción.

1) Japón. Estudios realizados en Japón han revelado que la energía con la que un tsunami llega a las costas depende también de la pendiente de la batimetría. Más de 22 tsunamis se han generado en las costas de este país por lo que trazar perfiles y el estudio de la topografía fue necesario y representado (ver ilustración 45) para estudiar el comportamiento de la ola al momento de romper contra la costa.

Ilustración 45. Perfiles Batimétricos en distintas costas de Japón.



Fuente: (Hatori, 1966)

En la Ilustración 45 una flecha indica la ubicación donde ocurre el mayor impacto del tsunami en la pendiente de la costa, para discutir los efectos de la pendiente fue necesario establecer una relación entre la energía de las ondas sísmicas E_s , y las energía de las ondas de los tsunamis E_t para tomarlos como parámetros de estudio, para esto se estableció una fórmula para calcular la energía de los tsunamis descrita a continuación:

$$E_t = \pi g \rho V R \sum_{n=1}^{\infty} a_n^2 T_n$$

(Hatori, 1966)

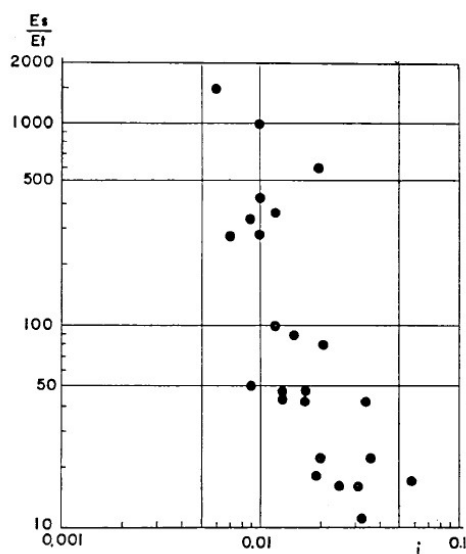
Donde: ρ es la densidad del agua del mar, R la distancia a la fuente de generación, V la velocidad de las olas del tsunami en la fuente, a_n es la amplitud, T_n es la mitad del periodo de las olas del tsunami, N el número total de crestas de olas. Y finalmente la energía del sismo propuesta por Gutenberg y Richter se define como:

$$\log E_s = 11.8 + 1.5M$$

(Hatori, 1966)

Donde M es la magnitud del sismo. La Ilustración 46 ejemplifica la relación de la pendiente de la costa representada por la letra i y la proporción de la onda sísmica con la onda del tsunami E_s/E_t . Aunque los puntos trazados son ampliamente dispersos, la tendencia es que cuanto mayor sea la pendiente del fondo del mar, la más pequeña será la relación entre la energía de las ondas sísmicas y ondas del tsunami. Por lo tanto mientras mayor pendiente tenga la costa, menor será el impacto de la ola.

Ilustración 46. Relación entre la pendiente del terreno y la energía de las olas.



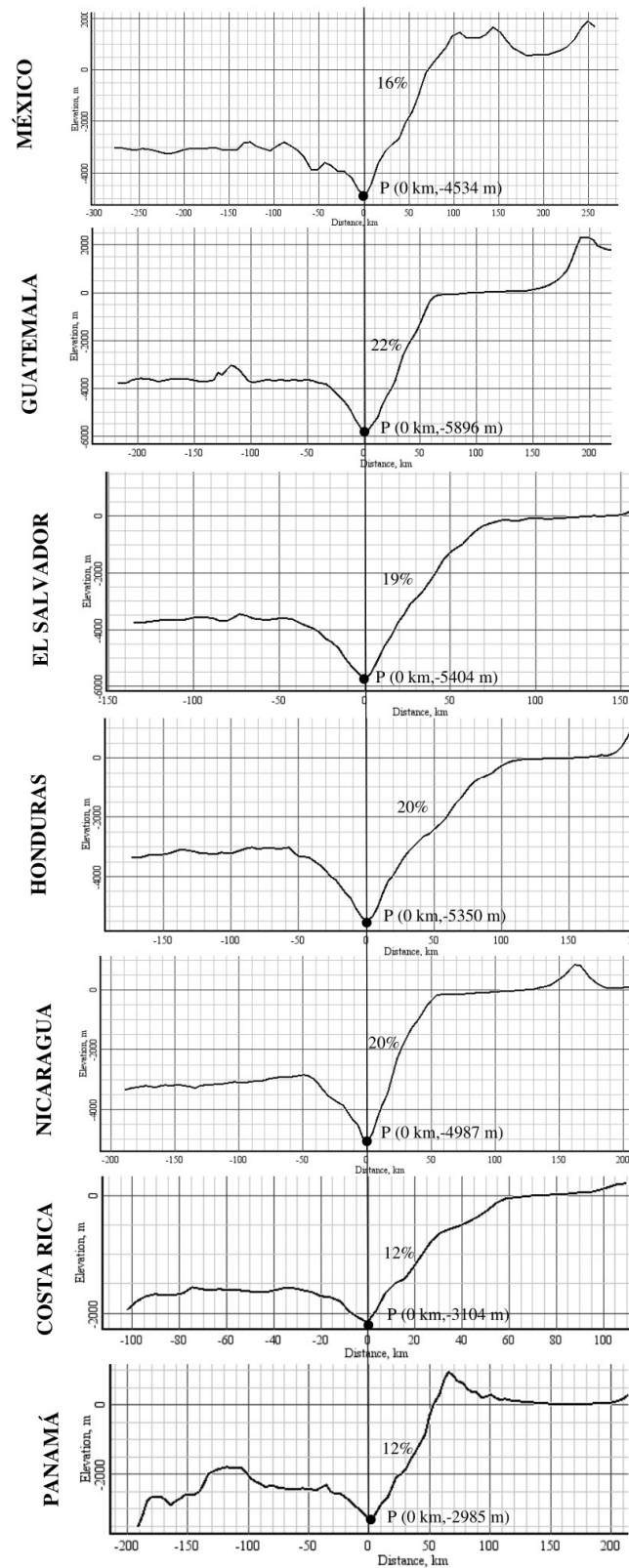
Fuente: (Hatori, 1966)

2) Fosa mesoamericana. Para analizar el comportamiento del tren de olas de un tsunami mientras se aproxima a la costa en la región Mesoamericana (México, Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá) se trazaron los perfiles batimétricos (topografía submarina), donde se estimaron la pendiente del terreno para establecer una relación de vulnerabilidad y amplificación o atenuación de la energía transmitida en la ola.

En la siguiente ilustración se establecen los perfiles batimétricos, estos fueron trazados perpendicularmente a la capital de cada uno de los países, en lugares como Guatemala y El Salvador la Fosa alcanza profundidades de más de 4000m, siendo la costa de Guatemala el área con mayor profundidad. Se estimaron las pendientes del talud con respecto al punto más profundo de la Fosa, Guatemala es el país con mayor pendiente igual al 10%, seguido por Honduras, Nicaragua y México con 5%, El Salvador con 8% y finalmente Costa Rica y Panamá con un 4% y 6% respectivamente, con pendientes más suaves y menor profundidad de la Fosa Mesoamérica, deja a estos dos últimos países como los más vulnerables ante los efectos de un tsunami.

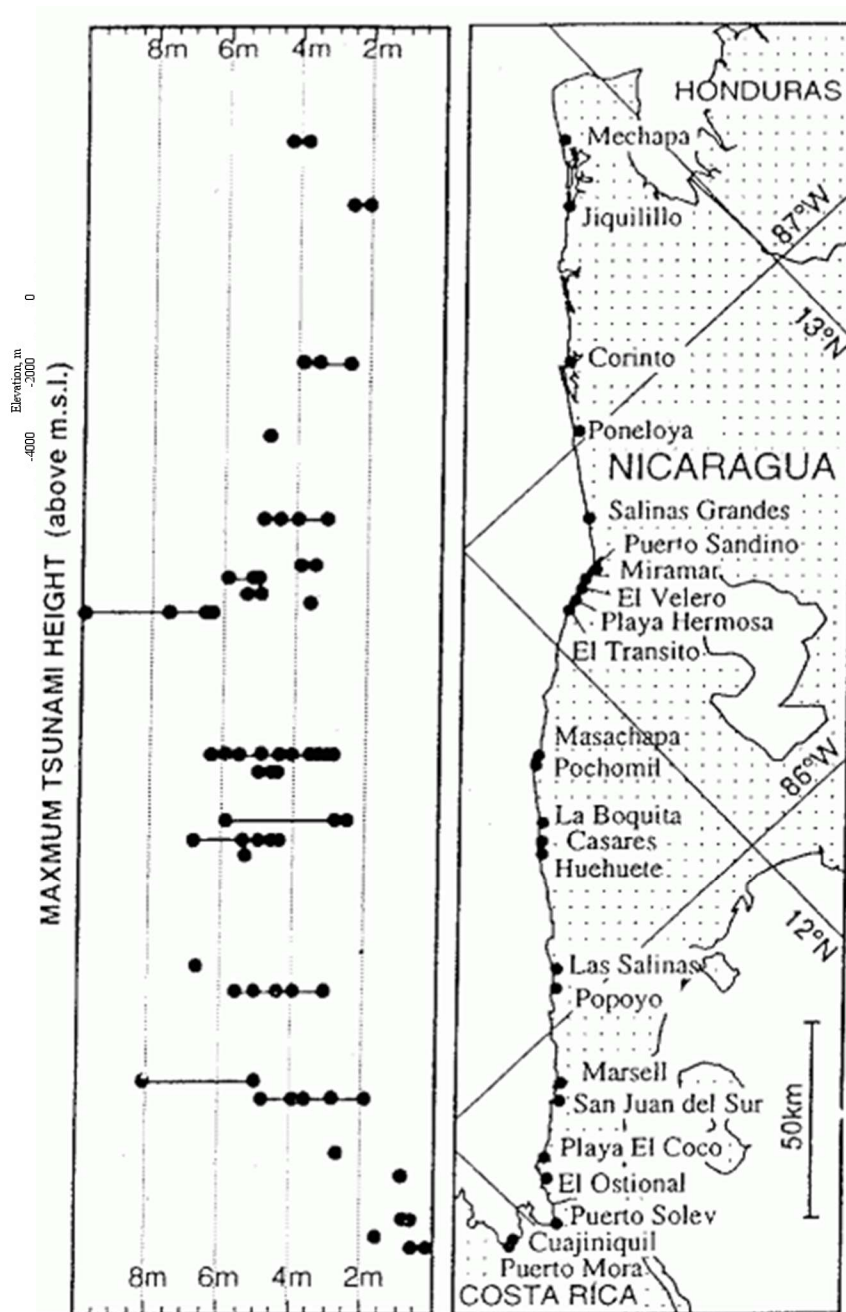
Se estudiará el caso de Nicaragua y se tomarán los parámetros del tsunami en esta región en 1992 este país fue propenso a olas que alcanzaron los 10m de altura representada en la Ilustración 48, donde se proporciona una escala con la altura de las olas especificando la ola en cada área afectada, bajo estas condiciones se establecerá una vulnerabilidad para Guatemala.

Ilustración 47. Perfiles batimétricos para los países mesoamericanos.



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 48. Representación de las olas que azotaron las costas de Nicaragua en el tsunami de 1992.



Fuente: (Instituto Nicaraguense de estudios Territoriales, 2016)

De acuerdo a la Administración Nacional de Oceanográfica y Atmosférica (NOAA), se han registrado siete eventos para Guatemala descritos en la Tabla 20.

Tabla 20. Tsunamis registrados en Guatemala

<i>FECHA</i>						<i>CAUSA DEL TSUNAMI</i>	<i>FUENTE DE GENERACIÓN DEL TSUNAMI</i>				<i>Parámetros de tsunami</i>		
											Altura de la Ola (metros)	Magnitud en la escala de lida	Intensidad del tsunami
AÑO	MES	DÍA	HORA	MINUTO	SEGUNDO	Magnitud del Terremoto	País	Lugar	Latitud	Longitud			
1773	6	3				-	GUATEMALA	GUATEMALA-NICARAGUA	14.6	-90.7			
1902	1	18	23	23		6.3	GUATEMALA	OCOS	14.71	-91.59	4 - 6		
1902	4	19	2	23	30	7.0	GUATEMALA	OCOS	14	-91	4 - 6		
1902	9	27				7.5	GUATEMALA	OCOS	14	-91	4 - 6		
1950	10	23	16	13	20	7.3	GUATEMALA	GUATEMALA	14.31	-91.917	0.2	-1.3	-1
1968	9	25				6.0	MEXICO	S. MEXICO-GUATEMALA-NICARAGUA	15.6	-92.6	2		1
2012	11	7	16	35	46.9	7.3	GUATEMALA	GUATEMALA	13.988	-91.895	0.35		

Fuente: (NOAA, 2016)

En total se han registrado 49 tsunamis en Centroamérica esta región tiene un 5.5% de incidencia en la cuenca pacifico, si se asume que este 5.5% es el 100%, las probabilidades para cada país de la región están descritas en la siguiente tabla:

Tabla 21. Registro de tsunamis en Centroamérica.

País	Tsunamis Ocurridos	Probabilidad
Guatemala	7	14%
El Salvador	8	16%
Honduras	8	16%
Nicaragua	7	14%
Costa Rica	10	20%
Panamá	9	18%
Total	49	100%

Fuente: Elaboración Propia

Es importante analizar la relación entre Nicaragua y Guatemala, donde ambos países tienen la misma vulnerabilidad de ser azotados por un tsunami igual al 14%, siendo Costa Rica el país con la mayor porcentaje de incidencias con 20% hecho que se había discutido anteriormente ya que en esta zona es la menos profunda de la Fosa Mesoamericana, siendo más propensa ante este tipo de eventos.

Modelo de la influencia de la batimetría en el comportamiento de la Ola

La longitud de onda (λ) de un tsunami corresponde al producto entre la velocidad de propagación (v) y el período (t), relación dada por:

$$\lambda = v * t$$

Para el Océano Pacífico la profundidad media es de 4.000 m, lo que da una velocidad de propagación promedio de 713 km/h. Se hará uso de la ecuación de velocidad para velocidades idealizadas:

$$v = \sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi} \tanh\left(2\pi \frac{d}{\lambda}\right)}$$

Donde:

λ = longitud de onda

d = profundidad

g = aceleración de la gravedad

Para establecer una relación del comportamiento de la ola con respecto a la pendiente del terreno, se hará uso de la ecuación de Bernoulli que establece:

$$P + \rho gh + \frac{1}{2} \rho v^2 = C_1$$

Donde:

$\rho gh = \text{Energía Potencial}$

$\frac{1}{2} \rho v^2 = \text{Energía cinética}$

$P = \text{presión}$

$C_1 = \text{Constante desconocida}$

Simplificando:

$$gh + \frac{1}{2} v^2 = C_2$$

Donde:

$C_2 \neq C_1$

$h = \text{altura de la ola en m}$

$v = \text{velocidad de propagación}$

Por el principio de conservación de la energía se obtiene a partir de esta ecuación que:

$$gh_1 + \frac{1}{2} v_1^2 = gh_2 + \frac{1}{2} v_2^2$$

Donde h_1 y v_1 representan la altura y velocidad de la ola respectivamente en un punto conocido, h_2 es la altura de la ola resultante en la costa y v_2 es la velocidad en aguas poco profundas (\sqrt{gd}) por lo tanto sustituyendo la ecuación general de la velocidad y la velocidad para aguas poco profundas se obtiene:

$$gh_1 + \frac{1}{2} * \frac{g\lambda}{2\pi} \tanh\left(2\pi \frac{d_1}{\lambda}\right) = gh_2 + \frac{1}{2} \sqrt{gd_2}$$

Donde d_1 es una profundidad conocida y d_2 es la profundidad en la costa, conociendo la pendiente del terreno entonces $m = \frac{d_1 - d_2}{\Delta x}$, sustituyendo y despejando para Δh :

$$\Delta h = \frac{v}{4\pi t g} \sqrt{\frac{g v}{2\pi t}} - \frac{1}{2g} \sqrt{g(d_1 - m\Delta x)}$$

Finalmente este modelo establece un diferencial de la ola Δh , cuando esta rompa en la costa, para esta ecuación se sustituyó el término $\tanh\left(2\pi \frac{d_1}{\lambda}\right)$ con la ecuación de velocidad para aguas profundas $\sqrt{\frac{g v}{2\pi t}}$. Aplicando este modelo para las pendientes de las costas de los países sobre la Fosa Mesoamérica se obtiene la tabla no. X donde se utilizaron los parámetros para un tsunami típico en el océano pacífico, tomando como referencia el tsunami de Nicaragua en 1992:

$$\text{velocidad de tsunami} = 713 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Período = 45 min

Tabla 22. Altura de olas en función de la batimetría.

<i>País</i>	<i>Parámetros batimétricos</i>		<i>Distancia horizontal(km)</i>	<i>Altura esperada de la ola (m)</i>
	<i>Profundidad (m)</i>	<i>Pendiente</i>		
Nicaragua	4,987.00	5%	100.00	10.24
México	4,534.00	5%	100.00	10.76
Guatemala	5,896.00	10%	60.00	9.26
El Salvador	5,404.00	8%	70.00	9.78
Honduras	5,350.00	5%	100.00	9.84
Costa Rica	3,104.00	5%	60.00	12.62
Panamá	2,985.00	6%	50.00	12.79

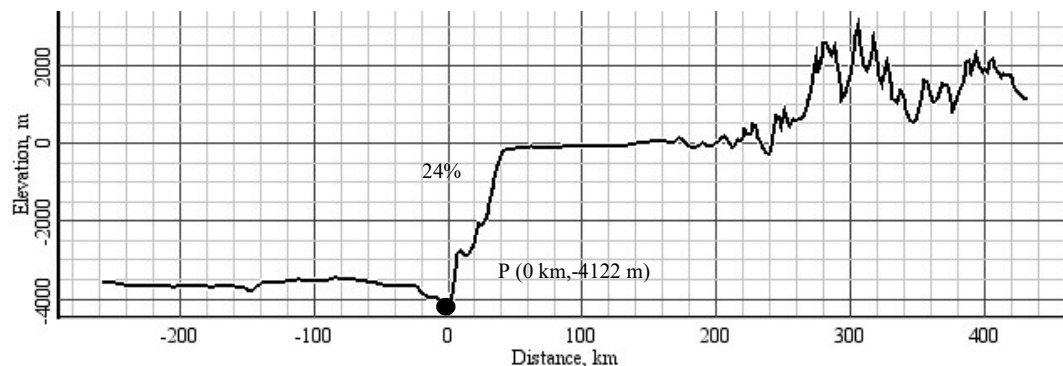
Fuente: Elaboración Propia

Los parámetros batimétricos de esta tabla están tomados de los perfiles anteriormente descritos, la profundidad fue tomada como el punto más bajo sobre la fosa en cada país y la distancia horizontal representa la distancia desde este punto hasta la costa del país. Este modelo está basado en que el tsunami tendría las mismas características que el tsunami de Nicaragua en todos los países (distancia al epicentro, longitud de onda, velocidad de propagación) si los parámetros del tsunami fueran idénticos en Guatemala las olas generadas alcanzarían los 9 metros de altura.

Existen casos extremos como el ocurrido en Alaska en 1968 donde las olas alcanzaron más de 67 metros de altura, a continuación se presenta el perfil para las costas del Pacífico de Alaska, cercano al epicentro del terremoto que generó el tsunami, se observa un perfil con mucha pendiente y relativa profundidad (ver ilustración 49), en su punto más profundo alcanza los 4122m, el nivel 0 corresponde al nivel del mar, el terreno tiene una pendiente del 24%. Si el perfil es similar al de Guatemala y tiene una mayor

pendiente, entonces no se descarta que en Guatemala pueda ocurrir un evento de esta magnitud, sin embargo las probabilidades que esto ocurra son mucho menores que la incidencia de olas entre 6 y 8 metros.

Ilustración 49. Perfil batimétrico para la costa de Alaska.



Fuente: Elaboración Propia

6. Análisis de riesgo. El riesgo constituye la evaluación esperada de los daños y pérdidas en un espacio determinado utilizando técnicas de identificación y caracterización de peligros y análisis de vulnerabilidad que presenta un elemento. (Rivas, 2008)

Según (Mas, 2009) el análisis de riesgo para un tsunami está definido por los siguientes pasos:

- Identificación del peligro: Mediante registros históricos, memorias o condiciones geológicas de la zona se puede determinar la amenaza de tsunamis en el lugar de estudio.
- Caracterización del peligro: Se considera *Tsunami de Diseño* al tsunami que se puede esperar en base a los datos obtenidos del tiempo, altura de ola, cota de inundación, velocidad de flujo entre otros parámetros.
- Identificación de elementos expuestos: Según las características encontradas en el inciso b, se identifican elementos susceptibles a sufrir daños dentro del área de estudio.
- Caracterización de elementos expuestos: A los elementos del inciso anterior se les debe hacer un estudio cuantitativo y cualitativo para conocer puntos a favor y en contra durante su participación en los procesos de desarrollo interno y externo del área de estudio.

Análisis de riesgo por tsunami: Los grados de vulnerabilidad se deben estimar numéricamente cuando sea posible o de manera probabilística por calificación de alto medio y bajo daño y pérdidas esperadas

7. Vulnerabilidad de los Municipios de Iztapa y San José. La vulnerabilidad física de Iztapa analiza utilizando el Anexo 1 (CONRED: Amenaza por Deslizamientos e Inundaciones, Departamento de Escuintla, Municipio de Iztapa), debido a que en este mapa se observa que la mayor parte de la extensión territorial de Iztapa se encuentra con Amenaza por Inundaciones desde un rango medio, hasta una amenaza muy alta, teniendo pocos lugares con amenaza baja, y siendo aún menores los puntos que no presentan esta amenaza (pequeñas partes cerca de la Hacienda Mi Cielo y la Laguneta Guiscoyol) y que probablemente no presentan dicha amenaza porque son pequeños montículos o no tienen valores significativos de Precipitación Promedio Anual, ya que el análisis de este anexo se basa en la profundidad del terreno, la topografía natural, la orientación de la pendiente y también en los datos de precipitación promedio anual para la República de Guatemala de INSIVUMEH considerando tres escenarios con periodos de retorno de 10, 100, y 600 años.

La vulnerabilidad física del municipio de San José se analiza de la misma manera, utilizando el Anexo 2 (CONRED: Amenaza por Deslizamientos e Inundaciones, Departamento de Escuintla, Municipio de San José), debido a que en este documento también se observa que mientras la parte más cercana a la costa lógicamente se encuentra con Amenaza por Inundaciones de rango alto y muy alto; la mayor parte del municipio se encuentra con una amenaza entre media y baja debido a que, como se mencionó antes, la topografía de este municipio es diferente a la de Iztapa y cuenta con una topografía en general de mayor altura a la del otro objeto de estudio. El análisis del Anexo 2 se basa en la profundidad del terreno, la topografía natural, la orientación de la pendiente, y en los datos de precipitación promedio anual para la República de Guatemala de INSIVUMEH considerando tres escenarios con periodos de retorno de 10, 100, y 600 años.

Al momento de analizar la vulnerabilidad económica de los municipios de Iztapa y San José, se analizan ambos municipios de manera conjunta, ya que las sociedades de estos municipios, por su proximidad geográfica, son muy similares. Con datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística del Gobierno de Guatemala y tomando en cuenta que los municipios de Iztapa y San José se pueden clasificar en el dominio de áreas rurales, se puede observar que aunque existe un aumento gradual en los ingresos laborales mensuales promedio, estos ingresos promedio tienen valores muy bajos para las zonas rurales, contando con un ingreso mensual promedio para el segundo semestre del año 2014 de Q1,471.00 (valor por debajo del salario mínimo para ese año, el cual tenía un valor de Q 2,530.34). Pero el problema con este indicador es que solo toma en cuenta a las personas que perciben ingresos económicos, por lo que se debe complementar el análisis de la vulnerabilidad económica con valores de pobreza en sí; en los cuales se observa que para el año 2011, el porcentaje de personas en estado de pobreza general en la región Suroccidente (de la cual forman parte nuestros objetos de estudio) es de 66.4%, presentando con esto el segundo mayor valor de porcentaje de pobreza general por región del país, solo por debajo de la región norte. De manera contraria a lo que se desearía; el porcentaje de pobreza general de la región de la cual forman parte nuestros objetos de estudio ha aumentado desde el 2006 (con un 59.4% de población en pobreza general) hasta el 2011 (con el 66.4% de la población en pobreza general, como se mencionaba anteriormente), esto presenta un dato alarmante ya que la pobreza en la región de estudio ha aumentado, generando así una mayor vulnerabilidad a eventos

catastróficos conforme pasa el tiempo. Como se mencionó al momento de definir cada tipo distinto de vulnerabilidad, el factor económico negativo (la pobreza) aumenta el riesgo a un desastre, ya que hace más vulnerables a las comunidades con inestabilidad laboral, personas de ingresos mínimos, e individuos desempleados, lo que provoca que al momento de suceder una catástrofe natural del tipo de un tsunami, el tiempo de recuperación y reconstrucción, así como el atraso en el desarrollo de los municipios de Iztapa y San José, sea mucho mayor de lo que podría ser si en los municipios existiera una estabilidad económica favorable mayor. Esta vulnerabilidad puede empeorar, entrando a un ciclo repetitivo, debido a que estas condiciones económicas negativas generan que algunas personas no cuenten con la educación necesaria para tener el conocimiento y la información acerca del tema de los desastres naturales y otros temas de los estudios generales, por lo que, al no tener una educación adecuada, su situación económica difícilmente podría cambiar, generando así una pobreza mayor, repitiendo el ciclo antes mencionado. Este aspecto negativo en el ámbito económico también genera que, al momento de una catástrofe, las personas de escasos recursos puede que no tengan acceso rápido a los servicios de salud adecuados, o que no puedan optar a los mismos, derivando esto en una mayor pérdida de vidas humanas y un mayor retraso en el desarrollo de los municipios.

La vulnerabilidad social se evidenció por medio de encuestas realizadas en los municipios de Iztapa y San José, en las cuales se evidenciaba que aunque existan ciertos Consejos Comunitarios de Desarrollo; los vecinos no siempre están de acuerdo con ellos o con las personas que forman parte de ellos, por lo que por la misma relación negativa entre vecinos y COCODES, se restringe la capacidad de la comunidad de actuar de manera conjunta para prevenir, atenuar, o responder a las situaciones de emergencias generadas por desastres naturales como lo pueden ser los tsunamis. Esto también puede provocar un retraso en el tiempo que tarde la recuperación de los municipios después de una catástrofe de esta magnitud, retrasando de la misma manera el desarrollo de los municipios de Iztapa y San José. Cabe mencionar que debido a la mala relación que tienen algunos vecinos con los Consejos Comunitarios de Desarrollo, ellos han formado sus propias organizaciones de vecinos, lo que podría afectar de manera positiva la respuesta comunitaria al momento de un desastre natural, reduciendo así la vulnerabilidad de las comunidades en las cuales existen estas prácticas.

Al momento de evaluar los municipios de Iztapa y San José para describir su vulnerabilidad educativa, se utilizaron de nuevo datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística del Gobierno de Guatemala, los cuales indican que el porcentaje de la población de 15 años en adelante que es incapaz de leer y escribir para el departamento de Escuintla es de 13.7%, el cual es un valor menor a la media actual, lo que resulta como algo positivo, ya que las personas residentes en este departamento (en donde se encuentran los municipios de Iztapa y San José) tienen la capacidad de leer boletines, documentos, y alertas que faciliten la distribución de la información sobre los desastres naturales y el medio ambiente, para que ellos estén alerta de lo que podría pasar en el caso de un desastre natural, y de la misma manera que las personas sepan cual es la manera correcta de actuar en el caso de que se dé esta eventualidad. El hecho de que las personas puedan contar con las habilidades de leer y escribir ayuda a proporcionarles a los pobladores el conocimiento de la vulnerabilidad en la cual se encuentran sus comunidades, para que apoyen o incluso ellos mismos generar

planes para enfrentarse a las situaciones de alto riesgo. La vulnerabilidad educativa entonces, como se puede observar en las estadísticas de analfabetismo por departamento, se ha ido reduciendo conforme pasan los años en el departamento al cual pertenecen los municipios de Iztapa y San José, alcanzando hasta el año 2012 el 13.7% antes mencionado, valor que podría presentar incluso una disminución favorable en el futuro si se sigue con la tendencia con la cual ha ido variando dicho porcentaje en los años.

E. Mapas con indicadores de Guatemala

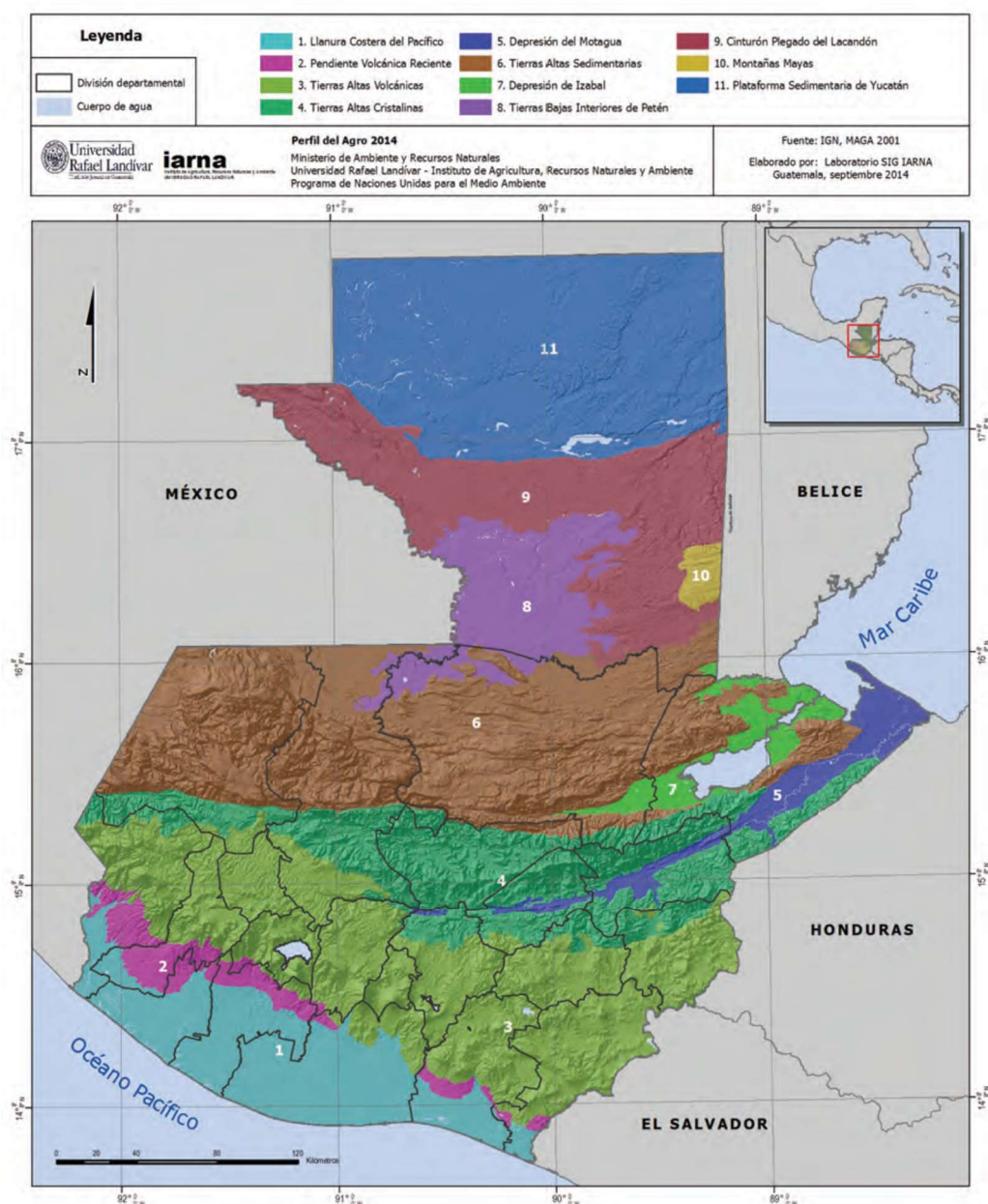
Para analizar el uso actual (y el uso potencial) de las distintas zonas de terreno de los municipios de Iztapa y San José, se deben analizar diferentes indicadores con los cuales se cuenta actualmente, para tener una base para el análisis y luego identificar el uso que se le da al suelo en la zona con la cual se está trabajando.

Las distintas variables que componen el ambiente natural de Guatemala se muestran a continuación; indicando las condiciones geográficas del país, las condiciones del recurso hídrico y el uso de suelos. Estas condiciones, entre otras, se utilizan para identificar la capacidad del uso que se le puede dar al suelo, así como el uso que se le da en la actualidad, y la intensidad del mismo. (URL, IARNA, & IICA, 2015)

Como se muestra en el siguiente mapa, la República de Guatemala ha sido clasificada en distintas regiones y subregiones fisiográficas y unidades de paisaje o unidades geomorfológicas. Los criterios utilizados para la definición de estas regiones fisiográficas son el proceso geológico dominante en el origen de la forma, la uniformidad en el tipo de relieve y el tipo litológico. Las once regiones fisiográficas de Guatemala son la llanura costera del Pacífico, la pendiente volcánica reciente, las tierras altas volcánicas, las tierras altas cristalinas, la depresión del Motagua, las tierras altas sedimentarias, la depresión de Izabal, la planicie interior de Petén, el cinturón plegado del lacandón, las montañas mayas, y la plataforma de Yucatán. (MAGA, Mapa fisiográfico-geomorfológico de la República de Guatemala, a escala 1:250,000, 2001)

Existen dos factores que pueden afectar de gran manera el uso del suelo en un sector del país, los cuales son la temperatura y la precipitación; esta última también puede empeorar los efectos provocados al momento de una catástrofe natural como en el caso de un tsunami. La temperatura promedio anual en todo el territorio del país generalmente se encuentre entre los 8 °C hasta los 28 °C, pero la zona específica que es de interés para el análisis es la costa sur de Guatemala, particularmente el departamento de Escuintla, observando que en regiones como estas se presenta un rango aproximado de temperatura promedio entre los 23 °C y los 28 °C. De la misma manera se deben tomar en cuenta los valores de precipitación para observar el uso actual del suelo, ya que esta precipitación determina la humedad del suelo, con lo que también se pueden observar el desarrollo potencial de los cultivos. La diversidad de condiciones climáticas del país hace que la precipitación promedio anual esté entre los 500 mm hasta los 6,000 mm. (URL, IARNA, & IICA, 2015)

Ilustración 50. Regiones fisiográficas de Guatemala

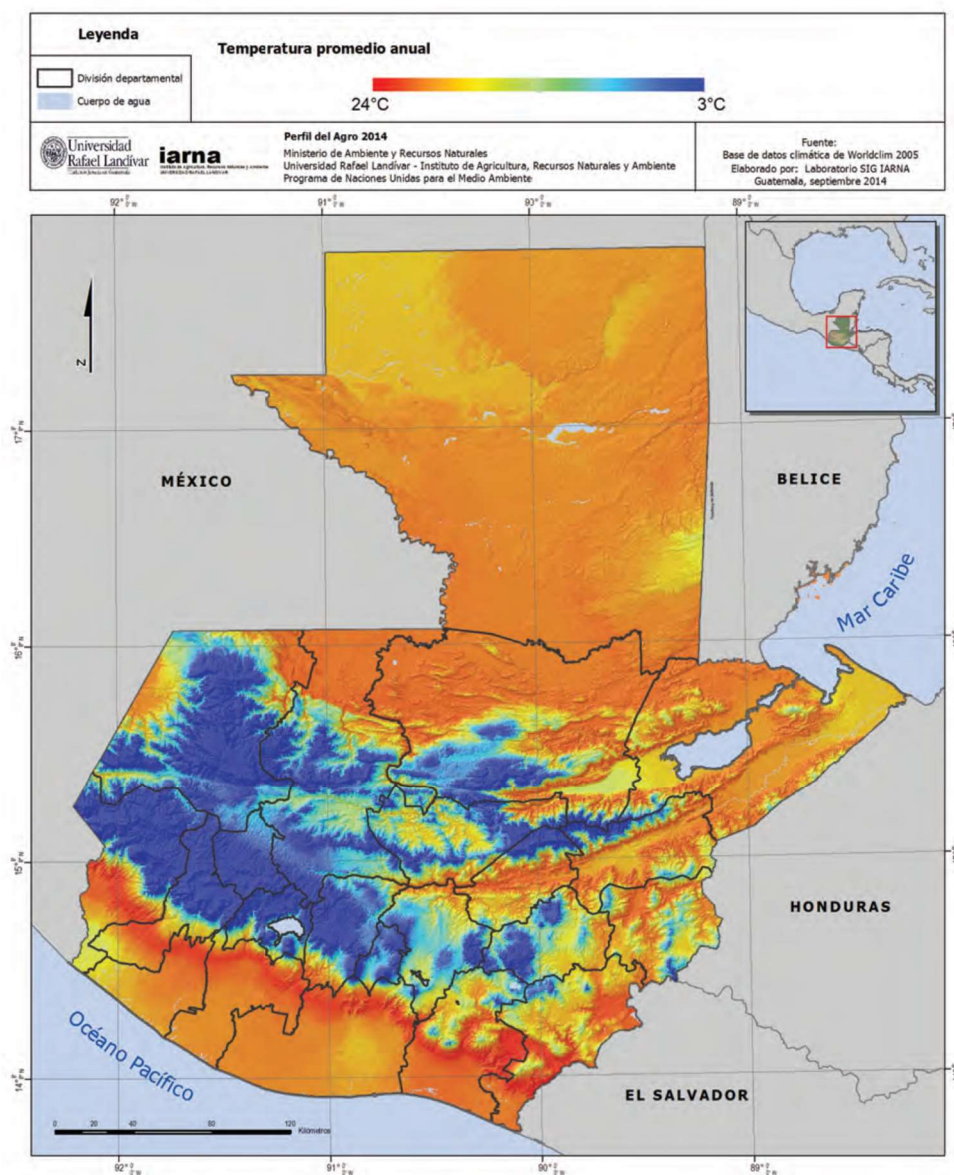


Fuente: (URL, IARNA, & IICA, 2015)

También existen dos factores que afectan de gran manera el uso del suelo en un sector del país, los cuales son la temperatura y la precipitación, de los cuales se presentan los dos mapas siguientes; es importante destacar que el ultimo también puede empeorar los efectos provocados al momento de una catástrofe natural como en el caso de un tsunami. La temperatura promedio anual en todo el territorio del país generalmente se encuentre entre los 8 °C hasta los 28 °C, pero la zona específica que nos interesa para el análisis es la costa sur de Guatemala, particularmente el departamento de escuintla, observando que en regiones como estas se presenta un rango aproximado de temperatura promedio entre los 23 °C y los 28 °C. De la misma manera se

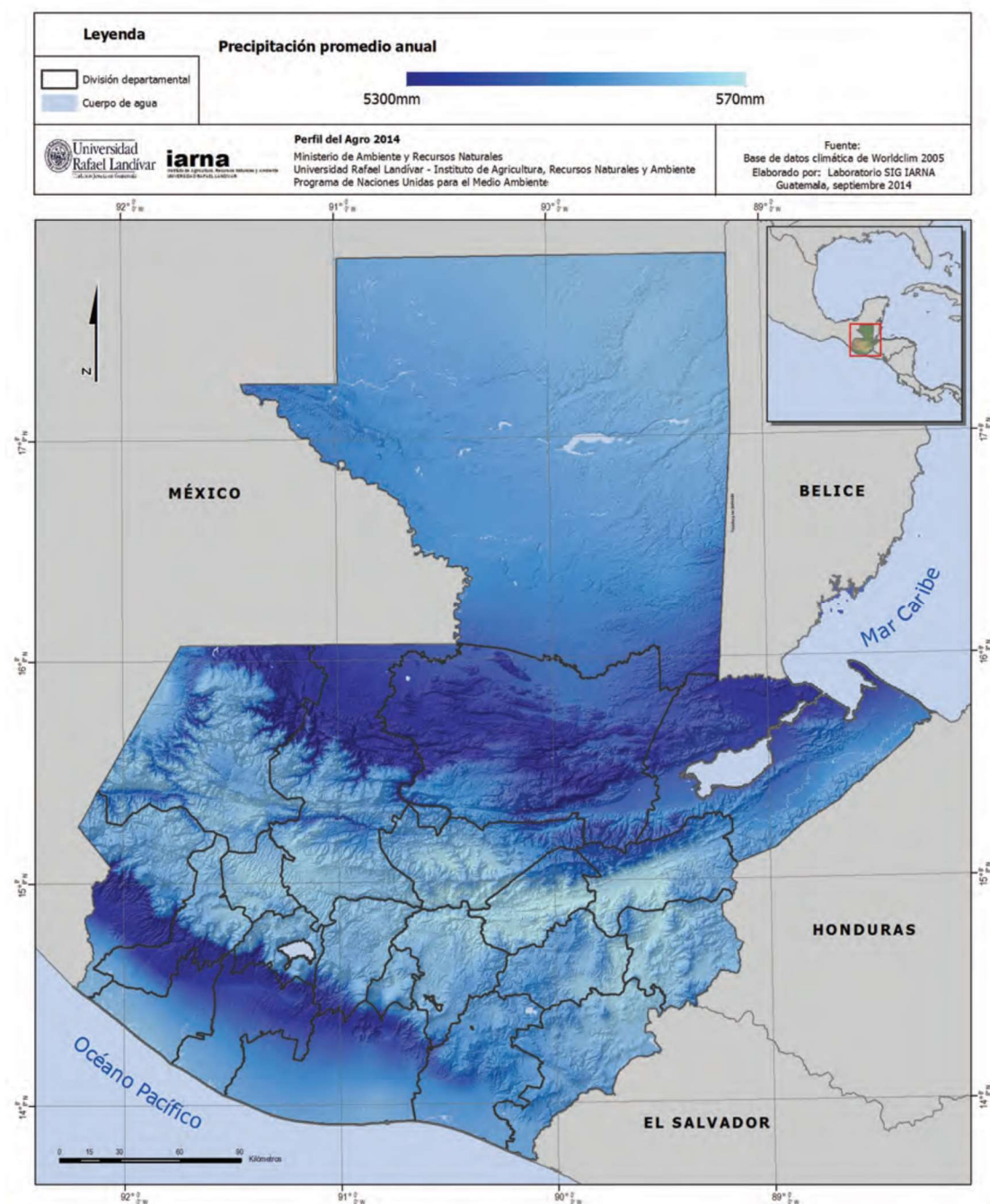
deben tomar en cuenta los valores de precipitación para observar el uso actual del suelo, ya que esta precipitación determina la humedad del suelo, con lo que también se pueden observar el desarrollo potencial de los cultivos. La diversidad de condiciones climáticas del país hace que la precipitación promedio anual esté entre los 500 mm hasta los 6,000 mm. (URL, IARNA, & IICA, 2015)

Ilustración 51. Temperatura promedio anual de Guatemala



Fuente: (URL, IARNA, & IICA, 2015)

Ilustración 52. Precipitación promedio anual en Guatemala.

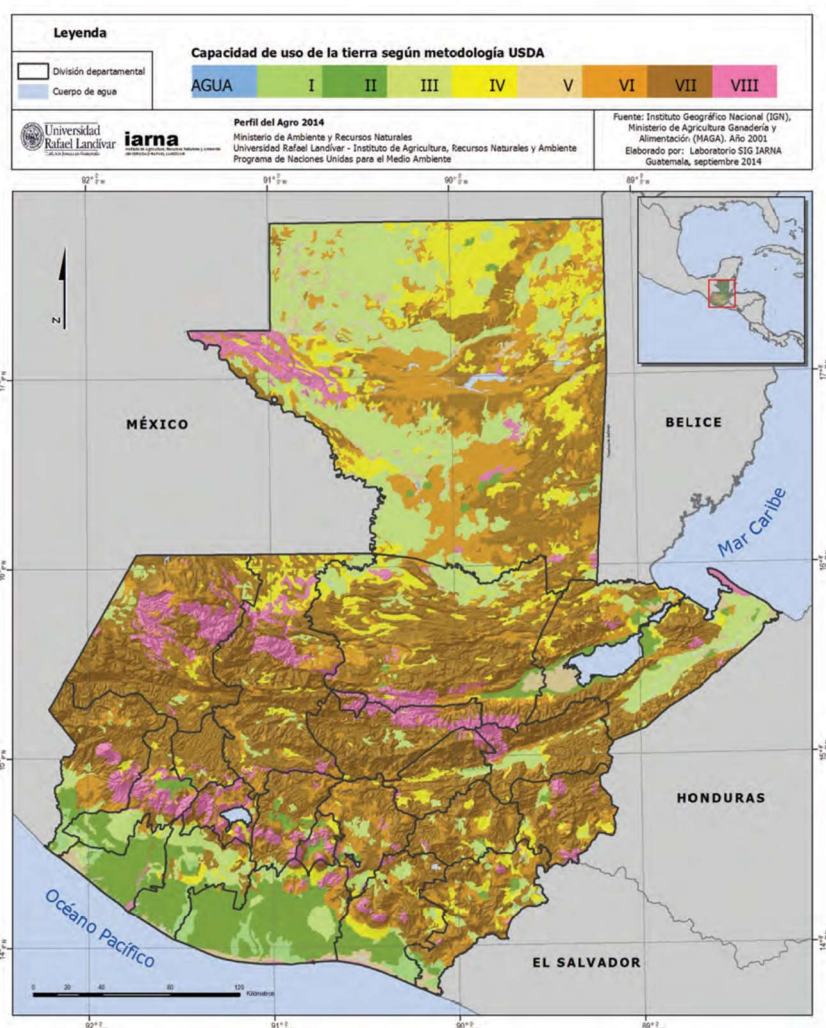


Fuente: (URL, IARNA, & IICA, 2015)

Como parte del análisis del uso del suelo, es importante tomar en cuenta las zonas dentro del país (para luego analizar solo los lugares de los municipios de Iztapa y San José) en las que se podría cultivar, a las cuales se les llama Capacidad de Uso del Suelo, como se observa en los dos mapas siguientes, ya que esto indica los lugares en los cuales probablemente se esté cultivando actualmente, y también podrían indicar los lugares a los cuales se podrían trasladar ciertas industrias presentes en los municipios de Iztapa y San José

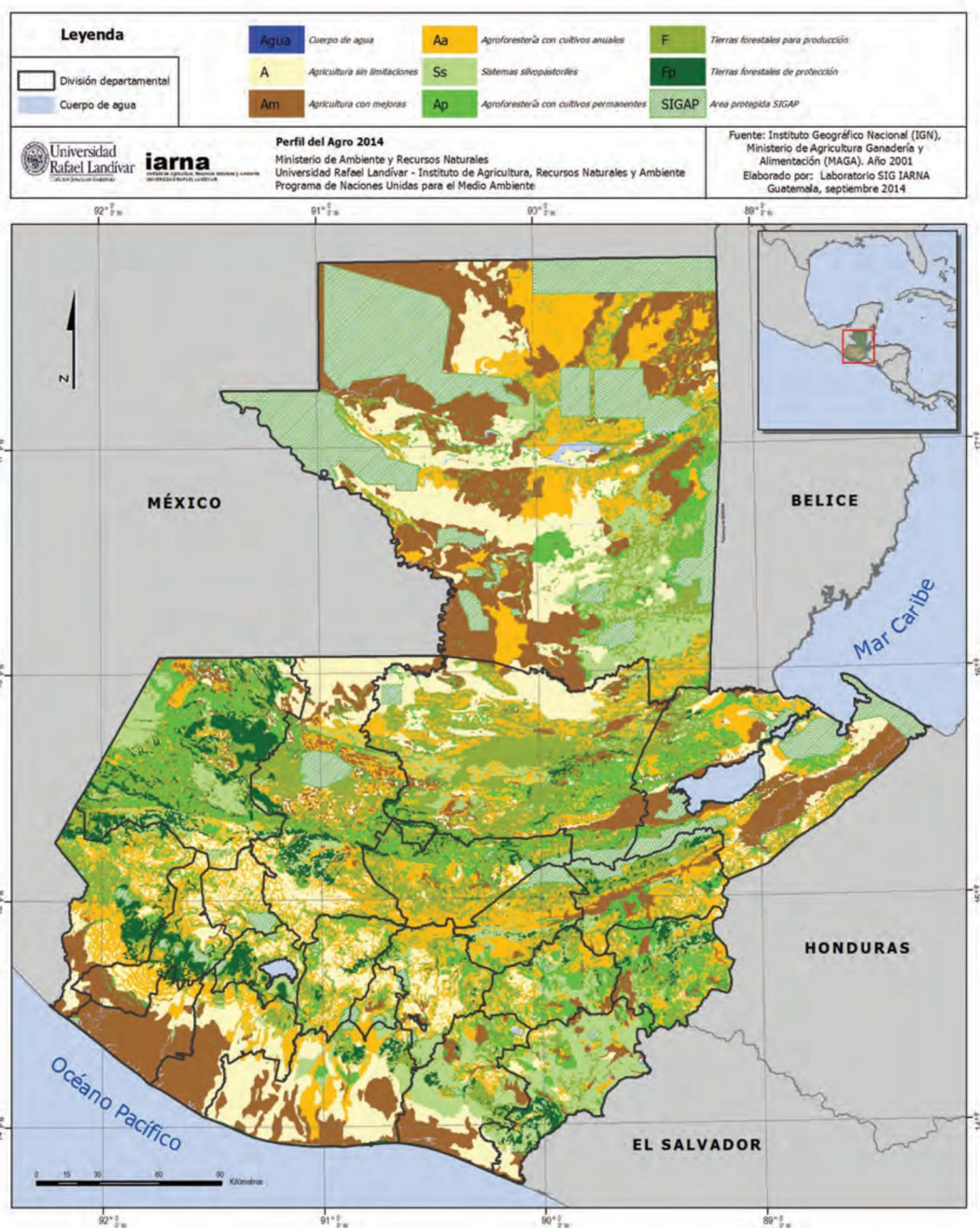
para evitar pérdidas económicas mayores en el caso de presentarse un evento catastrófico como un tsunami. Existen dos metodologías distintas para obtener esta capacidad de uso del suelo en Guatemala; una de USDA y la otra de INAB. La metodología de USDA tiene una clasificación de I a VIII, en las cuales las categorías I, II, III, y IV son consideradas como lugares con capacidad de ser cultivadas y aptas para el desarrollo de actividades agrícolas, sin embargo, esta clasificación no toma en cuenta las áreas protegidas por el Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (Sigap). La metodología del INAB clasifica las zonas del territorio guatemalteco en base a su potencial, con base en esta metodología, las tierras consideradas aptas para las actividades agrícolas se encuentran dentro de las categorías de agricultura sin limitaciones y de agricultura con mejoras, y en este caso también se toman en cuenta actividades que incluyen ganadería, así como también se toman en cuenta las áreas protegidas por Sigap. (URL, IARNA, & IICA, 2015)

Ilustración 53. Capacidad del uso de la tierra en Guatemala según la Metodología de USDA



Fuente: (URL, IARNA, & IICA, 2015)

Ilustración 54. Clasificación de tierras por capacidad de uso según la Metodología de INAB.



Fuente: (URL, IARNA, & IICA, 2015)

Utilizando todos los valores anteriores, entre otros, se generó el siguiente mapa que identifica la cobertura vegetal y el uso del suelo en toda la extensión de Guatemala, con lo cual se pueden obtener los valores del uso del suelo que se necesitan para la elaboración del estudio del impacto económico que tendrá un tsunami en la costa sur del país, específicamente en el municipio de Iztapa y en el municipio de San José.

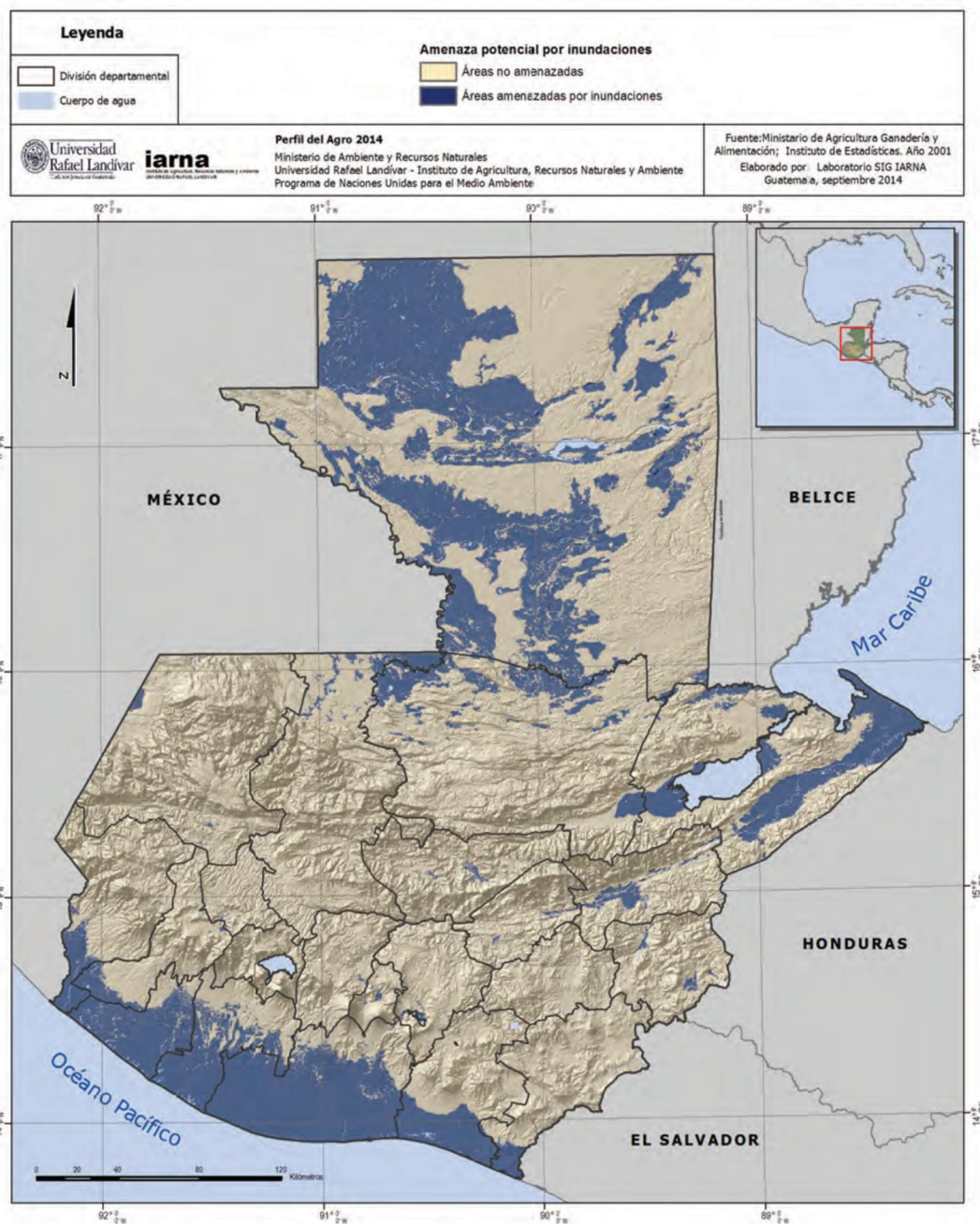
Ilustración 55. Cobertura vegetal y uso de la tierra en Guatemala



Fuente: (URL, IARNA, & IICA, 2015)

Como parte adicional a los mapas anteriores, se utiliza el siguiente mapa para complementarlo con los Anexos 1 y 2 para el análisis del tema respectivo al momento de realizar los estudios de vulnerabilidad. Este análisis de la amenaza por inundaciones a nivel nacional fue publicado en 2005 y refleja registros de los años 1996 a 2000, en él se identifican las zonas del país con probabilidad de ser afectadas por inundaciones. (URL, IARNA, & IICA, 2015)

Ilustración 56. Amenaza potencial por inundaciones en Guatemala.



Fuente: (URL, IARNA, & IICA, 2015)

F. Uso del suelo

Usualmente, se indica que el uso del suelo se da únicamente cuando el terreno existente ha sido manipulado por las personas de una manera u otra, haciendo que si un área de terreno no ha sido intervenida físicamente por las personas, mantiene su cobertura natural, pero si el área de terreno sí ha sido manipulada por los humanos, cuenta con una cobertura artificial, por lo que el uso del suelo incluye el manejo y la alteración de la antigua cobertura natural, para su utilización en la agricultura, la ganadería, o la urbanización, dependiendo de cuál sea el caso. Este enfoque presenta un análisis parcial y estático acerca del uso del suelo en un sector. Con este enfoque, se han podido diferenciar tres zonas distintas de uso del suelo: La zona urbana, los sectores agrícolas, y las áreas naturales, aunque estas zonas no siempre tienen sus límites bien definidos, por lo que es muy importante definir con mayor profundidad cada una de estas categorías al momento de clasificar la zona específica que se desea estudiar. (Richters, 1995)

Las categorías del uso del suelo se pueden especificar de la siguiente manera:

- La tierra en su totalidad: Es la manera en la cual se describe todo el ambiente natural, incluyendo los recursos que son de utilidad para el ser humano, en todas las maneras y circunstancias en que estos se presenten. Con el fin de proteger estos recursos, se debe mantener la mayor cantidad de variedad entre los hábitats y seres vivos que en ellos se presenta.
- Los productos biológicos: Esta categoría incluye todos los productos agrícolas silviculturales, pastoriles o de caza, con o sin siembra, o restauración después de la cosecha.
- El agua: Esta incluye el recurso que se capta, que se almacena, se produce y se distribuye. También identifica el uso o la distribución del agua después de su “producción”, como el agua que se utiliza para sistemas de riego, el agua necesaria para procesos industriales (como la generación de hidroelectricidad, entre otros).
- Las reservas minerales: Pueden ser de petróleo, de gases naturales, o de minerales en sí. Este aspecto se toma en cuenta solo cuando se necesita para algún estudio de ese tema en específico, ya que, de no ser así el uso del suelo superficial es más relevante en la mayoría de análisis.
- El espacio físico: Dentro de este uso del suelo se ven incluidas las áreas pobladas, los sectores industriales, la infraestructura vial (como lo pueden ser los aeropuertos). Esta categoría del uso del suelo es muy importante para el caso de estudios económicos, como el análisis que se realiza en el presente trabajo. La mayoría de veces esta categoría es mucho mayor en las áreas metropolitanas. (Richters, 1995)

Muchas veces, aunque se especifiquen las zonas de una manera más detallada como las categorías mencionadas; aun así, existen conflictos como se indicaba anteriormente, entre estas categorías y entre los distintos usos que se le pueden interpretar a cada una de ellas. El uso del suelo en Guatemala para el año 2003 se puede analizar con los valores proporcionados en los mapas de cobertura vegetal y uso de la tierra a escala 1:50,000 de la República de Guatemala para el año 2003, emitidos por el MAGA en el 2006. En estos

mapas se puede observar que la superficie cubierta por agricultura anual, estimada para el 2003, fue de 13,579.7 km², equivalentes aproximadamente al 12.47% de la superficie del país. Ésta en su mayoría, corresponde al cultivo de granos básicos que se presentan en aproximadamente 13,470.8 km² del territorio nacional. Los cultivos perennes aproximadamente cubren 8,735.9 km² del territorio nacional, siendo así el 8.02% de la superficie, presentando una distribución heterogénea de 17 cultivos, entre ellos: café, cardamomo, banano, palma africana y hule. La agricultura semiperenne abarca cerca de 2,718.9 km², equivalentes al 2.50% de la superficie nacional, e incluye a los cultivos: caña de azúcar, papaya y piña. De la misma manera en el año 2003, la mayor proporción del territorio nacional, con un valor aproximado de 37.26%, estaba cubierto por bosque. La siguiente categoría de cobertura del suelo eran los pastos naturales y los arbustos, con un aproximado de 30.58% de la superficie, y las categorías de agricultura con un 27.53% aproximado. El 4.63% restante de la superficie estaba distribuido entre las categorías de humedales, cuerpos de agua, infraestructura, y zonas áridas y mineras. (URL, IARNA, & IICA, 2015). En la siguiente tabla se pueden observar los porcentajes del uso de la superficie nacional de las categorías del uso del suelo antes mencionadas.

Tabla 23 - Uso del suelo en Guatemala para el año 2003

Grupo	Categoría	Superficie		% por grupo
Bosque	Bosque latifoliado	31,554.36	28.98	37.26%
	Bosque conífero	2,496.10	2.29	
	Bosque mixto	6,316.30	5.80	
	Manglar	206.13	0.19	
Pastos naturales y arbustos	Pasto natural y/o herbazal	9,372.84	8.61	30.58%
	Arbusto – Matorral	23,925.00	21.97	
Agricultura	Agricultura anual	13,579.73	12.47	27.53%
	Agricultura perenne	8,735.94	8.02	
	Agricultura semiperenne	2,718.92	2.50	
	Pasto cultivado	4,381.72	4.02	
	Huerto, vivero, y hortalizas	563.30	0.52	
Humedales	Humedal con bosque	1,006.80	0.93	1.84%
	Humedal con otra vegetación	373.66	0.34	
	Zona inundable	623.96	0.57	
Cuerpos de agua	Lagos, lagunas, ríos, reservorios, drenajes	1,725.97	1.59	1.59%
Infraestructura	Centros poblados	1,082.95	0.99	1.08%
	Otros	95.66	0.09	
Zonas áridas y mineras	Arena, playa, roca expuesta, minas descubiertas, y otros	129.66	0.12	0.12%
Total		108,889.00	100.00	100.00%

Fuente: (MAGA, 2006)

G. Costos de los cultivos y los animales en los Municipios de Iztapa y San José

1. Ganado Mayor

a. Ganado bovino. Para el año 2013, el Instituto Nacional de Estadística reportó un número total de cabezas de ganado bovino destazadas para consumo interno de 423, 601 unidades, las cuales presentaban un valor en pie de Q. 2, 414, 900, 215.00. Con base en estos datos podemos aproximar un valor para cada cabeza de ganado para destace en pie de Q. 5,700.88. (INE I. N., 2013)

2. Ganado Menor

a. Ganado porcino. Para el año 2013, el Instituto Nacional de Estadística reportó un número total de cabezas de ganado porcino destazadas para consumo interno, en el departamento de Escuintla, de 2, 797 unidades, las cuales presentaban un valor de Q. 3, 044, 161.00. Con base a estos datos podemos aproximar un valor para cada cabeza de ganado porcino para destace, para consumo interno, de Q. 1,088.37. (INE I. N., 2013)

b. Ganado caprino. Para el año 2013, el Instituto Nacional de Estadística reportó un número total de cabezas de ganado caprino destazadas para consumo interno de 1, 212 unidades, las cuales presentaban un valor de Q. 893,473.00. Con base en estos datos podemos aproximar un valor para cada cabeza de ganado caprino para destace, para consumo interno, de Q. 737.19. (INE I. N., 2013)

c. Ganado ovino de pelo. Para el año 2013, el Instituto Nacional de Estadística reportó un número total de cabezas de ganado ovino de pelo destazadas para consumo interno de 9, 411 unidades, las cuales presentaban un valor de Q. 4, 933, 397.00. Con base a estos datos podemos aproximar un valor para cada cabeza de ganado ovino de pelo para destace, para consumo interno, de Q. 524.22. (INE I. N., 2013)

3. Aves

a. Gallinas para carne. El precio de las gallinas criollas que poseen pobladores que no se dedican a su reproducción de manera profesional se pueden encontrar cerca de los Q 80.00. (Hernández y Hernández, 2011)

b. Gallinas para producción de huevos. El precio de las gallinas en pie (enteras) cuando estas terminan su ciclo productivo de producción de huevos, el cual corresponde a 15 meses aproximadamente, se encuentra cerca de los Q 40.00. (Hernández y Hernández, 2011)

4. Cultivos anuales

a. Maíz. A nivel nacional para el mes de diciembre del año 2013, el precio del quintal de maíz era de Q. 96.00, precio que es afectado por la fase en la cual se encuentra la cosecha del grano en el momento en el cual es evaluado el cultivo, así como también se ve afectado por aumentos en las cosechas de alguna región específica y la circulación de este tipo de cultivos provenientes de otros países de la región, reporta la

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, en su Informe Anual 2013 Sobre La Reserva, Precio Y Mercado Del Maíz Y Frijol Con Familias De Las Comunidades Donde Se Ejecutan Los Proyectos Apoyados Por FAO - Guatemala. (FAO O. d., 2014)

b. Frijol. A nivel nacional para el mes de diciembre del año 2013, el precio del quintal de frijol negro era de Q. 348.00, precio que es afectado por el abastecimiento relativamente elevado del grano en los mercados nacionales, el cual se debe a que para ese mes la Región Oriental del país se encontraba en el ciclo de mayor cosecha y existían también excedentes del cultivo por estación de la Región Norte del país, reporta la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, en su Informe Anual 2013 Sobre La Reserva, Precio Y Mercado Del Maíz Y Frijol Con Familias De Las Comunidades Donde Se Ejecutan Los Proyectos Apoyados Por FAO - Guatemala. (FAO O. d., 2014)

c. Arroz. Para el año 2013, el Instituto Nacional de Estadística reportó un movimiento total de 58,327 quintales de arroz en granza en los beneficios de la república. El precio por quintal pagado a mayoristas en el mercado La Terminal para el año 2013 según DIPLAN/MAGA era de Q. 322.96. (MAGA, El Agro en Cifras 2014, 2014)

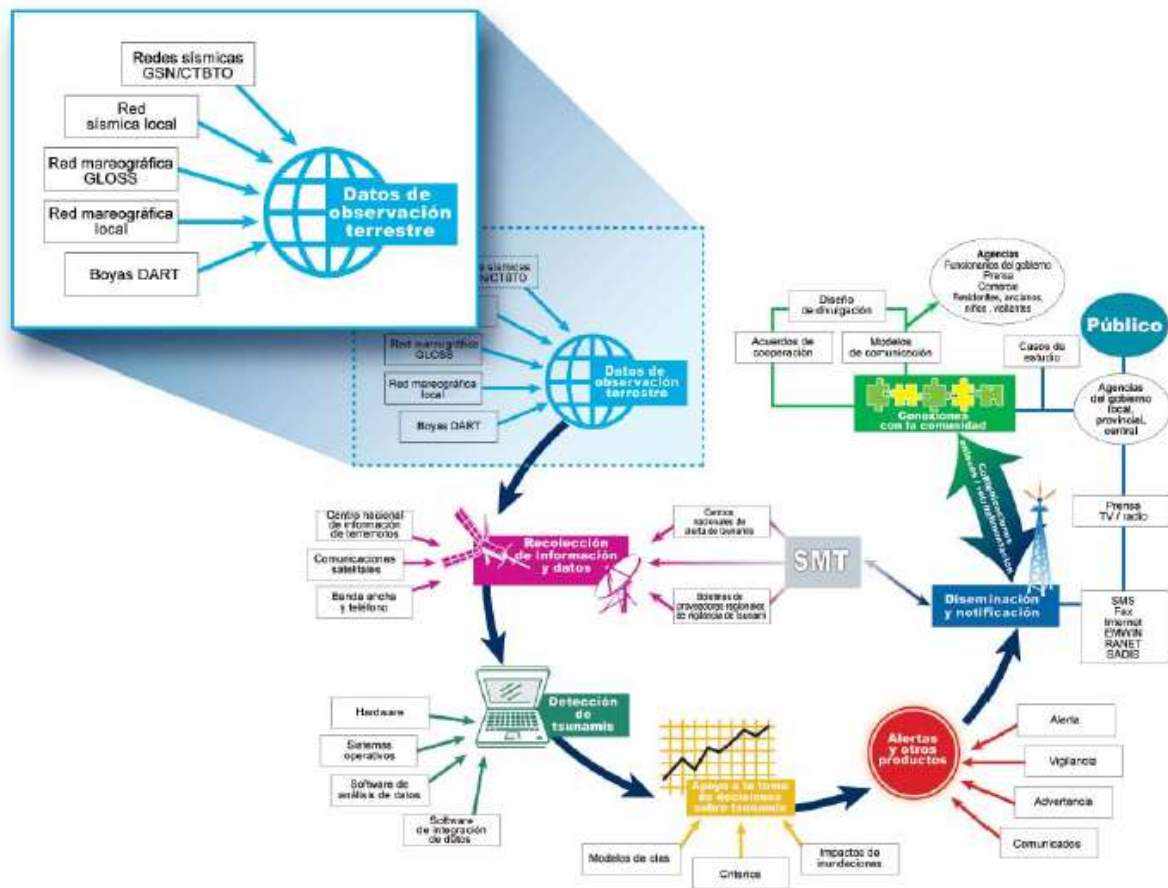
5. Bosques

a. Pago por concepto de incentivos forestales para bosques de protección. Debido a la variación de los costos de la madera según su calidad, especie, el corte, y de los problemas que genera la tala ilegal de árboles, el análisis del costo de los bosques presentes en los municipios de Iztapa y San José se basará en el pago por concepto de incentivos forestales, para tener una idea de cuando dinero genera la mantención de un área boscosa para el dueño de dicha parcela. En el año 2010, existía una presión demográfica sobre el bosque, para el departamento de Escuintla de 522 m²/habitante, tomando en cuenta que, para ese año existía una proyección de habitantes para el mismo departamento de 685,830 personas aproximadamente. Entonces, el pago que se le otorga a los propietarios de fincas que protegen bosques naturales, tomando en cuenta que los montos son pagados de acuerdo a una tabla de incentivos, en este departamento es de Q. 118,901.00. (INE I. N., 2013)

H. Sistemas de monitoreo

Para detectar la ocurrencia de un tsunami, se precisan datos de observación terrestre, especialmente datos sísmicos y de nivel del mar. Los Centros Nacionales de Alerta de Tsunamis (NTWC, por la sigla del inglés National Tsunami Warning Centre) y los Proveedores Regionales de Vigilancia de Tsunami (RTWP, por la sigla del inglés Regional Tsunami Watch Provider) necesitan los datos de observación terrestre (Ver Ilustración 57) para llevar a cabo sus funciones. Además de las redes locales de datos sísmicos y de nivel del mar, estos datos también están disponibles en tiempo real para uso por parte de los centros de alerta de tsunamis a través de las redes internacionales de observación.

Ilustración 57. Datos de observación terrestre que requieren las estaciones de monitoreo de tsunamis.



Fuente: (USAID, 2007)

Existen dos tipos de datos esenciales para las operaciones de un centro de alerta de tsunamis:

- Los datos sísmicos, que se deben recibir con un tiempo de retraso mínimo, son necesarios para emitir las alertas iniciales oportunas.

- Los datos de nivel del mar, que también deben recibirse con un tiempo de retraso mínimo, se necesitan para ajustar y cancelar las alertas, tanto en forma de valores observados para verificación en tiempo real como en forma de entradas para los modelos conforme se desarrolla un evento. Dichos datos se obtienen mediante los mareógrafos y las boyas en el océano abierto.
- Los datos de la altura máxima de penetración del tsunami (run up) pueden ser también muy útiles para evaluar el impacto local de un tsunami.
- Los centros de alerta de tsunamis pueden consultar las redes internacionales de sismógrafos y mareógrafos como fuentes de datos de observación terrestre

Las alertas iniciales basadas en los datos sísmicos provenientes de las redes sismográficas se perfeccionan posteriormente, cuando los datos de las boyas y los mareógrafos detectan los cambios en el nivel del mar ocasionados por un tsunami. El perfeccionamiento de las alertas iniciales basadas en datos sísmicos con los datos de cambios en el nivel del mar puede disminuir las falsas alarmas, lo cual tiene el efecto de aumentar enormemente la credibilidad de las alertas. Para realizar este perfeccionamiento, los centros de alerta de tsunamis deben comprender los mecanismos que causan los cambios en el nivel del mar y cómo el mareógrafo registra las olas de tsunami. Aunque son esenciales, los mareógrafos tienen ciertas limitaciones impuestas por la batimetría local y otros factores. Por lo general, si están disponibles, las boyas oceánicas de alta mar permiten evaluar mejor la naturaleza de un tsunami. Para que resulte útil en el proceso de alerta, los centros de alerta de tsunamis deben recibir rápidamente los datos críticos sobre los sismos y el nivel del mar, motivo por el cual los sistemas de comunicación para recolección de datos son fundamentales para el éxito del sistema de alerta.

1. SATCA. Es el Sistema de Alerta Temprana para Centroamérica, el propósito principal es fortalecer las capacidades de anticipar, monitorear y alertar amenazas naturales en Centroamérica para mejorar la preparación y generar una respuesta temprana. SATCA funciona con una plataforma web regional dedicado al monitoreo permanente.

Se busca recolectar la mayor cantidad de información posible de las estaciones de monitoreo ubicadas en la región y poner los registros en línea para que estén a disposición de las personas que lo necesitan. Esta plataforma sirve como filtro y consolida toda la información para llegar a una sola conclusión.

SATCAweb cumple con varias de las observaciones y recomendaciones que el Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (EIRD) recomienda, Investigación Global sobre Sistemas de Alerta Temprana, a continuación se mencionan algunos el propósito de SATCAweb:

- ***La multiplicidad de fuentes de información:*** la información de la alerta temprana proviene de diversas fuentes, en Centroamérica, existen más de 20 instituciones que de alguna manera monitorean fenómenos naturales y emiten comunicados. Lo que se busca es reunir la información y llegar a un consenso regional.

- ***El carácter regional de los fenómenos naturales:*** los fenómenos naturales afectar a una región sin distinguir límites es por ello que el compartir información para que se puedan alertar a las regiones afectadas, SATCAweb facilita el intercambio de información regional.
- ***Diversas definiciones y nomenclaturas:*** existen en los sistemas de alerta temprana entre países y regiones una considerable diferencia en los formatos empleados para presentar la información, así como también diversas definiciones en los niveles de alerta o en la definición de una amenaza o emergencia. SATCAweb busca estandarizar algunos de estos elementos importantes para fomentar el uso de un lenguaje común en la región.
- ***Las emergencias exigen respuestas inmediatas:*** los fenómenos demandan una respuesta inmediata para evitar mayores desastres, por parte del gobierno y autoridades nacionales.
- ***De lo científico y técnico a un lenguaje para el público:*** el monitoreo de fenómenos naturales es un proceso científico y la información de alerta temprana muchas veces emplea un lenguaje técnico que requiere traducción a un lenguaje más comprensible para el público no científico. La plataforma SATCA integrara mecanismos que permiten traducir lo científico a productos y gráficos de fácil lectura.

2. SINAMOT. El sistema Nacional de Monitoreo de Tsunamis de Costa Rica, busca monitorear información sísmica alrededor del mundo en tiempo real, especialmente aquellos que puedan generar tsunamis. También monitorean la información de mareógrafos y boyas de aguas profundas en el Océano Pacífico y Atlántico con toda esta información establecemos un nivel de peligro para nuestras costas y lo comunicamos a la CNE y entidades de Gestión del Riesgo.

Luego de notificar a la Comisión Nacional de Emergencias (CNE), el Sistema Nacional de Monitoreo de Tsunamis (SINAMOT) comunicará a medios de prensa la peligrosidad o no de tsunamis que pueda haber sobre Costa Rica.

Esta alerta se dará en un máximo de 30 minutos, una vez ocurrido un terremoto en regiones distantes a Costa Rica, como Las Antillas, Japón y Sur América. Esta notificación se hará vía correo electrónico. Normalmente, los efectos de un tsunami causado por un terremoto lejano, pueden tomar varias horas en llegar a nuestras costas.

Desde setiembre del 2014, Costa Rica cuenta con una moderna sala de monitoreo de tsunamis, la primera en su tipo en toda Centroamérica. Las instalaciones, ubicadas en el departamento de Física de la UNA, cuentan con tres computadoras, acceso a servidores, tanto de la UNA como de la Universidad de Costa Rica (UCR), cinco pantallas grandes para el despliegue de información gráfica, software que permite visualizar y analizar los sismos costeros en tiempo real, así como realizar lecturas del nivel del mar en el Caribe y en el Pacífico.

La sala de monitoreo pertenece al SINAMOT, el cual a su vez se compone de la Red de Observación del Nivel del Mar e Investigación de Amenazas Costeras de Costa Rica (RONMAC) de la UNA

y la Unidad de Ingeniería Marítima, Ríos y Estuarios (IMARES) de la UCR. Según los protocolos establecidos, cada vez que haya una posible amenaza, así declarada por el Centro de Alertas de Tsunamis del Pacífico en Hawaii, los oceanógrafos e ingenieros marítimos de SINAMOT emitirán un criterio científico para Costa Rica. Será la CNE la encargada de decretar posibles alertas para la población, con base en dicho informe técnico.

3. Sistemas de monitoreo utilizados en otros países

a. Pacific Tsunami Warning Center (PTWC). Centro de alerta de tsunamis del pacífico (PTWC, por sus siglas en inglés), funciona como centro internacional de alerta para los tsunamis ocurrientes en el pacífico. Esta institución se formalizó en 1965, está conformado por veinticinco estados que son miembros de la comunidad internacional. Tiene como objetivo determinar los sismos que potencialmente provoquen un tsunami que ocurrirá en las costas del pacífico. Cuenta con distintas sedes de monitoreo sísmicas. Si alguna sede detecta un sismo con la ubicación y los parámetros conocidos para que pueda provocar un tsunami, se emiten una alerta de tsunami.

En la alerta de tsunami que se extiende se incluye la predicción de tiempo en que este llegará a la zona costera definida dentro del área geográfica definida por la máxima distancia horizontal que el tsunami pueda viajar en determinadas horas. Si un tsunami representa un riesgo significativo y es detectado por los instrumentos que monitorean el nivel del mar, se difunde una alerta de tsunami en toda la cuenca del pacífico. Las alertas, alarmas y boletines son entregados a las autoridades encargadas (Ver Ilustración 58).

Ilustración 58. Canales de comunicación del PTWC.



Fuente: (USAID, 2007)

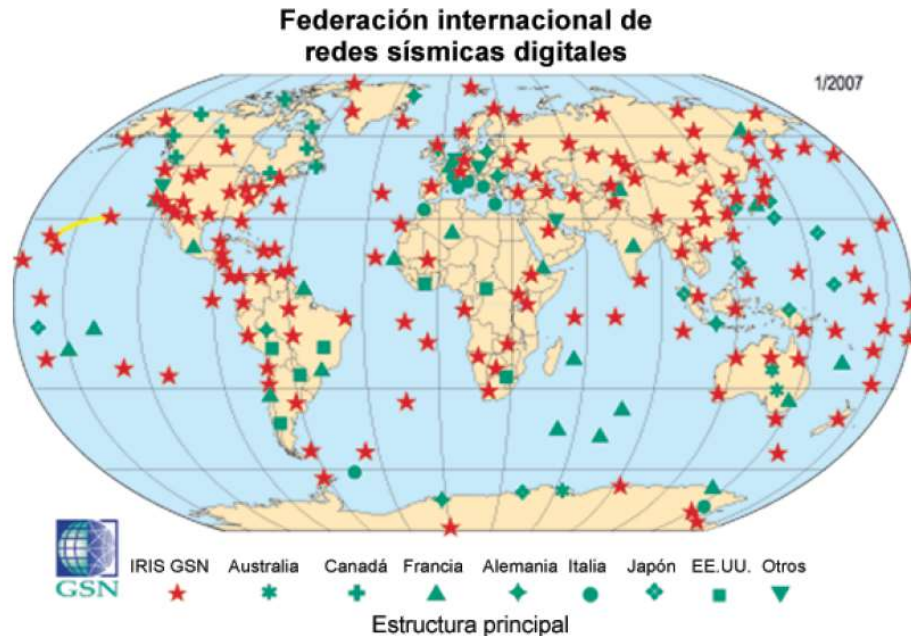
b. International Tsunami Information Center (ITIC). Existe el Centro Internacional de Información de Tsunami (ITIC por sus siglas en inglés), este centro recibe apoyo de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental, monitorea y evalúa el comportamiento y eficacia del sistema de alerta de tsunami del Pacífico. El ITIC es el encargado de organizar y tener a disponibilidad la información técnica sobre los equipos necesarios en un sistema de alerta.

c. Red Sismológica Mundial (GSN) de IRIS. La GSN de IRIS está constituida por aproximadamente 130 estaciones afiliadas al Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS), al proyecto IDA (*International Deployment of Accelerometers*) de la Universidad de California en San Diego (UCSD), al Centro de GeoInvestigación de Potsdam (GEOFON), y algunas otras redes internacionales.

La GSN fue concebida como una red de sismógrafos digitales distribuidos de manera uniforme alrededor del globo, con una configuración que separa las estaciones a razón de aproximadamente 18 grados de arco o 2000 km. Dos décadas después del nacimiento de IRIS, hay 126 estaciones instaladas y otras 12 planeadas. Estas estaciones están distribuidas en todas las masas continentales, en algunos sitios insulares clave y en un lugar en el fondo del océano ubicado entre Hawaii y la costa del Pacífico de Estados Unidos.

Las estaciones de la GSN de IRIS registran los datos sísmicos generados por sismómetros de banda muy ancha a un ritmo continuo de 20 muestras por segundo (mps) y, donde las condiciones lo ameritan, por sensores que generan datos de alta frecuencia (40 mps) y de movimientos fuertes (1 a 100 mps). También es parte del objetivo de la GSN brindar acceso a sus datos en tiempo real por internet o vía satélite. La mayoría de las estaciones de la GSN de IRIS satisfacen este objetivo. La Ilustración 59 muestra la distribución de las estaciones de la GSN.

Ilustración 59. Distribución mundial de las redes sísmicas.



Fuente: (USAID, 2007)

Los datos adquiridos por telemetría pueden utilizarse para propósitos tales como:

- Alerta de tsunamis: La transmisión rápida de datos sísmicos permite localizar un terremoto en poco tiempo, evaluar la probabilidad de que genere un tsunami y predecir cuándo llegará la ola destructiva. Tales predicciones han salvado numerosas vidas.
- Respuesta de emergencia: Gracias a la localización rápida y exacta de los sismos, el personal a cargo de coordinar las operaciones de emergencia puede planear mejor la respuesta frente a los posibles desastres en regiones remotas del mundo.
- Vigilancia de explosiones subterráneas: Los métodos sísmicos se utilizan cada vez más para vigilar el cumplimiento de los tratados de prohibición de pruebas nucleares. Las explosiones subterráneas de artefactos nucleares producen ondas de choque que se pueden detectar con instrumentos sísmicos a gran des distancias.

d. Sistema Mundial de Observación del Nivel del Mar (GLOSS). La red de estaciones mareográficas más notable y completa es la red del Sistema Mundial de Observación del Nivel del Mar (*Global Sea Level Observing System*, GLOSS), dirigida bajo los auspicios de la Comisión Técnica Mixta sobre Oceanografía y Meteorología Marina (CMOMM) de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y la COI. El componente principal de GLOSS es la red central mundial, que comprende más de 290 estaciones en todo el mundo que permiten observar el cambio climático y los cambios del nivel del mar a largo plazo.

4. Herramientas tecnológicas

a. Mareógrafos. Se conocen dos tipos básicos de mareógrafos: mareógrafos costeros y boyas de alta mar, suelen instalarse en la interface tierra-mar, normalmente en lugares medianamente protegidos de las fuertes marejadas. Aunque los primeros mareógrafos que detectan las olas de tsunami no permiten alertar con suficiente anticipación a la población cerca de su posición, sí pueden brindar una indicación de la existencia de un tsunami, su velocidad y su intensidad aproximada a los residentes de las costas que las olas aún no han alcanzado.

Los sistemas de boyas de alta mar equipadas con sensores de presión en el fondo marino son una tecnología confiable que permite alertar con anticipación a las áreas costeras que serán las primeras en sentir el impacto de un tsunami, antes de que las olas las alcancen, y las estaciones mareográficas cercanas. Debido a que la batimetría local no modifica las olas de tsunami en alta mar, las boyas dan un mejor pronóstico de la fuerza del tsunami que los mareógrafos distantes.

Desde el año 2015 Colombia adquirió boyas de detección de tsunami, la misma fue colocada en la cuenca del pacifico del país sudamericano (Ver Ilustración 60). La Dirección General Marítima (DIMAR) se mantiene fortaleciendo la medición de parámetros oceanográficos y de Meteorología marina, cuentan con 19 estaciones de nivel del mar automatizadas con satélites, reforzada con sensores y ahora con la adquisición de 10 boyas.

Ilustración 60. Boya de detección de tsunamis ubicada en las costas pacíficas de Colombia.



Fuente: (Maritimas, 2016)

El «Sistema Integral para el Monitoreo y Detección de Tsunami» en el país, el cual está compuesto por una boya tsunámica, un sensor de presión, un equipo de procesamiento de datos, un sistema de comunicaciones, servidores, y una aplicación para la visualización de la información registrada; además de un sistema idéntico de respaldo que será utilizado en caso de que el sistema presente fallas o entre en mantenimiento, para garantizar el constante monitoreo de la amenaza.» (Marítima, 2015)

De acuerdo a estudios y diferentes organizaciones se ha detectado que las boyas son “lo último en tecnología” para la detección de tsunamis. Ya que cuentan con un sensor de presión instalado a una profundidad de hasta 7.000 metros que detecta las variaciones en la altura de la superficie del agua.

Características de la boya:

- Tiempo de reacción inferior a 1 minutos (detección, procesado y envío de la alerta)
- Capaz de medir variaciones en la columna de agua de 1 mm.
- Estructura de mensajes compatible con la plataforma de detección y alerta temprana de Tsunamis de la NOAA.
- Las comunicaciones se realizan de modo redundante a través de satélite (permanentemente vigiladas desde el Centro de Control y la CPU de la boya).

- Localización mediante GPS.
- Flotador fabricado con lámina solida de espuma de polietileno de célula cerrada (nula absorción de agua), proyectado con una capa de poliuretano elastómero pigmentado en color.
- Sistema de alimentación solar duplicado.
- Linterna marina LED de alta divergencia vertical con alcance de 5 mn.
- Reflector de radar pasivo y marca de tope.
- Centro de Control Web de Alerta de Tsunamis disponible.

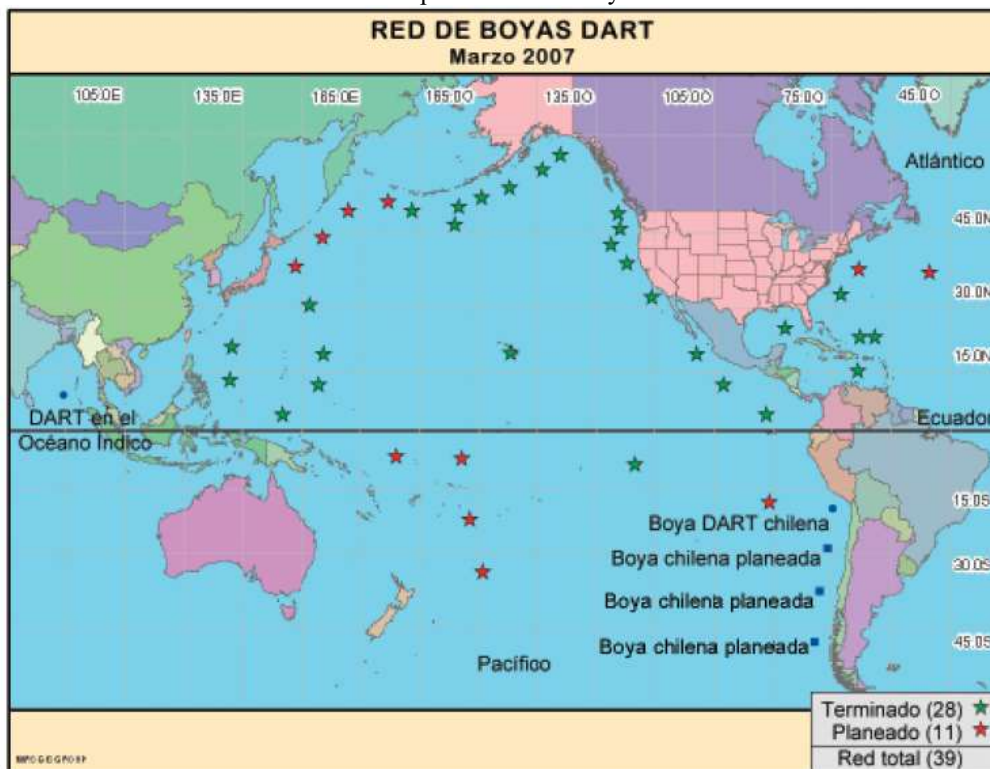
b. Software de procesamiento. El paquete de software TideTool permite decodificar, visualizar y manipular los datos de nivel del mar transmitidos, es un software de código abierto independiente de la plataforma que ofrece un robusto lenguaje de programación shell y un juego de herramientas gráficas.

El PTWC desarrolló este programa para brindar una herramienta operativa de observación continua de tsunamis en tiempo real en el Océano Índico. Sus principales usuarios son los servicios meteorológicos e hidrológicos nacionales y otras agencias que cuenten con un enlace para bajar datos a través del SMT o que pueden acceder a un archivo de datos en un formato similar. Este programa se sometió a pruebas en ambientes Linux, Windows 2000 y Windows XP en Indonesia y Malasia. Existe un manual con información de instalación y uso.

c. Tsunámetros. La NOAA ha instalado un sistema de evaluación del fondo oceánico e informe de Tsunamis llamado DARTTM (*Deep-ocean Assessment and Reporting of Tsunamis*) cuyas boyas se encuentran en diferentes sitios de los océanos Pacífico y Atlántico. El propósito de la red de boyas DART es asegurar la detección temprana de tsunamis, independientemente de cómo se generen para adquirir datos críticos en tiempo real para pronosticarlos.

En 2008, la NOAA terminó la instalación de las 39 boyas DART de la red del sistema de alerta de tsunamis. La ilustración 61 se muestra la distribución operativa del sistema en el año 2007. El proyecto DART es un esfuerzo para mantener y mejorar la capacidad de detección temprana e informar en tiempo real de la existencia de tsunamis en mar abierta. Este proyecto fue desarrollado originalmente por el Laboratorio Ambiental Marino del Pacífico (*Pacific Marine Environmental Laboratory*, PMEL) y operado por el Centro Nacional de Datos de Boyas (*National Data Buoy Center*, NDBC) de la NOAA como parte del programa nacional de mitigación de la amenaza de tsunamis (*National Tsunami Hazard Mitigation Program*) de EE.UU.

Ilustración 61. Distribución operativa de las boyas de tsunámetero en 2007.



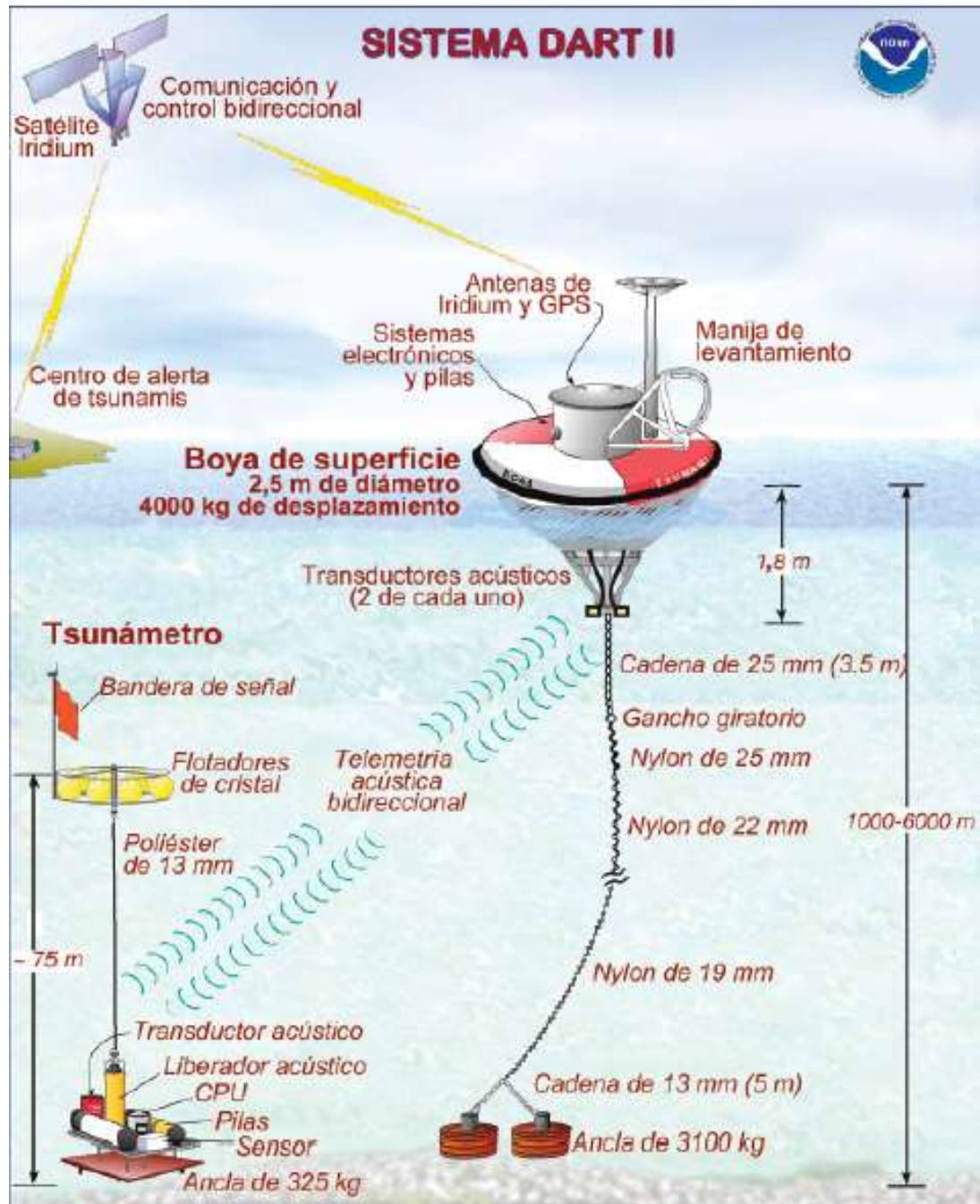
Fuente: (USAID, 2007)

d. Sistema Dart II. Consiste en la segunda generación del sistema DART, consta de un sensor de presión anclado al fondo marino y una boya cautiva en la superficie para comunicación entiempos real. Los sensores de presión en el fondo marino tienen una resolución aproximada de 1 mm de agua de mar y generan promedios de muestras tomadas cada 15 segundos que se transmiten a la boya en la superficie por medio de un enlace acústico. El sistema anclado se muestra en la Ilustración 62.

El sensor de presión instalado en el fondo marino mide la temperatura y la presión a intervalos de 15 segundos. Los valores de presión se corrigen para compensar los efectos producidos por la temperatura y luego se convierten en un valor estimado de altura al nivel del mar.

El sistema DART opera en dos modos de informe de datos: estándar y de evento. Normalmente, el sistema opera en modo estándar, en el cual transmite la altura estimada a la superficie a intervalos programados de 4 valores puntuales (de los datos de 15 segundos) cada 15 minutos. Cuando el programa interno de detección (Mofjeld) identifica un evento, el sistema deja de funcionar en modo estándar e inicia las transmisiones en modo de evento. En dicho modo, se transmiten los valores de datos de 15 segundos durante los primeros minutos, seguidos de promedios de 1 minuto. Los mensajes del modo de evento también contienen la hora de inicio del evento.

Ilustración 62. Componentes del Sistema Dart II



Fuente: (USAID, 2007)

I. Plan de contingencia

Estos son definidos como procedimientos específicos pre-establecidos de coordinación, alerta, movilización y respuesta ante la ocurrencia o inminencia de un evento específico, sobre el cual se cuenta con escenarios definidos. Este es empleado a nivel local, regional y nacional.

Antes de comenzar a elaborar un plan de contingencia frente a un tsunami, se debe comprender las características presentes en los municipios de estudio. Para ello es necesario contar con la información de múltiples fuentes, dentro de las más destacadas son la topografía, información socio económica y datos históricos de la región. Como parte de los datos necesarios para desarrollar la investigación, se solicitó información a instituciones gubernamentales, las cuales se enlistaran a continuación.

Las instituciones principales a las cuales se solicitará la información serán: CONRED, MAGA e INSIVUMEH. La planificación de contingencia consta de seis etapas principales:

Etapas 1. Planificación institucional de desastres (CONRED, MAGA e INSIVUMEH)

Etapas 2. Análisis de peligros, vulnerabilidad, la capacidad de la población y los riesgos.

Etapas 3. Determinación y movilización de recursos.

Etapas 4. Sistema de Alerta temprana, sistemas de alerta y factores desencadenantes.

Etapas 5. Flujo de información y comunicaciones

Etapas 6. Responsabilidades sectoriales.

- Servicios de salud
- Evaluación de emergencia
- Continuidad de las operaciones durante una situación de emergencia
- Abastecimiento de agua potable, saneamiento y promoción de higiene
- Alimentación y nutrición
- Socorro
- Refugios
- Restablecimiento del contacto entre familiares
- Protección y seguridad
- Información y telecomunicaciones.

1. Etapa 1. Planificación institucional para desastres. Este primer nivel de planificación busca dar una referencia general para la acción humana, la cual se basa en el mandato, políticas, estrategias, criterios y normas institucionales buscando siempre permanecer en el marco jurídico de las instituciones gubernamentales. En este caso CONRED e INSIVUMEH debe apoyar a las autoridades locales de Puerto San José e Iztapa. Las instituciones deben trabajar en constante colaboración por el respeto del derecho humanitario de salvaguardar la integridad y cumplir sus principios fundamentales.

En el medio guatemalteco, por lo general muchas organizaciones intervienen en los servicios de respuesta, como el ejercito, ministerios, el cuerpo de bomberos voluntarios, así como organizaciones internacionales y ONG. Es probable que múltiples de ellas desempeñen tareas similares como proporcionar primeros auxilios, víveres, refugio a las personas afectadas por el desastre. Para estas situaciones es de vital importancia establecer una clara coordinación para velar por que el mayor número de personas reciba la asistencia a la brevedad posible y evitar una duplicación innecesaria de los servicios como lo sucedido en Cambray II (Santa Catarina Pínula).

Por esta razón, resulta conveniente que al elaborar un plan de respuesta a desastres o de contingencia, cada organización especifique que actividad o actividades logara cubrir, sobre la base de capacidad y recursos que disponen y el grado previsto de participación de la organización en una eventualidad. Es recomendable que las mismas organizaciones determinen en sus mismas estructuras sobre quienes recaerá la responsabilidad y toma de decisiones para cada función. Para ello se requiere de establecer procedimientos operativos estándar a nivel local, regional y mundial e incluir estos procedimientos que permitan detectar recursos potenciales y acceso a los mismos.

Los planes de respuesta a desastres y contingencia deberían contener procedimientos operativos estándar que logren especificar las responsabilidades y consignen los datos de las personas a las que se debe abocar. Para esto la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED), miembros del equipo a cada nivel operacional y personas encargadas en la zona deben:

- Activar los servicios de respuesta.
- Comunicarse con la sede.
- Gestionar relaciones externas y llamamientos de ayuda externa (incluidos fondos gubernamentales, internacionales y provenientes del público).
- Comunicarse con medios de difusión.
- Coordinar y hacer enlace con otras organizaciones y servicios.
- Gestionar el trabajo administrativo.

2. Etapa 2. Análisis de peligros, vulnerabilidad, la capacidad de la población y los riesgos. Una adecuada planificación de respuesta a desastres y de contingencia debe fundamentarse en un análisis de riesgos que corre un país o región. Esto implica determinar peligros, evaluar los tipos de vulnerabilidad y capacidad de respuesta a nivel local, regional o nacional.

Previo a comenzar el análisis de peligro/amenaza y la vulnerabilidad, es necesario establecer un esquema de referencia de riesgos.

a. Fases para análisis de los peligros, vulnerabilidad y riesgos. Examinar información de fuentes secundarias, esto también abarca a los estudios y análisis de peligros/amenazas, tipos de vulnerabilidad y riesgos preparados por instituciones técnicas o científicas, apoyo de universidades y demás organizaciones presentes en la zona.

Chequear que la institución disponga de capacidad técnica y la suficiente experiencia con el objeto de llevar a cabo el análisis de riesgos necesarios para el plan de contingencia.

Efectuar un análisis de peligros, comenzando por la información disponible sobre emergencias pasadas, siempre tomando en cuenta la probabilidad, frecuencia, ubicación, efectos potenciales y magnitud. No obstante, no es confiable únicamente los datos históricos de la región, dado que siempre está presente la posibilidad de que se produzca un fenómeno extremo que esté relacionado con cambios climáticos. Los conocimientos no especializados de organizaciones externas pueden servir para comprender dichos factores.

Analizar el grado de vulnerabilidad de las personas que se encuentran potencialmente expuestas a un peligro u amenaza. Apoyar dicha tarea, en caso de ser posible con indicadores que logren medir los componentes de vulnerabilidad, medios para subsistir, bienestar, autoprotección, protección del gobierno. Elaborar un análisis de riesgos, que este busque combinar peligros/amenazas y tipos de vulnerabilidad. Elaborar mapas con las zonas de mayor riesgo, definir y priorizar zonas geográficas para dar apoyo en el desarrollo de situaciones hipotéticas. El análisis de las situaciones hipotéticas deberá incluir:

- a) Número de personas expuestas al riesgo.
- b) Ubicación geográfica.
- c) Efectos potenciales.
- d) Efectos más recientes.
- e) Clima.
- f) Topografía.
- g) Principal fuente de subsistencia.

Ilustración 63. Grado de vulnerabilidad (International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies).

Grado de vulnerabilidad	Características
Bajo	<ul style="list-style-type: none"> ■ Por lo general, se reconoce el peligro/amenaza. La población expuesta a él conoce sus características y el período de tiempo en que puede ocurrir. ■ Existe un elevado nivel de preparación y de capacidad de respuesta organizacionales frente a un posible desastre.
Medio	<ul style="list-style-type: none"> ■ Aunque no es fácil reconocer las amenazas, hay cierto grado de conocimiento del riesgo, junto con una capacidad organizativa y de respuesta deficiente.
Alto	<ul style="list-style-type: none"> ■ Es probable que las personas expuestas a los peligros/amenazas los conozcan, pero les prestan poca o ninguna atención. No saben qué acciones de alerta y de preparación poner en marcha. ■ Las personas expuestas a un peligro/amenaza determinado disponen de una capacidad de respuesta o de recuperación insuficiente.

Fuente: (IFRC, 2008)

1) Análisis de la vulnerabilidad. Para calcular el riesgo de inminentes desastres, se necesita definir la vulnerabilidad una población que se expone a determinado peligro/amenaza. Los planificadores pueden clasificar los grados de vulnerabilidad tomando en cuenta los diversos factores. La vulnerabilidad puede estar en función de los indicadores que se presentan a continuación, clasificándose esta en física, organizativa e institucional:

Ilustración 64. Clasificación de la vulnerabilidad en función de sus indicadores.

Área de análisis (a nivel de país o regional)	Ejemplos de indicadores
Vulnerabilidad física	<ul style="list-style-type: none"> ■ Calidad de los medios de comunicación ■ Existencia y calidad de la infraestructura pública y refugios ■ Existencia de vías de evacuación y accesibilidad en casos de desastre ■ Calidad de las construcciones ■ Proximidad de viviendas o centros de población respecto de los peligros/amenazas identificados
Vulnerabilidad organizativa	<ul style="list-style-type: none"> ■ Existencia, eficacia y conocimiento entre la población de: <ul style="list-style-type: none"> ■ sistemas de alerta temprana ■ planes y sistemas de respuesta a desastres ■ Existencia de equipos de respuesta capacitados ■ Existencia de proyectos de desarrollo o de ONG (locales e internacionales) ■ Existencia de organizaciones con base en la comunidad, grupos sociales, etc. ■ Formas de prestar servicios básicos a la población ■ Toma de decisiones centralizada/descentralizada en la gestión de desastres
Vulnerabilidad institucional	<ul style="list-style-type: none"> ■ Presencia de entidades de asistencia/socorro, tales como la Cruz Roja y Media Luna Roja, cuerpo de bomberos, policía, protección civil etc. ■ Recursos humanos destinados a la respuesta en casos de desastre ■ Recursos financieros destinados a la preparación y a la respuesta en casos de desastre ■ Grado de conciencia y compromiso de las autoridades locales con respecto a la reducción de los desastres ■ Legislación, planes e instrucciones para la gestión local/nacional de desastres ■ Acceso a la población vulnerable en situaciones de desastre ■ Disponibilidad y calidad de los mecanismos para recibir asistencia externa e internacional.

Fuente: (IFRC, 2008)

Un análisis de la vulnerabilidad puede ser tan relevante como se desee, cuidando que la información con la que se cuenta sea correcta y se actualice constantemente. El análisis es dependiente del tiempo y recursos con los que se dispongan obviamente, en la mayoría de situaciones lo más viable es realizar un estudio a nivel macro o tener un esbozo de los peligros a los cuales se presentara San José.

b. Etapa 3. Determinación y movilización de recursos. Los aspectos que más debe tomar en cuenta en los planes de contingencia son: el análisis de capacidad y la determinación de los recursos. Es esencial que la información acerca de la capacidad y de los recursos disponibles sea concisa y fidedigna, dado que con base a ello podrán determinarse las diferentes deficiencias y lagunas a optimizarse para el uso de recursos existentes. Con ello puede fortalecerse la capacidad actual estratégicamente con el objeto de atender las necesidades que son prioridad ante un desastre potencial. Ello permite identificar con mayor facilidad la asignación de los recursos existentes y que otros recursos pueden precisarse, realmente no existe una fórmula sencilla ni un listado de verificación total para analizar la capacidad y determinar los recursos. Estos parámetros siempre difieren según el contexto e hipótesis planteado. Es posible hacer un planteamiento de los recursos en cinco categorías:

- Capacidad y recursos a nivel comunitario, incluyendo un enfoque participativo en múltiples segmentos de población, tanto en el sector público como en el privado.
- Capacidad y recursos de los hospitales nacionales.
- Capacidad y recursos institucionales a nivel regional e internacional, tomando en cuenta la buena disposición para solicitar y recibir recursos de donaciones.
- Capacidad y recursos institucionales externos.
- Convenios con otros asociados.

Para dar respuesta a una emergencia se requiere de recursos, para ello los planes de contingencia deben tomar en cuenta los múltiples niveles de preparación. Para ello, es vital plantarse las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son los recursos disponibles y con cuantos se dispone, cuantas personas logrará cubrir y el lapso en que podrá cubrirlas?
- ¿Cómo fortalecer los recursos y capacidad de la comunidad?
- ¿Cuáles son los miembros voluntarios de otros programas que pueden participar durante una situación de emergencia?
- De los recursos disponibles, ¿cuáles se requerirán?
- ¿Qué planes existen para llegar a obtener los recursos necesarios?
- ¿Cuáles son los planes y preparativos existen para recibir y gestionar una asistencia de nivel internacional?

La importancia de la constante actualización de la información ayuda a tener un mejor registro del personal, sus competencias y el inventario de equipo y recursos logísticos.

c. Etapa 4. Alerta temprana, sistemas de alerta y factores desencadenantes. El proceso de planificación de una respuesta ante un desastre debe establecerse partiendo de una alerta a la población en caso de una eventualidad y con ello designar a los encargados de notificar a los involucrados (idealmente CONRED). Los miembros de los equipos de respuesta a nivel local deberán remitir todas las comunicaciones y definir mensajes estándar y orienta a todas las personas de los equipos a transmitir eficazmente estos puntos para que la información sea breve y puntual. En caso que las autoridades aún no contasen con un sistema adecuado para advertir al público de una inminente catástrofe pueden buscarse alternativas como el establecer una red local para recibir señales de alerta y en actuar inmediatamente. Así mismo debe concientizarse a la comunidad de los riesgos potenciales y las medidas adecuadas a adoptarse.

d. Etapa 5. Concertación y comunicación.. La gestión de la información sobre desastres demanda de competencias y métodos específicos. Las instituciones deberán establecer procedimientos de gestión de la información dentro de sus planes de respuesta a desastres y de contingencia, en los aspectos que enumero a continuación:

- **Información interna.** Busca garantizar un flujo de información de todos los empleados y voluntarios acerca de cuestiones específicas y pertinentes y de interés relacionadas con la eventualidad emergente.
- **Información pública.** Hace énfasis en los medios de comunicación locales, regionales, nacionales e internacionales. Este plan de preparación debería tener en cuenta que ello debe comunicarse a otras naciones para que estas evalúen la vulnerabilidad de sus propias zonas.
- **Información operacional.** Esta es de las más importantes ya que permite tomar una decisión eficaz y debería estar a cargo de un centro de operaciones de emergencia.
- **Presentación de informes de la situación.** Se requiere respetar y promover las exigencias de informes a nivel nacional e internacional como un medio de rendir cuentas, para ello debe establecerse un proceso de presentación de informes y prever actualizaciones periódicamente.
- **Comunicación institucional.** Esta debe tener como función mejorar la comunicación dentro de las instituciones, y los actores de las entes internacionales y demás organizaciones.

En una situación de emergencia es vital el intercambiar información con representantes de otros entes, con el fin de garantizar una comunicación clara y eficiente en situación de emergencia, para lo cual debe especificarse el medio de comunicación. Ejemplo: correo electrónico, redes sociales, teléfonos, personalmente, radio, etc.

e. Etapa 6. Responsabilidades sectoriales. Todo plan de respuesta a un desastre debe cumplir con incluir una exposición de cómo se abordarán las necesidades en los múltiples sectores y repartición de funciones y responsabilidad, para lo cual se recomienda tomar en cuenta:

Ilustración 65. Planificación y responsabilidades sociales.



Fuente: (IFRC, 2008)

1) Diseño de un escenario de riesgo. El escenario de riesgo logra definirse con base a un análisis histórico y matemático, lo cual da pauta para reconstruir un posible comportamiento del tsunami tomando en cuenta las condiciones de la costa sur.

- I. El escenario de riesgo tendrá que referenciarse en un tsunami con las condiciones que se detallaran en el punto II.
- II. Un sismo de magnitud superior a 7.0 (similar al ocurrido en Chile 2010). Cabe mencionar que se parte de este sismo porque en el tsunami ocurrido en Nicaragua se tuvo efectos desde Chile en donde fue el epicentro y de momento ha sido el registro más significativo que se ha tenido en el istmo.

Con base en la información generada en Quantum GIS se obtiene una estimación del comportamiento de un tsunami si este llegase a ocurrir y con ello da paso a dimensionar los daños que puede ocasionar a los municipios de estudio para tener la ubicación de los puntos seguros. Es importante el tomar en cuenta que el resultado obtenido puede variar en función de la magnitud del sismo en escala Richter, la localización del epicentro (la cual puede variar de la zona hipotética) y la incidencia de fenómenos de licuefacción o de hundimiento dentro de las áreas de un alto riesgo.

3. Planes de contingencia en otros países

a. Perú: Plan de Contingencia Metropolitano ante Tsunami 2015. Esta información busca promover la participación concertada y activa de todos los actores de Lima, buscando centrarse en el área Metropolitana, lo cual sirve de base para generar ideas aplicables a Guatemala. Las instituciones públicas, privadas y la población de algunos distritos costeros como Ancón, Santa Rosa, San Miguel, Magdalena del Mar, Barranco, Punta Hermosa y demás, reconocieron su vulnerabilidad y capacidad, para lo cual proyectan trabajar acciones ante riesgos de desastres, como el ocasionado por un Tsunami, (Lima, 2015).

Con base al escenario de simulación regional por sismo a posteriori de un Tsunami, estimo que con una magnitud de 8.5 (Mw), la cual es una escala sumamente fuerte, catalogado como destructivo según Escala de Mercalli Modificada, con una duración aproximada de 2 minutos, lo cual tendrá un arribo de las olas en un tiempo de 20 minutos aproximadamente.

Se puede estimar que el tsunami llegaría a la línea de costa con olas de 22 metros de altura, aproximadamente; para ello la población deberá evacuar hacia zonas seguras (las que tienen mayor altitud), muy por encima de los 25 metros. En vista de ello, la Municipalidad Metropolitana de Lima a través de la Subgerencia de Defensa Civil formulo el “Plan de Contingencia Metropolitano ante Tsunami 2015-2016” que se indagara a continuación.

1) Antecedentes de tsunami en Perú. Para fortuna de Perú, ellos no han sufrido los efectos de un tsunami con la frecuencia de otros lugares como Japón, Hawai , etc. Sin embargo, la historia les demuestra que su litoral ha sufrido los efectos destructivos de tsunamis en el pasado.

09 de Julio de 1589. Se sufrió un maremoto a lo largo de la costa de Lima, en el cual el mar subió 4 brazas que destruyeron propiedades hasta 300 metros adentradas. Las olas inundaron cerca de los 10 km². La ola fue ocasionada por un sismo de intensidad VIII donde el epicentro estuvo cerca de la costa de Lima y destruyo la ciudad, dejando un saldo de 22 muertos.

12 de mayo de 1644. Se manifestó un maremoto en la costa de Pisco, el mar invadió parte de la población del cual se registraron 70 muertos. El maremoto fue ocasionado por un fuerte sismo a las 04:00 horas cuya intensidad fue alrededor de VI.

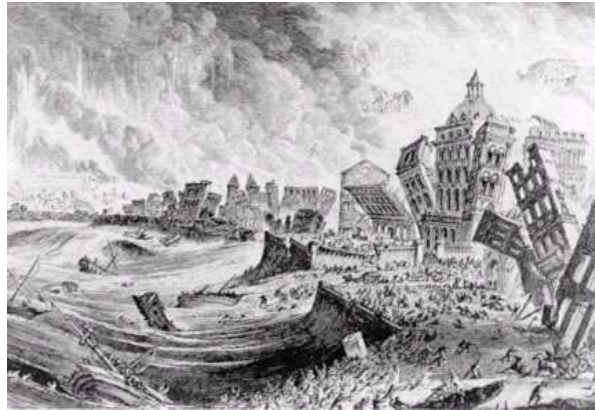
17 de junio de 1678. La ola causo en el Callao y otros puertos vecinos un gran número de estragos, este fue ocasionado por un sismo cuyo epicentro estuvo al norte de Lima, con una intensidad de VII, provocando que el mar retrocediera y regresara con una fuerza sumamente destructiva.

20 de octubre de 1687. Gran ola en el Callao, y otros puertos, ocasionado un sismo a las 16:00 horas, con un epicentro en el norte de Lima, con intensidad de IX dejando la mayor parte de Lima en ruinas, registrándose 200 muertos y causando destrucción y pérdidas materiales en muchas propiedades.

28 de octubre de 1746. El Callao fue destruido por dos olas, una de las cuales superaron los 7 metros de altura. Este maremoto ocasiono la muerte de 5 a 7 mil habitantes y es probablemente el maremoto más

fuerte registrado a la fecha. Cerca de diecinueve barcos, incluidos los de guerra, fueron destruido o encallados; uno de ellos fue varado aproximadamente 1.5 km tierra adentro. En otros puertos también hubo destrucción especialmente en Chancay y Huacho.

Ilustración 66. Una pintura artística expone el maremoto sufrido de 1746.



Fuente: (Lima, 2015)

Ilustración 67. Pintura busca describir los 19 barcos que fueron encallados durante el tsunami.



Fuente: (Lima, 2015)

01 de diciembre de 1806. Maremoto en el Callao alcanzo más de 6 metros de altura, ello dejo varias embarcaciones en tierra; la ola levanto un ancla de una tonelada y media y la deposito en la casa del capitán de puerto, generando por un sismo intensamente sentido en Lima.

30 de marzo de 1828. Ciudades de la costa fueron destruidas por el efecto de un maremoto ocasionado por un sismo que se manifestó a las 07:30 horas y fue sentido en Lima con una intensidad de VII.

13 de agosto de 1868. Maremoto ocasiono grandes danos desde Trujillo (Perú) hasta Concepción (Chile) en Arica una nave de guerra de norte américa fue depositada 400 m tierra adentro. Cabe mencionar que el tsunami se dejó sentir en puertos tan lejanos como Hawái, Australia y Japón. En Arequipa el movimiento se manifestó con intensidad de VI aproximadamente. El epicentro fue frente a Arica, la máxima altura de la ola registrada fue de 21 m en Concepción (Chile).

01 de abril de 1946. Terremoto en Chile ocasiono un tsunami destructivo en una gran área del pacifico (Chile, Ecuador, Colombia y Perú). Fallecieron 5 personas en Alaska y en Hawai, una onda de 6 m de altura causo la muerte de 165 personas y pérdidas materiales por más de \$ 25, 000, 000.

01 de abril de 1966. Tsunami destructivo en una gran área del Pacífico, en el Callao se causaron daños considerables, como se muestra en la siguiente fotografía.

Ilustración 68. Daños en el Callao por tsunami.



Fuente: (Lima, 2015)

03 de octubre de 1974. Se tuvo un sismo originado frente a costas del Callao, el tsunami inundó múltiples fábricas frente a las bahías de Chimú y Tortugas, al norte de Lima, causando la destrucción de muelles y cultivos.

Ilustración 69. Fotografía tomada por Jirón Loreto de los daños causados por el tsunami en el Callao.



Fuente: (Lima, 2015)

21 de febrero de 1996. Se originó un sismo a 210 km al suroeste de Chimbote de magnitud 6.9°. La ola provocó daños materiales y pérdidas de 15 vidas humanas en el departamento de Chimbote, en Salaverry causando daños materiales de poca consideración.

12 de noviembre 1996. Se generó a 93 km, en el suroeste de San Juan de Marconi, siendo este de magnitud 6.4° con una profundidad de 46 km. Este tsunami causó grandes daños materiales y pérdidas de vidas humanas.

Ilustración 70. Tsunami de Perú (1996) en el suroeste de San Juan de Marcona.



Fuente: (Lima, 2015)

23 de junio de 2001. Tsunami en Camana, originado por el sismo con epicentro en el mar al noroeste de Ocoña con una magnitud de 6.9 en la escala de Richter, este género tres olas, de las cuales la mayor alcanzo una altura de 8.14 m, dejando un saldo de 23 personas muertas, 63 desaparecidos y cuantiosos daños materiales.

15 de agosto de 2007. Tsunami en Pisco, originado por un sismo con epicentro en el mar a 60 km al Oeste de Pisco con magnitud de 7.0° en escala de Richter. Este inundó la localidad de Lagunillas con un run-up de 5.6 m, causando solo 3 muertes registradas y muchos daños materiales, sin embargo, el terremoto en sí causó más de 500 víctimas.

Ilustración 71. Pisco (2007), este tsunami causó más de 500 víctimas.



Fuente: (Lima, 2015)

Se logra reconocer que los desastres son la manifestación de un proceso continuo de construcción de condiciones de riesgo. Estas pueden estar expresadas en pérdidas y daños que generan un impacto socioeconómico y ambiental específico para las condiciones pre-existentes de debilidad social del área afectada.

La recurrencia y severidad del tema pone de manifiesto la necesidad de ubicar el tema en la agenda política de los múltiples niveles de gobierno que conforman el SINAGERD (Secretaría de Gestión del Riesgo de Desastres) y buscan avanzar la elaboración de instrumentos técnicos que den la facultad de gestionar los procesos de prevención, reducción, rehabilitación y respuesta que busca conformar su plan de contingencia.

2) Otras repercusiones de los tsunamis: Antecedentes de colapso y hundimiento de estructuras por licuefacción. En el año de 1964 en Niigata Japón se dio paso a un sismo de magnitud de 7.5 en la escala de Richter, hubo daños severos causados por la licuefacción en un suelo arenoso en su mayoría. En esta ocasión muchas estructuras se asentaron más de un metro y se inclinaron significativamente. En el sismo un edificio giró cerca de los 80 grados, quedado básicamente tendido en el suelo. También pudo evidenciarse otros fenómenos de licuefacción. A posteriori del sismo se observaron agua brotando del suelo por grietas que tuvieron deformaciones, las cuales llegaron a hundir casas y vehículos; al mismo tiempo podría verse emerge a la superficie estructuras que teóricamente debían permanecer en el subsuelo como fue ejemplo el caso de un tanque de aguas negras.

Ilustración 72. Daños producidos en el terremoto de Niigata Japón.



Fuente: (Lima, 2015)

Históricamente el fenómeno de la licuefacción en los suelos granulares saturados ha sido una causa significativa de la falla de estructuras. Se puede tomar como ejemplo el sismo de 9.2 grados en la escala de Richter, ocurrido en Alaska en el año de 1964, en donde 9 puentes colapsaron totalmente y 26 tuvieron deformaciones sumamente serias y con colapso parcial. Investigaciones realizadas indican que la licuefacción de los suelos determinó un papel importante en los daños sufridos por las estructuras. Indiscutiblemente es un fenómeno que no se puede despreciar en caso de manifestarse un tsunami.

Por ello se debe estudiar esta problemática y desarrollar herramientas que permitan a los ingenieros predecir los riesgos de construir una estructura en un terreno potencialmente licuable. Cabe mencionar que existen múltiples métodos para evaluar la potencial licuefacción de un terreno. En nuestro caso únicamente mencionaremos los métodos y los casos que se han presentado de este fenómeno en Guatemala.

Ilustración 73. Sismo de Alaska de 1964.



Fuente: (Lima, 2015)

El terremoto de Loma Prieta el 17 de octubre de 1989 con magnitud de 7.1 en escala Richter tuvo licuefacción en donde los suelos provocaron grandes daños en las estructuras y las tuberías fueron enterradas.

Ilustración 74. Terremoto de Loma Prieta



Fuente: (Lima, 2015)

3) Actividades que se desarrollan en el plan de contingencia. El Plan de Contingencia se elabora mediante actividades específicas, agrupadas en los procesos de:

a) Preparación, respuesta y rehabilitación. En estas acciones que se realizan buscan contar con una óptima propuesta de la sociedad en caso de alguna eventualidad, garantizando una adecuada y oportuna atención de personas afectadas, así como la rehabilitación de servicios básicos indispensables, normalizando las actividades en la zona afectada por el desastre.

La planificación de la respuesta ante emergencias, la generación de un sistema de alerta temprana y el fortalecimiento de capacidades gubernamentales y comunitarias permiten a las instituciones y a las poblaciones en riesgo de tomar decisiones oportunas para salvaguardar la vida. Entre otras cosas se busca cuidar la salud, medio ambiente, propiedades públicas y privadas, reaccionando de manera eficiente y eficaz.

El plan constituye un instrumento técnico de planeamiento específico y gestión de carácter obligatorio, cuyo objetivo principal es proteger la vida humana y el patrimonio, este contiene las responsabilidades, competencias, tareas y actividades involucradas en la ejecución del plan, con el propósito de mantener un adecuado canal de comunicación entre estos. Asimismo, forma parte de los planes específicos por procesos y es hecho conjuntamente con el PLANAGERD. Los actores involucrados deberán familiarizarse con ciertos términos empleados en la Gestión del Riesgo de Desastres y la Defensa Civil, que deberán interpretar para actuar en caso de un Tsunami.

b) Peligro. Es la probabilidad de que un fenómeno físico que es potencialmente dañino se presente, provocando múltiples daños físicos, ambientales y sociales en determinado lugar con una intensidad y un lapso específico y con una frecuencia definida. Este puede clasificarse de la siguiente forma:

- Naturales: como lo pueden ser inundaciones, movimientos de masa, tsunamis, sismos, entre otros.
- Inducidos por acción del hombre: estos pueden ser químicos, biológicos y físicos, por ejemplo: Explosiones, derrames de sustancias tóxicas, contaminación ambiental, incendios, entre otros.

c) Evacuación. Es la manera de desocupación ordenada y rápida de una región específica o local que lleva implícita lo indispensable en caso de alguna eventualidad. Con este concepto la señalización de rutas de evacuación como vías y escaleras de emergencia da paso a la evacuación rápida y segura de las personas.

d) Riesgo. Es la probabilidad de que la población y sus medios de vida sufran daños y pérdidas que van en función de su vulnerabilidad y el impacto de algún tipo de peligro.

e) Vulnerabilidad. Es la resistencia que presenta una zona a ser afectada por un peligro o su susceptibilidad a ser dañada. Un concepto obtenido de la composición a nivel de peligros y grados de vulnerabilidad que está expuesto a un espacio geográfico, entorno o estructura humana, matemáticamente se puede describir como:

$$R = P \times V$$

En donde R = Riesgo, P = Peligro y V = Vulnerabilidad.

4) Plan de contingencia

a) Objetivos del plan de contingencia. El plan de contingencia busca ser una planificación adecuada de cómo deben actuar los múltiples actores de la corporación municipal de Lima para atender a la población que sea afectada por una eventualidad de este tipo en el litoral de Lima, para esto se presenta un escenario de desastre, el cual busca realizar ejercicio de simulación y simulacro, con los distritos costeros.

b) Objetivos específicos de este plan de contingencia

- Definir las instrucciones a seguir por las instituciones y la población de los distritos costeros, en caso de un tsunami.
- Establecer un marco de referencia con el fin que los distritos costeros formulen sus planes de contingencia aplicables a su realidad.

c) Finalidad. Proporcionar alternativas de solución a las autoridades competentes para interpretar la emergencia que se presente, con ello difundir la información a la población, y esta tome las acciones adecuadas y con ello aumentar las posibilidades de salvar su vida.

d) Alcance. El plan busca cubrir todas las instituciones públicas y privadas, así como a la población de los distritos costeros de Lima.

e) Articulación con otros planes

El plan de contingencia se articula con:

- Plan de operación de Emergencia (POE).
- Plan de Prevención, Preparación y Atención de Desastres.
- Plan de Rehabilitación.

f) Determinación del escenario de riesgo. Identificación de peligros relacionados a tsunamis

- Inundación de vías de circulación de vehículos.
- Derrumbe y colapso de viviendas costeras a causa de las olas.
- Derrumbes de piedras, rocas y deslizamiento de taludes en el litoral.

g) Análisis de la vulnerabilidad

- Nivel estructural. En función de la ubicación de infraestructura urbana como carreteras, vías, comercio y viviendas en las áreas de inundación.
- Nivel no estructural. Desconocimiento de la población de acciones a realizar en caso de alerta de Tsunami.

h) Determinación del riesgo. El riesgo está definido como el resultado de la interacción del Peligro con la Vulnerabilidad sobre las capacidades locales, las cuales son conocidas como resiliencia.

i) Escenario de riesgo. El análisis de problemas permite establecer que un sismo de 8.5 en escala de Richter a 80 km al norte de la ciudad de Lima y con una profundidad de 30 km, seguido de un tsunami, genere daños destructivos en la costa de Lima Metropolitana, Callao y otras regiones aledañas a Lima, teniendo mayores probabilidades de ocurrencia y por ende menor tiempo de retorno (aproximadamente de cada 50 años). Se ha determinado que un sismo de una magnitud considerable puede generar escenarios concatenados que requiere atención de emergencia, así como lo exigido por el sismo. En el caso de Lima, esta es la segunda metrópolis del mundo que se encuentra localizada en medio de un desierto que alberga a más de 9 millones y medio de personas, lo que realmente ocasiona que tenga una alta amenaza de tsunami es la ubicación en la zona costera, determinada por la recurrencia histórica y disposición geológica, existen distritos que al presentarse terremotos de mediana y gran magnitud puede provocar derrumbes.

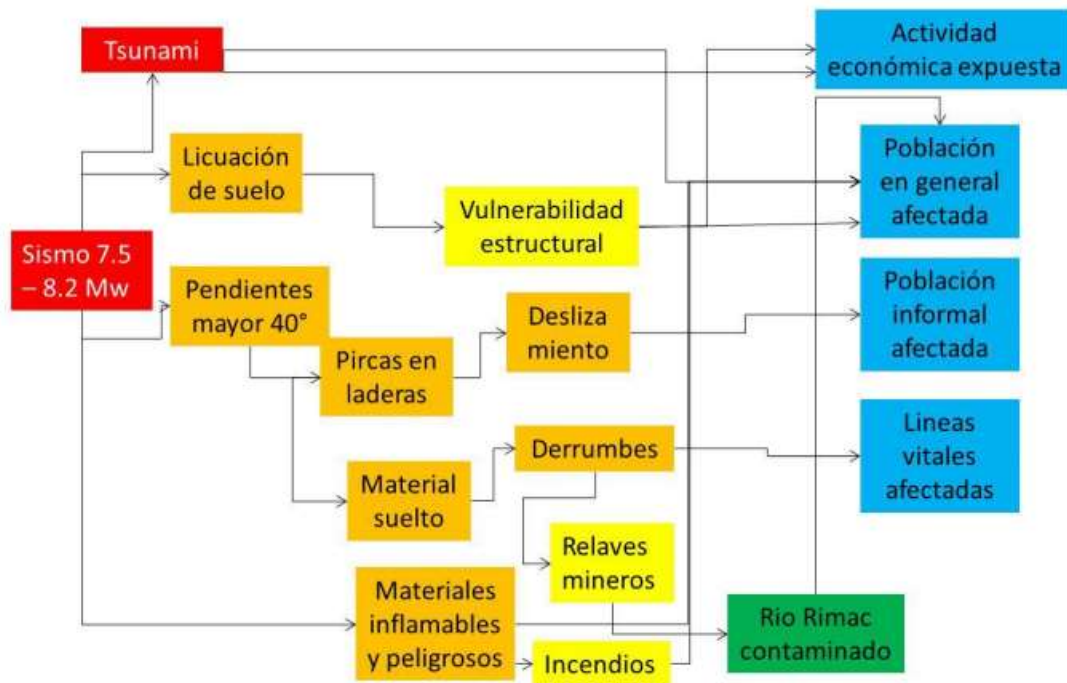
Se muestra la hipótesis de trabajo ante un sismo de gran escala seguido de tsunami.

Ilustración 75. Periodo de retorno y probabilidad de ocurrencia.

Periodo de retorno	Magnitud	Probabilidad de ocurrencia
50 Años	7.5 Mw -8.2 Mw	20.00%
100 Años	7.5 Mw -8.2 Mw	40.00%
250 Años	7.5 Mw -8.2 Mw	60.00%
500 Años	7.5 Mw -8.2 Mw	80.00%
1000 Años	7.5 Mw -8.2 Mw	99.00%

Fuente: (Lima, 2015)

Ilustración 76. Hipótesis de desastre desarrollado en Perú.



Fuente: (Lima, 2015)

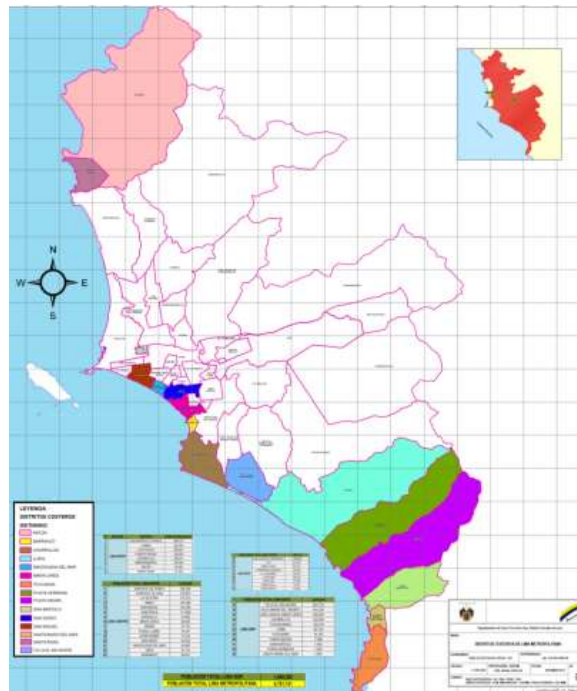
Con base en estudios de Silgado los principales eventos sísmicos ocurridos en el Perú a partir de 1513 son los correspondientes a los años 1586, 1687 y el de 1746 (este destruyó completamente la ciudad de Lima y generó un tsunami con olas de 15 a 20 m de altitud). Durante los años de 1513 a 1959 la ciudad de Lima fue destruida sucesivamente por 15 terremotos en total según indica Silgado.

Para alcanzar la sustancial probabilidad de 99% aproximadamente la ocurrencia de un sismo como el sufrido en el año de 1746 se debe esperar un periodo de retorno de 1000 años, el cual se encuentra a 267 años de que ocurrió la última vez, con alta probabilidad que de ocurrencia a un tsunami.

A continuación, enumero los distritos de Lima que presentan escenario de riesgo ante un tsunami:

- Ancón
- Santa Rosa
- San Miguel
- Magdalena del Mar
- San Isidro
- Miraflores
- Barranco
- Chorrillos
- Villa el Salvador
- Lurín
- Punta Hermosa
- Punta Negra
- San Bartolo
- Santa María
- Pucusana

Ilustración 77. Mapa de distritos costeros de Lima propensos a un tsunami.



Fuente: (Lima, 2015)

Las zonas que poseen el más alto peligro ante inundaciones provocadas por un tsunami al presentarse un sismo de una intensidad grande es el norte de la costa de Santa Rosa y Ancón, en el caso del centro los acantilados de costa verde protegerían teóricamente los distritos centrales de Lima.

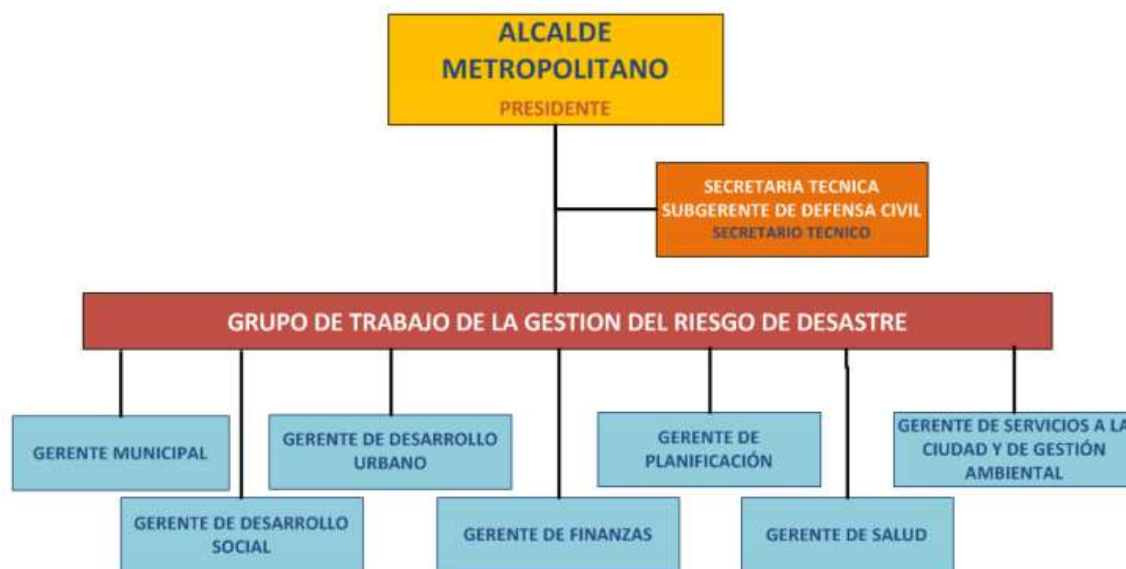
Ilustración 78. Mapa de ubicación en zonas de peligro ante tsunami.



Fuente: (Lima, 2015)

j) Organización para la respuesta y rehabilitación temporal. El grupo de trabajo se compone de funciones de los niveles directivos superiores de las entidades públicas o gobierno subnacional. Se ha establecido en resoluciones de alcaldía, los integrantes del Grupo de Trabajo de la Municipalidad de Lima, el cual presenta una jerarquía que comienza con los gerentes, presidido por el alcalde metropolitano y actuando como secretario técnico, el subgerente de la Defensa Civil.

Ilustración 79. Jerarquía de grupo de trabajo (organigrama).



Fuente: (Lima, 2015)

k) Plataforma de Defensa Civil. Existe actualmente un decreto que aprueba la conformación de la plataforma de la Defensa Civil. Esta plataforma es el mecanismo de coordinación que las instituciones sectoriales poseen en conjunto con las de primera respuesta en el nivel jurisdiccional. Cabe mencionar que a ellas se suman las entidades académicas, científicas y sociales. Con la ayuda del alcalde municipal que es la máxima autoridad territorial, se logra constituir y convocan la Plataforma de Defensa Civil.

COEM (Centro de Operaciones de Emergencia Metropolitano). Estos órganos funcionan de manera continua en el monitoreo de peligros, desastres y emergencias, así como al manejo de la información para la toma de decisiones de las autoridades del Sistema de Gestión del Riesgo de Desastres, con sus respectivos ámbitos jurisdiccionales.

Para Lima se ha buscado diferenciar los centros de operaciones regionales de los centros de operaciones de Emergencia Metropolitano.

La COEM presenta una matriz de funcionamiento, que se presenta de la siguiente forma:

Tabla 24. Matriz de funcionamiento de COEM.

	COEM (Centro de Operaciones de Emergencia Metropolitano)
<p><i>Línea de Mando que se apersona al COER cuando la Emergencia de Desastre es dada de Nivel 2 o 3.</i></p>	<p>Presidente del Grupo de Trabajo y Plataforma de Defensa Civil/Alcalde de Lima.</p> <p>Funcionarios de Áreas Operativas</p> <p>Subgerente de Defensa Civil</p> <p>Encargado del Área de Gestión Reactiva quien asume la función de Coordinador Operativo</p> <p>Encargo o Administrador de COEM.</p> <p>Para un nivel 5 de Respuesta a la emergencia se debe tomar en cuenta a representantes de Entidades de Primera Respuesta, Organismos sociales y Ayuda Humanitaria, representante operativo y representantes de los Sectores SEDAPAL-EDELNOR-MINSA-MIMP, entre otros).</p>
<p><i>Recursos Disponibles</i></p>	<p>COEM cuenta con un espacio ubicado en la Gerencia de Seguridad Ciudadana implementado con equipos de cómputo, radios, celulares, VHF, internet y funciona 24/7 monitoreando los peligros y emergencia.</p> <p>COEM se compone por la "Sala Situacional" y la "Sala de Gestión de Emergencias", la cual la situacional se compone de 5 módulos dentro los cuales podemos mencionar el de Logística, Monitoreo, comunicaciones y Prensa. Es conducido por un Administrador o Encargado del COE adscrito al Área de Gestión Reactiva y la segunda por un Grupo de Trabajo siempre apoyándose de la Plataforma de Defensa Civil.</p>

Continuación Tabla 24

<i>Acciones de Respuesta</i>	Acciones de Respuesta Inmediata: Evento Súbito/Sismo Sala Situacional:
	<p>Activar el Protocolo de Actuación Interinstitucional de Lima por 72 horas</p>
	<p>Activar el Plan de Operaciones de Emergencia de Lima.</p>
	<p>Apertura de Red de Comunicaciones Convencional (telefonía y celulares) y alterna (VHF) para todos los distritos que integran Lima.</p>
	<p>De manera preventiva y con base a las características de un evento sísmico, se da lanzamiento a un sobre aviso de "Alerta de Tsunami a los 15 distritos del litoral de Lima con el fin que tomen la decisión de evacuar a la población en riesgo a zonas seguras, toda vez que tan solo se cuente con 15' o 20" ante de la llegada a la costa de la primera ola, seguido de un inminente tren de olas.</p>
	<p>Informar a los Jefes del Área a través del Rombo de Emergencia de la Subgerencia de Defensa Civil acerca del evento. El Subgerente de Defensa Civil comunica al presidente del COEM/Alcalde de Lima sobre la probabilidad de pérdidas de vidas humanas y daños materiales.</p>
	<p>El COEM es el encargado de cambia la situación de Alerta de verde a rojo.</p>
	<p>El presidente del Grupo de Trabajo, es el encargado de convocar a los integrantes del GRD y de la PDC al COEM.</p>
	<p>Activar y convocar al Grupo de Intervención Rápida para Desastres (GIRD) quienes efectuar un sobre vuelo en el ámbito de Lima y debe emitir un informe preliminar de forma aérea sobre el escenario, puntos gravitantes de impacto, daños ocasionados, magnitud y efectos colaterales como inundaciones, incendios, derrumbes etc.</p>

Continuación Tabla 24

	<p>Se recopila, valida y procesa la información que proviene de los múltiples medios de información, particularmente de los emitidos desde el lugar de impacto.</p> <p>Entrega de reporte inicial de una Situación.</p> <p>En función de la recopilación de atención inmediata, se direcciona al accionar a equipos de Primera Respuesta, acerca de los sectores que son prioridad en cuanto auxilio.</p> <p>Análisis de situación inicial, acerca del escenario y daños ocasionados por el evento en todo Lima.</p> <p>Informe inicial de situación.</p> <p>Seguimiento y evaluación de impacto de cursos de acción.</p> <p>A nivel político se informa acerca de la situación.</p>
<p><i>De tres a doce Horas</i></p>	<p>Instalación de Plataforma de Defensa Civil, en la "Sala de Gestión de la Emergencia" en el COEM o algún lugar alterno, bajo el mando de su Presidente, este debe estar integrado por representantes de organizaciones humanitarias, sociales, sectores, funcionarios operativos y representantes de Entidades de Primera Respuesta.</p>

Continuación Tabla 24

	<p>En caso de una situación de emergencia, el Jefe del Area de Gestión Reactiva funge como coordinador del COEM sirviendo de conexión entre la Sala de Gestión de la Emergencia y Sala Situacional.</p> <p>El presidente de la Plataforma de Defensa Civil recibe un primer informe de Daños y Análisis de Necesidades, buscando identificar los principales problemas y definiendo prioridades de atención.</p> <p>Se organizan los Grupos de Evaluación de Daños y Análisis de Necesidades (EDAN).</p> <p>Se efectúa el EDAN inicial.</p> <p>Coordinar y dirigir las áreas de intervención junto a las entidades y organismos de primera respuesta.</p> <p>Se describen los cursos de acción.</p> <p>Coordinar atención de necesidades de la población afectada (Abrigo y alimentación).</p> <p>Restablecer servicios públicos vitales como agua, desagüe, luz y teléfono.</p> <p>Constante comunicación con la población en general por medio de notas de prensa, con el fin de informar la evaluación de acontecimientos, recomendación de acciones y transmitir confianza y seguridad que eviten el pánico colectivo.</p> <p>Direccionar en conjunto con la Policía, los lugares donde amerita poner orden y aplicar medidas de seguridad para proteger los bienes de la población y con ello evitar cualquier tipo de robo.</p>
--	---

Continuación Tabla 24

	<p>El área de movilización desplazara a brigadistas y equipos de trabajo en campo, a lugares con el impacto más significativo para elaborar censos de la población afectada y damnificada.</p> <p>Recolectar información necesaria para sustentar Declaratoria de Emergencia.</p>
<i>Posterior a las 72 horas</i>	<p>A partir de las siguientes 72 horas el COE deberá emitir informes cuantitativos y/o cualitativos complementario de los daños y necesidades relacionadas con la atención inicial de la emergencia, ello permite identificar los puntos críticos en fases de rehabilitación temporal o construcción.</p> <p>El reporte se coordina con el módulo de prensa para que sean entregados a la opinión pública.</p> <p>Mantener un constante monitoreo de la información en caso de generarse peligros simultáneos.</p> <p>Permanente información del stock de almacenes para atención de requerimientos de bienes humanitarios.</p>
<i>Representantes de Entidades</i>	<p>Edelnor</p> <p>MINSA</p> <p>Ministerio de Interior</p> <p>Sedapal</p>

Fuente: (Lima, 2015)

5) Procedimientos específicos

a) Procedimiento de alerta. Antes de la generación de emergencias existe un mecanismo de alerta que monitorea con los Sistemas de Alerta Temprana (SAT) y que son determinados a través de la Marina de Guerra del Perú en conjunto con la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina. La probabilidad de ocurrencia de estos eventos se monitorea y se establecen fases de alerta que se muestra a continuación.

Ilustración 80. Niveles de alerta manejados en Lima.

Nivel de Alerta	Estado de Alerta	Condición	Acciones	Preparativos	Activación del POE
Nivel I	Alerta Verde	Normal	Monitoreo de la información	Entidades científicas o responsables monitorean los peligros. Se incluyen simulacros y simulaciones muy cerca del inicio del periodo de peligro.	Observación, revisión de planes institucionales y comunitarios y protocolos.
Nivel II	Alerta Amarillo	Peligro inminente	Preparación	Se preparan las alarmas y revisan las rutas de evacuación y zonas seguras.	Alistamiento y disponibilidad de los recursos locales disponibles y del personal entrenado (en algunos casos implica desplazamiento institucional).
Nivel III	Alerta Naranja	Emergencias	Alerta	Entidad competente emite la alerta	Respuesta institucional y comunitaria parcial.
Nivel IV	Alerta Rojo	Desastre	Impacto y respuesta	Se inicia la evacuación hacia las zonas seguras, dirigido por la entidad competente.	Respuesta institucional, interinstitucional y comunitaria total (según lo previsto). Se prevé coordinación con el nivel regional y nacional.

Fuente: (Lima, 2015)

Cabe mencionar que estas fases no aplican tan sencillamente a eventos de aparición súbita como lo puede ser un sismo o una erupción volcánica, pero si es aplicable a eventos concatenados a los sismos, como en nuestro caso es un tsunami. También puede emplearse en deslizamientos, réplicas de sismos, lluvias fuertes, etc.

b) Descripción de los tipos de alerta de tsunamis. Se enumeran algunas acciones que van en función de la fase de alerta para eventos concatenados a tsunamis.

Alerta verde (Fase informativa)

- Recibir información sobre posibles peligros y esto es comunicado al alcalde y a los miembros de su Grupo de Trabajo.
- Preparación de posible activación de comisiones técnicas del Grupo de Trabajo.
- Comunicar a alcaldes de distrito y funcionarios que son responsables de los grupos de Trabajo a nivel distrital.
- Chequear si se cuenta con recursos materiales disponibles para atender alguna emergencia de este tipo.
- El COE de Lima continuara recibiendo información y planteando recomendaciones a todos en general.

Alerta amarilla (Fase de preparación)

- El grupo de trabajo interno amplía la coordinación junto a las instituciones de primera respuesta externas, constituyéndose la Plataforma de Defensa Civil.
- Organizar las tareas de las Comisiones de la Plataforma de Defensa Civil.
- Establecer Cronograma de trabajo y de reuniones para monitorear el peligro.
- Alerta por entidad competente.
- Comisiones enviar recursos de ayuda preventiva hacia las zonas e posible impacto.

Alerta naranja (Fase de alerta)

- El grupo de trabajo se encuentra en un alto nivel de alerta y por ende en sesión permanente.
- Las comisiones técnicas se reúnen en local del COE.
- Estudios de estimación del riesgo ante un peligro inminente (en caso de si es pertinente).
- Evacuación de personas de zonas de posible impacto (en caso de si es pertinente).
- Preparar los PIPs de emergencia y fichas de actividades de emergencia por un peligro inminente, empleando fondos propios o se comienza a emplear el Fondo de Reserva de Contingencia.
- Preparar albergues temporales en zonas seguras para verificar si existe una necesidad.

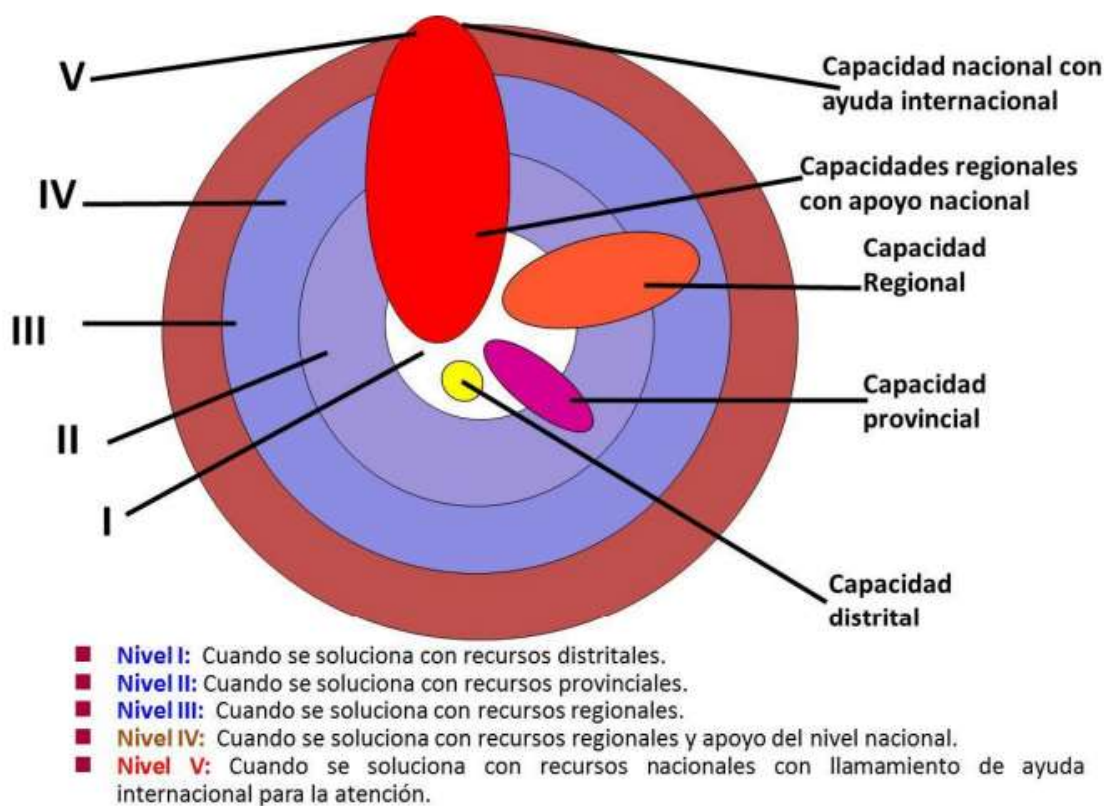
Alerta roja (Fase de impacto y respuesta)

- Todas las comisiones están operativas y comienzan a responder a la eventualidad.
- Inicio de evacuación hacia zonas seguras (las de mayor altitud).
- Inicio de actividades de búsqueda y rescate.
- Evaluación de daños y análisis de necesidades (EDAD).
- Examinar si se cuenta con los suficientes suministros de ayuda.
- Examinar necesidades logísticas como: combustible, maquinaria, cambiones, etc. Esto se debe comunicar al alcalde a la brevedad posible).
- Preparar los PIPs de emergencia y fichas de actividades de emergencia para atender emergencias con fondos propios o con Fondo de Reserva de Contingencia.
- Activar un sistema de logística establecido anteriormente.
- Remover escombros, despejar vías terrestres hacia la zona afectada. Proveer agua, energía y comunicación a las zonas más afectadas.
- Proveer seguridad permanente en los puntos más críticos.
- Monitorear y vigilar el cumplimiento de funciones por las Comisiones de la Plataforma de Defensa Civil.

c) Clasificación de las emergencias. Esto tiene por objeto comunicar mediante un sistema de 5 niveles, la magnitud y gravedad de una emergencia o eventualidad y cumple con el propósito de facilitar la respuesta inicial y organización de las entidades operativas del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastre (SINAGERD) a nivel territorial que corresponda. Se busca agilizar la convocatoria y participación de recursos institucionales y voluntarios efectivamente.

La clasificación de escala de 5 niveles de afectación de emergencia se ve influenciada de capacidad a responder y dar solución a un problema en el nivel que corresponda.

Ilustración 81. Clasificación de Emergencias y capacidad de respuesta en Lima, Perú.



Fuente: (Lima, 2015)

Una capacidad de respuesta es evaluada con base a la capacidad de operación y técnica que proporciona cada nivel, y la relativa necesidad de recibir un apoyo externo. El nivel de provisión logística y necesidad de soporte externo. Cabe mencionar que también es tomado en cuenta el periodo operacional necesario para dar equilibrio a la eventualidad.

Tabla 25. Intervención con base a los niveles de emergencia.

Nivel	Quiénes intervienen	Quién está al mando	Mecanismos	Intervenciones reales
1	Municipio Distrital	Alcalde distrital	Fondo de Emergencia (S/. 50 millones) Fichas de Emergencia	Apoyo de los niveles regionales y ONG's
2	Municipio Provincial y municipios distritales	Alcalde de Lima en su condición de autoridad Provincial.	Fondo de Emergencia (S/. 50 millones) Fichas de Emergencia	Apoyo de los niveles regionales y ONG's
3	Gobierno Regional, municipios provinciales y municipios distritales	Alcalde de Lima en su condición de Presidente Regional	Fondo de Emergencia (S/. 50 millones) Fichas de Emergencia, fondos propios para equipamiento, maquinaria y profesionales.	Intervención del nivel nacional, sectorial y militar. Existe un aplanamiento de la estructura de intervención.
4	Gobierno Regional, municipios provinciales, municipios distritales con Apoyo de CONAGERD, Gobierno Nacional y Sector Privado.	Alcalde de Lima en su condición de Presidente Regional con apoyo del nivel nacional	Todos los recursos públicos y privados se ponen a disposición de la emergencia, crédito contingente.	Estado de mecanismos de movilización nacional, con retención de bienes privados si fuese el caso.
5	CONAGERD, autoridades nacionales, subnacionales y locales, Red Humanitaria Nacional y ONG's.	Nivel nacional (Presidente y CONAGERD) y NNUU	Créditos contingentes, activación de Red Humanitaria, Fondos de Cooperación no reembolsables, recursos públicos en general.	Cooperación internacional oficial y no oficial interviene en la emergencia.

Fuente: (Lima, 2015)

6) Preparación ante un tsunami

a) Fase preventiva

- Capacitación de los múltiples funcionarios de los distritos costeros.
- Destacar acciones de instituciones y población organizada que cuente con una jurisdicción de litoral de Lima.
- Simulacros de evacuación con las autoridades y población de distritos en la costa.
- Capacitación de personas que habitan en zonas bajas del litoral, para ello se recomienda contar con una mochila de emergencia. Se debe considerar agua, alimentación y vestimenta para 3 días aproximadamente.
- Contar con buena organización de brigadistas en cantidad y calidad, los cuales deben poseer capacitación de la evacuación y conocer su zona. Actitud adecuada que transmita calma y confianza a las personas.

- Se debe tomar en cuenta que el teléfono debe emplearse únicamente para llamadas breves y necesarias, ello contribuye sustancialmente a mantener las líneas telefónicas des congestionadas.
- En caso de la comunicación, es preferible hacer uso de mensajes de texto o internet para comunicarse con personas afines.
- No olvidar que los números de emergencia son de carácter gratuito y pueden marcarse desde cualquier teléfono.
- Emplear el uso de las redes sociales como: Twitter, Facebook, Instagram etc.

b) Fase durante la emergencia. Poner en práctica todo el procedimiento de preparación, empleado en la etapa de prevención, el cual se desarrollará como se muestra a continuación:

- Al comenzar el movimiento sísmico y se observa que el mar empieza a alejarse, inmediatamente debe iniciarse el proceso de evacuación. En este caso se recomienda no esperar alerta de tsunami si este se observa que es inminente.
- Los brigadistas deben mantener el liderazgo e intentar permanecer con las personas hasta la llegada de apoyo, se recomienda no regresar a la playa bajo ninguna circunstancia, y hacerlo únicamente cuando las autoridades de Defensa Civil de su jurisdicción lo indiquen.

c) Fase de rehabilitación

- Las autoridades competentes tienen la obligación de comunicar a la población, si se retornara a las actividades cotidianas de la zona costera o se da la evacuación definitiva. Para esto se recomienda el estar atento a reportes de autoridades científicas y tecnologías puedan emitir respecto al desarrollo del fenómeno.
- La población en general tiene la obligación de quedarse en lugares seguros anteriormente mencionados en la fase operativa, en un lapso de media hora hasta la hora completa por la existencia de réplicas de mayor intensidad al primer movimiento.

d) Comunicaciones. El Protocolo de Coordinación Institucional, tiene como objetivo regular toda acción de coordinación entre la Municipalidad de Lima con los Gobiernos Locales e Instituciones Públicas y Privadas, ante la ocurrencia de una eventualidad de Tsunami o Sismo.

De esta forma, se cuenta con un instrumento que es guía de acción que se implementa en las primeras 72 horas de generada la emergencia a nivel jurisdiccional en Lima. Así, se cuenta con el Centro de Operaciones de Emergencia Metropolitano, que en conjunto con el módulo de comunicaciones establece una red de emergencia a través de radios VHF que se articula con el sistema de radios Aficionados en caso que la telefonía fija y celulares colapsen.

e) Sistema de comunicación. La municipalidad de Lima emplea los radios VHF para comunicaciones de emergencia como medida alterna en caso que el sistema falle. Actualmente en Lima se hacen pruebas utilizando el sistema instalado en la Policía Nacional del Perú con radios de tecnología Tetra, brindados temporalmente por la institución.

Existen múltiples procesos establecidos por las instituciones gubernamentales con el fin de dar una respuesta a la población en caso de otros fenómenos como huracanes en la costa sur.

f) Diseminación de alertas La alerta de tsunamis de origen lejano debe ser emitida por la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED).

Sistema de alerta temprana. Una vez activada la alerta temprana del tsunami, las autoridades locales deben tomar acción inmediata y difundir esta información a todas las comunidades costeras a través de sus áreas determinadas y los medios de comunicación.

Idealmente el sistema de alarma pública debería estar conformado por los siguientes medios:

- Alarmas sonoras en los municipios.
- Sistema de alarma pública de bomberos.
- Sistema de alarma discreta (radiocomunicaciones y dispositivos móviles).
- Altoparlantes de policía y fuerzas armadas.
- Medios de comunicación social (televisión y radio).

b. Chile: Plan de contingencia ante tsunamis. El plan de contingencia ante un tsunami parte de la organización de *La Mesa Técnica Interinstitucional*. Cabe mencionar que esta cuenta con el apoyo de las siguientes instituciones:

- Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA).
- Colegio de Ingenieros de Chile.
- Centro Sismológico Nacional (CSN).
- Centro Nacional de Investigación para la Gestión Integrada de Desastres Naturales (CIGIDEN).
- Ministerio de Obras Públicas (MOP), este se clasifica en la Dirección General de Obras Públicas, Dirección nacional de Arquitectura, Instituto Nacional de Hidráulica y la Dirección Nacional de Vialidad.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU).
- Departamento de Emergencia y Desastres de Ministerio de Salud (MINSAL).
- Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN).
- Instituto de Ingenieros de Chile.
- Universidad Técnica Federico Santa María (UTFSM).

- Asociación Chilena de Seguridad (ACHS).
- Instituto de Seguridad del Trabajo (IST).
- Mutual de Seguridad de la Cámara Chilena de la Construcción (CCHC).
- Academia Nacional de Bomberos de Chile (ANB).
- Cruz Roja Chilena (CRCH).
- Servicio nacional de la Discapacidad (SENADIS).
- Comisión Nacional de Seguridad de Transito (CONASET).

Fuente: (Mesa Técnica Interinstitucional de Recomendaciones para la Preparación y Respuesta ante Tsunamis., 2014).

Basta con analizar el número de entidades que están involucradas en la respuesta ante un Tsunami para tomar ejemplo de la coordinación que debe tomarse ante una eventualidad de este tipo y respaldarse una a otras para desarrollar medidas de prevención que resguarden la integridad de las personas.

Las instituciones mencionadas se encuentran bajo la coordinación de la Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública (ONEMI). Todos los entes participantes en la elaboración de los manuales de prevención, dejan constancia que la información entregada hace referencia a recomendaciones basadas al conocimiento existente a la fecha que busca la disminución de los riesgos de incidentes asociados a un tsunami. Es importante tomar que dichas recomendaciones se enfocan en tsunamis generados por un movimiento sísmico, pero que a su vez no puede garantizar la ausencia de un accidente o alguna eventual fatalidad. Los datos históricos demuestran que han ocurrido un sinfín de enormes destrucciones en asentamiento costeros en el mundo y Chile no ha sido la excepción. Chile, con su prolongada costa en el pacífico ha experimentado en el transcurso de los años tsunamis significativamente grandes y destructivos, por ejemplo, el ocurrido en Valdivia el 22 de mayo y más próximo a la actualidad el del 27 de febrero de 2010 en Cauquenes.

Ilustración 82. Tsunami ocurrido en Cauquenes 2010.



Fuente: (Mesa Técnica Interinstitucional de Recomendaciones para la Preparación y Respuesta ante Tsunamis., 2014).

Entre otros registros, ha existido tsunamis de menor capacidad destructiva, como el vivo el 3 de marzo de 1985 y 1 de abril de 2014, a partir del 1500 hasta la fecha se han identificado cerca de 70 tsunamis en las costas chilenas. La comprensión de dicho fenómeno, de su comportamiento y repercusiones, serán pilares a considerar para tomar las medidas que se necesiten en el momento oportuno, para resguardar la vida de las personas.

Tomando en cuenta que un tsunami puede manifestarse en cualquier comento, y afectar tanto a las personas que viven en una localidad costera como las que se encuentra de paso, todos los chilenos deben conocer las medidas necesarias a tomar en caso de un tsunami por ello este tipo de iniciativas buscan la preparación e interactuar con las personas para informarlas y capacitarlas acerca de las acciones a tomar ante la amenaza.

1) Acciones de preparación inclusiva. *El Manual de Recomendaciones para la Preparación y Respuesta ante Tsunamis*, es un documento de complemento a las Recomendaciones de “Antes, durante y después” de Sismos y Terremotos”, lanzado por ONEMI en octubre de 2013 y que se encuentra al alcance de todo el pueblo chileno. El gobierno de Chile busca preparar un plan de evacuación con grupo familiar, de trabajo, estudios y comunidad. Dentro de sus mensajes centrales esta:

- Identificar si la persone reside en una zona de amenaza de tsunami.
- Familiarizarse con las rutas de evacuación, zonas de seguridad y puntos de encuentro.
- Preparar y practicar la evacuación ya sea con el grupo familiar, de trabajo, estudios y comunidad.

- Estar en la capacidad de reconocer los signos de la naturaleza precedentes a un tsunami.
- Tomar en cuenta el tiempo limitado para evacuar y tener presente las limitaciones de niños y niñas, embarazas, personas de tercera edad, entre otras.

Ilustración 83. Señalizaciones varias del manual de ONEMI.



Fuente: (Mesa Técnica Interinstitucional de Recomendaciones para la Preparación y Respuesta ante Tsunamis., 2014).

La información de Mapas de Evacuación por Tsunami es importante, por ello en Chile se busca que estos señalen las Zonas de Amenaza, Vías de Evacuación y Zona de Seguridad, con el fin de realizar una evacuación adecuada de la ciudadanía.

Dentro de la información que puede recopilarse en una comunidad son las Cartas de Inundación por Tsunami (CITSU), la cual representa la amenaza de tsunami de una localidad en específico donde se presentan los máximos niveles de inundación que se esperan ante un evento extremo simulado, y en caso que no exista se observa si en el territorio existe señalización de seguridad ante tsunamis o consultar el Plan de Evacuación ante Tsunami y en caso que no se cuente con vías de evacuación, intuitivamente recorrer las calles o caminos más directos hacia las zonas más altas y que se alejen de curso de agua.

Un plan de evacuación que sea efectivo *debe permitir a las personas llegar a pie hacia una Zona de Seguridad en un tiempo promedio de 15 minutos*. El reconocimiento de los signos de la naturaleza que puede provocar un tsunami son que el sismo dificulte mantenerse de pie o que este tenga una duración del orden de 30 segundos o más. Paralelo a ello, un rápido y notorio recogimiento del mar que expone el fondo marino, es una de las evidencias que un tsunami está ocurriendo. El gobierno en Chile ha impulsado el funcionamiento del Sistema de Alerta de Emergencia (SAE) el cual permite recibir información de emergencia en los teléfonos que cuenten con el sello de compatibilidad. En este caso será emitido un mensaje en caso de amenaza de tsunami que considera su uso particularmente con personas que poseen discapacidad auditiva.

2) Compatibilidad del SAE. La alerta será despachada vía texto de manera automática a una zona georreferenciada, esta no deberá verse afectada por el congestionamiento de las redes celulares, dado que emplea otros canales de frecuencia para llegar a los teléfonos de manera eficiente.

Ilustración 84. Compañías telefónicas y marcas que son compatibles con la SAE de Chile.

	Marcas
Claro	ALCATEL
entel	AZUMI
móvil Falabella	BLACKBERRY
movistar	HUAWEI
NETLINE	LG
Telefónica del Sur	MOTOROLA
Virgin	NOKIA
vtr	DWN
WOM	SAMSUNG
	SONY

Fuente: (Mesa Técnica Interinstitucional de Recomendaciones para la Preparación y Respuesta ante Tsunamis., 2014).

a) Kit de emergencia para evacuación

- 2 Litros de agua *per cápita*.
- Comida enlatada.
- Papel higiénico.
- Linterna, radio portátil y pilas de repuesto.
- Elementos de primeros auxilios.
- Medicamentos e insumos.
- Llaves de tu propiedad y vehículo.
- Dinero en efectivo.
- Ropa de abrigo y guantes de seguridad.

Además, en caso de ser posible conservar documentos importantes como escrituras, libreta de familia, cédulas de identidad, entre otros, en recipientes herméticos y dentro de la mochila de emergencia que se empleara para evacuar y contar con dinero en efectivo dado que existe la posibilidad que los cajeros automáticos no se encuentren en funcionamiento a consecuencia de un sismo e identificar una red de apoyo externa.

Ilustración 85. Programa de Familia Preparada.



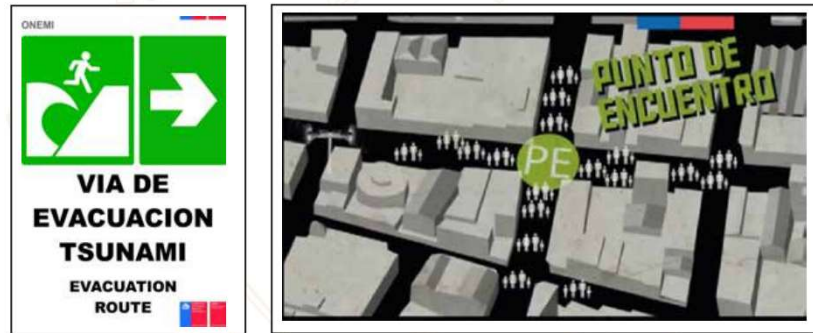
Fuente: (Mesa Técnica Interinstitucional de Recomendaciones para la Preparación y Respuesta ante Tsunamis., 2014).

b) Acciones de preparación en un establecimiento educativo. Tal como se mencionó anteriormente, las personas deben informarse si el establecimiento educativo se encuentra en una Zona de Amenaza de Tsunami, conocer el Plan Integral de Seguridad Escolar, Vías de Evacuación, Zonas de Seguridad ante Tsunami y Puntos de Encuentro. En todo momento se debe respetar las indicaciones que establece el protocolo de actuación chileno ante un tsunami, ya que no acatarlas podría entorpecer el proceso de evacuación y generar confusiones y demoras innecesarias.

Resulta interesante analizar que, dentro del plan de acción chileno, tanto las comunidades como los establecimientos educativos toman en cuenta el identificar a las personas que tengan necesidades especiales (personas en situación de discapacidad, embarazadas o personas mayores). Se busca consultar a las personas por su requerimiento de ayuda y establecer conjuntamente las acciones de preparación inclusiva que se señalan en el documento y que permitan ayudar a evacuar de forma coordinada ante una situación de emergencia.

La verificación de la demarcación de las vías de evacuación y zonas de seguridad se trabaja en conjunto con las autoridades locales dentro de ellos bomberos, carabineros y salud.

Ilustración 86. Programa de vía de evacuación de tsunami y punto de encuentro.



Fuente: (Mesa Técnica Interinstitucional de Recomendaciones para la Preparación y Respuesta ante Tsunamis., 2014).

Ilustración 87. Afiches de coordinación y zona de seguridad ante el tsunami.



Fuente: (Mesa Técnica Interinstitucional de Recomendaciones para la Preparación y Respuesta ante Tsunamis., 2014).

Se ha tomado en cuenta la posibilidad que las personas se encuentren en situaciones extraordinarias, como el encontrarse en una embarcación la cual debe ir coordinada en conjunto con la Autoridad Marítima. Acá existe la posibilidad que se recomiende evacuar hacia altamar sobre una profundidad superior a los 150 metros, acá los dueños de los botes pequeños pueden determinar si es más seguro abandonar su bote en el muelle o moverse rápidamente a tierras altas. En caso que la mejor decisión sea ir hacia altamar se recomienda evacuar hacia una profundidad superior a los 150 metros.

Ilustración 88. Evacuación adentrándose al mar.



Fuente: (Mesa Técnica Interinstitucional de Recomendaciones para la Preparación y Respuesta ante Tsunamis., 2014).

Dentro de las recomendaciones se tocó el tema de la evacuación vertical, donde se indicó que esta puede ser un plan secundario para salvar la vida de una persona, bajo las siguientes condiciones:

- Presentar dificultad para trasladarse (niños, personas en situación de discapacidad, embarazadas o personas mayores).
- Evaluar a priori, si no es posible desplazarse hacia una zona de seguridad ante un tsunami en un tiempo de 15 minutos. Debe siempre ser tomado en cuenta que posterior al sismo existen replicas y que el edificio puede encontrarse dañado y sin luz para lo cual no se debe hacer uso de los ascensores. En este tipo de situaciones la Evacuación Vertical como plan secundario puede incrementar las posibilidades de sobrevivencia, con base en lo observado en tsunamis de otros países.
- El mantener siempre en primera instancia la evacuación horizontal para salvar una vida hasta llegar a una zona de seguridad es siempre una de las recomendaciones más insistentes porque no se puede asegurar que un edificio resista a un tsunami. Se debe tomar en cuenta que las casas y edificios inferiores a 8 niveles que se localizan en zonas de amenaza ante tsunami pueden ser vulnerables al impacto del tsunami, por ende, no se recomienda considerarlo para una evacuación vertical, por no contar la resistencia necesaria. En caso de vivir en un edificio de ocho o más niveles y que se ubique en zona de amenaza de tsunami, se debe poner en práctica el plan de emergencia para una evacuación vertical siempre considerando que puede existir más personas que necesiten evacuar verticalmente. Debe tenerse presente que el apoyo mutuo y la solidaridad entre ciudadanos, pueden ayudar a salvar vidas. Por último, permanecer en los pisos superiores hasta que exista la información oficial que la alarma de tsunami ha finalizado, entregado generalmente por los medios de comunicación como radio y televisión. La Evacuación Vertical en un edificio es tomada como secundaria dado que no se garantiza que este resista al impacto de la ola.

Ilustración 89. Evacuación vertical (solo en caso de emergencia)

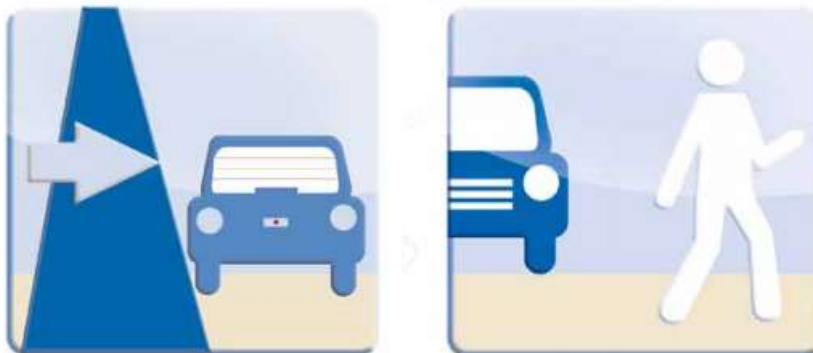


Fuente: (Mesa Técnica Interinstitucional de Recomendaciones para la Preparación y Respuesta ante Tsunamis., 2014).

Dentro del plan se desarrolla la situación en caso que las personas se encuentren conduciendo un vehículo. En caso de ir por un camino rural costero y se percibe o bien la persona se informa de un sismo debe reducir la velocidad y alejarse del borde costero, en esta situación debe buscarse dirigirse con el vehículo a una altura superior a los 30 metros, siempre considerado la opción de poder llegar caminando a un lapso menor, cuidado que el vehículo no obstruya la vía.

En caso de ir a una ruta urbana costera, cuidar que el vehículo ciudadano no obstruya las vías de evacuación y el tránsito, continuando a pie hasta una zona de seguridad de tsunami. Si una persona conduce un vehículo de locomoción colectiva debe estacionarlo de la misma forma y asegurarse que todos los pasajeros hayan descendido y continúen caminando hasta la zona de seguridad. Por último, se debe reanudar el viaje hasta que las autoridades oficiales informen que el peligro del tsunami se ha ido y siempre conducir con extrema precaución dado que el sismo podría haber ocasionado derrumbes o daños severos en la infraestructura del camino. En caso de alerta de un tsunami, debe procurarse que los vehículos no obstaculicen las vías.

Ilustración 90. Afiche de medidas a tomar en caso de ir en un vehículo.



Fuente: (Mesa Técnica Interinstitucional de Recomendaciones para la Preparación y Respuesta ante Tsunamis., 2014).

Si las autoridades informasen que es posible volver, se recomienda no exponerse innecesariamente llegando al área afectada a posteriori del tsunami si una persona no vive en el lugar, ya que se expone al riesgo de efectos residuales de las inundaciones, como agua contaminada, electrocución, derrumbes, deslizamientos, caída de rocas, entre otros. Se debe inspeccionar exteriormente el inmueble en búsqueda de los daños que pueden hacer peligroso el ingreso, en caso de presentarse daños mayores, debe evaluarse por un profesional especialista con el fin de determinar si es seguro habitarlo. Cuando se ingrese al inmueble de verificar los suministros de agua, electricidad y gas se encuentren cortado antes de ingresar al hogar, el suministro de electricidad debe ser chequeado por un técnico antes de ponerla en servicio. Posterior a la aprobación de las autoridades de retornar a la vivienda, debe tenerse sumo cuidado para evitar accidentes innecesarios causados después del evento.

Ilustración 91. Retorno a la vivienda después de aprobación de autoridades.



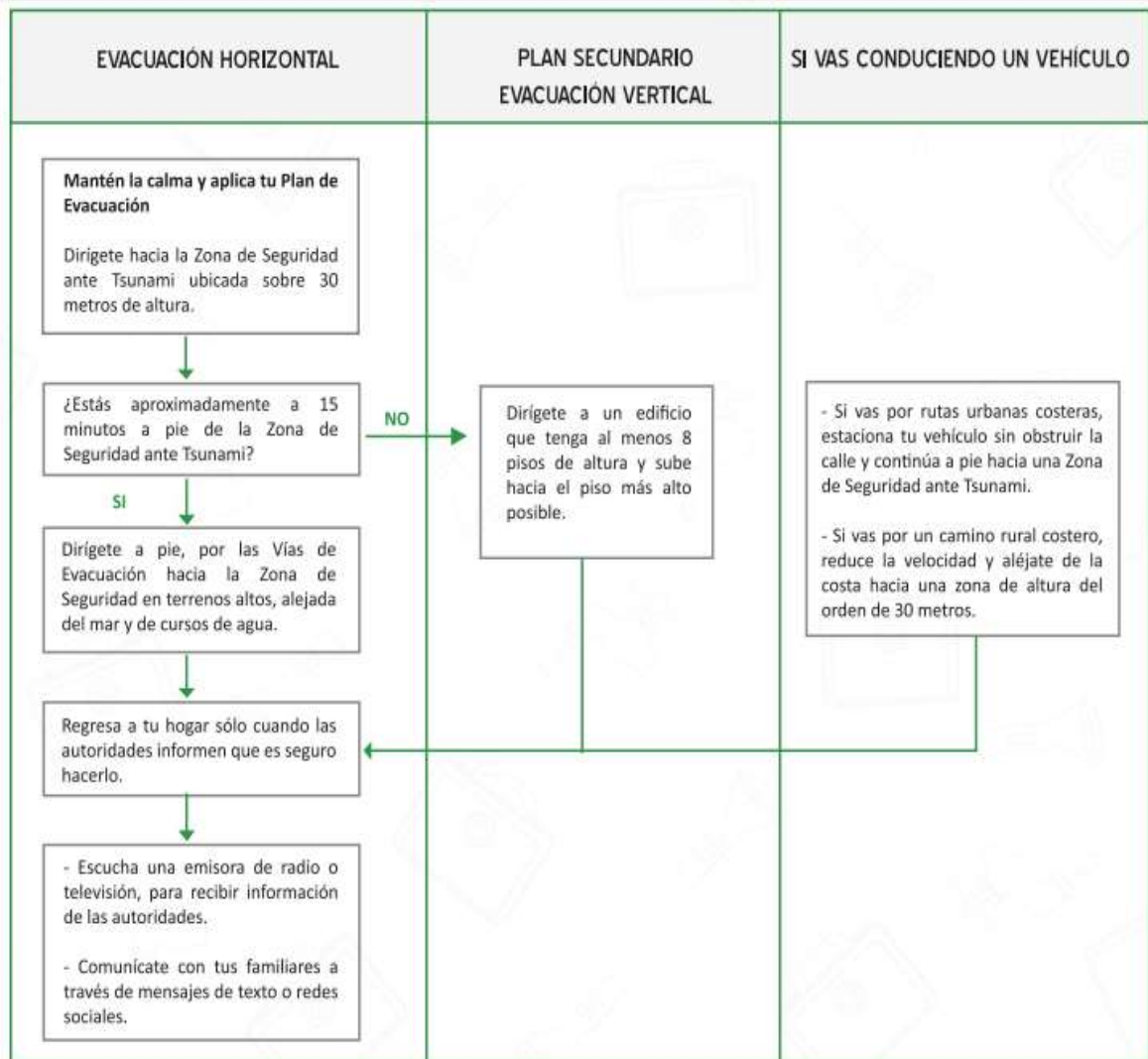
Fuente: (Mesa Técnica Interinstitucional de Recomendaciones para la Preparación y Respuesta ante Tsunamis., 2014).

Tabla 26. Paradigmas que se tiene sobre tsunamis.

Ficción	Realidad
Un tsunami es solo una ola	Es una serie de olas que se generan al desplazarse repentinamente una gran masa de agua.
Los tsunamis son olas gigantes	Un tsunami puede presentarse de múltiples formas: como una rápida marea creciente y en ocasiones en forma de una masa de agua turbulenta.
Los barcos deben protegerse en una bahía o puerto durante el tsunami.	Los tsunamis por lo general son más destructivos en bahías y puertos, no solo por el impacto de las ondas sino por las fuertes corrientes que se generan.
Si el epicentro de un sismo es en tierra no se generará un tsunami.	A pesar que el epicentro este en tierra, la ruptura asociada puede afectar el fondo marino con potencial de generar un tsunami.
Un tsunami siempre se manifiesta primero con un recogimiento del mar.	Un tsunami puede manifestarse en su inicio tanto por el aumento del nivel del mar como por su recogimiento.
En bahías de gran profundidad, un tsunami no causa daños.	La profundidad de una bahía no necesariamente es una barrera ante la llegada un tsunami a la costa y que este no genere estragos. Los tsunamis son capaces de propagarse por todo el océano hasta profundidades de miles de metros. Por ello toda la costa de Chile puede encontrarse expuesta a tsunamis y posibles daños.

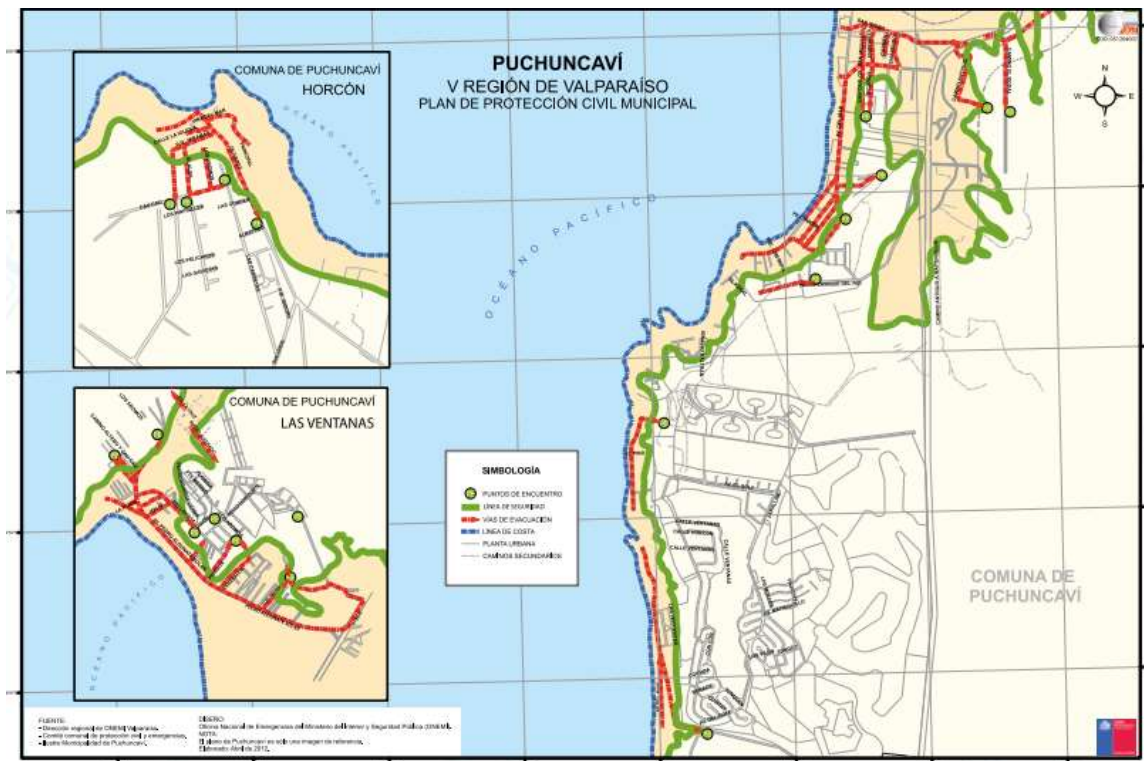
Fuente: (Mesa Técnica Interinstitucional de Recomendaciones para la Preparación y Respuesta ante Tsunamis., 2014).

Ilustración 92. Flujograma de Evacuación Horizontal.



Fuente: (Mesa Técnica Interinstitucional de Recomendaciones para la Preparación y Respuesta ante Tsunamis., 2014).

Ilustración 93. Ejemplo de mapa de evacuación.



Fuente: (Mesa Técnica Interinstitucional de Recomendaciones para la Preparación y Respuesta ante Tsunamis., 2014).

3) Fuentes de información oficial El organismo técnico y oficial del Estado de Chile es el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA), su función es evaluar y a su vez informar acerca de la posibilidad que se genere un tsunami en las costas del territorio chileno con base a través del Sistema nacional de Alarma de Maremotos (SNAM). A su vez, el SNAM establece un estado de alerta por tsunami y lo difunde a ONEMI y a las autoridades marítimas y navales.

Como apoyo la Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública (ONEMI), es un organismo del estado cuya función es el difundir alertas y alarmas, al Sistema nacional de Protección Civil y a su comunidad con el fin de que se adopten las medidas necesarias para hacer menor el impacto del tsunami. Desde un nivel internacional se opera en conjunto con el Centro de Alerta de Tsunamis del Pacífico (PTWC) que se localiza en Hawái, que funciona como centro de operaciones para el Sistema Internacional de Mitigación y Alerta de Tsunamis del Pacífico (PTWS), trabajando junto a los centros sub-regionales y nacionales, que monitorean y evaluar la potencial ocurrencia del tsunami. El PTWC busca dar asesoría a los países del Pacífico ante la Alerta de un Tsunami, emitiendo la Alerta para Hawái y otras islas de Estados Unidos ubicadas en el Pacífico.

J. Sistemas de Evacuación Vertical

Los sistemas de evacuación deben estar diseñados tomando en cuenta al tiempo disponible para evacuar a los habitantes de la zona. De acuerdo a la clasificación de FEMA, para una fuente lejana e incluso intermedia la evacuación de personas podría realizarse con más facilidad que en el caso de una fuente cercana. (Cordero & Castillo, 2015)

«Un refugio de desalojo vertical es un edificio o montículo de tierra con altura suficiente para elevar a los desalojados sobre el nivel de inundación, y está diseñado y construido con la fortaleza y resiliencia necesaria para resistir el embate de las olas de tsunami» (FEMA, 2008)

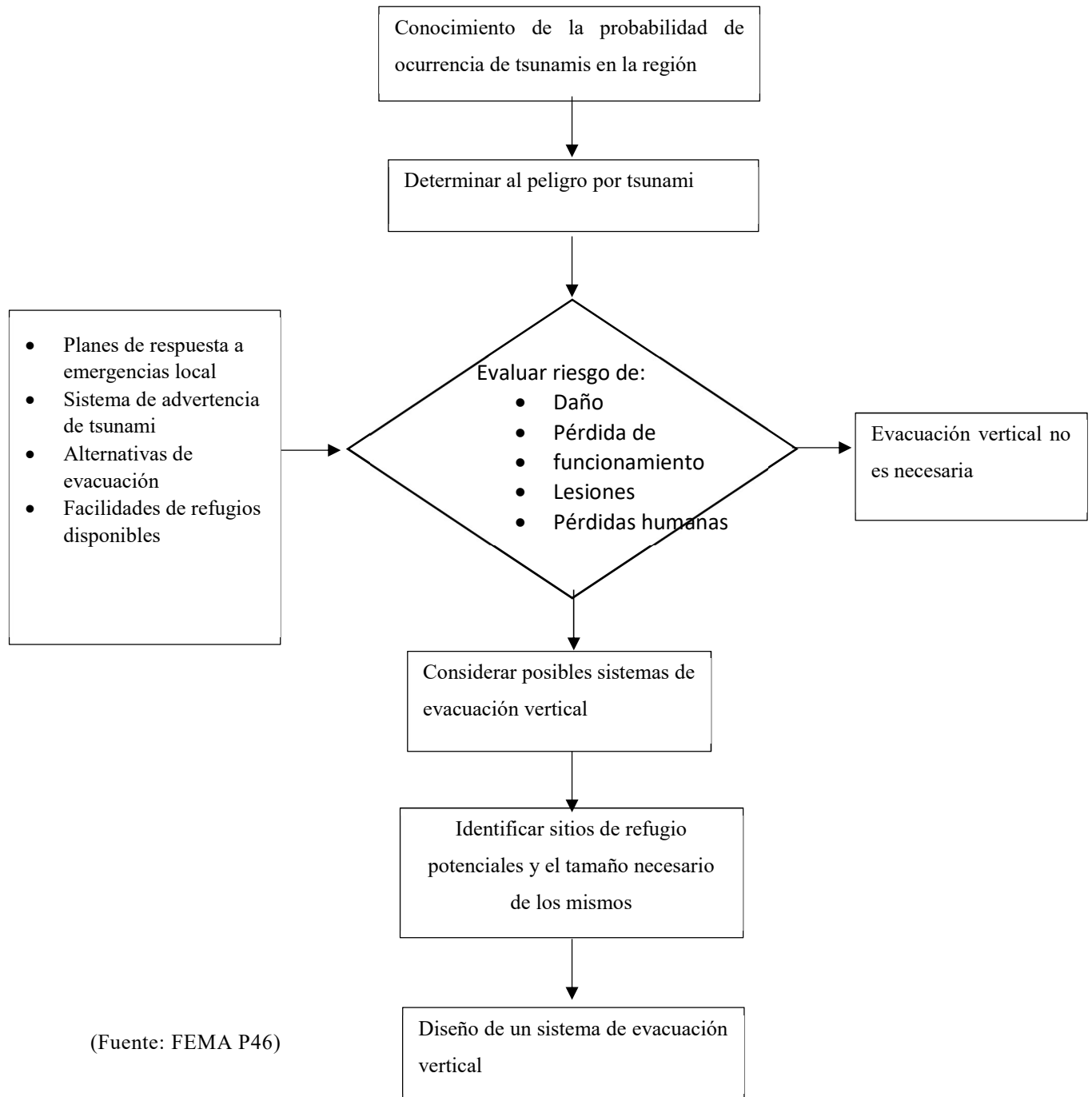
Un refugio de evacuación vertical debe tener un objetivo de desempeño de ocupación inmediata luego de un evento sísmico. Eso con el fin de albergar a las personas y tener un margen suficiente para resistir las fuerzas del tsunami. (Gary Chock)

La evacuación vertical se lleva a cabo mediante el uso de estructuras diseñadas para soportar las cargas de un tsunami y de un sismo. Las personas son evacuadas a este tipo de estructuras. Para zonas propensas a tsunamis con fuentes cercanas es necesario que las poblaciones tengan un plan de evacuación vertical. Las estructuras que fungen como sistemas de evacuación vertical deben ser capaces de albergar un número determinado de personas para así cumplir con las demandas poblaciones y evitar pérdidas humanas.

La capacidad de supervivencia varía con el tipo de construcción, altura y alcance del tsunami. Las observaciones en tsunamis previos han demostrado que existen estructuras que pueden sobrevivir a las fuerzas de un tsunami con poco daño estructural. Para el diseño de estructuras de desalojo vertical se consideran lo siguiente:

- Las estructuras deben ser de concreto reforzado y de construcción de ingeniería.
- En caso de un tsunami las estructuras deben estar diseñadas para resistir adicionalmente cargas sísmicas.
- Deben localizarse lejos del área del rompimiento de olas.
- Las fuerzas de impacto y los efectos de formaciones de diques por escombros deben ser consideradas.
- Se deben considerar las fuerzas de flotación, así mismo las fuerzas hidrodinámicas verticales del aumento en el nivel de agua bajo los pisos a considerar.
- La socavación debe ser considerada. (FEMA, 2008)

Ilustración 94. Proceso para la toma de decisiones y diseño para estructuras de desalojo vertical



1. Opciones de desalojo vertical. Las estructuras que fungen como sistemas de desalojo vertical deben estar ubicadas cerca de la población afectada. Existen varias opciones que dependen básicamente de la planificación para respuestas de emergencias, necesidades comunales, situación financiera y uso del edificio en el área inmediata.

Las estructuras que fungen como refugios deben ser capaces de recibir un gran número de personas en poco tiempo y llevarlos de manera eficiente a las áreas de refugio que se encuentre sobre el nivel de inundación. (FEMA, 2008)

a. Terrenos altos existentes. Los terrenos altos naturales son una buena opción para crear un refugio de desalojo vertical. Tiene las ventajas de que posee grandes áreas abiertas y evita que las personas tengan que estar en un edificio tras el temor de un terremoto, además forma parte de los enseñados dentro de las comunidades de buscar un terreno alto ante la advertencia para un tsunami, lo que facilitaría la evacuación de personas. Es importante que antes de escoger un área como refugio se realice un estudio topográfico del terreno con el fin de definir el posible alcance de la ola y socavación. (FEMA, 2008)

b. Bermas de terreno. Las bermas resultan una opción cuando no existe un terreno alto natural, por lo que prosigue construir una berma de terreno para elevar el suelo sobre el nivel de alcance del tsunami. Para esto hay que tener cuidado con proteger los lados de la berma del terreno con el vaivén de las olas. Además, se recomienda que tenga una rampa con una pendiente del 25%. (FEMA, 2008)

Ilustración 95. Berma de tierra con espacio comunal abierto.



Fuente: (FEMA, 2008)

c. Estacionamientos. En general los estacionamientos son estructuras abiertas lo que permite el paso del agua sin mayor complicación, además suelen poseer rampas interiores que facilitan el ingreso y circulación hacia la parte superior de la estructura. Lo importante de utilizar un estacionamiento como refugio es que este debe estar diseñado con sistemas estructurales eficientes y objetivos más funcionales para que

logren ser estructuras efectivas de desalojo vertical. (FEMA, 2008)

- d. Otras facilidades
 - Facilidades comunales
 - Facilidades comerciales
 - Facilidades escolares
 - Edificios existentes

2. Consideraciones para un refugio vertical

a. Planeamiento urbano. El Ingeniero Arturo Más define el planeamiento urbano como un plan inteligente de ocupación del territorio, sobre la base de la calificación de riesgo del suelo ante las diversas amenazas naturales. Debido a que ante la alerta de un tsunami la evacuación horizontal no siempre puede realizarse debido a falta de tiempo, es necesario refugios temporales dentro de las zonas inundables para protección de la población.

Criterios para el planeamiento urbano de estructuras tsunami – resistentes

- Ubicación con respecto a otras edificaciones
- Existencia de vegetación para protección.
- Estructuras construidas sobre el nivel de inundación (Mas, 2009)

Para la planificación del borde costero es importante evaluar los riesgos de tsunami y el peligro en la zona. De igual forma se debe evaluar la vulnerabilidad de un tsunami, se recomienda:

1. Estudiar las fuentes de generación, fenómenos de propagación e impacto costero para tsunami de carácter histórico
2. Mediante modelación numérica estimar la máxima inundación, campos de altura y de velocidades debidos a tsunamis.
3. Determinar las cargas generadas por el tsunami para el diseño estructural.

Luego de determinar el peligro se debe analizar la vulnerabilidad para establecer medidas de mitigación del daño que permitan minimizar la pérdida de vidas y el daño de infraestructura. (Caro, 2010)

1) Localidad. Como bien se ha mencionado anteriormente las estructuras de desalojo vertical deben estar ubicadas de manera que las personas puedan llegar a ellas en un lapso entre la advertencia del tsunami y la inundación. Por lo que estas deben poseer rutas accesibles y estar claramente identificadas.

Tabla 27. Fuentes de origen de tsunami y tiempos de advertencia.

Localización del origen	Tiempo aproximado de advertencia
Lejano	> 2hrs
Medio	30 min - 2 hrs
Cerca	< 30 min

Fuente: (FEMA, 2008)

Es de suma importancia que se tome en cuenta el tiempo necesario para llegar a la estructura. Según Fema, una persona promedio camina a un ritmo de 4mph y una persona con movilidad limitada se estima 2mph. Esto debe ser tomando en cuenta para ubicar al refugio de desalojo vertical.

b. Arquitectura

1) Circulación vertical e ingreso. Por otro lado, también se debe considerar el tiempo requerido para que las personas se muevan hacia la parte superior de la estructura. Los elementos estructurales o arquitectónicos inestables pueden colapsar e impedir el ingreso al refugio. Generalmente se utilizan escaleras y elevadores con métodos tradicionales de circulación vertical en edificios, sin embargo, en estas situaciones se recomienda ampliamente el uso de rampas ya que pueden ser más efectivas para mover grupos grandes de personas. (FEMA, 2008)

2) Tamaño. Para determinar el espaciamiento máximo de las estructuras de desalojo vertical, los parámetros críticos son el tiempo de advertencia y la capacidad ambulatoria de la comunidad. Cuando ya se conozca el espaciamiento máximo, se debe considerar el tamaño y entonces la población se convierte en un parámetro importante. El tamaño de la estructura depende:

- Número de ocupantes
 - Población
 - Espaciamiento
 - Cantidad de estructuras de desalojo vertical en el área.

- Tipo de ocupación

Una estructura de desalojo vertical debe proveer servicios apropiados para los refugiados. Estos servicios pueden ser mínimos en donde se incluya espacio limitado por ocupante y servicios sanitarios básicos. También puede estar diseñada para funcionar a largo plazo, sin embargo, esto recae en las autoridades locales o dueño de la estructura.

- Duración de la ocupación

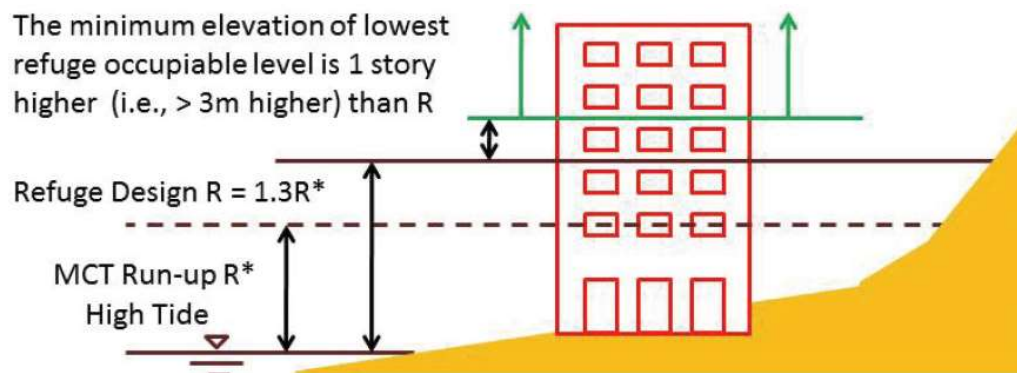
Una estructura de desalojo vertical tiene el propósito de proveer refugio temporáneo en caso de un tsunami, sin embargo, según FEMA el evento puede llegar a durar hasta 24 horas tomando en cuenta los varios ciclos de las olas y las posibilidades de mareas atípicas altas y de inundaciones costeras.

Esto a su vez depende de:

- Naturaleza del peligro
- Función o propósito de la estructura

3) Consideraciones de elevación. Para que una estructura de desalojo vertical sea efectiva, es esencial que el área de refugio se localice sobre el nivel máximo de la inundación del tsunami. Debido a la incertidumbre que existe ante las fuerzas de un tsunami se establece que se tomará un 30% más de la altura pronosticada de inundación. Además, debido a la consecuencia que podría generar la inundación se recomienda que el área de refugio de las estructuras incluya una distancia adicional de por lo menos 3 metros sobre el nivel de elevación de alcance del tsunami.

Ilustración 96. Elevación mínima de refugio.



Fuente: (Chock, Gary, 2011)

4) Tipología y orientación de la estructura. Las consideraciones arquitectónicas deben considerar brindar a la estructura la capacidad de poder enfrentarse al fenómeno de tal forma que la misma sufra la menor cantidad de daños posibles. Tomando en cuenta este planteamiento, la edificación debe permitir el paso de agua mediante el rompimiento de las fachadas o muros en los niveles de paso del agua. Se recomienda un gran porcentaje de aberturas o espacios libres como puertas, ventanas o corredores.

El diseño arquitectónico debe tomar en consideración la orientación de la estructura respecto a los elementos expuestos al impacto de las olas. El anteproyecto debe reflejar la orientación de muros paralelos al flujo esperado del tsunami. (Mas, 2009). Tomando en cuenta las consideraciones anteriores, si la estructura no fuese regular en planta, la orientación de la misma debe ser de tal forma que la parte más angosta este perpendicular a la dirección del flujo con el fin de poder reducir la cantidad de elementos expuestos.

3. Edificaciones áreas de riesgo de inundación. Las edificaciones deberán ser diseñadas tanto para resistir las cargas producidas por el tsunami, así como el sismo tsunamigénico. Los siguientes criterios fueron extraídos de la norma chilena NTM 007.

a. Criterios de diseño para edificaciones ubicadas en zonas de riesgo de inundación

- Las edificaciones deben estar diseñadas para resistir los efectos de las inundaciones. La profundidad de inundación será determinada por medio de mapas de inundación del sitio.
- Se deben considerar en el diseño el 100% de las fuerzas y efectos de la inundación sobre la estructura.
- Los materiales utilizados deben considerar las mismas tensiones admisibles que las normas de diseño estructural establecen.
- Para un tsunami de campo cercano no es permitido variar las tensiones admisibles o factores de carga por eventualidad. De igual forma se debe considerar una degradación de la estructura justificada por un especialista. Esta no debe ser menor que 25% para edificaciones en altura con evacuación vertical. (NTM, 2013)

b. Edificaciones no destinadas a habitación

Las estructuras deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Paso de agua sin mayor obstáculo.
- Estructura con componentes estructurales capaces de resistir las fuerzas inducidas por un tsunami tales como las fuerzas hidrostáticas e hidrodinámicas además de considerar los efectos de flotación debido a la inundación.
- Tabiques que colapsen bajo cargas de tsunami que no pongan en riesgo la estructura principal de la edificación. (NTM, 2013). Esta opción es razonable puesto que permitirá tener esos espacios en uso mientras no haya tsunami, lo cual es probable que sea la mayor parte de vida útil de la estructura.

c. Edificaciones elevadas que permiten el paso de agua. Las edificaciones que se encuentren bajo la cota de inundación deben estar apoyadas sobre una subestructura formada por elementos estructurales como pilares o columnas que cumplan con los siguientes requisitos:

- El espacio libre entre los elementos no podrá ser inferior a 2.4m.
- Los pilares deben ser compactos y libres de elementos que impidan el libre paso de escombros durante la inundación. Las columnas deben ser capaces de soportar las fuerzas del tsunami.
- Si la estructura se encuentra arriostrada, dichos elementos deben estar diseñados para no obstruir el paso de escombros y flujo de agua.
- Se deben considerar los efectos de inmersión del suelo y las fuerzas que el agua pueda ocasionar.
- La socavación debe ser considerada alrededor de los pilares. (NTM, 2013)

d. Edificaciones elevadas que no permiten el paso de agua. Las edificaciones en terrenos bajo la

cota de inundación deben de disponer de rutas de evacuación y deberán estar diseñadas para soportar las fuerzas causadas por el tsunami. (NTM, 2013)

e. Costo de la construcción de una estructura tsunami – resistentes. Es evidente que las estructuras con un diseño tsunami – resistente necesita de más resistencia y ductilidad que un edificio con uso normal. Los costos estructurales varían en función del nivel de desempeño de la estructura. Dependiendo de la ocupación y la importancia de la estructura existen variaciones entre un 5% y 40% de los costos totales. Es de esperarse que un edificio tsunami – resistente que incluya características de diseño resistentes tanto a cargas sísmicas como las del tsunami, pueda experimentar un aumento del orden del 10% a 20% en los costos totales sobre los de un edificio de uso normal. (FEMA, 2008)

K. Códigos estándares y guías para estructuras resistentes a tsunamis

El diseño tsunami – resistente no ha cobrado auge en la actualidad, por lo que la información disponible es limitada. Los códigos de diseño actuales están enfocados en estructuras capaces de soportar las fuerzas inducidas por sismos o viento. Existen algunas fuentes que han realizado investigaciones referentes al tema que son:

1. *GUIDES FOR STRUCTURES THAT SERVE AS TSUNAMI VERTICAL EVACUATION SITES - (FEMA P646 2008)* El Proyecto busca satisfacer la necesidad de realizar guías sobre cómo construir estructuras capaces de resistir las fuerzas de un tsunami y un terremoto, así mismo estructuras que permitan un desalojo vertical las cuales están especialmente diseñadas para resistir los ataques de un tsunami.
2. *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN RESISTENTE A INUNDACIONES (ASCE 24-14)* Provee requisitos mínimos de diseño y construcción para estructuras resistentes a inundaciones localizadas en área de riesgo.
3. *COASTAL CONSTRUCTION MANUAL (FEMA 55 2005)* Este manual expone sobre la planeación, diseño y construcción de estructuras en el entorno costero los daños que pueden ocurrir en estas regiones como tormentas, vientos altos, tornados, terremotos, inundaciones, tsunamis, lluvia entre otros.
4. *DESIGNING FOR TSUNAMIS: SEVEN PRINCIPLES FOR PLANNING AND DESIGNING FOR TSUNAMI HAZARDS (National Tsunami Hazard Mitigation Program – 2011)* Este artículo se enfoca en las costas de Alaska, California, Hawaii, Oregón y Washington. Su objetivo es explicar los riesgos, la exposición, la vulnerabilidad y como mitigar el daño producido por un tsunami. a través del correcto uso del suelo, ubicación y diseño estructural.

5. DISEÑO ESTRUCTURAL PARA EDIFICACIONES EN ÁREAS DE RIESGO DE INUNDACIÓN POR TSUNAMI (*Ministerio de Vivienda y Urbanismo Gobierno de Chile 2007*)
Este documento surge de las consecuencias generadas por el terremoto en el año 2010 que afectó fuertemente a Chile. Tiene como objetivo reducir los daños y el riesgo de colapso de estructuras ante un evento de inundación. Entre los temas que destacan son el refugio de evacuación vertical a zonas seguras y edificaciones emplazadas en áreas de riesgo e inundación y zonas potencialmente inundables.
6. *DESIGN GUIDELINES FOR STRUCTURES THAT SERVE AS TSUNAMI VERTICAL EVACUATION SITES* (*Harry Yeh 2005*) Se resume el grado de daños a edificaciones por el tsunami de 1993 en Okushiri, en donde se observó que las estructuras de concreto armado poseen mejor comportamiento. (Mas, 2009)
7. *CITY OF HONOLULU BUILDING CODE* (*Dames & Moore 1980*) Presenta un estudio sobre las cuatro fuerzas originadas por tsunami que son las hidrostáticas, hidrodinámicas, impacto y cargas en el suelo. De igual forma realiza un análisis de socavación y reducción de la capacidad portante del suelo detuvo a saturación. (Grace, 2014)
8. *NORMA TÉCNICA MINISTERIAL NTM 007* (*Chile*) Establece los requisitos mínimos para diseño estructural de edificaciones que se construyen en zonas de riesgo de inundación por tsunami. El objetivo de esta norma técnica es la protección de la vida de personas que viven en zonas de peligro por inundación para evitar daño por colapso de estructuras.

L. Categorías de riesgo y objetivos de desempeño

La mitigación del riesgo por tsunami requiere una combinación de preparación de emergencia para evacuación junto con la resistencia estructural de las edificaciones, de tal forma que exista una respuesta inmediata y una recuperación económica y social. Las instalaciones críticas incluirían los refugios, albergues, hospitales, puertos, líneas de vida, transporte, instituciones financieras y principales industrias. (Gary Chock)

Actualmente no existe un código de diseño Tsunami – Resistente, sin embargo, se espera que en la edición del 2016 de ASCE 7 se incluya un capítulo sobre *Cargas por Tsunami y efectos*. El código de diseño ASCE 7 clasifica a las estructuras en base a una categoría de riesgo que reconoce la importancia o estado crítico de la instalación.

Tabla 28. Categorías de riesgo para edificios y otras estructuras.

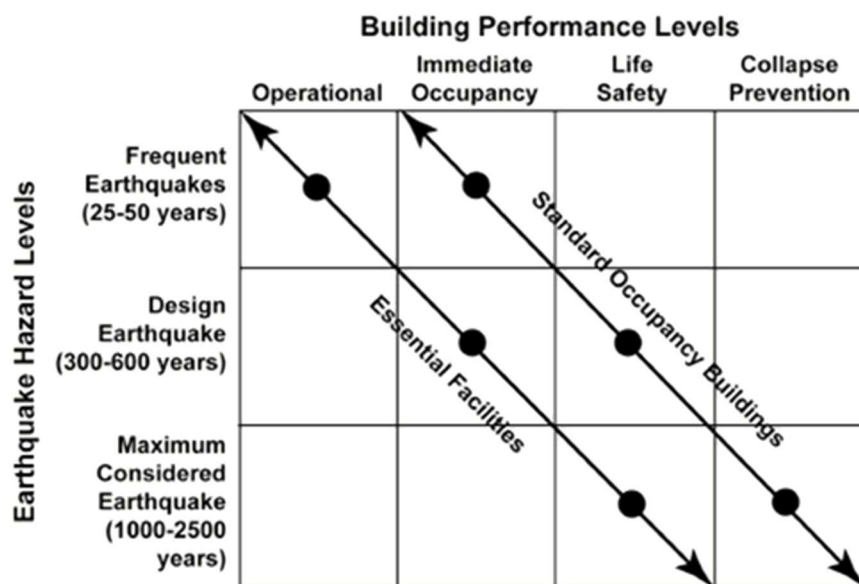
Categoría de Riesgo I	Edificios y otras estructuras que representen bajo riesgo humano
Categoría de Riesgo II	Todos los edificios y estructuras exceptuando los mencionados en las categorías de riesgo I,III y IV
Categoría de Riesgo III	Edificios y estructuras cuyo fallo podría ocasionar un riesgo importante en la vida humana y capaces de causar impacto económico sustancial y o interrupción en el día a día de la vida civil y caso de fallo.
Categoría de Riesgo IV	Edificios y otras categorías destinadas como instalaciones esenciales

Fuente: (ASCE, 2010)

El objetivo de funcionamiento de un tsunami incluye el daño potencial significativo mientras mantiene un refugio confiable y estable sujeto al tsunami máximo considerado. (FEMA, 2008)

Los criterios de aceptación están basados en objetivos de funcionamiento para el Tsunami máximo considerado a 2,500 años. Los objetivos de funcionamiento en el diseño para tsunami son un tanto similar a los Objetivos de Funcionamiento sísmicos. Lo que comparten en común es que ambos describen niveles de daño estimados y niveles de comportamiento de la estructura. En la Tabla 28 se presenta una propuesta realizada por (Gary Chock), para objetivos de desempeño para periodos de retorno de 100 años y para el máximo considerado de 2,500 años.

Ilustración 97. Objetivos de funcionamiento sísmico relacionando el funcionamiento de edificios y niveles de peligro de terremotos



Fuente: (FEMA, 2008).

Cuando una comunidad cuenta con sistemas de alerta de emergencia y planes de evacuación, las categorías de riesgo I y III no están destinadas a ser ocupadas durante un tsunami. Para las instalaciones esenciales con una categoría de riesgo IV, debe existir un diseño que sea capaz de permitir que la estructura resista fuerzas hidrostáticas, hidrodinámicas, acumulación de escombros, cargas de impacto entre otras, y tener en cuenta los efectos generados por el sismo previo y el flujo posterior al tsunami. (Gary Chock)

Tabla 29. Objetivos de funcionamiento para tsunamis.

Peligro	Objetivos de Funcionamiento			
Frecuencia del Tsunami	Operacional	Ocupación Inmediata	Prevención de la vida	Prevención de colapso
Ocasional (100 años)	Categoría de Riesgo I	Categoría de Riesgo II y III		
Máximo considerado (2500 años)		Edificios de Evacuación Vertical	Categoría de Riesgo IV	Categoría de Riesgo II y > 65 pies de altura. Categoría de Riesgo II

Fuente: (Chock, Gary, 2011)

Es importante comprender que el comportamiento sísmico difiere del comportamiento estructural ante cargas de un tsunami. Las cargas sísmicas están relacionadas con los efectos dinámicos que se generan debido a la inercia y la masa de la estructura, mientras que las cargas de un tsunami son cargas externas por etapas producidas por flujos que dependen de la profundidad y generalmente son periodos cíclicos largos de cargas, además las fuerzas del tsunami no son proporcionales a la masa del edificio como lo son las fuerzas sísmicas.

M. Daños causados por tsunamis a las estructuras

1. Daños causados por momento de flujo. El momento de flujo se refiere al efecto de torque o momento que se genera cuando la masa de agua del frente del tsunami seguido por una fuerte corriente, impacta el espacio construido.

Los daños causados por el momento de flujo ocurren cuando la masa de agua del tsunami impacta sobre las poblaciones costeras. En el momento de impacto el tsunami tiene una alta fuerza destructiva en donde arrastra grandes objetos por la corriente que lleva. Los escombros arrastrados aumentan la fuerza de empuje del flujo que irrumpe causando un efecto destructivo sobre las estructuras debilitadas por la primera embestida. Los daños que genera la inundación ocurren cuando el flujo no es de gran magnitud, haciendo que flote todo tipo de material que no esté bien amarrado a la base del terreno. (Yauri, 2008). Cuando la masa de agua fluye de vuelta al mar los escombros que arrastra fortalecen la fuerza de empuje del flujo causando un efecto destructivo sobre estructuras debilitadas por la primera embestida. (Betancurt)

Ilustración 98. Daños Producidos por el momento de flujo en viviendas de bloques de concreto.



Fuente: (Alodia, 2008)

2. Daños causados por inundación. Los daños causados por inundación ocurren cuando el flujo no es de gran magnitud lo que genera que todo tipo de material que no esté bien amarrado a su cimentación flote, tal como sucede con las estructuras de madera que no cuentan con cimientos sólidos. Cuando existe una gran extensión de terreno plano la masa de agua puede encontrar camino hacia el interior y debido a la pendiente el flujo de agua es acelerado originando barrido de los elementos como construcciones y plantaciones. (Yauri, 2008)

3. Daños por volteo. El tsunami ocurrido en Japón en 2011 reveló que muchos edificios fallaron por volteo. Estas fallas surgieron debido a que existió una altura de inundación mayor a la esperada, altas velocidades de impacto, socavación del suelo y efectos boyantes (Yeh, Ian, & Jane, 2005). FEMA ha utilizado un término conocido como momento de flujo $(hu^2)_{max}$ el cual aparece más adelante en los cálculos de fuerzas hidrodinámicas. Este término representa los valores de fuerza máxima a los que estará sometida la estructura y está basado en análisis históricos de tiempo. (Grace, 2014). La velocidad máxima y la altura máxima no ocurren al mismo tiempo. Si se utiliza la altura máxima con la velocidad máxima se tendría un análisis conservador. (Grace, 2014), dado que estas no ocurren simultáneas. Por esta razón se deben considerar los valores que produzca el valor máximo en un tiempo específico.

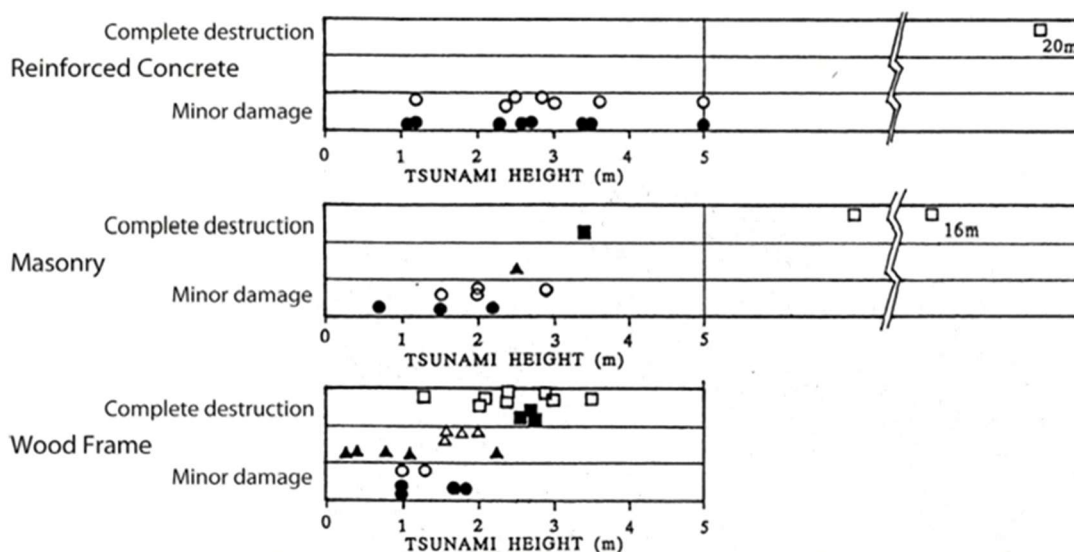
Los efectos boyantes y la socavación de los cimientos son factores que se deben tomar muy en cuenta dado que estos provocan el volteo de la estructura. La reducción de peso debido al efecto boyante aumenta el riesgo de que la estructura tenga volteo. Entre más grande la fuerza y mayor socavamiento exista en la estructura más propensa se vuelve a fallar por volteo. (Grace, 2014) Por esta razón las estructuras deberán considerar un factor de seguridad mínima de 1.2 por falla de volteo al momento del diseño. (Hernandez C. , 2013)

4. Daños causados por deslizamiento .El deslizamiento puede ser crítico cuando las fuerzas laterales aplicadas son grandes. Las fuerzas boyantes reducen la capacidad portante de la estructura y en el suelo de igual forma se reduce la fricción que ayuda a soportar las fuerzas de deslizamiento. (Grace, 2014)

5. Daños estructurales. Datos históricos han permitido revelar el comportamiento de los materiales luego de sufrir un ataque de un tsunami. La capacidad de los edificios para sobrevivir está en base al tipo de construcción y la altura del alcance del tsunami. (Yeh, Ian, & Jane, 2005)

Los resultados obtenidos de esta información revelaron que las construcciones con armazón de madera sufrieron más daños o fueron destruidas. La madera presenta un problema que es el hecho que generalmente no posee cimientos sólidos por lo que tiende a tener problemas de flotación. (Yauri, 2008). Por otro lado, el concreto presentó daños estructurales menores. Este comportamiento fue reiterado por (Mas, 2009) en donde se observó un mejor comportamiento de este material ante los tsunamis en el océano índico 2004 y Camaná 2001.

Ilustración 99. Grado de daño a edificio vs. altura de alcance. Las marcas en negro es información del tsunami en Okushiri en 1999.



Fuente: (Yeh, Ian, & Jane, 2005)

Por otro lado, las estructuras de mampostería fueron propensas a sufrir daño en las paredes traseras dado que estas fueron expulsadas debido a la presión hidráulica de la inundación dentro de la edificación. (Yauri, 2008)

En las gráficas mostradas anteriormente no muestran el comportamiento y respuesta de construcciones en acero, sin embargo, junto con el concreto son los materiales que más resisten ante las cargas inducidas por un tsunami sin colapsar o presentar daños estructurales sustanciales. (Pacheco & Robertson, 2005)

En el caso del Puerto de San José las comunidades son vulnerables por la ubicación, condición y calidad de los materiales de construcción de viviendas. La mayoría presenta condiciones frágiles debido a que son edificadas con paredes de madera o lámina, techo de lámina o paja en el área rural. Por otro lado, se encuentra muchas construcciones a la orilla de los ríos o canales, lo que contribuye a que las personas tengan un alto grado de vulnerabilidad en caso de inundación. (Morales, 2014)

1) Viviendas de madera. Las construcciones de madera presentan una solución económica. Son viviendas generalmente de dos niveles construidas con marcos de madera formados por vigas y columnas que soportan joists. El techo está conformado por placas de acero corrugado o tejas de arcilla. Ante cargas sísmicas el comportamiento es bastante satisfactorio ya que logra absorber la energía sísmica de una manera dúctil. Sin embargo, ante el impacto de un tsunami el resultado es totalmente desfavorable. La fuerza de la ola y el impacto de objetos causó que la estructura se fragmentara, sin embargo, en otros casos las viviendas fueron arrastradas casi enteras debido a la socavación que hubo en los cimientos. (Lekkas, «The Mw=9.0 Tohoku Japan Earthquake (March 11, 2011) Tsunami Impact on Structures and Infrastructure», 2011)

Ilustración 100. Colapso de Viviendas de madera en Iwaki, Japón.



Fuente: (Lekkas, «The Mw=9.0 Tohoku Japan Earthquake (March 11, 2011) Tsunami Impact on Structures and Infrastructure», 2011)

2) Concreto reforzado

Ilustración 101. Colapso de estructuras en Onagawa,



Fuente: (Lekkas, «The Mw=9.0 Tohoku Japan Earthquake (March 11, 2011) Tsunami Impact on Structures and Infrastructure», 2011)

Se puede observar que los edificios de concreto estaban diseñados bajo las consideraciones de aceleraciones del suelo recomendadas en Japón. El comportamiento fue totalmente satisfactorio a pesar de las aceleraciones extremas que sucedieron. Muy pocos edificios colapsaron. No se encontró daño causado por el tsunami, a excepción de que muy pocos casos se observó daño leve en las columnas debido al impacto de objetos acarreados por el agua como carros y botes. (Lekkas, «The Mw=9.0 Tohoku Japan Earthquake (March 11, 2011) Tsunami Impact on Structures and Infrastructure», 2011)

3) Edificios de acero. El tsunami causó tanto daños a elementos estructurales como no estructurales. En varios casos se observó que en muros de mampostería hubo fallas por punzonamiento cortante debido a las cargas laterales y el impacto de escombros. Varias edificaciones quedaron totalmente vacías tal como se muestra en la Ilustración 10, en donde el agua arrastró los muros de relleno y el piso. Por otro lado, los edificios ubicados más cerca de la línea costera sufrieron daños estructurales en donde hubo deformación en la estructura, además de presentar desprendimiento en la cimentación de concreto. (Lekkas, «The Mw=9.0 Tohoku Japan Earthquake (March 11, 2011) Tsunami Impact on Structures and Infrastructure», 2011)

Ilustración 102. Fallo de la mampostería en una estructura de acero en Onagawa, Japón.



Fuente: (Lekkas, «The Mw=9.0 Tohoku Japan Earthquake (March 11, 2011) Tsunami Impact on Structures and Infrastructure», 2011)

6. Suelo y cimentación. Los efectos de la socavación causada por las fuerzas de levantamiento deben incluirse en el diseño de cimientos en las estructuras en áreas costeras de alto riesgo. (FEMA, 2008)

Bajo los efectos de un tsunami la capacidad de soporte del suelo se ve sumamente afectada y reducida por el efecto de la fuerza boyante. Los cimientos deben ser diseñados considerando los efectos de saturación del suelo y socavamiento. Estos efectos deben ser tomados en cuenta en el comportamiento final de la estructura. De igual forma es importante estudiar los efectos de las inundaciones y socavación en la estabilidad de taludes. (NTM, 2013)

Las áreas costeras que están sujetas a olas de altas velocidades causadas por tormentas o fuentes sísmicas son conocidas como zonas costeras V. Por otro lado, dentro de estas regiones existen sectores con olas más pequeñas causadas por inundaciones de ríos o tsunamis son consideradas Zonas Costeras A. (FEMA, 2008)

Para el diseño de estructuras en las Zonas Costeras “A”, las estructuras deben ser capaces para resistir presiones, impactos fuerzas de levantamiento y velocidades. Es importante que el espacio habitable en los edificios se encuentre sobre la elevación de inundaciones mediante métodos como postes, pilotes o muelles. Los espacios bajo el nivel de inundación deben estar libres de obstrucción. (FEMA, 2008) Es importante que las edificaciones estén diseñadas para resistir efectos de inundaciones costeras producto de los tsunamis. Se debe considerar la inundación en la totalidad de la estructura, así como las fuerzas a las cuales estará sometida. (Hernandez C. , 2013). El empotramiento de los cimientos debe estar bajo el nivel de socavación

potencial para soportar la estructura. Los cimientos de poca profundidad no se permiten en zonas costeras tipo V a menos de que se tenga protección contra socavación. En las zonas costeras tipo A si se permiten, pero está sujeto a la estabilidad del terreno y resistencia a la socavación. La estructura central debe estar anclada adecuadamente y estar conectada a la subestructura de elevación para resistir las fuerzas de levantamiento y laterales.

Para el diseño tanto de la estructura como de la cimentación se debe tener en cuenta los dos ciclos de flujo, es decir el flujo de entrada y de salida. Este proceso es necesario debido a que la estructura es alterada en cada inversión de cargas. Por otro lado, los cimientos deben estar diseñados teniendo en cuenta que pueden existir cambios en la superficie del lugar y las propiedades del suelo se pueden ver afectadas durante y posterior al mismo. El estudio de suelos debe considerar la inestabilidad de taludes, licuefacción y asentamientos. (Chock, Gary, 2011)

Ilustración 103. Socavamiento de los cimientos (Camaná)



Fuente: (Yauri, 2008)

7. Conceptos de diseño para socavación y cimientos.. La mayoría de daños ocasionados durante un sismo, la socavación es de las fallas más comunes. Es de esperarse que las viviendas más livianas sufran esta condición adicionando el efecto de flotación que también se genera. (Caro, 2010). El socavamiento se debe a los ciclos de ingreso y salida del flujo lo que ocasiona licuefacción debido a la presión causada en la entrada del flujo. (Chock, Gary, 2011)

En condiciones de tsunami la capacidad de soporte de los suelos sumergidos está afectada y reducida por el efecto boyante del agua sobre el suelo. (Hernandez C. , 2013)

Las edificaciones elevadas que se ubiquen sobre una estructura deben estar adecuadamente ancladas y conectadas a ella.

- a. Los niveles de socavación a considerar en el diseño de los cimientos deben ser los que se especifican en la Tabla No. 30, al menos que se realice un estudio específico de la profundidad de socavación.
- b. Las cimentaciones superficiales deben estar protegidos en todos los lados contra la socavación.
- c. Se permiten cimentaciones superficiales si cumple con:
 - 1) La profundidad de socavación sea menor a 1 metro.
 - 2) La profundidad de inundación no supere el 50% de la altura de inundación
 - 3) Que se apoye en suelo natural por lo menos medio metro debajo de la profundidad de socavación. (NTM, 2013)

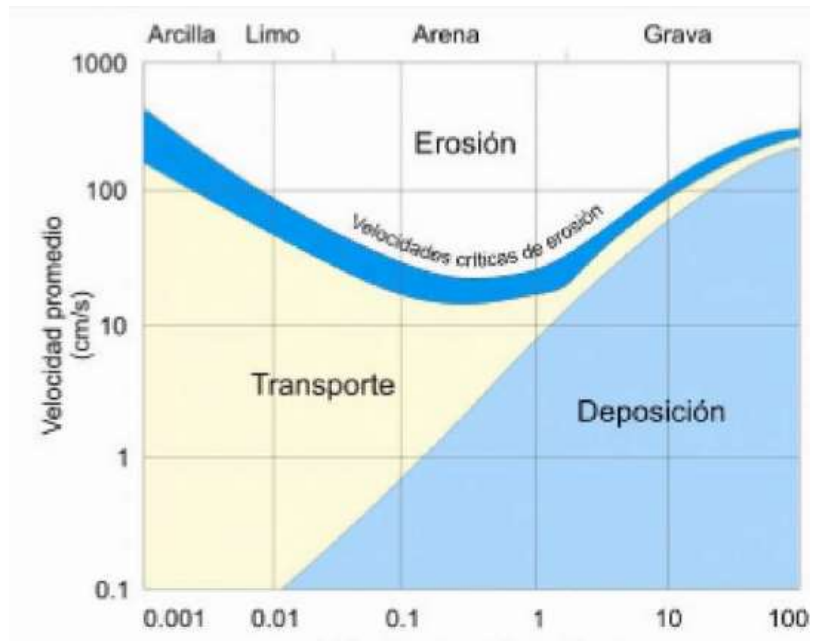
Tabla 30. Socavación estimada como porcentaje de profundidad de inundación (d).

	d\geq 0.5h	d<0.5h
Arena Suelta	80%d	60%d
Arena Densa	50%d	35%d
Limo Esponjado	50%d	25%d
Limo Rígido	25%d	15%d
Arcilla suelta	25%d	15%d
Arcilla rígida	10%d	5%d

Fuente: (NTM, 2013)

8. Erosión causada por tsunamis. La erosión de un tsunami se basa en la interacción agua – suelo – estructura. Al momento de que el tsunami se encuentra con la estructura impidiendo su paso, el flujo se acelera alrededor de las edificaciones y aumenta su velocidad de flujo creando una serie de pequeños vórtices con gran fuerza de succión que ocasionan la erosión del suelo. Es importante tener en cuenta que la erosión causada por un tsunami, a comparación de la causada por la lluvia, actúa en tiempos cortos y con patrones de flujo más complejos (Mas, 2009).

Ilustración 104. Diagrama de Hjulstrom. Velocidades de erosión según tipo de suelo



Fuente: (Fema,2005)

El diagrama de Hjulstrom relaciona el tipo de movimiento (en suspensión o deposición) según el diámetro de la partícula y la velocidad de flujo. Este diagrama se utiliza para explicar que cada partícula tiene una velocidad a partir de la cual se empieza a mover, una menor para seguir moviéndose (transporte) y otra por debajo de la cual la partícula cae y se sedimenta.

V. Áreas más afectadas por oleajes de gran tamaño

De acuerdo a la geografía y a la topografía de los municipios de Iztapa y San José, existen zonas en los municipios analizados que están más propensas a sufrir daños significativos al momento de ser afectadas por oleaje de gran tamaño. Existen distintas maneras de identificar estas áreas que resultarían más afectadas por un evento como el mencionado anteriormente, por lo que se deben analizar las distintas herramientas con las cuales se cuenta, ya que cada una de ellas utiliza distintivos indicadores (o combinaciones entre ellos), por lo que con los resultados obtenidos del análisis de cada herramienta por separado, se puede llegar a una conclusión en conjunto para indicar cuales son las comunidades que resultarían más afectadas por un tsunami.

Las zonas más afectadas al momento de un aumento en el nivel del agua y propensas a una inundación para el municipio de Iztapa pueden ser identificadas al observar el Anexo 1 (CONRED: Amenaza por Deslizamientos e Inundaciones, Departamento de Escuintla, Municipio de Iztapa), ya que este documento combina datos de la profundidad del terreno analizado, así como su topografía natural, y orientación de la pendiente, entre otros. Utilizando este documento, se observa que gran parte del municipio de Iztapa se encuentra en riesgo significativo ante oleaje de gran tamaño, siendo lógicamente, las áreas más vulnerables los sectores más cercanos a la orilla del mar. Los centros poblados que se encuentran en un mayor riesgo de inundación se encuentran en la Finca Santa Cecilia, así como también en los centros El Carrizo, El Relleno, Buena Vista, El Pirol, la Finca Esteromar, Santa Marta, El Porvenir, el Proyecto Pérgolas del Mar, La Providencia, la Colonia Waikiki, Islote Garon, Punta Penjamo, la Cabecera Municipal de Iztapa, Las Morenas, el Puerto Viejo, Atitan, Atitancito, la Laguneta Majagual, El Conacastio, y El Conacaste. Debido a su punto topográfico también se podrían incluir algunos centros poblados que, aunque no estén tan cerca de la orilla del mar, también presentan riesgo de inundaciones, como lo son El Cerrito (Ranchería Hacienda El Guisoyol), la Hacienda El Chile, la Hacienda el Chilito, la Finca El Chile, y quizás hasta la Montana Carelia. Se debe especificar que, aunque en el Anexo 1 existan más centros poblados en alto riesgo de inundación, estos también toman en cuenta las precipitaciones promedio anuales, valor que no utilizamos en nuestro análisis, por lo que el listado final de los centros poblados presentado anteriormente complementa la información del Anexo 1, con los mapas de simulación de inundación que se presentan posteriormente. También cabe destacar que una de las zonas que podría presentar inundaciones al momento de existir un oleaje alto es una parte de la Hacienda El Guisoyol, y que en esa hacienda se coloca uno de los refugios o albergues para desastres naturales, por lo que se debe analizar si ese punto realmente es un lugar seguro.

De la misma manera, las zonas más afectadas al momento de un aumento en el nivel del agua y propensas a una inundación para el municipio de San José pueden ser identificadas al observar el Anexo 2 (CONRED: Amenaza por Deslizamientos e Inundaciones, Departamento de Escuintla, Municipio de San José), observando en este documento la combinación de datos en relación a la profundidad del terreno analizado, así como su topografía natural, y la orientación de la pendiente del terreno, entre otros.

Utilizando este documento se observa que, aunque cierta parte del municipio de San José se encuentra en riesgo significativo ante oleaje de gran tamaño, la comparación entre el riesgo de este municipio con el municipio de Iztapa demuestra que existe un menor riesgo en San José, sin embargo, la amenaza de áreas grandes afectadas por oleaje de gran tamaño siempre está presente. Debido a su punto geográfico, siempre las áreas más vulnerables serán los sectores que se encuentran más cercanos a la orilla del mar, teniendo este municipio una mayor longitud de costa que Iztapa, pero una topografía diferente y más elevada, por lo que el porcentaje de área en mayor riesgo en este municipio es menor a la del caso anterior. Los centros poblados que se encuentran en un mayor riesgo de inundación son Las Pilas, Pampa El Carrizal, El Carrizal, El Corchal, la Laguneta El Corchal, la Granja Las Palmeras, Amaya, la Laguneta Amaya, la Lotificación Linda Mar, la Lotificación Hacienda del Mar, el Balneario Lindamar, la Granja El Chico, la Hacienda El Porvenir, la Hacienda Villa Olimpia, la Hacienda El Partidor, la Finca los Magueyes, la Finca El Reposito, la Finca La Perla, la Lotificación Del Pacífico, la Lotificación Morena, Tierra Mala, Chulamar, el Balneario Chulamar, el Hotel Chulamar, el Canal de Chiquimulilla, El Jardín, la Finca La Conquista, El Modelo, La Colonia Texaco, la Laguneta de Los Patos, la Finca Bélgica, la Laguneta Quita Sombrero, Colonia Miramar, la Colonia El Progreso, la Cabecera Municipal de Puerto San José, El Arenal, San Juan, Finca Los Encuentros, Finca El Edén, Santa Rosa, Puerto Quetzal, la Colonia La Naval, Puerta De Hierro, Hacienda Brisas Del Sur, la Finca Arcadia, la Colonia San Marino, el Canal de Chiquimulilla, el Balneario Likin, Ceiba Mocha, y la Finca Santa Cecilia. De la misma manera que en el caso anterior, debido a su punto topográfico también se podrían incluir algunos centros poblados que, aunque no estén tan cerca de la orilla del mar, también presentan riesgo de inundaciones, como lo son la Hacienda El Vergel, la Hacienda La Esperanza, la Granja Veo, y Labor Chula Vista. Se debe especificar que, aunque en el Anexo 2 existan más centros poblados en alto riesgo de inundación, estos también toman en cuenta las precipitaciones promedio anuales, valor que no utilizamos en nuestro análisis, por lo que el listado final de los centros poblados presentado anteriormente complementa la información del Anexo 2, con los mapas de inundación presentados más adelante en este documento.

VI. Elaboración de ruta de evacuación

La ubicación de puntos seguros es el pilar sobre el cual se busca basar el Plan de Contingencia, basándose en las investigaciones; no existe realmente una estructura en el mundo que pueda garantizar la integridad de la misma ante el impacto de un Tsunami, tómesese como ejemplo lo ocurrido en países de primer mundo como el Japón. Pese a ser una nación que investiga y busca desarrollar mecanismos de prevención, es inevitable el frenar la repercusión que deja un fenómeno natural de este tipo.

En Guatemala, como fácilmente se puede intuir, lamentablemente no contamos con siquiera un plan educativo para informar y concientizar a las personas acerca del tema. Por ello, lo más viable de momento es el dar a conocer a las personas acerca de la situación, basándonos en lo ocurrido en Nicaragua, en donde la ola alcanzó una altura de 6 m respecto al nivel del mar. Se desarrollará una ruta de evacuación en la costa de San José empleando el software Quantum GIS, para que dicha información sirva de referencia para posibles investigaciones.

A. Secuencia de trazo de Rutas en Quantum GIS

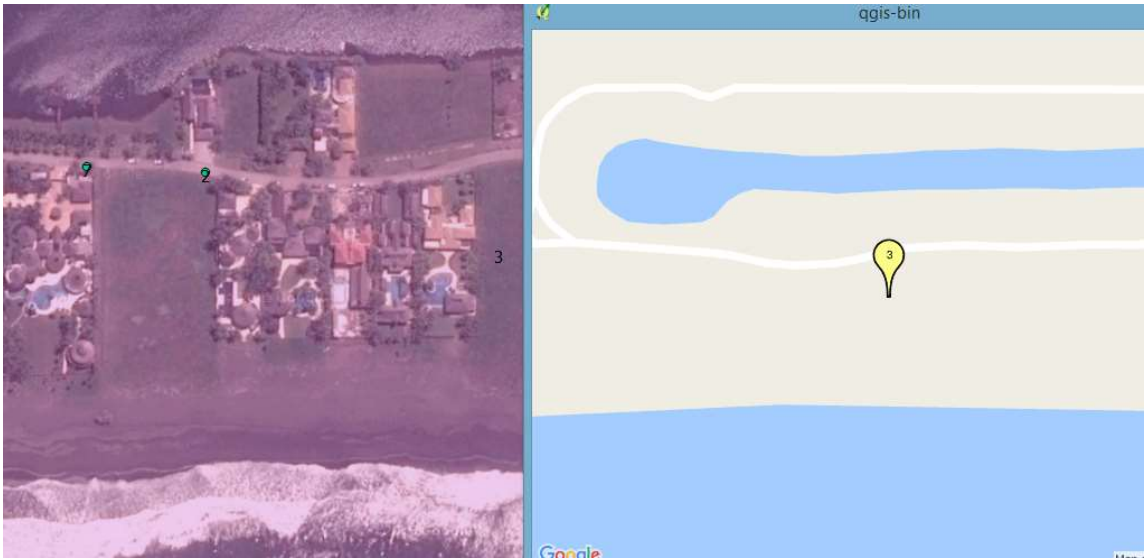
A continuación, se muestra el procedimiento con el cual se hizo la elaboración de las rutas, las cuales se trabajaron para los municipios de San José e Iztapa. Posterior a la secuencia de ilustraciones, se explica cada una de sus partes en la Tabla 3.

Ilustración 105. Parte (A).



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 106. Parte (B).



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 107. Parte (C).



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 108. Parte (D).



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 109. Parte (E).



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 110. Parte (F).



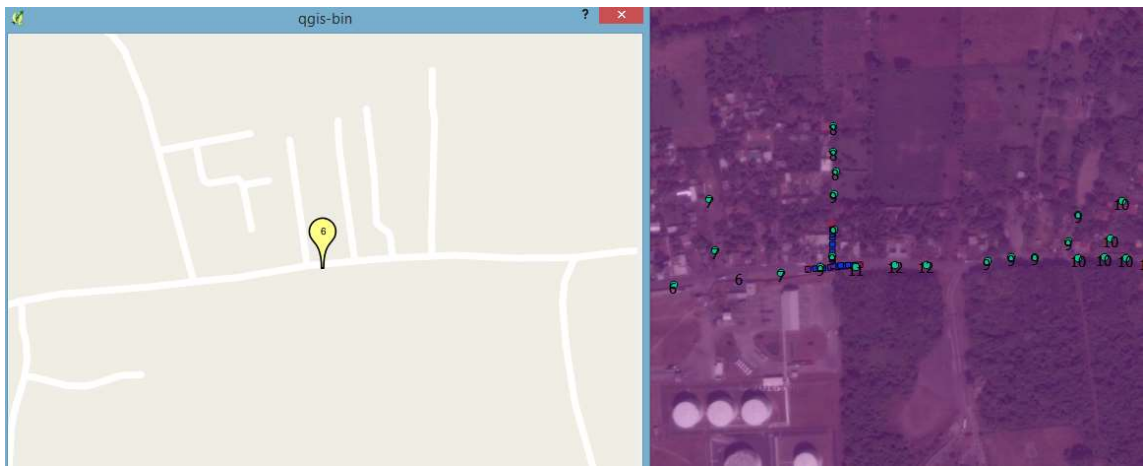
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 111. Parte (G).



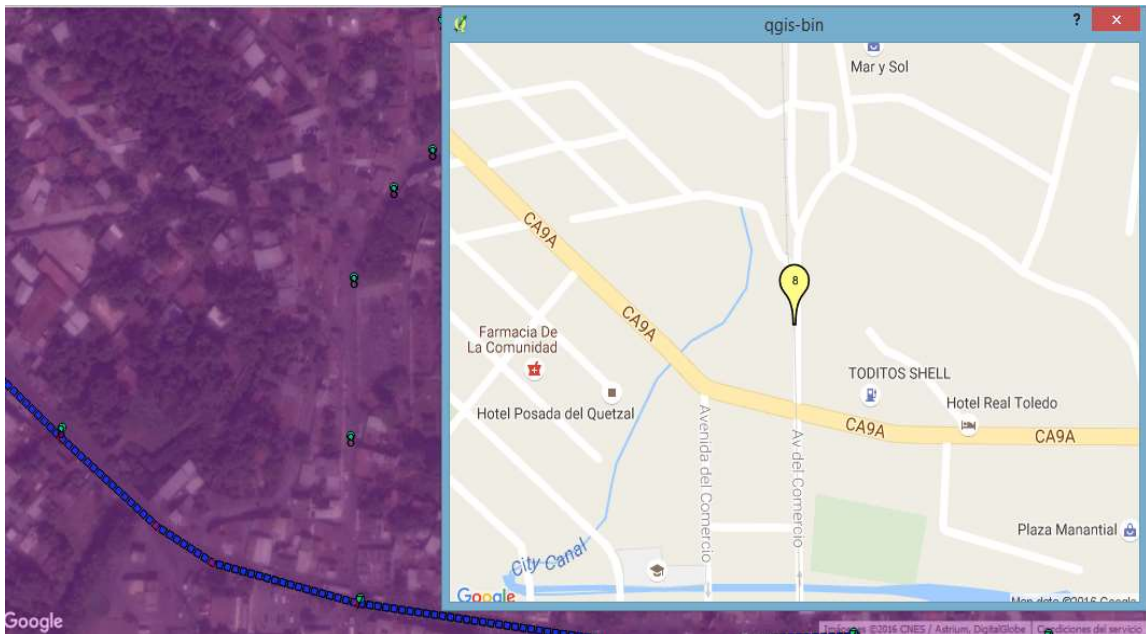
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 112. Parte (H).



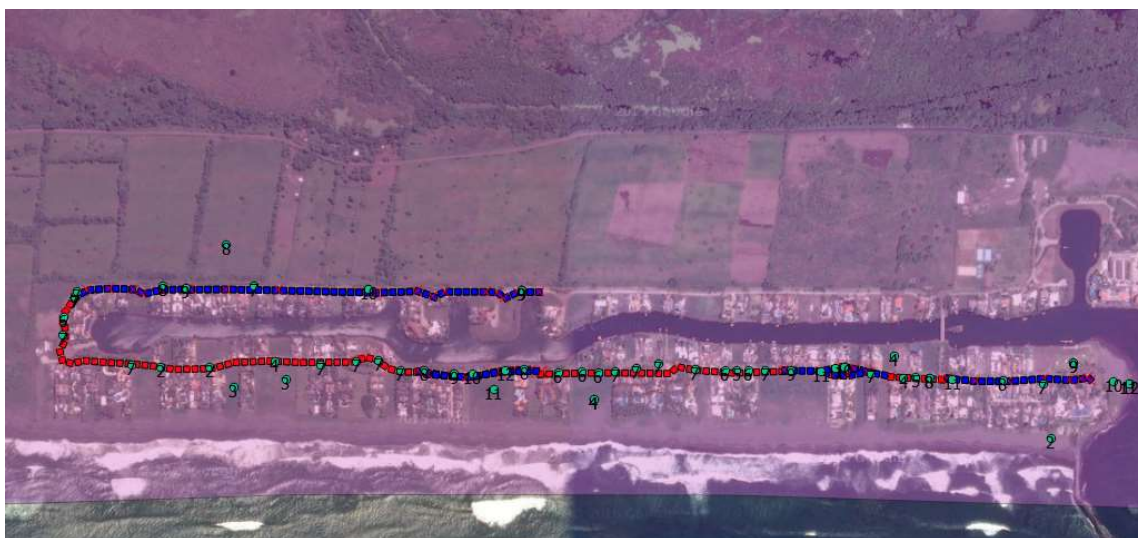
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 113. Parte (I).



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 114. Parte (J).



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 31. Descripción del proceso del trazo de rutas de evacuación.

Ilustración	Parte	Descripción
105	(A):	<p>Inicio de proceso: El procedimiento consiste en hacer el empleo de Google Satellite, la cual es una herramienta que analiza satelitalmente el estudio de la zona, y en ese caso se hacen los cortes de la geometría del municipio para delimitar nuestra zona de estudio. Sobre ello se desarrolla un shape el cual demuestra geográficamente y delimita cada uno de los municipios para conocer los límites sobre el cual se hará la ruta de evacuación. <i>Se puede apreciar en la ilustración que en el sector del municipio de San José, se muestra el trazo de la infraestructura sobre la cual se hará el trazo de las rutas de evacuación y análisis de zona, vista a una escala 1:5000.</i></p>
106	(B)	<p>Secuencia de parte (A): Se ha hecho un análisis de curvas de nivel, para fines prácticos se hecho uso de un complemento de Qgis conocido como Elevation. Este complemento marca la altura de un punto respecto al nivel del mar. A continuación, se mostrará en la siguiente figura el despliegue de un punto en la zona el cual está a 3 metros sobre el nivel del mar. <i>Se observa el despliegue de la altura sobre el nivel del mar con el complemento Elevation.</i></p>

Continuación Tabla 31

107	(C)	Secuencia de parte (B): <i>Se puede apreciar cómo se hace uso de la herramienta Elevation, y con base a la altimetría en varios puntos se determina la clasificación de la ruta de evacuación.</i>
108	(D)	Secuencia de parte (C): <i>Se establecen varios puntos para poder hacer el trazo de la ruta de evacuación.</i>
109	(E)	Secuencia de parte (D): <i>Trazo de línea de ruta de evacuación basándose en los puntos de elevación.</i>
110	(F)	Secuencia de parte (E): <i>Con base en la elevación de los puntos se va realizando el trazo de la ruta.</i>
111	(G)	<p>Secuencia de parte (F): Lo práctico de hacer este análisis es que nos permite chequear cual es la ruta de evacuación segura y cual es una ruta de riesgo, la cual se encuentra inferior o igual a los 8 m, para guardar un margen de error superior al 30%, tomando como base a los 6 metros que alcanzo la ola en Nicaragua.</p> <p>Tal como se puede observar en el mapa, el trazo muestra la salida a una ruta la cual se encuentra fuera de riesgo y otra que puede llegar a tener problemática, para esto siempre debe considerarse que puede existir una inundación dada por ríos, lagos, etc. Debe cuidarse en todo momento el mantenerse alejado de los ríos, porque en ellos puede presentarse el problema de una sobrepresa, el cual es uno de los temas en los cuales recomiendan los manuales de Contingencia en Chile. La ruta de evacuación, en este informe es una recomendación al final para las personas, el hecho de que una casa se encuentre sobre un punto que no esté en riesgo no es una garantía de supervivencia para la persona. Pueden existir algunos puntos en los cuales se esté en una cota superior o igual a los 10 m pero lo mejor siempre será dirigirse a zonas que este lo más alto posible con el fin de tomar las precauciones respectivas de réplicas del Tsunami, que puede presentarse con facilidad y en un momento no esperado. <i>Teniendo ya los puntos, se evalúa según su altura respecto al nivel del mar, si este puede emplearse como ruta de evacuación o en caso de hacer uso de la ruta, tomar precauciones porque puede encontrarse en zona de riesgo.</i></p>
112	(H)	Secuencia de parte (G): <i>El uso de la herramienta Elevation despliega un cuadro haciendo un análisis de la ubicación del punto, se puede atisbar las calles del municipio empleando la plataforma de Google Street Maps.</i>
113	(I)	Secuencia de parte (H): <i>La ventana desplegada muestra información de las calles y la carretera principal, la cual es esencial analizar su altimetría para hacer el trazo de la ruta de evacuación.</i>
114	(J)	Secuencia de parte (I): <i>La ruta de evacuación es una recomendación, las personas deben apoyarse de ella siguiendo los informes de las autoridades competentes. Una zona en la cual su ruta este fuera de peligro, no es una garantía para la supervivencia de las personas, para incrementar las posibilidades de supervivencia las personas deben tomar las decisiones que consideren pertinentes y mantener la calma en todo momento.</i>

Fuente: Elaboración Propia

Sería recomendable que las autoridades hicieran público a través de redes sociales un manual para tomar precauciones ante un tsunami, tal como ha hecho el gobierno chileno, al realizarse en este medio los costos son sustancialmente bajos porque no se imprimen los ejemplares y la información es más directa para las personas. Esta es una ventaja con la que contamos actualmente, aunque debe invertirse un poco en los otros medios, ya que se debe tomar en cuenta que no todas las personas tienen acceso a un teléfono inteligente. Buscar un método en el cual las compañías telefónicas busquen cubrir todos los usuarios y en caso de cualquier alerta enviarme un mensaje directo a las personas.

1. Resultados y desarrollo de rutas de evacuación y riesgo

Se exponen los resultados obtenidos en Quantum GIS, el trazo de rutas y análisis Grass.

Ilustración 115. Resultado 1



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 116. Resultado 2



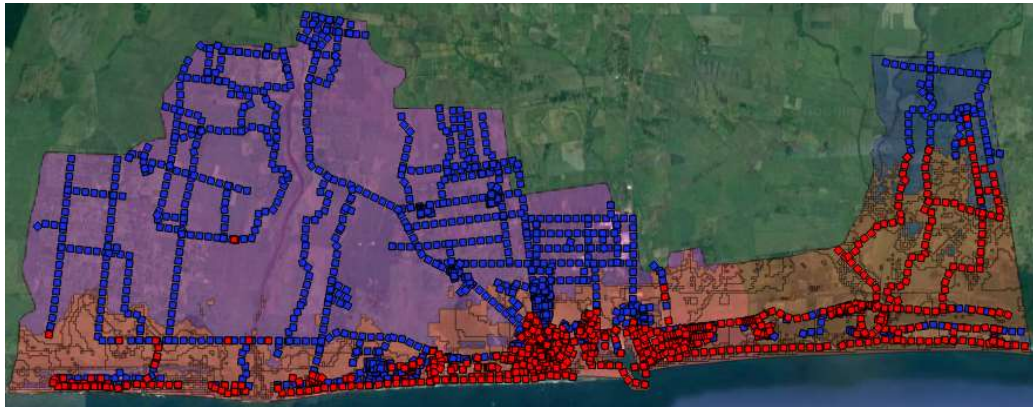
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 117. Resultado 3



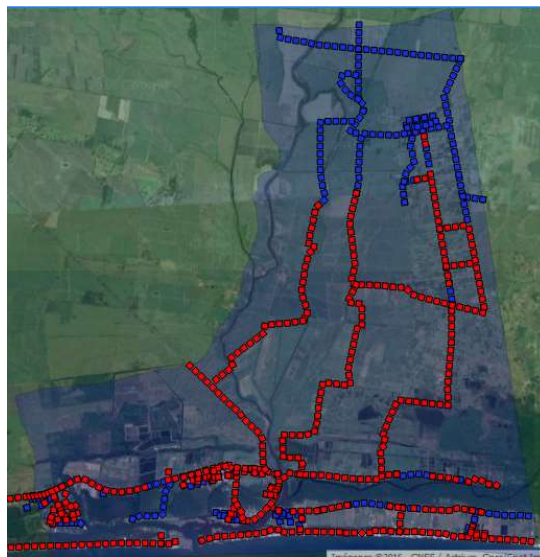
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 118. Resultado 4.



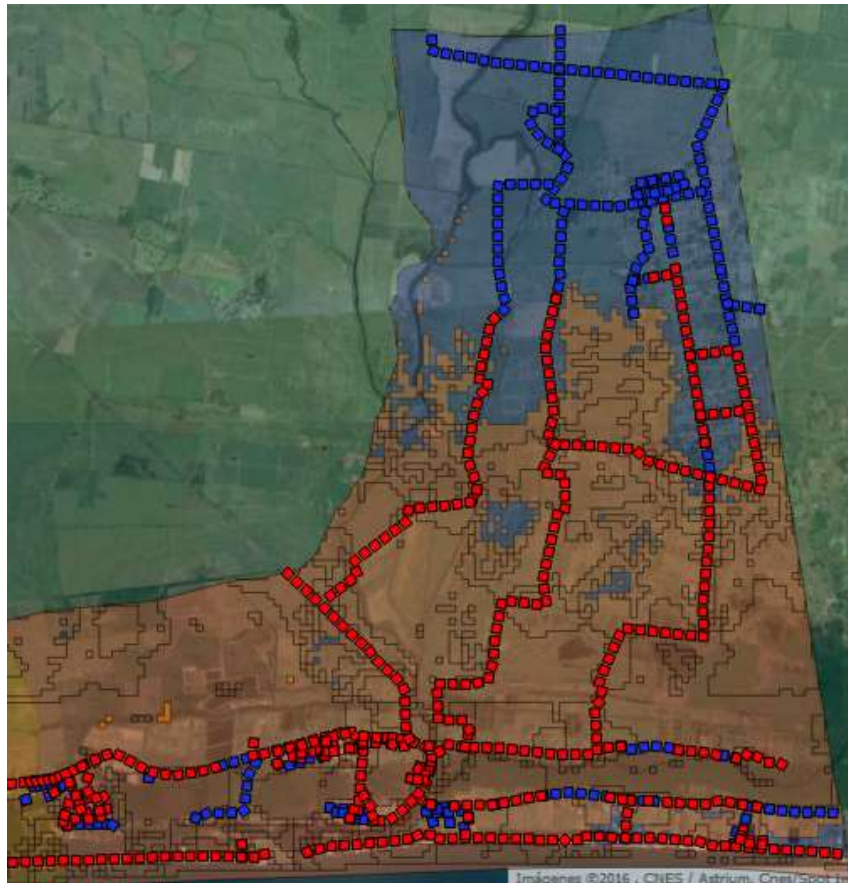
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 119. Resultado 5



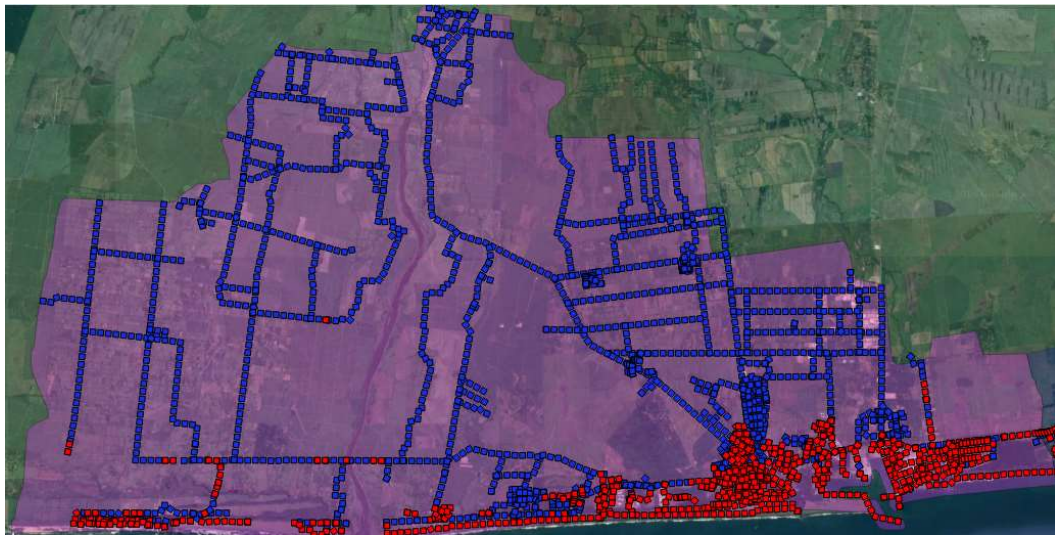
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 120. Resultado 6



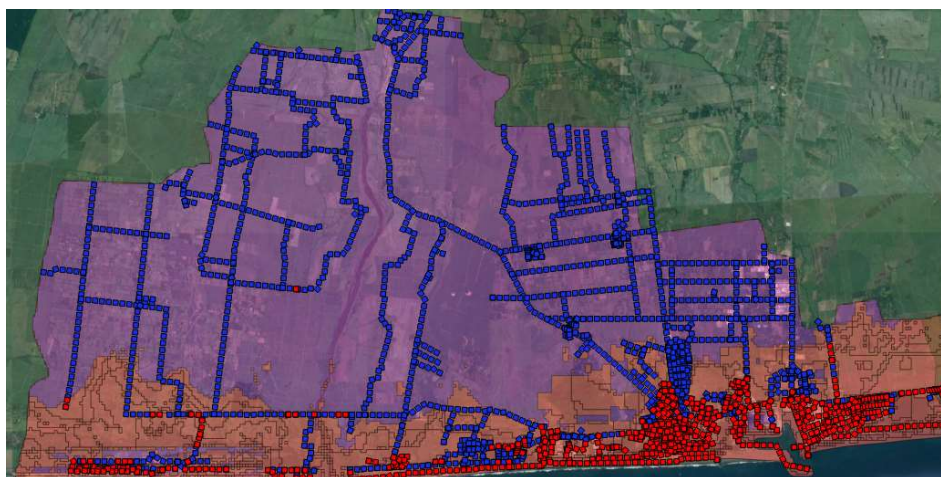
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 121. Resultado 7



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 122. Resultado 8



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 32. Resultados y desarrollo de rutas de evacuación y riesgo.

Ilustración	Resultado	Descripción
115	(1):	Trazo de ruta de riesgo (rojo) en municipios de San José (purpura) e Iztapa (Azul) la cual asciende a 184.51 km (Escala 1: 200,000).
116	(2)	Trazo de ruta de evacuación (Azul), esta ruta tiene una longitud que asciende a los 333.42 km (Escala 1: 200,000).
117	(3)	Muestra de rutas de evacuación y riesgo en ambos municipios (Escala 1: 200,000).
118	(4)	Análisis con herramienta Grass a una altura de 6 m (naranja), se puede observar que dentro de la inundación elaborada por el Grass existen zonas de evacuación (azul), pero esta es recomendable emplearlas únicamente en una situación de emergencia, donde no se cuente con un mecanismo de alerta y el peligro de la ola sea inminente. Se debe tomar en cuenta que la mejor opción siempre es evacuar los municipios completamente hasta esperar el aviso de las autoridades competentes para regresar a la zona (Escala 1: 200,000).
119	(5)	Tal como se puede apreciar en el mapa, las zonas de riesgo en Iztapa abarcan la mayor parte del municipio, lo cual nos indica que es significativamente vulnerable (Escala 1: 100,000).
120	(6)	El análisis de Grass corrobora el riesgo que poseen las rutas de evacuación, tal como se puede observar existen rutas que no están en riesgo, pero en general la altimetría si muestra que es

Continuación Tabla 32

		un municipio que está más en riesgo comparado a San José (Escala 1: 100,000).
121	(7)	San José cuenta con la ventaja que está a una altura más favorable en la costa, ya que la zona de riesgo es significativamente menor que la de evacuación.
122	(8)	Dentro del análisis Grass se observa que el casco urbano si está en riesgo, ya que en su mayoría las rutas están a una altura inferior a los 8 metros respecto al nivel del mar, pero a diferencia de Iztapa no necesita evacuar grandes distancias para salir de la zona de riesgo.

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en la Tabla 32 de los resultados en los anexos de la investigación, la ruta de evacuación en su sumatoria de kilómetros asciende a los 184.51 km distribuida en ambos municipios, este dato hay que sumarlo a la ruta de riesgo, para que su gran total se cubra el total de kilometraje que deberá ir señalado en caso de implementar el plan y con base a esa información determinar el presupuesto del proyecto si se deseara implementar. Más allá de una inversión en el proyecto, se debe considerar que es la vida de las personas la que está en juego y se debe tomar la iniciativa antes que se manifieste el fenómeno y deje como resultado consecuencias negativas para Guatemala.

Otro punto clave que fue analizado en las encuestas que se elaboró en los municipios de estudio, se llegó a la conclusión que el huracán Mitch ha sido la experiencia más significativa para nuestra comunidad en la costa sur. En promedio, las personas con edad superior a los 20 años son las que tienen más presente esta eventualidad y en su mayoría lo enfatizaron, dado que estas personas han vivido en carne propia las consecuencias del carecer de un plan de contingencia y que ello puede generar grandes estragos en cualquier comunidad.

Como es fácil intuir, no es un misterio que falta mucho trabajo por desarrollar y un punto de partida que puede disminuir sustancialmente nuestra falta de preparación es el plan de contingencia. Se comenzó obteniendo información general con la ayuda de la PNC.

Ilustración 123. Visita a PNC de Iztapa



Fuente: Registro personal

El Juzgado de paz de Iztapa apoyo con las encuestas y nos proporcionaron información oportuna de la ubicación de los albergues en el municipio.

Ilustración 124. Visita a juzgado de paz de Iztapa.



Fuente: Registro personal

Se investigo acerca de la coordinación que se tiene en el municipio en caso de alguna emergencia, en donde la comunidad se encuentra coordinada junto al COCODE, PNC y los Bomberos Voluntarios.

Ilustración 125. Visita a Bomberos Voluntarios.



Fuente: Registro personal

Ilustración 126. Acercamiento con el cuerpo de Bomberos Voluntarios de Iztapa.



Fuente: Registro personal

El salón municipal es empleado como albergue en caso de una eventualidad, su ubicación como refugio aun esta en zona de riesgo si se hace el análisis de 6 metros, pero si podría emplearse como refugio para personas que hayan sufrido daños significativos.

Ilustración 127. Salón municipal de Iztapa.



Fuente: Registro personal

Se encuestó a pobladores de Iztapa y con base a lo informado, el huracán Mitch fue un evento que dejó muchos estragos y ha sido la experiencia que ha dejado más vulnerable a los municipios de la zona costera de Guatemala.

Ilustración 128. Entrevistas en mercado de Iztapa.



Fuente: Registro personal

Se tuvo un acercamiento con los lancheros, quienes nos informaron basándose en su experiencia que la ola más grande de la cual han sido testigos alcanzó una altura de 5 metros.

Ilustración 129. Visita a los lancheros.



Fuente: Registro personal

Ilustración 130. Encuestas en el puente de Iztapa.



Fuente: Registro personal

Iztapa es un municipio que tiene la salida de muchos ríos al mar, está zona se encuentra en una altimetría de riesgo y cuenta con muchas casas en las orillas, las cuales son vulnerables a todo tipo de fenómenos naturales.

Ilustración 131. Viviendas en la orilla del río de Iztapa.



Fuente: Registro personal

Ilustración 132. Vista de casco urbano de Iztapa, (Escala 1: 10,000).



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 133. Vista de rutas en el casco urbano de puerto San José. (Escala 1:25,000).



Fuente: Elaboración Propia

Como se puede apreciar en la figura, el casco urbano de Iztapa se encuentra en zona riesgosa, pero la dificultad realmente está en evacuar, porque las rutas son reducidas, para ello es recomendable señalar bien e informar a la comunidad acerca de la posición del municipio ya que la zona segura se encuentra muy lejana a esa zona, San José tiene su casco urbano en riesgo, pero cuenta con mayor cantidad de rutas para evacuar y posee más cercanas las rutas seguras.

Resulta interesante el analizar que las personas priorizan su vida y la de terceros en caso de una eventualidad, algunos agentes de la Policía Nacional Civil compartieron su experiencia en el sismo ocurrido en San Marcos, ellos por consiguiente tomaron la seriedad de la situación porque esa experiencia previa los marco significativamente.

Dentro del análisis elaborado, se puede observar que en Iztapa existe una mayor área de riesgo, y es que su altimetría la hace más vulnerable ante una inundación. Parte del megaproyecto fue investigar acerca de los refugios con los cuales contaba este municipio, ya que se elaboraron encuestas y con base a la información obtenida, el único albergue que está en la zona urbana es el salón municipal y los otros albergues se encuentran muy alejados del pueblo, según se informó por parte de las autoridades. Cabe mencionar que en la información recabada en el año 2015 se informó que la Policía Nacional Civil está coordinada con los bomberos voluntarios y a su vez se trabaja en conjunto con el COCODE y la municipalidad en caso de una eventualidad.

Lo ideal es el definir un diagrama que muestre el flujo de coordinación del Plan de Contingencia, y formalice el rol que tienen las autoridades competentes de los municipios en caso de una eventualidad.

Analizando los Planes de Contingencia de Perú y Chile, se puede apreciar que en el caso de Perú se trabaja mucho la coordinación con la municipalidad y de una manera más local, asignando alertas que van

desde el color verde (fase de informativa) hasta la roja (fase de impacto y respuesta), esto actualmente en Guatemala si es aplicable ya que la CONRED si cuenta con el Sistema de Alerta Publica el cual cuenta con su alerta verde (vigilancia), amarilla (prevención), naranja (peligro) y roja (emergencia).

La alerta pública se presenta antes de la Alerta Institucional la cual opera únicamente para el personal de Secretaria Ejecutiva de la CONRED y para enlaces interinstitucionales del Sistema, la cual se declara por el Coordinador de Junta Directiva.

La alerta pública ya opera para la población en general y es declarada por el Consejo Nacional para la Reducción de Desastres de la CONRED como propuesta del Coordinador de la Junta Directiva. Esto puede ampliarse a enfocarlo a un fenómeno natural de este tipo como medida de prevención y aplicarse al igual que los otros fenómenos naturales que azotan a nuestro país. De lo extraíble del plan de contingencia chileno, está el comunicar por medio de celulares a los pobladores, siempre auxiliándose de los otros medios de comunicación como televisión, radio, etc.

A mi criterio, es importante que todas las personas tomen la seriedad en el asunto, y que a través de los COCODE's se porte la voz al resto de la comunidad y que estas personas lideres estén en constante comunicación con las autoridades, porque la seguridad de los pobladores es responsabilidad de todos.

Ilustración 134. Alerta Pública de CONRED.



Fuente: (CONRED, 2016)

Tabla 33. Descripción de los niveles de alerta de CONRED.

Niveles de alerta	Descripción de nivel de alerta
Alerta verde	Continúan las actividades con normalidad.
Alerta amarilla	Prepararse para actuar, siguiendo instrucciones y recomendaciones de las autoridades competentes
Alerta naranja	Mantenerse alerta, observar cualquier indicio y en caso de ser necesario, evacuar de la zona de peligro dirigiéndose a refugios provisionales, siempre siguiendo las recomendaciones de las autoridades.
Alerta roja	Evacuar las zonas de peligro y permanecer en refugios, tomando las medidas de seguridad necesarias e instrucciones de las autoridades.

Fuente: (CONRED, 2016)

Regresando al análisis de las encuestas, se corrobora que el huracán Mitch es el evento que ha generado mayor cantidad de estragos, este partió desde Honduras en donde dejó un saldo de 231 muertos, de ellos 131 en la capital (Tegucigalpa) según informó la Comisión Permanente de Contingencias. En Guatemala tuvo ingreso el 31 de octubre de 1998. En ese entonces se tuvo un gran crecimiento en las lluvias del norte y oriente, provocando múltiples muertes y miles de damnificados. Este fenómeno ingreso una semana antes en la costa centroamericana, en donde no solo inundó los poblados, sino que dañó una parte considerable de la infraestructura en los sectores rurales, en su momento no se contó con las estadísticas específicas de los estragos. En el caso de Guatemala se conoce que el número de muertos fue superior a 100. Pese a que la costa sur no fue en la cual se concentró el huracán, los daños si fueron significativos, las autoridades departamentales en Zacapa, Izabal, Petén, Alta Verapaz y Chiquimula tomaron la iniciativa de trasladar a 46 mil personas aproximadamente.

En la ciudad capital se trasladaron cerca de 2 mil 500 personas que estaban ubicadas en zonas de riesgo, según reportó la CONRED. Como parte de enfrentar dicha crisis, en ese entonces las autoridades competentes tomaron la iniciativa de habilitar 22 albergues en la ciudad capital y 47 en los departamentos, parte del problema fue que los aguaceros cortaron las comunicaciones en muchas comunidades del país, según reportó el ministerio de Comunicaciones se registró cerca de 75 derrumbes en nororiente y costa sur del país, redes telefónicas de municipios como Gualán y Linkín quedaron interrumpidas por los daños por varios días.

Ilustración 135. Estragos del huracán Mitch en la Costa Sur.



Fuente: (CONRED, 2016)

El gobierno de la República dio decreto de Estado de Calamidad Publica en absolutamente todo el país y a su vez se decretó asueto en los sectores público y privador, únicamente exceptuando los servicios de salud.

La CONRED reportó que cerca de 60 mil viviendas en áreas marginales de la capital se encontraban en riesgo. Se tuvo muchas pérdidas en los asentamientos de la capital, lo cual fue consecuencia de derrumbes y deslaves que dejaron 55 muertos, 70 lesionados y cerca de 2 mil 53 personas que evacuaron a zonas de menor riesgo. En el relleno sanitario de la zona 3 y algunas colonias resultaron severamente afectadas con 21 víctimas mortales, además de otros sectores de zona 5, 6, Villalobos y San Miguel Petapa.

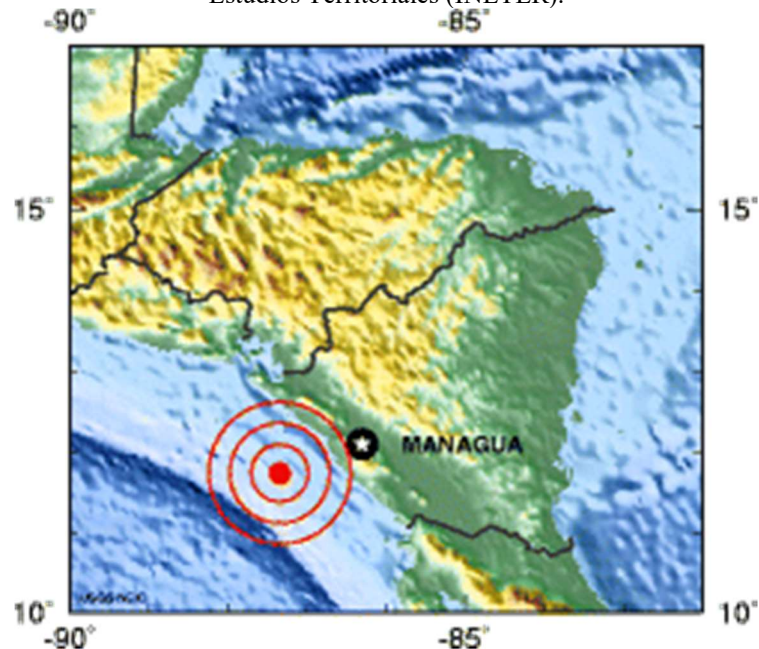
Dentro de lo destacado en la repercusión que tuvo este fenómeno en el país, fue la solidaridad de las personas, habilitándose decenas de centros de acopio en la capital, donde llegaron alimentos enlatados, ropa y otros insumos. Esto es importante y la gente guatemalteca siempre da buena respuesta a las ayudas tal como se vio hace un año en el Cambray II. En el Mitch la Cruz Roja Guatemalteca fue de las instituciones que tuvieron la iniciativa de abrir sus puertas para recibir el donativo de las víctimas del huracán, también apoyaron el arzobispado y las iglesias fueron utilizadas en muchos casos como albergues de emergencia. A su vez se contó con el apoyo de la comunidad internacional hacia los damnificados, se tuvo el aporte de países como Estados Unidos, Francia y entes como el BID (Banco Interamericano de Desarrollo) y la ONU, que se solidarizaron con los gobiernos de los países centroamericanos.

Es increíble que actualmente aún se tengan secuelas de este desastre, porque muchas comunidades no fueron atendidas y su única opción fue migrar hacia otros lugares, lo cual se ve reflejado en la capital, en donde se tuvo el surgimiento de nuevos asentamientos humanos, los cuales se encuentran siempre en una situación de riesgo similar a la de 1998.

Parte de esta investigación, como se puede observar es el analizar las zonas de riesgo, para lo cual debemos tomar las medidas preventivas necesarias a priori del alcance de un fenómeno natural de cualquier tipo. Lo recomendable en esta investigación que puede ser aplicable para Guatemala, en caso de un tsunami se mostrara por ultimo en un diagrama que desarrolle pasos que busquen ser una alternativa al fenómeno.

Ahora analizando el tsunami de 1992 en Nicaragua, el cual sirvió como parámetro para el desarrollo de las rutas de evacuación en la presente investigación, nos da un indicio que nuestra zona no está totalmente exenta de peligro. Fue un 01 de septiembre de 1992 a las 20:00 horas, cuando una ola gigantesca atacó grandes partes del Océano Pacifico con una altura promedio de 6 metros, la cual fue causada por un sismo en el fondo del océano. Esto dejó cerca de 170 muertos, que en su mayoría eran infantes. Realmente el problema se dio que no se contó con un previo aviso, porque el terremoto ocurrió 45 minutos antes de la llegada de la ola a la costa, en ese entonces no se contaba con la red sísmica INETER, aunque las dos estaciones sísmicas existentes hayan detectado el terremoto no se tuvo el respaldo de alguien para tener un proceso de la información, y a su vez tampoco existía un sistema de alerta, la vieja estación mareográfica en Corinto pudo apenas sobrevivir y registrar el evento.

Ilustración 136. Representación del epicentro de tsunami en Nicaragua del Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER).



Fuente: (INETER, 2016)

Ilustración 137. El tsunami de Nicaragua sacudió a 34 poblaciones.



Fuente: (INETER, 2016)

Ilustración 138. Imagen de niños que fueron víctimas del tsunami (iglesia Masachapa).



Fuente: (INETER, 2016)

Ilustración 139. Ayuda a damnificados de la costa del Pacífico.

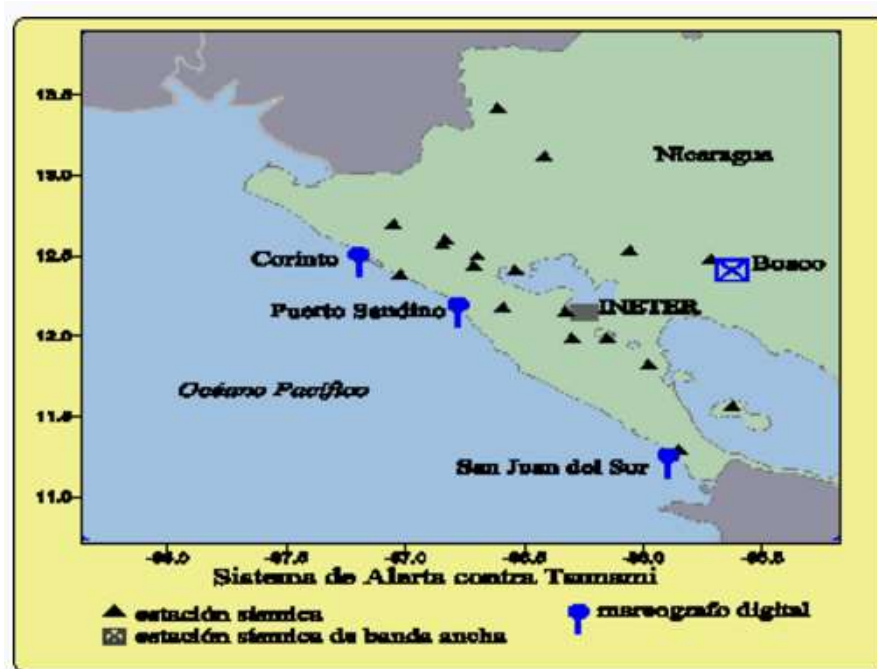


Fuente: (INETER, 2016)

Desarrollo del Sistema de Alerta Temprana en Nicaragua. La INETER actualmente está desarrollando un sistema de alerta contra un Tsunami, que emplea múltiples componentes existentes, como la Red Sísmica de INETER y se comunican con el sistema de radiocomunicación de la Defensa Civil de Nicaragua. Dicho sistema es basado en informaciones de red sísmica y de estación de banda ancha. Dentro de sus parámetros esta que en caso de presentarse una magnitud superior a los 6.5 se emite la alerta a la Defensa Civil ubicada en Managua. A posteriori de detectar el terremoto en el mar, la Centra Sísmica se conecta vía telefónica con estaciones mareográficas automáticas en Corinto, San Juan del Sur y Puerto Sandino y comienza a hacer una supervisión del nivel del mar.

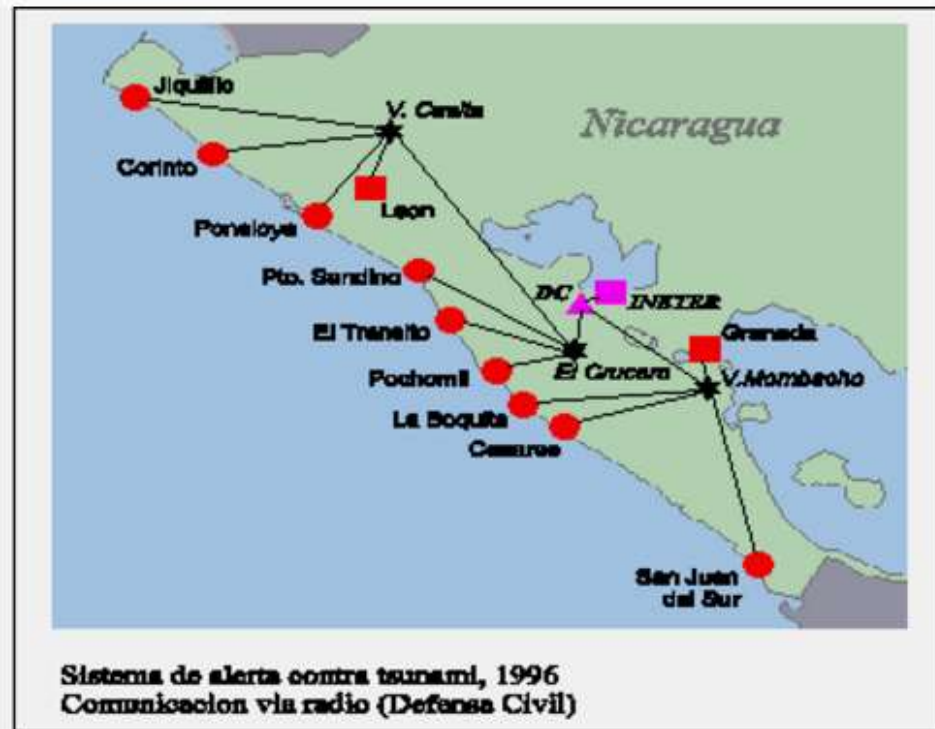
La Defensa Civil hace uso de un sistema de comunicación vía radio con las poblaciones ubicadas en la costa del Pacífico. En únicamente pocos minutos se puede informar a las autoridades componentes de los pueblos en peligro y a su población, haciendo uso de métodos locales para distribuir toda la información.

Ilustración 140. Información de la red sísmica y estación de banda ancha.



Fuente: (INETER, 2016)

Ilustración 141. Estaciones mareográficas de Nicaragua



Fuente: (INETER, 2016)

Por último, concatenando toda la información que se ha presentado en el informe, se llega a los siguientes diagramas que buscan desarrollar una recomendación que busque desarrollar una secuencia lógica al desarrollo del Plan de Contingencia. Este busca trabajar el plan en conjunto con la CONRED y que a su vez estas coordinen con las autoridades competentes de las municipalidades y que estas informen y tengan sus planes específicos con cada una de las poblaciones. En síntesis, la mejor alternativa es el sistema de alerta, la CONRED debe comunicar a través de todos los medios de comunicación posible acerca de la eventualidad en la zona. Esto debe basarse en lo siguiente:

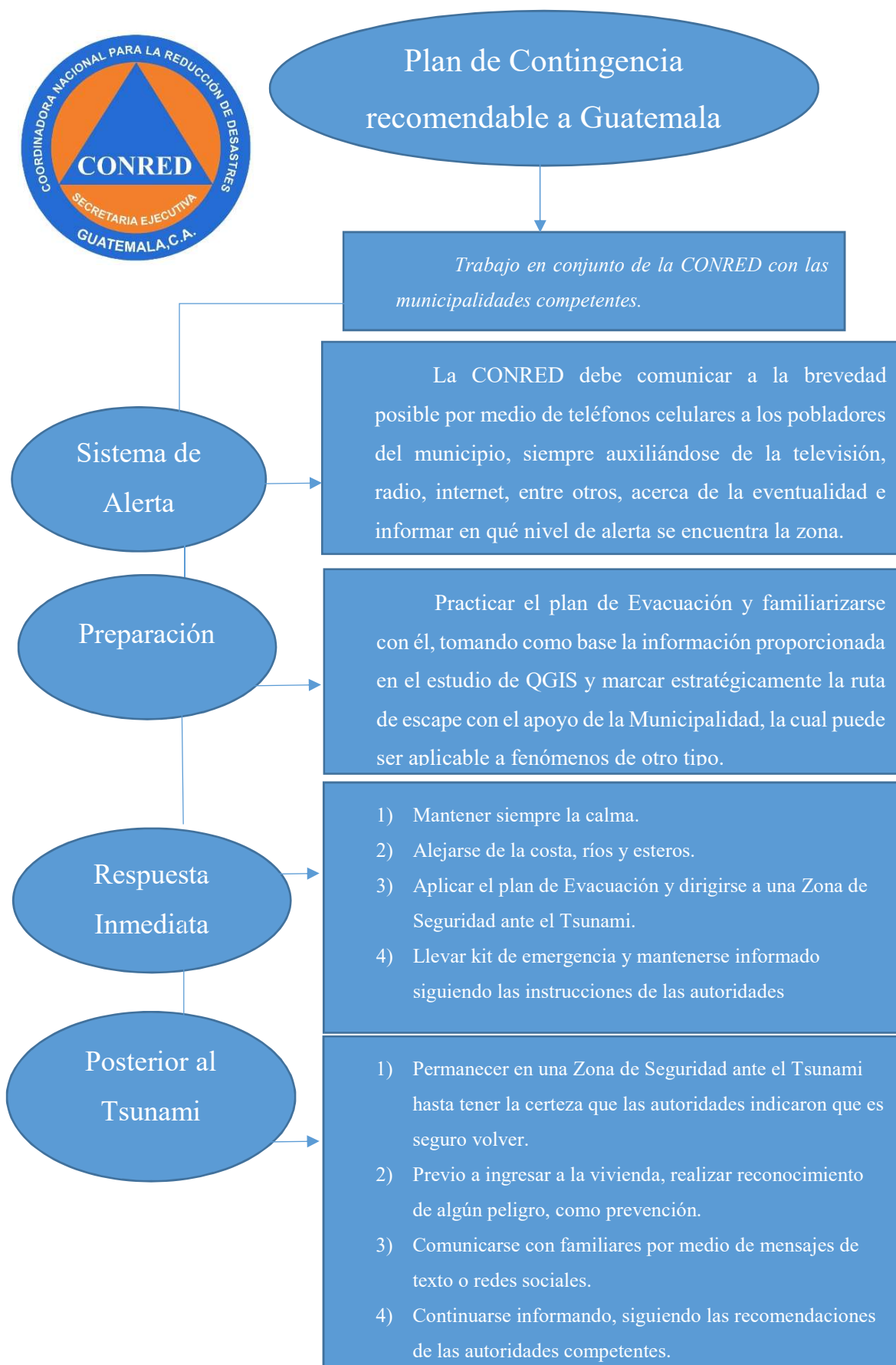
- 1) Preparación
- 2) Respuesta inmediata
- 3) Acciones a tomar posteriores al Tsunami.

Acompañado de esto van las recomendaciones para que la municipalidad coordine con su población correspondiente. Después que la CONRED haga las operaciones correspondientes debe comunicar a la Municipalidad y seguir la siguiente secuencia:

- Municipalidad: tiene el mando de la situación e informara a sus entes para apoyar en el refugio y evacuación de los pobladores.

- Bomberos Voluntarios: Apoyo a las necesidades de los pobladores, priorizando a gente con limitaciones físicas, niños, mujeres y ancianos.
- Policía Nacional Civil (PNC) y Policía Municipal de Transito (PMT): Velar porque las personas conserven la calma y la población en riesgo evacue a la brevedad posible.
- Población: Practicar el Plan de Evacuación, el cual debe estar bien señalizado y ubicar los puntos de encuentro necesarios en las zonas que estén fuera de riesgo. Permanecer en los puntos hasta confirmar el aviso de las autoridades competentes, siempre tomando las precauciones ya mencionadas con anterioridad.

A continuación, se muestra el diagrama que expone la secuencia lógica del Plan de Contingencia aplicable a Guatemala:



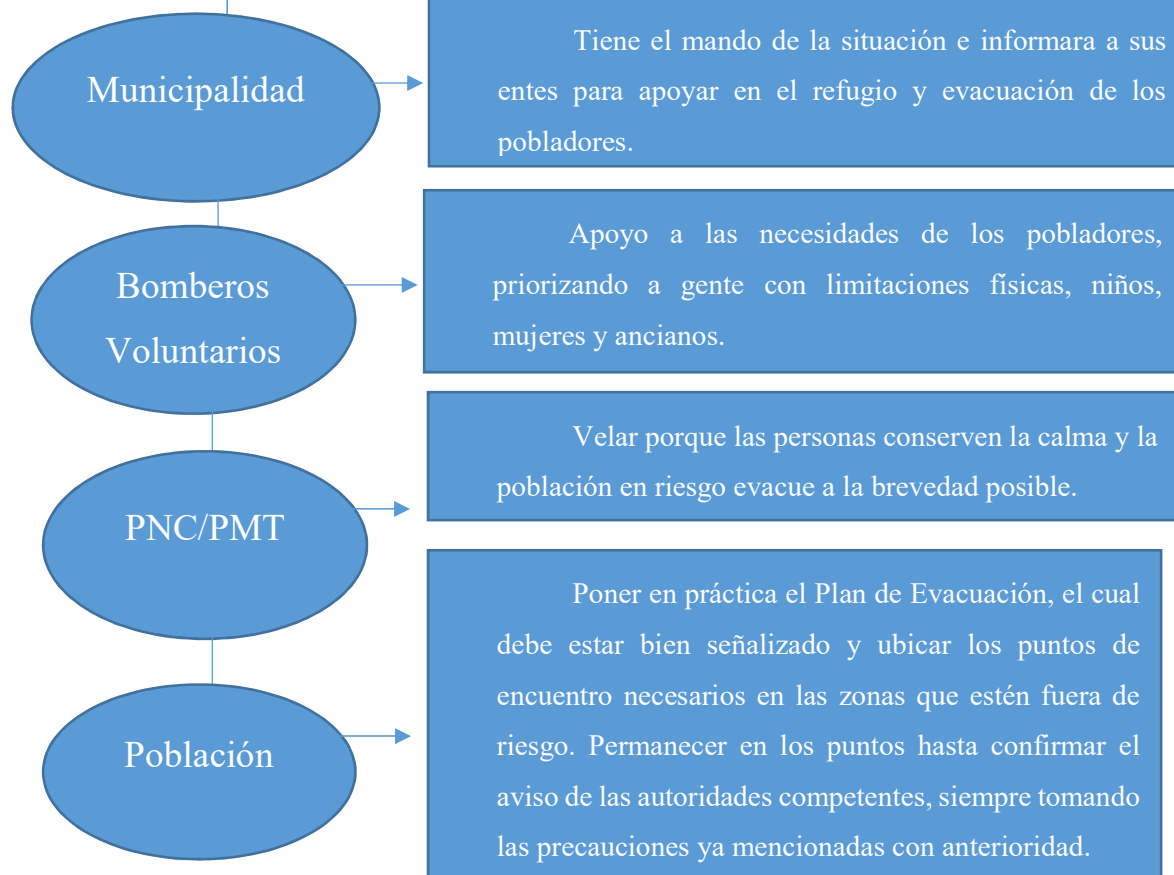


Recomendación para Coordinación de la Municipalidad con la

La CONRED informara inmediatamente a las autoridades de la zona afectada después del siguiente proceso:

- 1) Reportar al Centro de Operaciones de Emergencia (COE).
- 2) Centro de Coordinación de Ayuda y Asistencia Humana (CCAH).
- 3) En caso de ser necesario, solicitar apoyo por parte de USAR (Urban Search and Rescue)

Después de publicar la alerta en los medios de comunicación la CONRED debe informar a las autoridades competentes de los municipios:



VII. Categoría del uso del suelo en el área analizada

Como parte vital del estudio del impacto económico que tendría un tsunami en los municipios de Iztapa y de San José, en Escuintla, se debe analizar el uso que se le está dando a la tierra en esos lugares actualmente, para saber qué sectores de la economía resultarían afectados al momento de este desastre natural, para que a su vez se puedan calcular las pérdidas económicas que dejaría este evento catastrófico. Es por eso que se debe indicar cuál es el uso que se le está dando a los terrenos en los municipios de Iztapa y San José, como se realizará a continuación, para que luego estos datos se puedan convertir en valores económicos para su análisis.

Los siguientes datos se obtuvieron de la Ilustración - Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra en Guatemala para el año 2003, este mapa se utilizará para delimitar de una manera más específica el uso del suelo en los municipios de Iztapa y San José, manteniendo siempre categorías de uso similares a las que se muestran en los mapas generados para cada zona en los municipios a analizar.

Para el caso de Iztapa, se observa que la mayor parte de su extensión territorial tiene un uso de tierra de Cultivos Anuales; como lo son el maíz, el ajonjolí, el frijol, el arroz, y el tabaco. Estos cultivos se considera que ocupan el 97% de la superficie total utilizada para la producción de cultivos anuales en la costa sur. Con fines de conocimiento de la situación de la costa sur en general (para entender un aproximado del uso solamente en los municipios de Iztapa y San José), se puede especificar que para el año 2014, la producción anual de maíz blanco en el suroccidente del país alcanzaba las 82,616 toneladas métricas (lo que se puede identificar como 1,817,558 quintales), para determinar un rendimiento aproximado de 2.3 toneladas métricas por hectárea de terreno. En términos del maíz amarillo, la producción de ese año llegaba a las 2,834 toneladas métricas (que equivale a 62,404 quintales), con lo que el rendimiento medio que se podía observar era de 1.67 toneladas métricas por hectárea. De una manera similar se analizó el frijol negro, el cual contaba con una producción anual que alcanzaba unas 1,155 toneladas métricas (25,420 quintales), y que identificaba un rendimiento de 0.4 toneladas métricas por hectárea de terreno. (URL, IARNA, & IICA, 2015)

En Iztapa también se observan algunos puntos con la presencia de Pastos Naturales y Herbazales, así como también de Arbustos Matorrales; los cuales se observan cerca del límite con Santa Rosa, departamento que se caracteriza por su ganadería, lo que explica por qué en las cercanías a este, Iztapa cuenta con esos puntos similares del uso del suelo, lo que podría significar la presencia de ganado mayor (ganado bovino, caballos, y asnos, entre otros), así como de ganado menor (ganado porcino, caprino, y ovino de pelo, entre otros). También se podría asumir la presencia de aves, que como se caracteriza el sector de la costa sur, usualmente se componen de gallinas, gallos, pollas y pollos, así como también de patos. (URL, IARNA, & IICA, 2015)

En este mismo municipio también se observan, aunque en una menor área, Bosques Manglares, los cuales están formados por distintas especies de árboles de mangle, como el mangle rojo, el mangle negro, el mangle blanco, y el botoncillo. Estos tienen una gran resistencia a la salinidad que existe en los ambientes

costeros, siendo a su vez debido al bioma al que pertenece; el hogar de una diversidad biológica significativa, contando en estos ambientes con distintas especies de aves, crustáceos, reptiles, y moluscos, entre otras. Esta diversidad de especies puede ser un recurso aprovechable para las personas, por lo que un evento catastrófico como un tsunami en estas regiones puede significar una gran pérdida para las comunidades aledañas al sector. (Melgar, 2003)

Aún en menor cantidad se observan Bosques Latifoliados presentes en Iztapa, los cuales se encuentran en esta cantidad mínima debido a que muchas veces se utilizó la tierra en los cuales se encontraban estos bosques para desarrollar actividades agrícolas y de ganadería, por lo que actualmente estos bosques se encuentran en su mayoría dispersos por la región. Las especies presentes en estos bosques presentan una importancia económica significativa, ya que la calidad de su madera es muy buena, por lo que estas son bien cotizadas. Las especies de árboles que se presentan en el sector de los municipios de Iztapa y San José son el palo blanco, la caoba del sur, el volador, el puntero, el conacaste, el castaño, el chonte, y el palo de mora. (Melgar, 2003)

Una pequeña parte de Área Urbana se observa también en las cercanías al mar en este municipio; ya que, en ese sector por su posición geográfica, se identifica que está la cabecera municipal, lo que explica la mayor presencia de urbanización. De la misma manera, esta área urbana se encuentra en la proximidad del municipio de San José, lo que explica el crecimiento urbano, ya que muchos de los pobladores de Iztapa trabajan para la Empresa Portuaria Quetzal y necesitan vivir en un lugar que no les genere tantos problemas por la distancia al momento de acudir a su centro de trabajo, influyéndoles esto, entre otras cosas, a tomar la decisión de vivir en estos puntos cercanos a San José.

En el caso del municipio de San José, se observa que de la misma manera que en Iztapa (debido a la proximidad entre ambos municipios, y que las sociedades y comunidades en ambos objetos de estudio son muy similares) la mayor parte del uso de la extensión territorial observada consiste en Cultivos Anuales, los cuales por las razones antes especificadas, son los mismos que para el municipio de Iztapa; como el maíz, el ajonjolí, el frijol, el arroz, y el tabaco, pero debido a que San José es un municipio con una extensión territorial significativamente mayor a la del otro objeto de estudio, estos cultivos tienen una mayor área para su uso en la producción y desarrollo de los mismos. Se deben especificar de nuevo los datos acerca de estos cultivos para la zona, ya que en San José se distribuyen de una manera similar a la cual se observa a lo largo de toda la costa sur, identificando que los cultivos antes mencionados se considera que ocupan el 97% de la superficie total utilizada para la producción de cultivos anuales en la costa sur. Entonces, de nuevo se observa que para el suroccidente del país la producción anual de maíz blanco para el año 2014 alcanzaba las 82,616 toneladas métricas, con un rendimiento aproximado de 2.3 toneladas métricas por hectárea de terreno. Para el maíz amarillo, la producción de ese año llegaba a las 2,834 toneladas métricas, con un rendimiento medio de 1.67 toneladas métricas aproximadas por hectárea. Al igual que el frijol negro, el cual contaba con una producción anual de 1,155 toneladas métricas, y que contaba con un rendimiento de 0.4 toneladas métricas por hectárea de terreno aproximadamente. (URL, IARNA, & IICA, 2015)

En comparación con el municipio de Iztapa; San José cuenta con una significativa extensión territorial dedicada al uso del suelo catalogado como Área Urbana debido a que este municipio tiene un mayor desarrollo económico por instituciones significativas para la economía del país como la Empresa Portuaria Quetzal. Esto se puede corroborar ya que cierta parte de la concentración de Área Urbana se encuentra en la cabecera municipal de Puerto San José y que en las cercanías de ese sector se encuentra Puerto Quetzal, lo que explica la concentración de urbanización en ese punto. Lo que también se puede observar y que resulta de cierta manera inesperado, es que en esos puntos no está la mayor concentración de urbanización, sino que esta se encuentra en los centros poblados como en la Hacienda El Porvenir, la Hacienda Jocotales, la Finca Los Magueyes, la Lotificación Puerta Del Mar, la Lotificación Morena, la Finca Las Marías, y los demás centros poblados en las cercanías de estos. Esto en cierta medida genera preocupación, ya que teniendo San José una de las mayores concentraciones de área urbana de todo el departamento de Escuintla, esta concentración se encuentra casi en su totalidad inmediatamente después del mar tierra adentro y en zonas con peligro de inundaciones, por lo que la mayoría de la urbanización en este municipio es muy vulnerable al momento de acontecer un desastre natural de la magnitud de un tsunami.

En San José también se cuenta con la presencia de Pastos Naturales y Herbazales, y de Arbustos Matorrales en mayor cantidad de lo que se observa en Iztapa, pero nuevamente esto se puede deber a la mayor extensión territorial del municipio, teniendo un mayor terreno para la crianza de ganado mayor por las dimensiones de estos animales, generando así un mayor ingreso de la explotación de los mismos, así como también se puede tener la presencia de ganado menor en una mayor extensión del terreno. Al igual que para el municipio de Iztapa, también se puede asumir la presencia de aves domésticas como gallinas, gallos, pollas, pollos, y patos. (URL, IARNA, & IICA, 2015)

Los Bosques Latifoliados también se pueden observar en algunas partes del territorio de San José, aunque por lo visto en el mapa utilizado para este análisis, estos probablemente se encuentran concentrados en pequeñas áreas cerca de las áreas urbanas. Estos también se encuentran en pequeñas extensiones de territorio debido al crecimiento mencionado en párrafos anteriores en el uso del suelo para la crianza de animales y actividades agrícolas. Las especies de estos bosques son similares a las que se presentan en toda la costa sur, por lo que tienen una muy buena calidad para trabajar con su madera y por lo mismo tienen un muy buen precio en el mercado actualmente. Algunas de estas especies son: el palo blanco, la caoba del sur, el volador, el puntero, el conacaste, el castaño, el chonte, y el palo de mora. (Melgar, 2003)

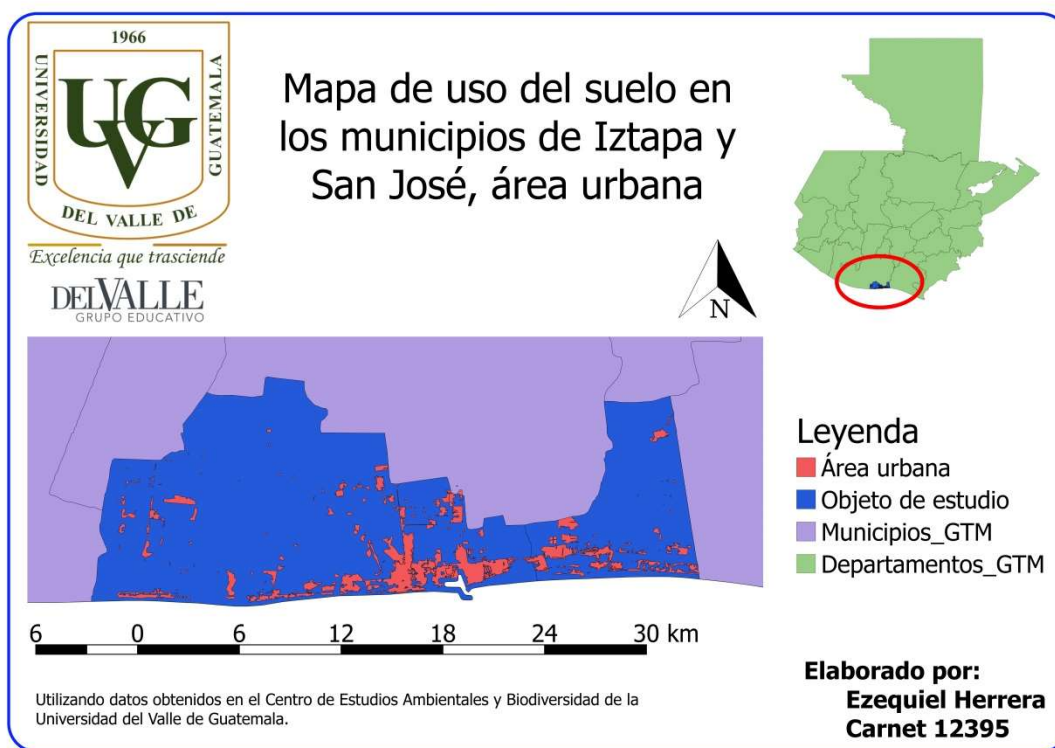
En una pequeña parte de este municipio (pero aun así en mayor extensión territorial que en Iztapa) también se pueden observar los Bosques Manglares, probablemente constituidos por las especies antes mencionadas como el mangle rojo, el mangle negro, el mangle blanco, y el botoncillo, y estos se pueden encontrar casi exclusivamente en los sectores más cercanos al mar y cerca de la frontera de este municipio con el municipio de La Gomera. Estos bosques como se indicaba anteriormente son el hogar de muchas especies de plantas, así como también de animales que pueden ser de gran utilidad para su aprovechamiento

responsable por parte de los pobladores del sector, por lo que perder parte de estos recursos en un desastre natural representaría una gran pérdida económica. (Melgar, 2003)

Utilizando sistemas de información geográfica, se realizaron mapas de uso del suelo en los municipios de Iztapa y San José, por medio de imágenes satelitales y basados en cuatro distintos tipos de uso del suelo, los cuales son: Área Urbana, Área Agrícola, Área de Ganadería, y Área de Bosques, así como también se generó un mapa de centros poblados en esa región. Estos mapas servirán para determinar un costo de perdida en el caso de que existiera una ola en el lugar, debido a un tsunami, ya que los mismos están desarrollados utilizando herramientas informáticas que pueden ser editadas para aplicarles modelos de inundación o de alcance de olas tomando en cuenta la topografía de los municipios de Iztapa y San José.

Los mapas se presentan a continuación:

Ilustración 142. Mapa de uso del suelo en los municipios de Iztapa y San José, área urbana.

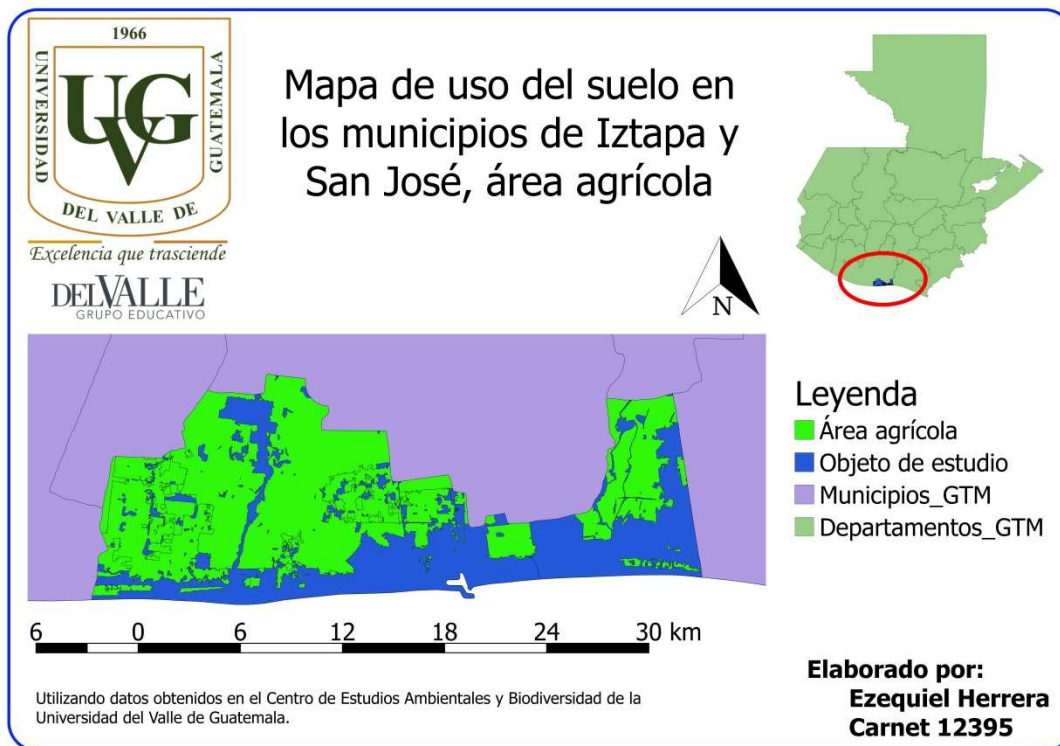


Fuente: Elaboración Propia

Como se mencionó anteriormente, en este mapa se observa que, aunque el área urbana en estos dos municipios no es significativa en comparación al área total de dichos municipios, si se presentan grandes concentraciones de este uso del suelo, en especial en puntos cercanos a Puerto Quetzal, lo que presenta un aspecto de alto riesgo al momento de presentarse un evento como el de un tsunami, debido a que estos sitios poblados están muy cercanos a la costa y por lo mismo su topografía no es mucho mayor al nivel del mar,

por lo que una ola de tamaño significativo podría presentar grandes pérdidas económicas en el sector de viviendas, y en un caso más preocupante, significativas pérdidas de vidas humanas.

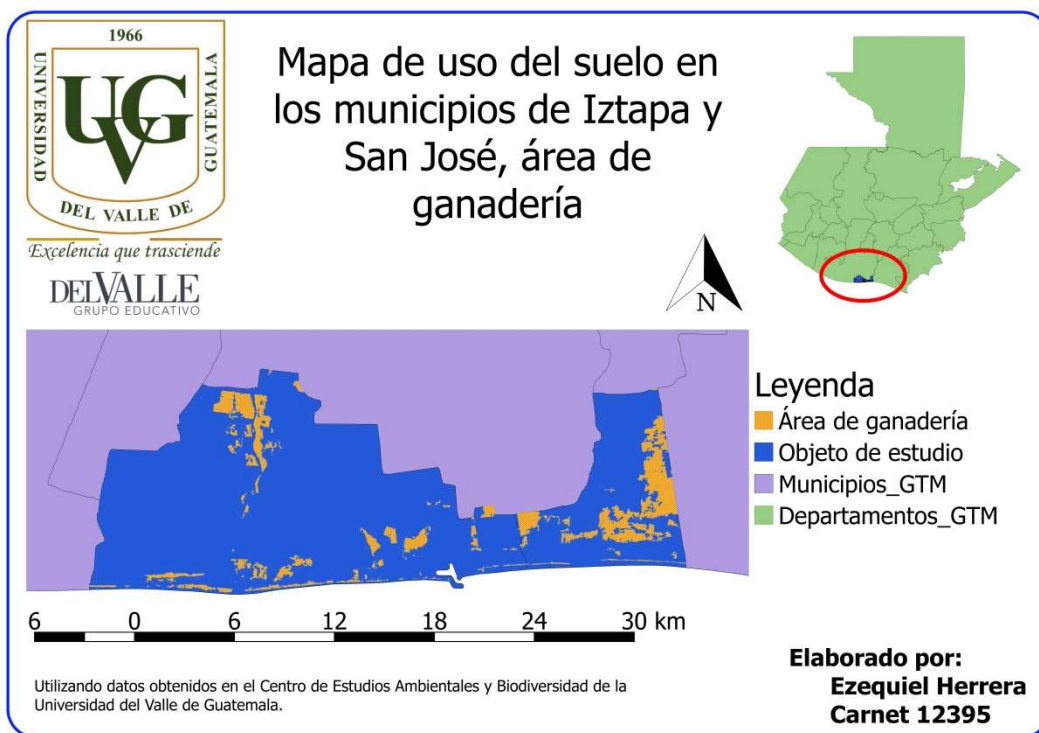
Ilustración 143. Mapa de uso del suelo en los municipios de Iztapa y San José, Área Agrícola.



Fuente: Elaboración Propia

Para el caso del área agrícola, se puede observar que este tipo de uso del suelo es el predominante en los municipios de Iztapa y San José, ya que la mayor parte del área de ambos municipios se encuentra bajo este uso. Esto significa que, al presentarse un evento del tipo de un tsunami, el sector de la agricultura sería el más afectado en estos dos municipios, presentando pérdidas económicas significativas para el país debido a que gran cantidad de los cultivos que se dan en este sector se verían afectados, o en algunos casos totalmente destruidos, provocando una falta de oferta de los mismos en los mercados nacionales, así como también en algunos otros países del mundo debido a la exportación. La mayor parte del área dedicada a uso agrícola corresponde a los cultivos de agricultura anual, también existen sectores de cultivos permanentes, así como también se observan las plantaciones de plátanos y bananos, sectores dedicados a la palma africana, y extensiones dedicadas a la caña de azúcar.

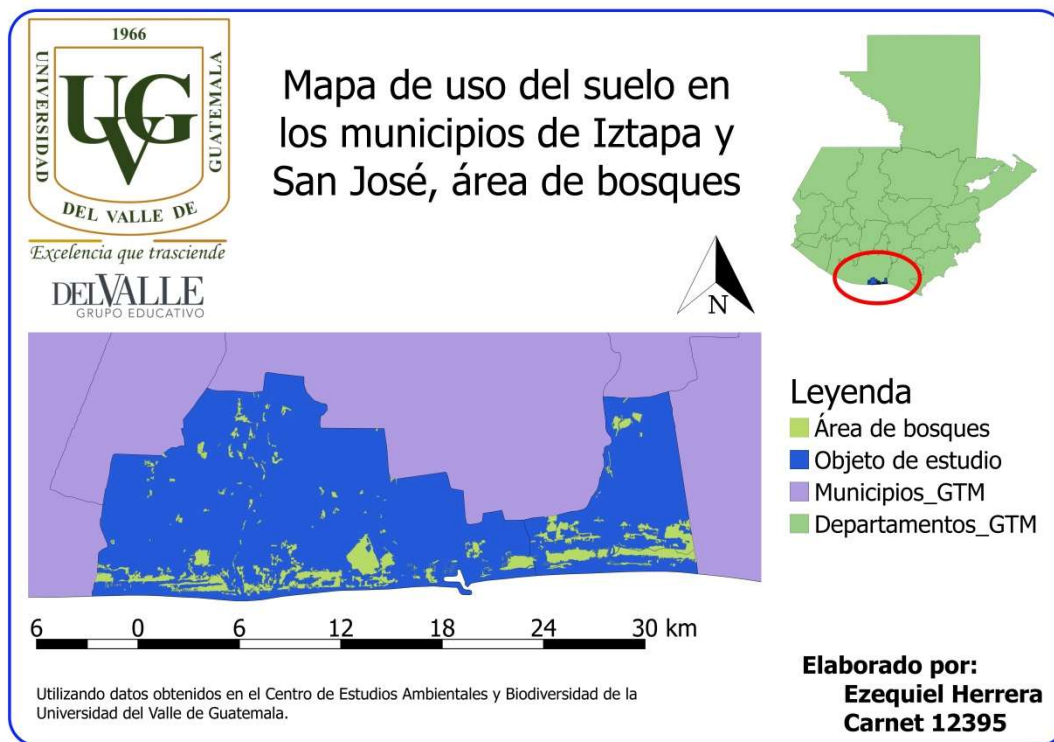
Ilustración 144. - Mapa de uso del suelo en Iztapa y San José, área de ganadería.



Fuente: Elaboración Propia

En este mapa se puede observar que el área de los municipios dedicada a la ganadería es relativamente pequeña en comparación al área dedicada para la agricultura, pero esto se debe a que, para el uso del suelo de ganadería, se necesitan espacios relativamente abiertos, por lo que no se podrían plantar cultivos específicos mientras que se tiene ganado en el mismo terreno, ya que además del área necesaria para los corrales de dicho ganado, se necesitan grandes extensiones de pasto para su alimentación. Es por esto que el área delimitada como Área de Ganadería en este mapa se compone de espacios abiertos sin vegetación o con poca vegetación, y también de áreas categorizadas como pastizales. A pesar de que este uso de suelo no se encuentra solamente en la costa, el hecho de que la mayor parte del mismo se encuentre en la parte media del municipio de Iztapa, y tomando en cuenta que la topografía de dicho municipio no es tan pronunciada, se presentan grandes riesgos de pérdidas económicas al momento de que los municipios de Iztapa y San José fueran afectados por el evento catastrófico de un tsunami.

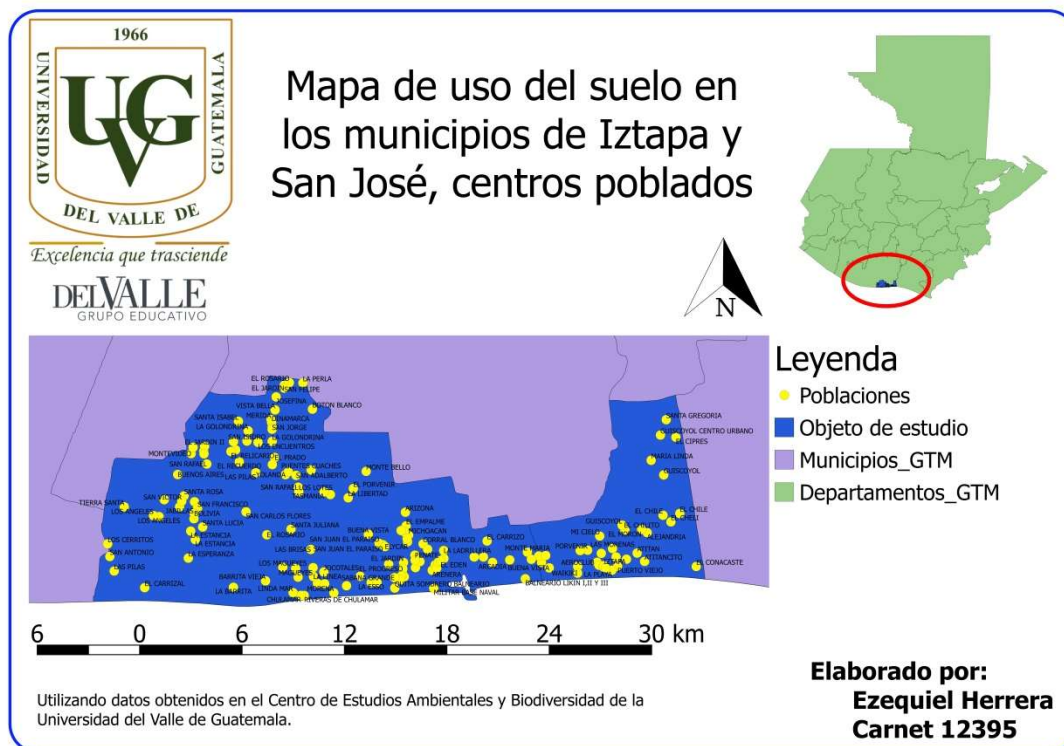
Ilustración 145. - Mapa de uso del suelo en los municipios de Iztapa y San José, área de bosques



Fuente: Elaboración Propia

En este mapa se puede observar que, aunque en los municipios de Iztapa y San José existe poca extensión territorial dedicada a los bosques, este uso del suelo siempre se encuentra a lo largo de los dos municipios analizados, específicamente en las extensiones cercanas a la costa, probablemente debido a que el clima en esos puntos no permite que se den algunos cultivos, o presenta ciertos problemas para mantener grandes cantidades de ganado. También se observa que el uso del suelo que más varía conforme pasan los años es el de área boscosa, debido a que muchas veces para soportar el aumento de la población en los municipios, el área urbana reemplaza en ciertos puntos el territorio dedicado a los bosques, con el fin de no afectar la economía que depende del área agrícola o de no quitarle espacio al territorio dedicado al ganado, reduciendo así la cantidad de bosques presentes en los municipios de Iztapa y San José. El hecho de que estos bosques se encuentren cerca de la costa los hace vulnerables a grandes pérdidas al momento de ser afectados por una ola de tsunami.

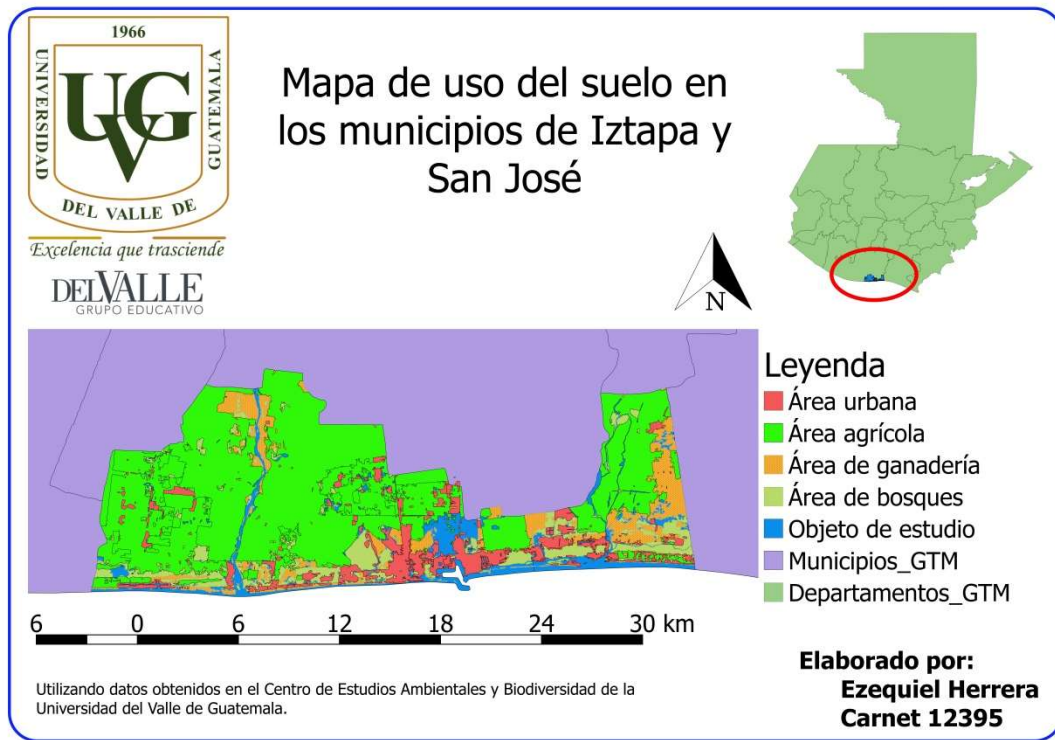
Ilustración 146. Mapa de uso del suelo en los municipios de Iztapa y San José, centros poblados.



Fuente: Elaboración Propia

En este mapa se pueden observar algunos de los centros poblados de los municipios de Iztapa y San José, con el fin de tener una idea de qué poblaciones se encuentran en las áreas urbanas, así como también de qué poblaciones se dedican a la agricultura o a la ganadería. Como se ha mencionado anteriormente, la mayor concentración de centros poblados se encuentra en las cercanías de Puerto Quetzal, debido a que las personas usualmente buscan vivir cerca de posibles fuentes de trabajo, y en donde exista un mayor desarrollo económico, y por lo mismo, estos centros poblados tan cercanos a la costa viven en riesgo constante de ser afectados por el oleaje de gran tamaño generado por un tsunami.

Ilustración 147. Mapa de uso del suelo en los municipios de Iztapa y San José.



Fuente: Elaboración Propia

Por último, este mapa muestra cómo se distribuyen los distintos tipos de uso del suelo en los municipios de Iztapa y San José, tomando en cuenta que la mayor parte de ambos municipios está siendo analizada para encontrar el costo de pérdida que representaría un tsunami en cada tipo distinto de uso. Las pocas áreas de los municipios que no se están tomando en cuenta para este análisis son las que corresponden a vegetaciones arbustivas bajas, como matorrales y guamiles, debido a que la pérdida económica de zonas de este tipo no sería tan significativa para la economía del sector. Tampoco se tomaron en cuenta las áreas del uso del suelo que corresponden a cuerpos de agua y a zonas húmedas.

VIII. Costo de pérdida al momento de un tsunami en los municipios de Iztapa y San José

Se debe realizar un análisis del costo de la pérdida económica que presentarían los sectores de los municipios de Iztapa y San José afectados por un tsunami al momento de suceder un evento de este tipo. En dicho análisis se deben tomar en cuenta distintos factores, que no solo corresponden al tipo de uso que tienen estos lugares, sino que también se deben considerar factores sociales; como la pobreza de una comunidad y la corrupción que podrían presentar las autoridades al momento de manejar los recursos destinados a la reconstrucción. Estos últimos factores presentan una mayor complicación al momento de estimarlos, debido a la variabilidad del nivel de los mismos dependiendo de las personas y el tiempo en el cual podría suceder esta catástrofe, por lo que solamente se indica que se deben tomar en cuenta estas características al momento de suceder un evento de la magnitud de un tsunami.

“La pobreza también es un problema estructural que se va gestando igual que los desastres (...) El desastre se agrava por la pobreza”, indica Norlang García Arróliga, subdirector de estudios económicos y sociales del Centro Nacional de Prevención de Desastres (Cenapred), México. También: “En la política de prevención de desastre hay una serie de contradicciones entre el marco normativo, donde se dice que debe haber una planeación para la prevención, y la respuesta en la reconstrucción, porque acaba siendo una especie de oportunidad para negocios y para lucrar”, señaló Daniel Rodríguez, investigador de la Universidad Nacional Autónoma de México y vicepresidente de la Red Mexicana de Estudios Interdisciplinarios para la Prevención de Desastres. (Hernández Borbolla, 2013)

Entre los demás factores que se toman en cuenta al momento de realizar un cálculo del costo de pérdida se encuentra el rendimiento distinto que tienen los diferentes cultivos (la producción de cada uno con respecto al área cosechada para el mismo) y, para el caso del ganado, las condiciones de los corrales disponibles, que para este estudio y debido a las condiciones de los municipios de Iztapa y San José, se tomaran que son corrales de tierra, debido a que esto afecta la superficie recomendada por cabeza de ganado bovino.

A. Determinación del costo de pérdida dependiendo del uso del suelo

Para determinar el costo de la pérdida dependiendo del uso del suelo, este se debe dividir en categorías distintas, ya que cada una de estas representa un valor distinto por metro cuadrado, por lo que los distintos usos del suelo proveen distintos costos de pérdida. Cabe resaltar que, debido a la dificultad de estimar la presencia por cierta cantidad de área de las distintas aves de corral presentes en los municipios de Iztapa y San José, así como del ganado menor, estas categorías entrarán en el costo de pérdida del ganado en general, el cual será estimado a partir del ganado bovino.

Las categorías para estimar el costo de pérdida dependiendo del uso del suelo determinadas para este caso son área ganadera, área de cosecha, área boscosa, y área urbana.

1. Área ganadera. Para estimar un costo de pérdida para el uso de suelo denominado como área ganadera, se debe definir en qué condiciones se encuentran las personas en los municipios de Iztapa y San José, ya que esto se relaciona de gran manera con el tipo de corrales con los que se cuenta en estos municipios, y que a su vez esto define el área necesaria para cada cabeza de ganado bovino. Para conocer las condiciones económicas de los habitantes de los municipios de Iztapa y San José, nos podemos dirigir al momento en el cual se hablo acerca de la vulnerabilidad, ya que en esta sección se especificó que la vulnerabilidad económica de los habitantes de los municipios de Iztapa y San José era bastante elevada (un porcentaje de pobreza general que alcanzaba el valor de 66.4%, y que se mostraba en aumento), presentando así recursos limitados al momento de definir los espacios disponibles para los corrales del ganado, así también como materiales limitados para la construcción de dichos espacios. La vulnerabilidad educativa también juega un papel importante en este caso, ya que, si las personas no tienen los conocimientos básicos para recolectar información, es más difícil que puedan optimizar un área; en este caso dedicada a la ganadería, al elaborar corrales para el ganado de una manera en la cual se necesite menos espacio para cada cabeza. Es debido a lo anterior que se asume que la mayoría de corrales para ganado en los municipios de Iztapa y San José son de tierra, por lo que se realizará la determinación del costo de pérdida para el área ganadera basado en este tipo de corrales para el ganado bovino.

Anteriormente se definió el costo de cada cabeza de ganado bovino para el destace en Q. 5,700.88, debido a que por medio de estadísticas presentadas por el Instituto Nacional de Estadística para el año 2013, se observó que para dicho año se reportó un número total de cabezas de ganado bovino destazadas de 423,601 unidades, teniendo todas ellas un valor en pie de Q. 2,414,900,215.00. Al actualizar para el año 2016 el costo por cabeza de ganado bovino, se obtiene un valor de Q. 6,148.09.

La superficie recomendada por cabeza de ganado bovino adulto para corrales de tierra, tomando en cuenta las zonas de sombra, el área de bebederos, el área de descanso, y el área de alimentación es de aproximadamente 1,000 m² en los municipios de Iztapa y San José.

Entonces, con los datos obtenidos previamente se puede determinar que, para las zonas dedicadas solamente a la ganadería y tomando en cuenta para estos lugares solo el costo de cada cabeza de ganado; el costo de la pérdida en este tipo específico de uso del suelo sería de Q. 6,148.09 por cada 1,000 m², lo que al momento de la aplicación al objeto de estudio se puede definir entonces como 6.1481 quetzales por metro cuadrado de pérdida de ganado.

2. Área de cosecha. En el caso de la estimación de costos de pérdida en el área dedicada a la cosecha en los municipios de Iztapa y San José, se trabajará con tres cultivos anuales que se dan en significativa cantidad en el sector, los cuales son el maíz, el frijol, y el arroz. Se determinará el costo que tendría la pérdida económica de los territorios dedicados al cultivo de cada uno, y con los tres resultados, se obtendrá un promedio para tener un costo de pérdida aproximado para el uso del suelo agrícola.

En el caso del maíz, utilizando los datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación presentados anteriormente, se puede definir un precio por quintal de este cultivo de Q. 96.00, lo que al actualizar este valor para el año 2016 nos proporciona un costo de 100.96 por quintal. Utilizando datos proporcionados en el documento El Agro en Cifras 2014, del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación del Gobierno del Guatemala, se puede determinar que este cultivo tuvo un rendimiento para el año agrícola 2014/2015 de 32.70 quintales de producción por cada manzana (área) cosechada. Entonces, utilizando los dos datos previamente definidos y multiplicándolos entre sí, podemos obtener que cada manzana de área cosechada representa Q. 3,301.30. Para tener cada valor en las mismas dimensionales al momento de aplicarlo al objeto de estudio, el dato anterior equivale a 0.4717 quetzales por metro cuadrado de pérdida de área dedicada a la cosecha de maíz.

Para el frijol negro, y de la misma manera que el cultivo anterior utilizando los datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación presentados previamente, se puede definir un precio por quintal de este cultivo de Q. 348.00, este valor se debe actualizar para el año 2016, con lo cual se obtiene un valor por quintal de Q.365.97. Para este caso también se utilizan datos proporcionados en el documento El Agro en Cifras 2014, del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación del Gobierno del Guatemala, en donde se define que este cultivo tuvo un rendimiento para el año agrícola 2014/2015 de 14.50 quintales de producción por cada manzana (área) cosechada. Al utilizar los dos datos definidos anteriormente y multiplicarlos para obtener un monto de costo, podemos obtener que cada manzana de área cosechada de frijol representa Q.5,306.56. Para tener cada valor en las mismas dimensionales al momento de aplicarlo al objeto de estudio, el dato anterior equivale a 0.7581 quetzales por metro cuadrado de pérdida de área dedicada a la cosecha de frijol negro.

En el caso del arroz, se indicó anteriormente que según DIPLAN/MAGA, el precio por quintal de arroz pagado a mayoristas en el mercado La Terminal era de Q 322.96, el cual después de actualizarlo para el año 2016 nos proporciona un valor de Q. 339.64 por quintal. Para este caso al igual que los anteriores se utilizan datos proporcionados en el documento El Agro en Cifras 2014, del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación del Gobierno del Guatemala, en donde se define que el arroz tuvo un rendimiento para el año agrícola 2014/2015 de 45.81 quintales de producción por cada manzana (área) cosechada. Al utilizar los dos datos definidos anteriormente y multiplicarlos para obtener un monto de costo, podemos obtener que cada manzana de área cosechada de frijol representa Q. 15,558.74. Para tener cada valor en las mismas dimensionales al momento de aplicarlo al objeto de estudio, el dato anterior equivale a 2.2229 quetzales por metro cuadrado de pérdida de área dedicada a la cosecha de arroz.

Teniendo los datos anteriores, se puede generar un promedio de los tres costos de pérdida para cultivos distintos, con el fin de uniformizar dichos costos para asignar un único costo de pérdida por el uso de suelo al área dedicada a la cosecha. Entonces, el valor asignado a la categoría del uso del suelo de Área de Cosecha muestra un costo de pérdida de 1.1509 quetzales por cada metro cuadrado de área dedicada a este uso del suelo.

3. Área boscosa. El caso del cálculo del costo de pérdida para el área boscosa es bastante complicado, ya que el precio de la madera varía demasiado conforme a distintos factores como su calidad, su especie, el corte, y la situación legal de la tala de cada uno de ellos, por lo que en este análisis el valor del costo se efectuará en base al Pago por Concepto de Incentivos Forestales para Bosques de Protección, el cual representa básicamente el dinero que genera un área boscosa si se mantiene en su lugar y no es talado ninguno de los árboles que en ella se encuentran. Para obtener el costo que representaría este tipo de bosques primero se debe determinar con cuántos metros cuadrados de bosque cuenta el departamento de Escuintla, ya que el valor pagado por concepto de incentivos forestales para bosques de protección con el cual se cuenta es un pago único para el departamento. Para el año 2010 existía una presión demográfica sobre el bosque de 522 m² / habitante, y utilizando proyecciones de habitantes realizadas por el Instituto Nacional de Estadística, se puede determinar que la cantidad proyectada para ese año era de 685,830 habitantes, por lo que se puede deducir que en ese año existían aproximadamente 358,003,260 m² de área boscosa, y tomando en cuenta que el Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) en su documento de 2010 Evaluación de los recursos forestales mundiales considera que el 12% de los bosques son designados principalmente para su conservación, se obtiene un área de bosques de conservación de 42,960,391.2 m² aproximadamente. Anteriormente en este documento se especificó que el monto pagado a los propietarios de fincas que protegen bosques naturales en ese departamento era de Q. 118,901.00, valor que al actualizarlo para obtener el valor presente para el año 2016 sería de Q. 138,287.20. Con estos dos valores se puede obtener el costo que representaría perder un metro cuadrado de estos bosques, el cual tendría un valor de 0.003219 quetzales por metro cuadrado.

4. Área urbana. Para la estimación del costo que tendría la pérdida de área urbana al momento de un tsunami, se tomará en cuenta únicamente el costo que tiene una vivienda mínima, ateniéndonos a las condiciones presentadas por la vulnerabilidad económica de la población de los municipios de Iztapa y San José, la cual presenta índices de pobreza bastante elevados, por lo que se determinarán costos de pérdida basados en las áreas de lotes mínimos y en el costo de viviendas patrocinadas por organizaciones no gubernamentales dedicadas a ayudar con construcciones económicas a familias que se encuentran en extrema pobreza.

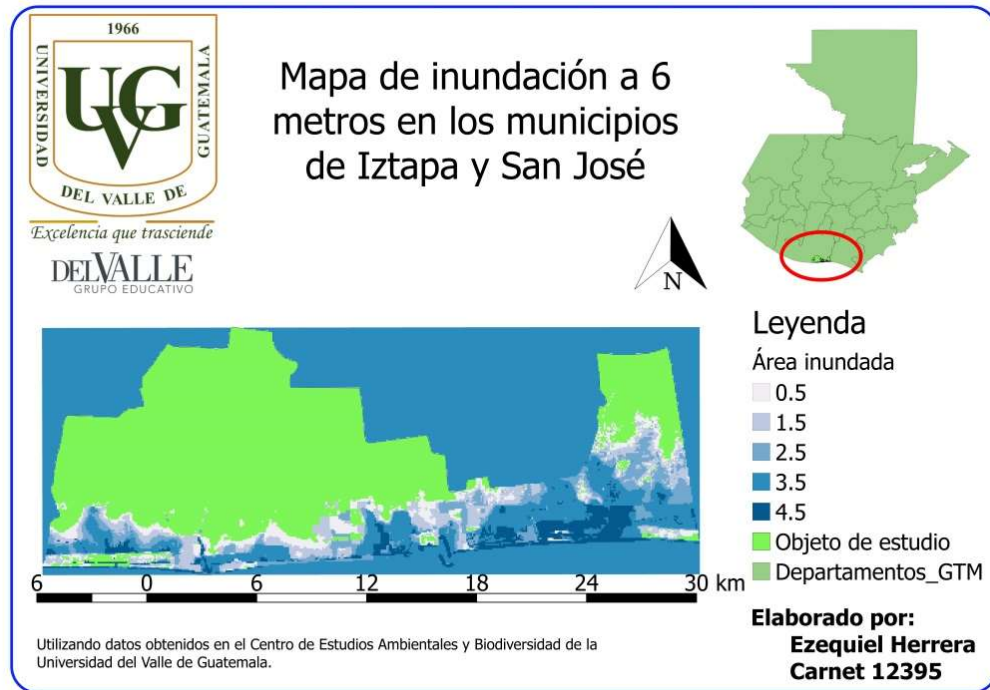
El área para los lotes mínimos determinados por el FHA (Instituto de Fomento de Hipotecas Aseguradas) es de 65 m², pero debido a que se ha observado que los terrenos en los municipios de Iztapa y San José son mayores a los terrenos mínimos (aunque la vivienda sea en efecto mínima, los terrenos en la mayoría de ocasiones son mayores ya que cuentan con jardines o con espacios simplemente vacíos alrededor

de la vivienda), se puede asumir que en promedio los terrenos para cada vivienda en los municipios de Iztapa y San José son de 100 m², área que también divide los distintos tipos de viviendas definidos por el FHA. En el caso del costo que representa una vivienda mínima, se puede basar este dato en el costo que tienen actualmente las viviendas construidas por Constru Casa, las cuales son elaboradas de block de concreto, techo de lámina, y piso de concreto, así como también cuentan con un diseño sísmico y son seguras para distintas condiciones climáticas, estando dirigidas a familias en extrema pobreza. Estas viviendas mínimas constan de tres habitaciones, un baño, y una ducha, y tienen un costo aproximado de Q. 36,000.00. Por medio de estos dos valores se define que el costo de pérdida para las áreas urbanas (tomando en cuenta solo las viviendas) tendría un valor de 360 quetzales por metro cuadrado.

B. Adaptación del costo de pérdida a los municipios de Iztapa y San José

Al momento de ejecutar el simulador de inundación en los municipios de Iztapa y San José, se observa que el oleaje generado por un evento de la magnitud de un tsunami puede alcanzar grandes extensiones de tierra, corroborando con esto lo observado en el Anexo 1 (CONRED: Amenaza por Deslizamientos e Inundaciones, Departamento de Escuintla, Municipio de San José) y en el Anexo 2 (CONRED: Amenaza por Deslizamientos e Inundaciones, Departamento de Escuintla, Municipio de Iztapa), ya que en estos se observó el riesgo de inundaciones que presentaban los sectores cercanos a la línea costera, pero también los sectores que no se encuentran tan cercanos al mar pero que por la topografía de la región alcanzarían extensiones significativas tierra adentro, como lo muestra el siguiente mapa en el cual se observa la zona de estudio y un aproximado de hasta donde podría llegar el agua en el caso de que la mayor altura de inundación fuera de 6 metros:

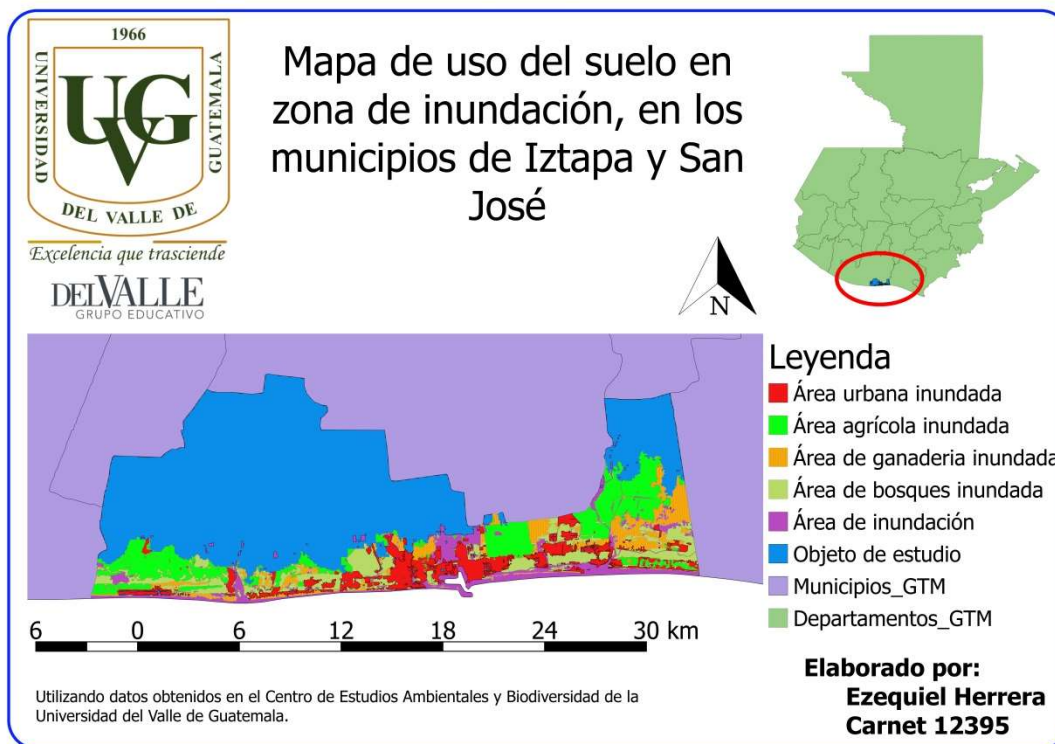
Ilustración 148. Mapa de inundación a 6m sobre el nivel del mar, en los municipios de Iztapa y San José.



Fuente: Elaboración Propia

Después de aplicar la inundación a los municipios de Iztapa y San José, se realizó un análisis para determinar que partes de los distintos usos del suelo se encuentran en la zona de inundación, para con esto obtener el área de cada uno de estos que se encontraría en la zona de alto riesgo y que probablemente se perdería al momento de un tsunami en este lugar. En el siguiente mapa se observa la zona de inundación en los municipios de Iztapa y San José, así como el uso del suelo en esta zona específica, para después separar los distintos usos del suelo para su análisis individual. En este mapa se encuentran los distintos usos del suelo que resultarían afectados por la inundación:

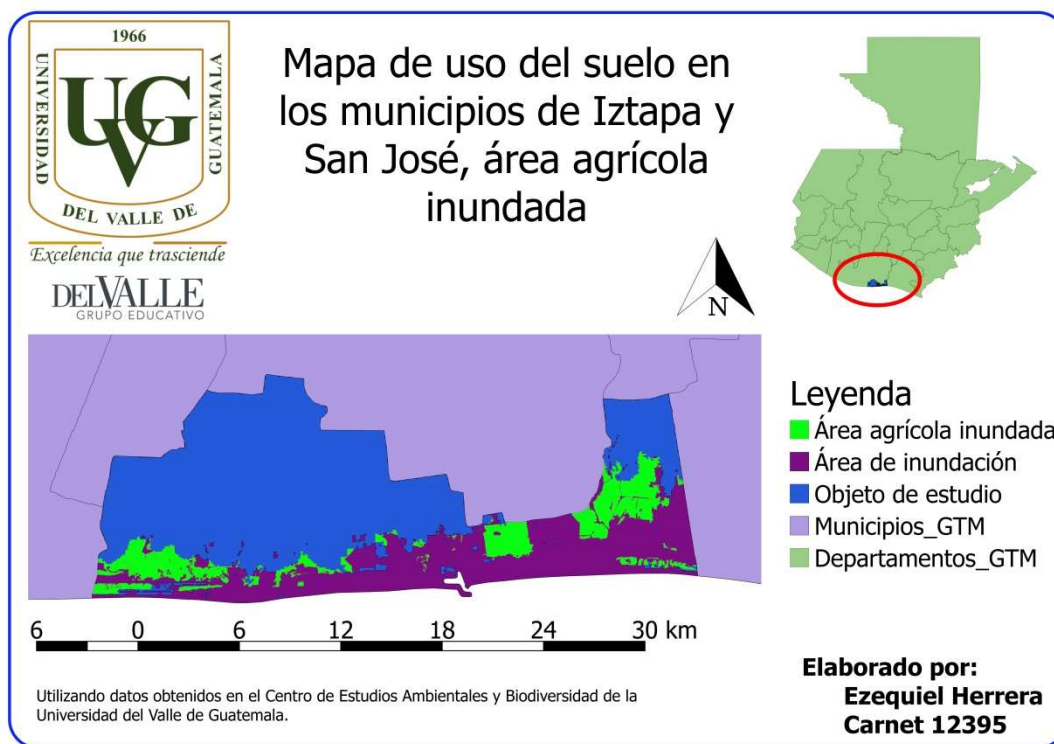
Ilustración 149. Mapa de uso del suelo en la zona de inundación, en los municipios de Iztapa y San José



Fuente: Elaboración Propia

El primer uso del suelo al cual se le adaptará el costo de pérdida en el caso de que existiera una inundación debido a un tsunami en los municipios de Iztapa y San José será al área agrícola, para la cual se puede observar en la imagen siguiente la cantidad de extensión territorial que resultaría afectada en el caso de que un tsunami impactara en los municipios de Iztapa y San José:

Ilustración 150. - Mapa de uso del suelo en los municipios de Iztapa y San José, área agrícola inundada.



Fuente: Elaboración Propia.

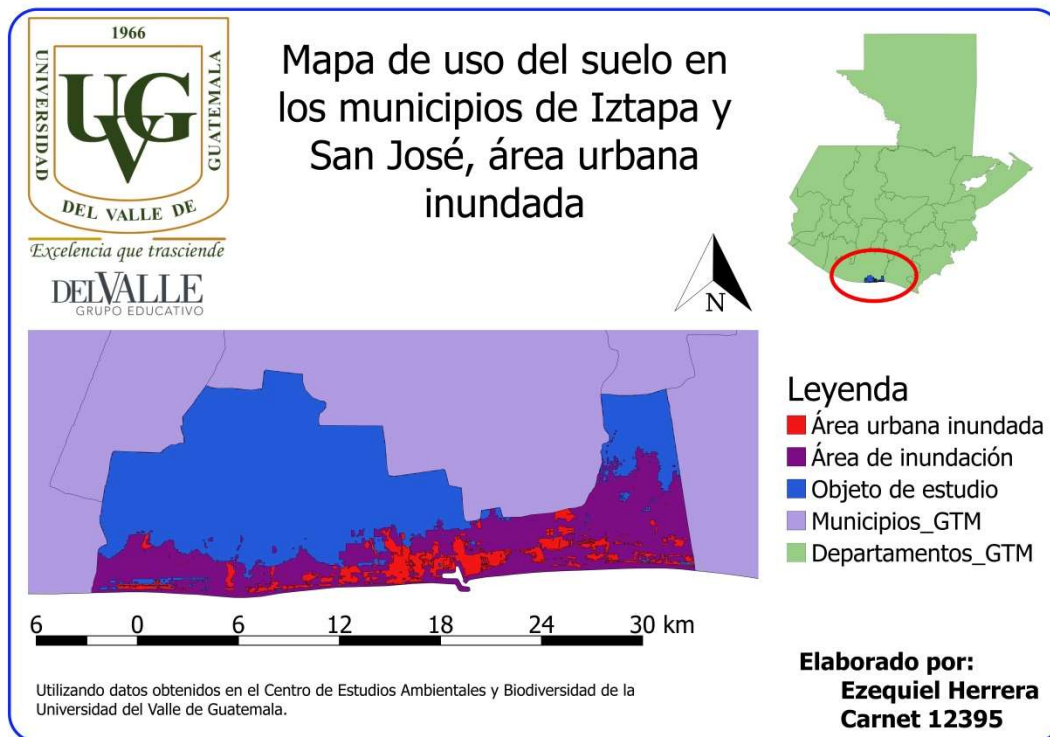
En este mapa se observa que, si bien la mayor parte de la extensión territorial de los municipios de Iztapa y San José se compone de área agrícola, la proporción de este uso de suelo que resultaría afectado al momento de un tsunami no sería tan elevado, ya que utilizando el Anexo 3 y el Anexo 4 (Datos de área agrícola inundada y Datos de área agrícola, respectivamente) podemos determinar que el área agrícola que resultaría afectada sería de 32,253,694.1979 metros cuadrados aproximadamente, y tomando en cuenta que el área total de los municipios de Iztapa y San José dedicada a este uso de suelo es de 176,440,150.3721 metros cuadrados aproximadamente, podemos obtener un porcentaje de 18.28% de área agrícola inundada en este sector.

Aunque el porcentaje de área agrícola inundada en los municipios de Iztapa y San José no parezca tan significativo, debido al elevado costo que tiene este uso de suelo por metro cuadrado de cosecha, la cantidad de pérdida económica resultante si sería bastante elevada, ya que, al aplicar el costo de pérdida calculado en esta investigación a esta extensión de terreno resultante de dicho uso del suelo afectado por un tsunami, se obtiene un costo de pérdida en la agricultura de los municipios de Iztapa y San José de Q37,120,776.65. Este monto resulta significativamente elevado, ya que en esta estimación no se toman en cuenta factores como el efecto que tendría el agua salada sobre los suelos de cultivos y por lo tanto todos los cultivos que se perderían posteriormente, así como el tiempo que tomaría volver a cosechar en el sector, solo

se toman en cuenta los cultivos que se perderían de manera instantánea al momento de llegar las olas del tsunami a estos cultivos.

El siguiente uso del suelo al cual se le aplicará el costo de pérdida es el de área urbana, ya que como se puede observar en el siguiente mapa, el área afectada en el caso de impactar una ola de tsunami es bastante elevada.

Ilustración 151. Mapa de uso del suelo en los municipios de Iztapa y San José, área urbana inundada.



Fuente: Elaboración Propia

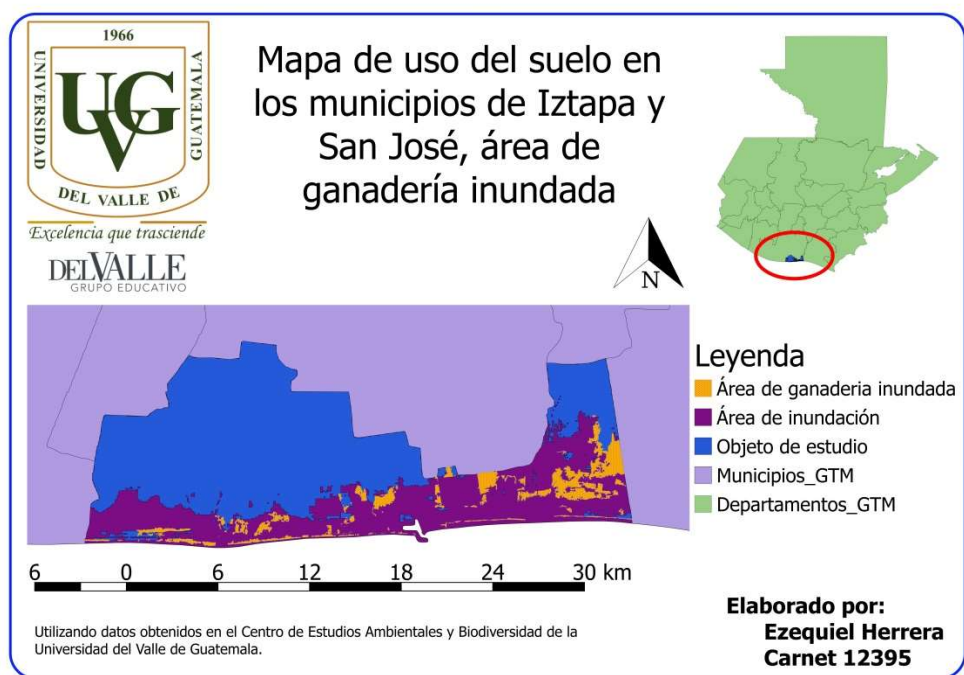
En este mapa se observa que una gran parte del uso del suelo dedicado al área urbana en los municipios de Iztapa y San José sería afectada en el caso de que un tsunami provocara inundaciones en el sector, ya que, aunque en sí la extensión territorial afectada de este uso del suelo (el área afectada sería de 21,311,023.7657 metros cuadrados aproximadamente) sea menor a la afectada en el área agrícola, en este caso, esa extensión territorial representa el 76.08% aproximadamente de toda el área urbana en los municipios de Iztapa y San José, lo que identifica el gran impacto que tendría este evento catastrófico en las viviendas de la población de los municipios de Iztapa y San José. Estos valores de áreas afectadas pueden ser corroborados utilizando el Anexo 5: Datos de área urbana inundada, y el Anexo 6: Datos de área urbana.

Aunque la extensión territorial en sí afectada por el agua no sea tan grande, este uso del suelo presenta el mayor costo por metro cuadrado, representando con esto las mayores pérdidas económicas que se darían

con este evento. Al aplicar el costo de pérdida estimado previamente en este documento a la extensión territorial indicada en el párrafo anterior afectada por un tsunami, se obtiene un costo de pérdida aproximado en el sector urbano de Q 7, 671,968,555.65. Aunque esta cantidad es elevada y es la mayor entre las estimadas para este trabajo de investigación, la misma es relativamente conservadora, ya que se consideró para el análisis que todas las casas son viviendas mínimas obtenidas por medio de fundaciones, generando un costo por vivienda bastante bajo. También se consideró que, aunque las viviendas sean mínimas, los lotes de terreno de cada vivienda cuentan con un área grande, ya que en efecto las personas residentes en el sector cuentan con terrenos amplios en los cuales solo se tienen espacios vacíos. En la realidad, en muchos casos, las casas son mucho más costosas que lo definido en este trabajo y los terrenos en ocasiones son de menor tamaño, por lo que el costo de pérdida en el caso de una inundación generada por un tsunami sería mucho mayor.

El siguiente uso del suelo al cual se le aplicara el costo de pérdida es el del área dedicada a la ganadería, para la cual se utiliza el siguiente mapa con el fin de determinar el área de este uso del suelo que resultaría afectada en el caso de un tsunami:

Ilustración 152. Mapa de uso del suelo en los municipios de Iztapa y San José, área de ganadería inundada.



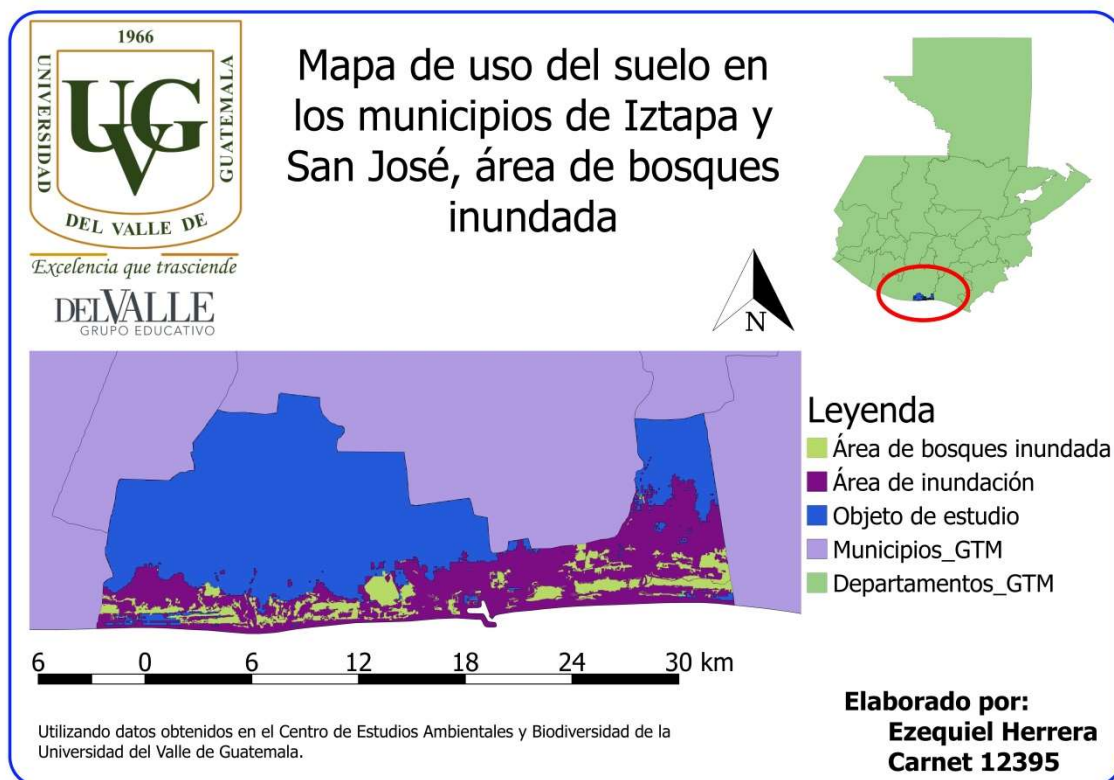
Fuente: Elaboración Propia

En el mapa se observa que en algunos lugares de los municipios de Iztapa y San José se presentan grandes extensiones territoriales que resultarían afectadas en el caso de una inundación generada debido a las olas de un tsunami. La razón por la cual una gran parte del área dedicada a la ganadería resultaría afectada en el municipio de Iztapa es porque en esos puntos el terreno no presenta pendientes significativas, lo que es ideal para el ganado bovino, pero esta es la misma razón por la cual el agua llegaría tan lejos tierra adentro al momento de un tsunami en esa zona. Al igual que en el uso del suelo dedicado al área urbana, un gran porcentaje del área dedicada a la ganadería resultaría afectado por el agua, ya que en este caso dicho porcentaje obtenido por medio del Anexo 7: Datos de área de ganadería inundada, y el Anexo 8: Datos de área de ganadería, sería de 62.04%, lo cual presenta un valor bastante elevado de área afectada, ya que eso representa 17,303,630.2715 metros cuadrados aproximadamente, y aunque este valor sea la menor área afectada de los distintos usos de suelo estimados, representaría grandes pérdidas para toda la población, ya que muchas familias dependen del ganado para comercializarlo como carne o para vender productos derivados de la leche.

A pesar de que, como se indicó en el párrafo anterior, la extensión territorial afectada sea la menor de los cuatro usos del suelo distintos analizados, el costo de pérdida resultante al momento de ser afectado este tipo de uso del suelo sería el segundo mayor de dichos analizados, el cual sería de Q 106,384,449.27 aproximadamente, ya que el costo por metro cuadrado de los sectores con ganado bovino es bastante elevado. Este valor podría ser incluso mayor, ya que en la estimación del costo de pérdida por metro cuadrado para este uso del suelo no se tomó en cuenta el precio de los corrales para el ganado ni las viviendas de las personas presentes en estos terrenos dedicadas a cuidar dicho ganado, las cuales tendrían un costo mayor al de una vaca en sí, por lo que el costo de pérdida sería un mayor. Tampoco se consideró el precio de volver a tener los pastizales en las condiciones necesarias para volver a repoblar de ganado en estos sectores, ya que esto resultaría bastante difícil debido a los efectos del agua salada en la tierra en la cual se siembra este cultivo.

El último tipo de uso del suelo al cual se le aplicó la simulación de inundación que podría suceder en el caso de un tsunami fue al área dedicada a los bosques, la cual se puede observar en el siguiente mapa:

Ilustración 153. Mapa de uso del suelo en los municipios de Iztapa y San José, área de bosques inundada.



Fuente: Elaboración Propia

En este mapa se observa que un elevado porcentaje del área dedicada a los bosques resultaría afectado en el caso de que ocurriera el evento del cual se trata este trabajo de investigación, ya que en este tipo de uso del suelo se presenta el mayor porcentaje de área afectada por la inundación de los cuatro casos analizados. Este porcentaje de inundación se puede obtener por medio de los anexos Anexo 9: Datos de área de bosques inundada, y Anexo 10: Datos de área de bosques, en los cuales se determina que el porcentaje de área inundada sería de 82.46% aproximadamente, dato extremadamente alto que demuestra los efectos catastróficos de un evento de esta magnitud. El área afectada en este tipo de uso del suelo sería de 22,955,646.6628 metros cuadrados aproximadamente.

El costo de pérdida que tendría este uso del suelo en base a dicho costo de pérdida por metro cuadrado estimado previamente en este documento sería de Q 73,894.23 aproximadamente. Este monto resulta extremadamente bajo para la cantidad de área afectada, ya que como se mencionó anteriormente, este uso del suelo presenta la segunda mayor área afectada de los usos distintos analizados. Esto se debe a que el costo de pérdida se estimó en base a los bosques dedicados para su conservación, los cuales tienen un valor extremadamente bajo porque no se dedican a la comercialización, sino que el gobierno proporciona una cantidad monetaria pagada a los propietarios de fincas que protegen bosques naturales, y los montos designados para cada tipo de bosque son pagados de acuerdo a una tabla de incentivos, para la protección y

la preservación del mismo. No se realizó la estimación para bosques dedicados a su comercialización porque los precios son demasiado variables dependiendo de las especies, la demanda del momento, la facilidad o dificultad de la obtención de licencias, la tala ilegal, entre otros problemas de esa índole. De tener alguna manera para estimar el costo de pérdida para los bosques que se comercializan, el impacto económico sería mucho mayor en proporciones exageradamente elevadas.

Por medio de los mapas anteriores, se determina el porcentaje de inundación para cada uso del suelo distinto, así como el costo de pérdida que representa una inundación en cada uno de estos, para finalmente obtener un total del costo de pérdida que se daría en el caso de suceder un evento de esta magnitud. En la siguiente tabla se muestran estos resultados.

Tabla 34 - Resumen de resultados de simulación de inundación a 6 metros y aplicación del costo de pérdida a los usos del suelo en los municipios de Iztapa y San José.

Uso del suelo	Área (m ²)	Porcentaje de inundación	Costo de pérdida
Área agrícola	176,440,150.37	18.28%	Q37,120,776.65
Área agrícola inundada	32,253,694.20		
Área urbana	28,012,467.72	76.08%	Q7,671,968,555.65
Área urbana inundada	21,311,023.77		
Área de ganadería	27,893,102.26	62.04%	Q106,384,449.27
Área de ganadería inundada	17,303,630.27		
Área de bosques	27,839,249.38	82.46%	Q73,894.23
Área de bosques inundada	22,955,646.66		
Total =			Q7,815,547,675.80

Fuente: Elaboración Propia.

Después de la determinación de costo de pérdida total anterior, de la misma manera se realizó un análisis del costo de pérdida que tendría un tsunami con una cota máxima de inundación de 4 metros, y por ultimo también se determinó el mismo costo para un tsunami con una cota de inundación máxima de 2 metros, esto con el fin de comparar y analizar si el costo de pérdida en el caso de un tsunami de menores proporciones a las simuladas en este trabajo de investigación disminuye significativamente, o si dicho costo tiene magnitudes similares debido al uso del suelo en las zonas más cercanas a la línea costera. El resumen de resultados para cada una de las simulaciones de inundación mencionadas anteriormente se presenta en las siguientes tablas:

Tabla 35 - Resumen de resultados de simulación de inundación a 4 metros y aplicación del costo de pérdida a los usos del suelo en los municipios de Iztapa y San José.

Uso del Suelo	Área (m ²)	Porcentaje de Inundación	Costo de Pérdida
Área Agrícola	176,440,150.37	18.16%	Q36,884,371.52
Área Agrícola Inundada	32,048,285.27		
Área Urbana	28,012,467.72	74.95%	Q7,558,524,475.60
Área Urbana Inundada	20,995,901.32		
Área de Ganadería	27,893,102.26	58.63%	Q100,549,411.45
Área de Ganadería Inundada	16,354,550.42		
Área de Bosques	27,839,249.38	81.05%	Q72,631.68
Área de Bosques Inundada	22,563,429.25		
Total =			Q7,696,030,890.25

Fuente: Elaboración Propia.

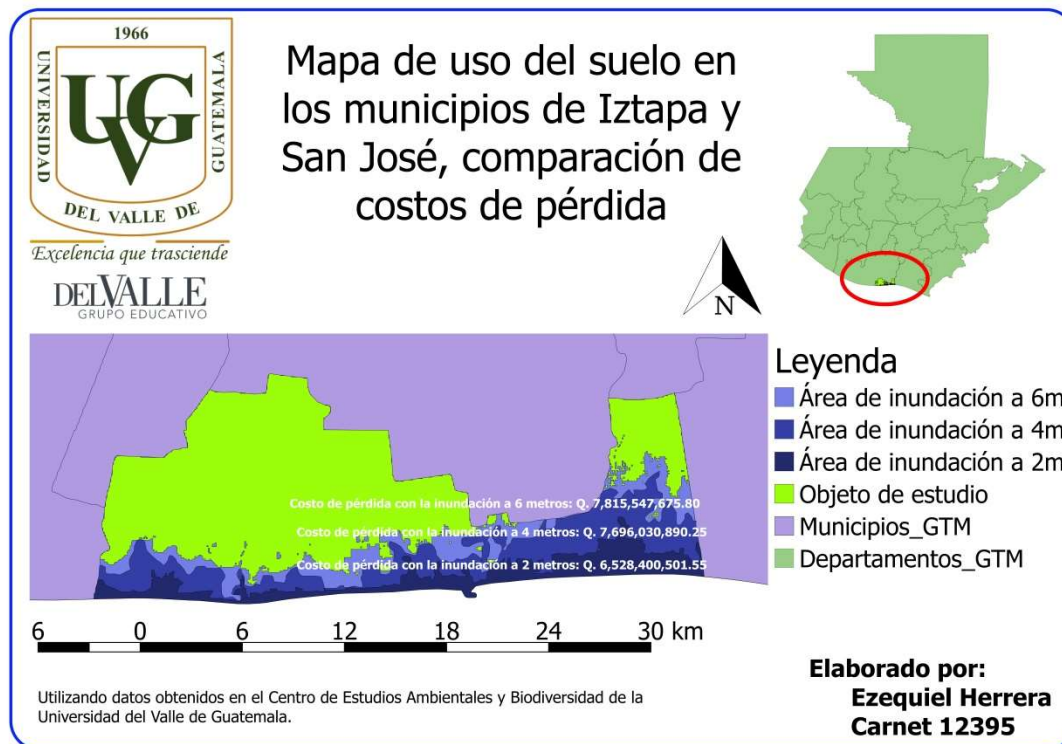
Tabla 36 - Resumen de resultados de simulación de inundación a 2 metros y aplicación del costo de pérdida a los usos del suelo en los municipios de Iztapa y San José.

Uso del Suelo	Área (m ²)	Porcentaje de Inundación	Costo de Pérdida
Área Agrícola	176,440,150.37	17.07%	Q34,659,070.07
Área Agrícola Inundada	30,114,753.73		
Área Urbana	28,012,467.72	63.63%	Q6,417,042,265.87
Área Urbana Inundada	17,825,117.41		
Área de Ganadería	27,893,102.26	44.70%	Q76,647,689.41
Área de Ganadería Inundada	12,466,890.49		
Área de Bosques	27,839,249.38	57.44%	Q51,476.19
Área de Bosques Inundada	15,991,361.86		
Total =			Q6,528,400,501.55

Fuente: Elaboración Propia.

Por medio de los resultados de cada una de las simulaciones de inundación a diferentes cotas de inundación máximas, se generó un mapa para observar de una manera más gráfica el alcance que tendría cada una de estas inundaciones y el costo de cada una de ellas. El mapa es el siguiente:

Ilustración 154. Mapa de uso del suelo en los municipios de Iztapa y San José, comparación de costos de pérdida.



Fuente: Elaboración Propia

En este mapa se observa que, si bien el alcance que tendría cada una de las inundaciones generadas por los tsunamis con diferentes cotas de inundación es variado, el costo de pérdida para cada uno de estos se encuentra en un rango cercano, esto es debido a que el uso del suelo que genera un mayor costo de pérdida por metro cuadrado es el área urbana, y debido a que como se ha mencionado previamente esta uso específico se encuentra en su mayoría en sectores cercanos a la línea costera; a pesar de que el evento de tsunami en teoría afecte a los municipios de Iztapa y San José tuviera una cota de inundación máxima de 2 metros (una altura de inundación relativamente baja), este evento afectaría de gran manera el área urbana de ambos municipios, generado costos de pérdida totales de grandes magnitudes, que podrían estar cerca de los Q. 6,528,400,501.55 aproximadamente. En el caso de que la cota de inundación máxima fuera de 4 metros, el costo de pérdida resultante tendría una magnitud muy cercana al costo de pérdida total obtenido en la simulación de inundación a 6 metros. El costo de pérdida para la inundación con una cota máxima de 4 metros es de Q. 7,696,030,890.25 aproximadamente.

IX. Comparación entre las pérdidas por tsunami y las pérdidas de otras catástrofes naturales

Al momento de analizar las pérdidas que se generarían debido a un tsunami en los municipios de Iztapa y San José, podemos observar que en comparación con el tipo de daño generado a partir del Huracán Fifi – Orlene, en el caso de un tsunami también se verían fuertemente afectadas las plantaciones de banano y plátano, ya que se estima que podrían existir unos 371,604.516 metros cuadrados aproximadamente de extensión de terreno dedicada a este tipo de agricultura que resultaría fuertemente afectada, incluso sin tomar en cuenta las instalaciones físicas de las cuales dependen estos cultivos, como los drenajes, canales de riego, centros de acopio, cableados, las vías de distribución de los mismos, entre otros, como se había mencionado previamente en este trabajo de investigación. De esta misma manera al igual que en huracán antes mencionado, en el caso de una inundación generada por un tsunami se perderían cultivos como el maíz, el arroz, y la palma africana.

También el sector de la ganadería es algo que tienen en común este huracán con el potencial tsunami en las costas del país, ya que, en ese evento en el año 1974, se estima que se perdieron cerca del 10% de todo el ganado y fueron afectadas grandes extensiones de los pastizales debido al lodo, arena, y a los materiales acarreados, y estas situaciones son algunos de los posibles efectos que podría tener una ola del mar al adentrarse tierra adentro al momento de ocurrir un tsunami, ya que esta aumentaría significativamente la cantidad de sal en la tierra para los pastizales y acarrearía con ella lodo, arena, escombros, basura, y prácticamente todos los materiales que encuentra a su paso, por lo que el daño resultante sería de grandes magnitudes.

Para el caso del Huracán Hattie, las pérdidas en el país serían mucho mayores debido a un hipotético tsunami que las generadas por dicho huracán, debido en gran parte a que ese evento del año 1961 afectó mayormente a Belice, pero generó en el país algunas inundaciones repentinas que significaron algunas pérdidas económicas y 11 vidas perdidas, por lo que, en un tsunami las cifras serían mucho más elevadas en vidas perdidas, y en el monto económico que este desastre natural significaría.

Las lluvias torrenciales que generó el Huracán Adrián provocaron inundaciones repentinas que tuvieron un saldo de dos personas fallecidas, pero de cerca de 400,000 personas refugiadas debido a que viven en lugares que presentan alto riesgo, lo que nos demuestra lo vulnerable que es nuestra población a las inundaciones debido a las condiciones de vivienda, así como la localización de las mismas cerca de ríos o en laderas. Esto indica que, en el caso de ocurrir un evento de la magnitud de un tsunami, la cantidad de viviendas destruidas sería muy elevada y, por ende, el impacto económico de este evento sería de proporciones extremas, como lo demuestra el hecho de que en la simulación de inundación generada por un tsunami aplicada a los municipios de Iztapa y San José; cerca del 76.08% aproximadamente del área urbana

resultaría afectada, generando un costo de pérdida de Q 7,671,968,555.65 aproximadamente, dato que como se mencionó anteriormente, es muy conservador.

De una manera muy similar al Huracán Adrián, la Depresión Tropical 12E demostró los daños significativos que tienen las inundaciones en las poblaciones, ya que cerca de 28,000 viviendas resultaron afectadas, dato que incluso podría ser menor que el potencial daño generado por un tsunami, ya que este evento al ser simulado en los municipios de Iztapa y San José, demostró que solamente en estos lugares podrían presentar cerca de 21,311,023.7657 metros cuadrados aproximadamente de área urbana afectada, por lo que el daño a las viviendas sería demasiado elevado. También esta depresión tropical afectó fuertemente los ingresos agrícolas del país, debido a las fuertes lluvias, inundaciones y al exceso de agua, pero este evento también demostró que existe un daño más duradero que el impacto inicial de la catástrofe natural, ya que se generaron hongos, plagas y enfermedades en los lugares dedicados a la agricultura, situación que se repetiría en una gran escala al momento de ocurrir un tsunami en los municipios antes mencionados, ya que en el caso de las olas del tsunami, no solo existiría la contaminación de los cultivos por las inundaciones y los sedimentos, sino que también existiría una gran contaminación debido al agua salada que quedaría en grandes extensiones de tierra, así como el efecto que tendría la falta de luz solar en los cultivos hasta que el agua del mar sea retirada de estos lugares.

Es importante indicar los problemas que derivan del exceso de la sal en el suelo, ya que este fenómeno actualmente reduce la superficie irrigada entre un 1% y 2% anualmente en todo el mundo. La salinidad en los suelos es un problema que se genera por distintas razones, algunas naturales como las condiciones climáticas o la presencia de materiales que contengan una cantidad excesiva de sales, como es el caso con algunas rocas, pero también se puede dar de manera no natural como el riego prolongado utilizando agua con contenido de sales muy elevado, el mal manejo del riego en sectores con climas variados, o como en el caso analizado para este trabajo de investigación; la contaminación de agua salada debido a su transporte de otros lugares como en el caso de un tsunami. La presencia en abundancia de sal en el suelo puede limitar los cultivos, puede destruirlos, o puede no afectarlos de gran manera, esto depende del tipo del suelo que es contaminado y de las plantas o cultivos que se encuentran en ese lugar. Uno de los efectos producidos por la presencia de la sal es la compactación de los suelos, generando con esto un impedimento para las plantas en la absorción de agua y los nutrientes que en ella se encuentran. Si la sal es absorbida directamente en las hojas de las plantas, estas se ven debilitadas, haciéndolas muy vulnerables al ataque de bacterias o plagas. El contenido de las sales en el suelo se mide por medio de la conductibilidad del agua. Cada planta tiene diferente nivel máximo tolerable de acumulación de sal en el suelo, y esto indica el nivel de salinidad máxima que puede tener un suelo permitiendo a su vez que las raíces de dicha planta tengan la posibilidad de seguir absorbiendo agua para su desarrollo. Debido al análisis realizado en este documento, es importante resaltar que uno de los cultivos que presenta una mayor sensibilidad a la salinidad es el frijol. Algunos de los mejores métodos para corregir la salinización del suelo es la lixiviación, la cual consiste en la aplicación de una mayor cantidad de agua de la necesaria para las plantas, generando con esto que las sales se aparten de las raíces y se redirijan a los acuíferos, siempre y cuando el drenaje natural sea el suficiente. Otro método para corregir

este problema puede ser la inundación y el drenaje que, aunque este tiene un costo bastante elevado, pueden dejar al suelo en capacidades de cultivo nuevamente, permitiendo a los agricultores sembrar cultivos que toleren cierto grado de salinidad y que necesiten de una cantidad significativa de agua de riego, como es el caso del arroz, cultivo que también se encuentra en los municipios de Iztapa y San José.

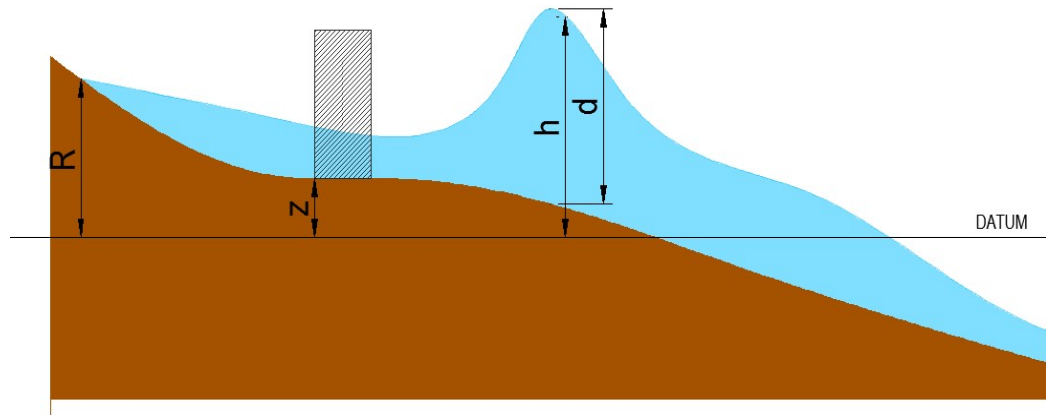
El Huracán Mitch podría dar una idea del nivel de pérdidas y de impacto en la población que tendría un tsunami en nuestro país debido a que para este evento climatológico se reportaron cerca de 60,000 viviendas afectadas, aunque incluso los daños provocados por este huracán en las áreas de vivienda, agricultura y ganadería podrían ser menores que los que tendría un evento de la magnitud destructiva de un tsunami, ya que este último genera daños masivos en la mayor parte de su recorrido tierra adentro, por lo que si bien un tsunami solo afecta las zonas costeras (en comparación con un huracán que puede afectar a un país completo), la destrucción en las zonas que se ven afectadas por su oleaje es casi total, generando así un impacto económico y social de magnitudes extremas.

El Huracán Stan también demuestra el impacto que podría tener un evento de la magnitud de un tsunami en el país, ya que este huracán se estima que generó costos de pérdida de cerca de Q 7,472,000,000.00, los cuales fácilmente se pueden relacionar con los Q 7,815,547,676.00 aproximadamente resultantes de la aplicación del costo de pérdida en los municipios de Iztapa y San José al determinar las zonas afectadas por un tsunami. Es muy importante tomar en cuenta que, en el análisis del tsunami, no se consideraron los daños y los costos de pérdida a los sectores de salud, educación, comercio, industria, turismo, carreteras y patrimonios culturales, entre otros, que sí se tomaron en cuenta en las estimaciones de los costos de pérdida generados por el Huracán Stan, por lo que el impacto económico de un tsunami tiene el potencial de ser aún mayor que el de dicho huracán que fue tan devastador para nuestro país y dejó grandes pérdidas para la economía.

Si bien la duración de la Tormenta Tropical Agatha fue relativamente corta, la destrucción que generó fue muy elevada al combinarla con los efectos causados por la erupción del Volcán de Pacaya. Entre todo el impacto que tuvieron estos dos eventos climatológicos, se puede observar que gran parte de los cultivos de la costa sur fueron seriamente afectados debido a inundaciones causadas por las lluvias torrenciales y por el desbordamiento de los ríos, así como también existieron grandes pérdidas en los criaderos de camarones. La mayor parte de estos daños se podría generar también en el caso de un tsunami, ya que, con la implementación del simulador de inundación en los municipios de Iztapa y San José, se observa la significativa extensión de tierra afectada dedicada a los cultivos, lo que representaría pérdidas económicas similares o incluso mayores en el caso de presentarse un tsunami en los municipios de Iztapa y San José, así como también se generaría un aumento en los precios de algunos productos comerciales, de la misma manera como sucedió con esta tormenta tropical, agravando el impacto económico que tienen las catástrofes naturales ya que en lugar de apoyar a los consumidores para que la economía se reactive, se genera que las personas pierdan más dinero en la búsqueda de la compra de productos necesarios pero que sufren escasez debido a la catástrofe natural.

X. Cargas producidas por un tsunami según fema p-545

Ilustración 155. Parametros de diseño para tsunamis.



Adaptado de (NTM, 2013) y (FEMA, 2008)

A. Parámetros hidrodinámicos y topográficos

Run-up o cota de inundación (R):

Es la diferencia entre la altura en la que se alcanza la máxima intrusión de agua. Es la altura topográfica máxima que alcanza la ola del tsunami referida al nivel medio del mar. Esto se debe a que el tsunami no se interrumpe en la orilla, si no penetra en tierra avanzando todo lo que las condiciones topográficas le permitan. (Yauri, 2008)

Cota de Terreno (z):

Elevación en el lugar de la estructura

Altura de inundación (h)

Profundidad de inundación (d):

Diferencia de altura entre la superficie libre de agua en cada punto y su respectiva altura del terreno tomando como referencia el Datum.

B. Fuerzas hidrostáticas

Las fuerzas hidrostáticas son las que fueron generadas por agua en reposo o con movimiento muy bajo. Esta carga actúa perpendicularmente sobre superficies planas. El cálculo de la fuerza hidrostática tiene una distribución triangular tal como se muestra en la Ilustración 155. Por lo que la resultante de dicha fuerza estará ubicada a un tercio de la altura medida desde la parte más profunda.

Si el panel del muro está completamente sumergido la fuerza hidrostática se calcula de la siguiente manera:

Ecuación 1

$$F_h = \frac{1}{2} \rho g b h^2$$

Donde:

F_h = fuerza hidrostática
 b = anchura del elemento expuesto
 h = altura del elemento expuesto
 ρ = Densidad del fluido
 g = aceleración gravitacional

d_{max} es la diferencia vertical entre la elevación del alcance de tsunami de diseño R y la elevación base del muro de la estructura

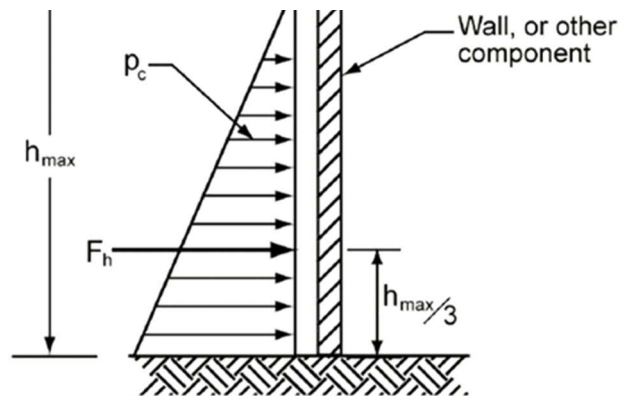
Ecuación 2

$$d_{max} = 1.3R - z$$

Donde:

z = Elevación en el lugar de la estructura
 R = Elevación máxima de alcance

Ilustración 156. Distribución de fuerzas hidrostática.



Fuente: (FEMA, 2008)

Esta fuerza es generada por un desequilibrio entre la presión la cual resulta de la diferencia de niveles de agua a cada lado del elemento. (Cordero & Castillo, 2015)

C. Fuerzas boyantes

La fuerza boyante o de flotación es una fuerza con orientación vertical. Es una fuerza ascendente neta de presión hidrostática que actúa sobre un objeto sumergido o parcialmente sumergido. La fuerza de flotación se debe al aumento de la presión en un fluido con la profundidad. El fluido ejerce una fuerza hacia arriba sobre el cuerpo sumergido en él por lo que esta fuerza tiende a levantar el cuerpo hacia arriba. Esto genera en las estructuras problemas de estabilidad ya que la estructura se vuelve propensa al volteo y desplazamiento. (FEMA, 2008)

Ecuación 3

$$F_b = \rho g V$$

Donde:

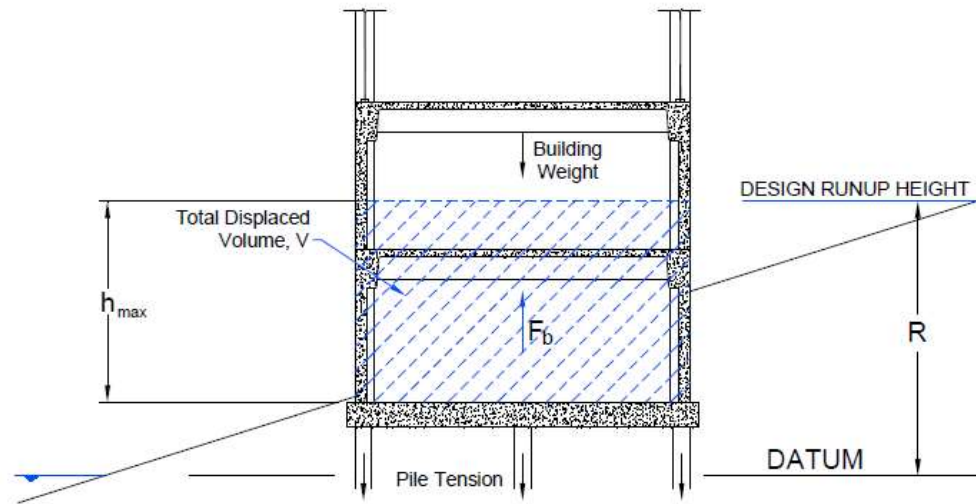
F_b = fuer boyante

V = volume de agua desplazado

ρ = Densidad del flujo

g = aceleracion gravitacional

Ilustración 157. Fuerzas Boyantes sobre edificios con niveles bajos.



Fuente: (FEMA, 2008)

D. Fuerzas hidrodinámicas

Las fuerzas hidrodinámicas también conocidas como fuerzas de arrastre son las inducidas por un flujo de agua que tiene determinada velocidad alrededor de las estructuras. Las fuerzas laterales generadas por la presión de la masa de agua en movimiento junto con la fricción del agua con la estructura tienen como resultado la fuerza hidrodinámica.

Entre los factores que intervienen para el análisis de las fuerzas hidrodinámicas son la velocidad de la ola y el coeficiente de arrastre. Este coeficiente depende la geometría intrínseca del elemento en el cual se está aplicando la fuerza. A diferencia de la presión hidrostática la aplicación de la presión se asume constante a lo largo de la profundidad por lo que la resultante se ubica a la mitad de la altura. (Cordero & Castillo, 2015)

Ecuación 4.

$$F_d = \rho b(hu^2)_{max}$$

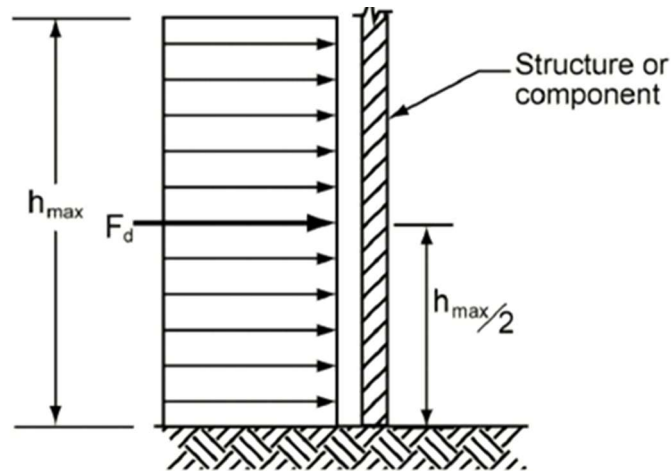
Donde:

F_d = fuerza de arrastre en dirección del flujo

ρ = Densidad del flujo

b = Ancho del elemento en plano normal a la dirección del flujo

Ilustración 158. Distribución de la fuerza hidrodinámica.



Fuente (FEMA, 2008)

La combinación hu^2 representa el flujo de momento por unidad de masa. Es importante distinguir que $(hu^2)_{max}$ es el flujo máximo por unidad de masa que ocurre en cualquier momento durante el tsunami. Es decir que la profundidad máxima del flujo h_{max} y la velocidad máxima del flujo u_{max} pueden no ocurrir en el mismo momento. (FEMA, 2008)

Ecuación 5.

$$(hu^2)_{max} = gR'^2(0.125 - 0.235\frac{z}{R'} + 0.11(\frac{z}{R'})^2)$$

Donde:

g = aceleración por gravedad

R' = elevación del alcance de diseño

z = Elevación en el lugar de la estructura

E. Fuerzas impulsivas

También conocida como fuerza de impacto de frente de ola. Las fuerzas impulsivas son cargas de corta duración que son generados por el impacto del tsunami contra la estructura.

Ecuación 6.

$$F_s = 1.5F_d$$

Donde:

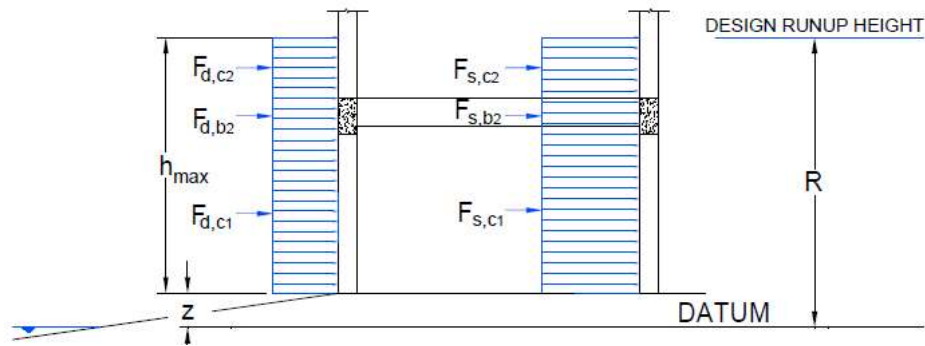
F_s = fuer de impacto de la ola

F_d = fuerza hidrodinámica

Las fuerzas impulsivas actuarán sobre los componentes estructurales en el flujo frontal de la ola del macareo del tsunami, mientras que las fuerzas hidrodinámicas actúan sobre los componentes que ya han sido impactados por el filo inicial. (FEMA, 2008)

La fuerza impulsiva se entiende como un golpe de frente y repentino sobre un elemento. Depende de la altura y velocidad del agua.

Ilustración 159. Fuerzas hidrodinámicas y de arrastre.



Fuente: (FEMA, 2008)

F. Fuerzas de impacto por escombros

La fuerza de arrastre de las olas tiene la capacidad de acarrear elementos grandes que llegan a chocar contra la estructura. Estas cargas generan esfuerzos importantes sobre la edificación y provocar daños estructurales e incluso el colapso. Para la modelación de la fuerza de impacto, esta se toma como una carga puntual actuando en determinado elemento estructural. (Cordero & Castillo, 2015)

Las fuerzas de impacto pueden ser una causa dominante de daños en estructuras. Resulta complicado estimar este tipo de fuerzas con exactitud.

Ecuación 7.

$$F_t = 2U_{max}\sqrt{km}$$

Donde:

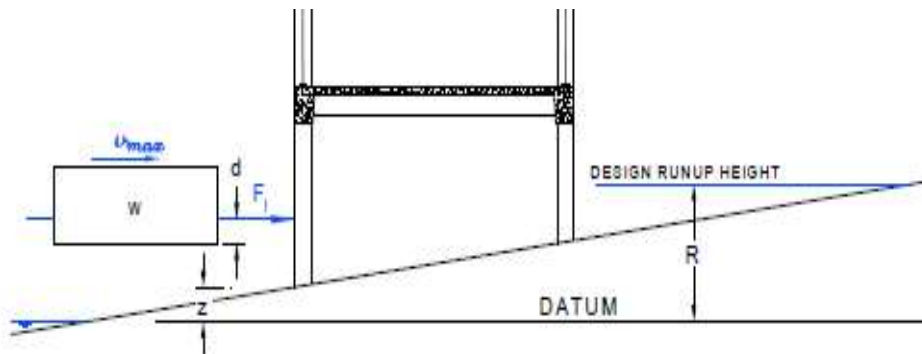
F_s = fuerza de impacto por escombros

U_{max} = velocidad máxima del flujo

m = masa efectiva de los escombros

k = rigidez efectiva de los escombros

Ilustración 160. Fuerza de impacto.



Fuente: (FEMA, 2008)

Para el análisis del impacto de las fuerzas por escombros se debe considerar la ubicación de la estructura y los posibles elementos que van a chocar. Es de esperarse que troncos, pilotes de muelles sean los elementos en pueblos costeros, sin embargo, para el caso áreas portuarias es de esperarse que los escombros sean contenedores e incluso yates o bahías pesqueros. (FEMA, 2008)

Tabla 37. Propiedades de masa y rigidez de escombros comunes.

Escombros	Masa (kg)	Rigidez efectiva N/m
Madera o troncos	450	2.4×10^6
Contenedores de carga estándar de 40 pies	3800 (vacío)	6.5×10^6
Contenedores de carga estándar de 20 pies	2200 (vacío)	1.5×10^6
Contenedores de carga pesada de 20 pies	2400 (vacío)	1.7×10^6

Fuente: (FEMA, 2008)

La magnitud de la fuerza depende de gran forma de la masa y la velocidad. Los escombros de menor tamaño y livianos se mueven a velocidades más altas que los escombros más pesados. Cuando no existe un modelo de simulación numérica la velocidad se puede estimar mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 8.

$$U_{max} = \sqrt{2gR'(1 - \frac{z}{R'})}$$

Donde:

g = aceleración por gravedad

R' = altura del alcance de diseño

z = elevación del suelo en la estructura

G. Formación de diques por escombros de agua

La formación de diques por escombros también conocida como embalses se considera como una fuerza hidrodinámica aumentada por el ancho del dique contra el frente de la estructura.

Ecuación 9.

$$F_{dm} = \rho B_D (hu^2)_{max}$$

Donde:

F_{dm} = fuerza hidrodinámica modificada

ρ = densidad del flujo

B_D = anch del dique de escombros

$(hu^2)_{max}$ = Fluj máximo por unidad de masa

La formación de diques representa la acumulación de escombros a través del marco estructural, la fuerza de formación de diques total probablemente va a ser resistida por varios componentes estructurales. La fuerza F_{dm} actuará como una carga uniformemente distribuida a lo largo del dique de escombros.

H. Fuerza de levantamiento

Adicionalmente a las cargas gravitacionales las estructuras deben estar diseñadas para resistir las fuerzas de flotación e hidrodinámicas. Cuando se calcula las fuerzas boyantes sobre un piso se debe considerar el posible aumento en la flotación debido al volumen de agua desplazado por aire atrapado bajo el sistema de enmarcado del piso. La fuerza boyante ascendente total ejercida se estima con la siguiente ecuación. (FEMA, 2008)

Ecuación 10.

$$F_b = \rho g A_f h_b$$

Donde:

F_b = fuerza boyante

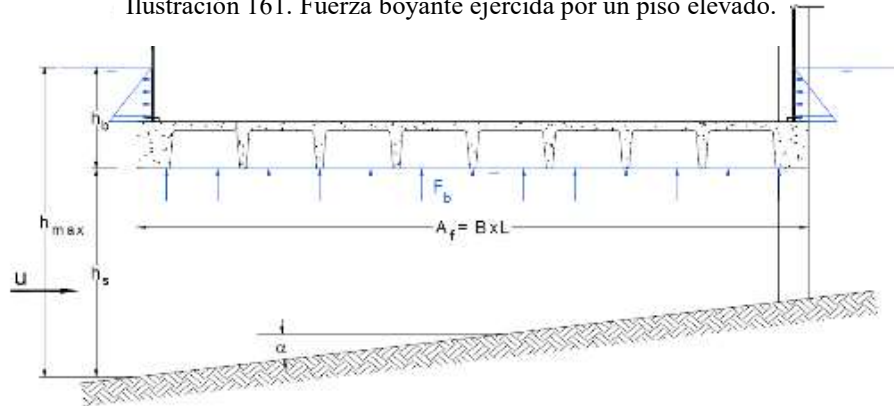
A_f = área del panel de piso

h_b = altura del agua desplazada por el piso.

ρ = densidad del flujo

g = aceleración gravitacional

Ilustración 161. Fuerza boyante ejercida por un piso elevado.



Fuente: (FEMA, 2008)

Es importante que también se consideren las fuerzas hidrodinámicas dado que ocasiona fuerzas de levantamiento importantes. Cuando existen muros estos impiden el paso de agua lo que se ha demostrado que se generan fuerzas de levantamiento. Por esta razón se recomienda minimizar la obstrucción al flujo en los niveles bajos.

Ecuación 11.

$$F_u = \frac{1}{2} C_u \rho A_f u^2_v$$

Donde:

F_u = fuer hidrostática de levantamiento

C_u = coeficiente de arrastre (3)

ρ = Densidad del flujo

A_f = área del panel de piso

Ecuación 12.

$$u_v = u \tan(\alpha)$$

Donde:

u = velocidad horizontal del flujo correspondiente a la profundidad de agua

α = grado promedio de la pendiente del lugar

I. Fuerza por sobrecarga gravitacional

El agua retenida en pisos superiores puede agregar cargas gravitacionales que excedan las cargas tomadas en cuenta para el diseño.

Ecuación 13.

$$F_r = \rho g h_r$$

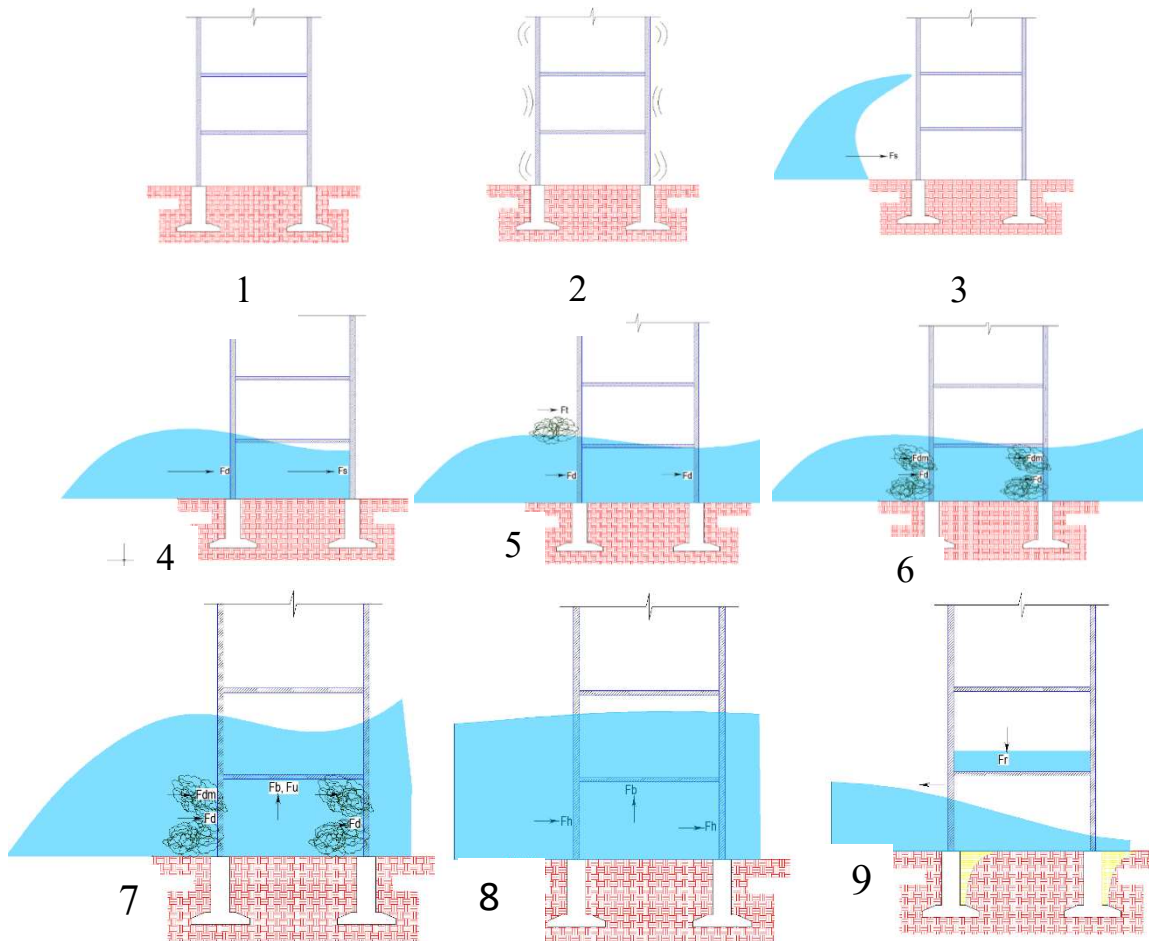
Donde:

F_r = carg gravitacional adicional

h_r = profundidad de agua retenida

ρ = densidad del flujo

Ilustración 162. Proceso de cargas aplicadas.



Fuente: Elaboración Propia (Esquemas realizados con base al estudio del Ingeniero Arturo Mas)

1. Estructura con h cantidad de pisos
2. La estructura es sometida a las acciones sísmicas. Requiere diseño sismo resistente
3. Al momento que el tsunami irrumpe la estructura se consideran las fuerzas de impulso F_s .
4. El borde de la ola avanza produciendo fuerzas de impulso F_s y a su paso fuerzas hidrodinámicas F_d en los elementos anteriores
5. Se producen impactos de escombros F_t .
6. Los escombros en los elementos estructurales producen fuerzas de embalse F_{dm} .
7. La altura de inundación aumenta cubriendo los primeros niveles y generando fuerzas de empuje y verticales (F_b y F_u)
8. Cuando el flujo se vuelve estacionario la velocidad es constante o aproximadamente cero. Entonces se consideran las fuerzas hidrostáticas y de empuje. (F_h y F_b)
9. Cuando se produce la salida del flujo, generalmente ocurre erosión y licuefacción del suelo. También se debe considerar la acumulación de agua en pisos superiores como sobre carga (F_r).

J. Combinaciones de cargas

Las combinaciones de cargas previstas en la norma (NTM, 2013) se aplicarán a la estructura y componentes estructurales de tal manera que el efecto combinado de carga a cargas y tensiones máximas sobre estructuras. Al igual que las combinaciones de carga para viento y sismo, es necesario que se analicen las posibles configuraciones de carga a las que pueden estar sometidas las estructuras ante un sismo. (Cordero & Castillo, 2015)

- Cargas muertas: utilizar el 100%
- Cargas vivas: no se utilizarán cuando ello resulte una condición menos favorable.
- Cargas sísmicas: No es necesario considerarlas combinadas con las cargas producto de un tsunami cuando este sea de campo lejano, sin embargo, para zonas de tsunami con campo cercano debe tomarse en cuenta el sismo. (NTM, 2013)

No todos los efectos del tsunami ocurren al mismo tiempo como se observa en la ilustración 23. Por esta razón es importante considerar las posibles combinaciones de carga a las que la estructura va a ser sometida tanto globalmente como a componentes estructurales individuales.

K. Cargas aplicadas a la estructura en conjunto

- El levantamiento debido a flotación F_b y el levantamiento hidrodinámico F_u generan en la estructura un efecto de reducción del peso. La flotación y el levantamiento apropiados para el nivel de inundación de diseño debe considerarse en todas las combinaciones de carga.
- Las fuerzas de impulso F_s son cargas de corta duración causados por el impacto inicial de la ola sobre la estructura. Conforme avance la ola las fuerzas de impulso se aplicarán a todos los componentes de manera secuencial no simultáneas, por lo que al avanzar el flujo los componentes dejarán de experimentar una fuerza de impulso y serán sometidos a una fuerza de hidrodinámica de arrastre F_d . Las fuerzas hidrodinámicas horizontales, será entonces la combinación de las fuerzas de impulso sobre los componentes frontales y las fuerzas de arrastre en todos los componentes previamente sumergidos.
- Las fuerzas de impacto F_i son cargas de corta duración. Estas fuerzas deben ser combinadas con las fuerzas hidrodinámicas de arrastre F_s , dado que los objetos flotantes no son cargados por el filo frontal del oleaje. Es poco probable que ocurran dos o más impactos en una estructura por lo que se debe considerar la ocurrencia de un impacto en cualquier momento y la estructura debe estar diseñada para resistir esta fuerza de impacto en combinación con otras cargas exceptuando las fuerzas de impulso F_i .
- La formación de dique por escombros F_{dm} , tiene el efecto de aumentar el área expuesta a cargas hidrodinámicas. Esta fuerza se debe considerar que actúa en el lugar más perjudicial de la estructura mientras que las hidrodinámicas actúan sobre los otros componentes.

- Para el diseño de sistemas de pisos resistentes a los posibles efectos del agua retenida F_r , puede llevarse a cabo independientemente de las cargas laterales sobre la estructura. (FEMA, 2008)

L. Combinaciones de fuerzas de tsunami en componentes individuales

Las fuerzas de tsunami se combinan sobre componentes estructurales individuales de la siguiente forma:

- Las fuerzas de impulso F_s , debido al filo frontal del oleaje de tsunami para el momento de flujo máximo (hu^2_{max})
- Fuerza hidrodinámica de arrastre F_d más impacto de escombros F_i , en en lugar más crítico del componente.
- La formación de diques por escombros F_{dm} , debido a un dique de escombros de al menos 40 pies de ancho causando la pero carga posible sobre un componente.
- Presión hidrostática F_h , sobre muros que rodean áreas a prueba de agua en la estructura.

Los levantamientos de componentes de enmarcado de pisos deben considerarse las siguientes combinaciones

- Flotación F_b de componentes de enmarcado de pisos sumergidos incluyendo los efectos del aire atrapado y de vigas o muros volcados para h_{max} .
- Levantamiento hidrodinámico F_u , debido al alza rápida del agua, para una velocidad de flujo a una profundidad igual a sofito del sistema de pisos.
- Caso de levantamiento máximo: La más grande de las cargas mencionadas arriba combinada con una carga inerte de 90% y 0% de carga viva sobre el sistema de pisos, para el diseño resistente a fallas de levantamiento de planchas de pisos, vigas y conexiones. (FEMA, 2008)

En la sección 2.5 de (ASCE, 2010) se encuentran las combinaciones de carga para eventos extraordinarios. La ecuación 2.5-1 del ASCE 7-10 es la siguiente: $(0.9 \text{ o } 1.2)D + A_k + 0.5L$. Esta combinación se utiliza para revisar la capacidad de una estructura a resistir el efecto de una carga extraordinaria. Sin embargo, para consideraciones de diseño en tsunamis se tomará la recomendación de FEMA en donde se considera que la estructura estará completamente cargada con una carga viva de agrupación en el lugar de refugio y el resto de las áreas de piso tengan una carga viva reducida del 25% del diseño. Por lo que la combinación será:

- $1.2D + 1.0T_s + 1.0 L_{ref} + 0.25L$
- $0.9D + 1.0T_s + 1.0 L_{ref} + 0.25L$

Como recomendación de FEMA se tomará una tercera ecuación para el análisis. Esta ecuación tiene efecto cuando los efectos de las cargas de gravedad están en oposición a los efectos de la carga de tsunami

- $1.2D + 1.0T_s$

Donde:

$D = \text{Carga Muera}$

$T_s = \text{Carga de Tsunami}$

$L_{ref} = \text{Carga de agrupación}$

$L = \text{Carga viva}$

La carga de ocupación representa un límite máximo práctico para la densidad máxima de los desalojados en el área de refugio.

El factor 1 que acompaña las cargas por tsunami se considera debido a que se anticipa el nivel de peligro en base al tsunami máximo considerado será consistente con el período de retorno de 2,500 años asociado al terremoto máximo considerado en el diseño sísmico. Además, se considera una variación del 30% en las elevaciones de alcance y fuerzas calculadas y, por último, es importante tener en cuenta que las fuerzas de tsunami consideran solo las respuestas elásticas de los componentes, cosa que no sucede con el diseño sísmico.

Es poco probable la ocurrencia de un sismo junto con la inundación máxima de tsunami, por esta razón no se consideran las cargas sísmicas combinadas con las cargas de tsunami. (FEMA, 2008)

XI. Análisis de un modelo estructural resistente a un tsunami

La capacidad de resistencia que tenga una estructura que se encuentre en las cercanías de la zona costera o que este propensa a inundaciones es importante para resguardar la vida de las personas. Una estructura es capaz de soportar las fuerzas inducidas por un tsunami puede servir entonces como un refugio de evacuación vertical. Es importante tener en consideración que las estructuras en primera instancia deben ser capaces de soportar un sismo que puede ocurrir previo a un tsunami.

A. Características de la estructura

Para determinar el tamaño de una estructura de desalojo vertical se debe considerar la población, espaciamiento y cantidad de estructuras de desalojo vertical en el área. El modelo se propondrá para el puerto San José tomando en cuenta características propias del lugar.

Para definir el espaciamiento para el tamaño final de la estructura es importante tener en cuenta que el diseño está pensado para funcionar como un refugio con un tiempo de ocupación máximo de 24 horas en lo que ocurre el tsunami, es decir que se proporcionara techo y abrigo a las víctimas de una emergencia o desastre mientras los refugiados se trasladan a un alojamiento o albergue temporal. Con base en esta suposición se estima un índice de ocupación de 38 pies²/ persona. (CONRED) La estructura propuesta tiene la capacidad de albergar entonces, bajo la cota máxima de inundación, alrededor de 370 personas.

En cuanto a la cantidad de estructuras de desalojo vertical en el área de estudio cabe aclarar que no existen. La municipalidad actualmente atiende las demandas de gestión de riesgo de los habitantes del Municipio de San José mediante albergues que se encuentran distribuidos en varios puntos. De los albergues existentes 2 son de la municipalidad y 8 de comunidades organizadas con COCODES. (Hernandez L. C., 2014)

B. Diseño

El edificio fue diseñado bajo los códigos ACI 318-14, ASCE 7-10 Estándar “Minimum Design loads for Buildings and Other Structures”, AGIES NSE 2-10 “Demandas estructurales, condiciones de sitio y niveles de protección” y el manual FEMA P-545 “Guías para el diseño de estructuras de desalojo vertical en caso de Tsunami”. Las consideraciones de materiales para este prototipo fueron: esfuerzo de compresión del concreto a 28 días (f'_c) de 4000 psi, densidad del concreto (γ) 150 pcf y esfuerzo a fluencia del acero (f_y) de 60,000 psi. El modelo estructural se realizó utilizando hojas de cálculo en Mathcad y Excel, y softwares de diseño estructural Etabs 2009 y Staad Pro V8i.

El diseño de la estructura se realizó bajo consideraciones sísmicas con el fin de evaluar si bajo las cargas de un tsunami, el diseño obtenido, resulta suficiente y permite que la estructura no falle ante las cargas

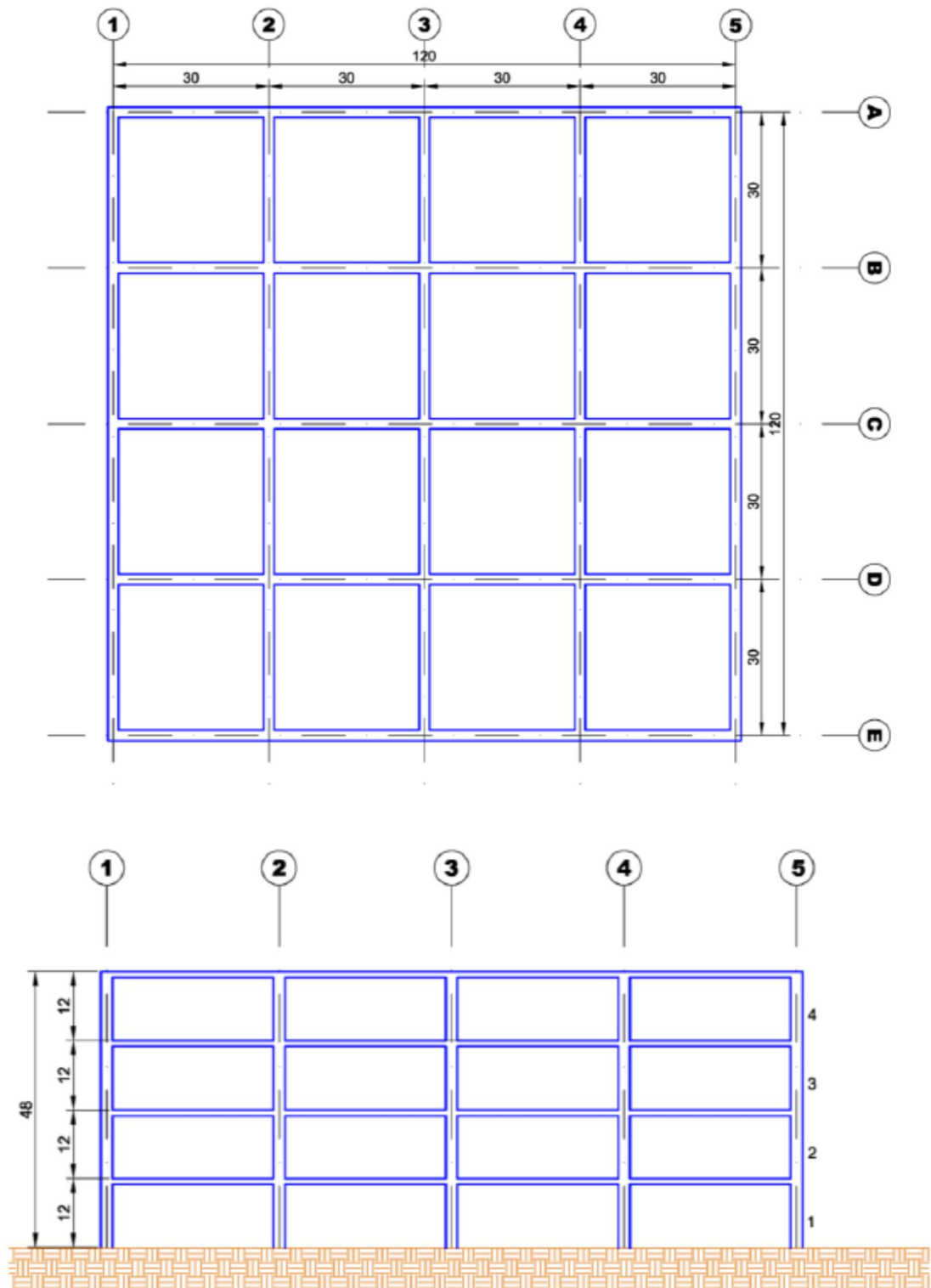
por tsunami. Aunque en nuestro medio el viento no presenta fuerzas críticas sobre la estructura se consideró lo siguiente: En el puerto San José la velocidad básica del viento según AGIES es de 68.35mph con una categoría de exposición D. (Ver anexo 2)

La estructura consiste en un edificio de concreto con un área en planta de 14400 pies² y 4 niveles los cuales tienen una altura de 12 pies cada uno, obteniendo así una altura total de 48 pies. El proyecto reside en Puerto San José, Escuintla, por lo que los parámetros de aceleración utilizados fueron $S_s=1.65$ y $S_1=0.55$, según (AGIES, 2010). El sistema de resistencia lateral consiste en un sistema de marcos a momento en ambos sentidos diseñados bajo una categoría de diseño sísmico (CDS) D. Debido a la categoría utilizada, el código ASCE – 10 limita el diseño a marcos *especiales* a momento, por lo que la edificación fue diseñada bajo esta consideración. La diferencia entre marcos ordinarios y especiales radica en la cantidad de acero de refuerzo el cual le proporciona la ductilidad necesaria a la estructura ante un evento sísmico.

Los efectos de erosión y deslizamiento no fueron considerados, dado que el modelo propuesto es hipotético y no dispone de información para el diseño de cimientos. Sin embargo, en los diseños estructurales actuales es un factor que sí debe ser considerado, analizado y diseñado para evitar una falla en las cimentaciones.

Como no existen registros de tsunamis previos en Guatemala se utilizarán como referencia los datos del Tsunami ocurrido en Nicaragua en 1992. La ola alcanzó entre 4 y 10 metros de altura y fue causada por un sismo de magnitud $M_w = 7$ muy fuerte en el fondo del océano, causado por la interacción de las placas de cocos y del Caribe (fenómeno bastante común en Guatemala). Como se mencionó anteriormente, para que una estructura vertical sea efectiva es importante que el área donde estarán albergadas las personas se ubique sobre el nivel máximo de inundación. Se recomienda que la altura de diseño sea 1.3 veces la cota máxima de inundación más 3 metros adicionales. El Run Up o cota de inundación (R) registrada en el Tsunami de Nicaragua de 1992 fue entre 13 y 20 ft. (Shiki, Tsuji, & Minoura, 2008). Considerando la cota máxima de inundación 20 pies (6 metros) y una elevación en el lugar de la estructura de 4.5 pies (1.37 metros), la altura recomendable para que se localice el área de refugio deberá ser mayor a 31.5 pies (9.6 metros).

Ilustración 163. Planta típica y elevación del edificio de 4 niveles



Fuente: Elaboración Propia

1. Integración de la carga de tsunami

Datos

Elevación máxima del alcance $R = 20 \text{ pies (6 metros)}$ Elevación en el lugar de la estructura $z = 4.5 \text{ pies (1.37 metros)}$ Altura de alcance de diseño $R' = 1.3 * R = 26 \text{ pies (7.93 metros)}$ Profundidad de inundación $d = R' - z = 21.5 \text{ pies (6.55 metros)}$ Altura adicional $f = 10 \text{ pies (3 metros)}$

Es recomendable que el área de refugio se localice a una altura mayor a

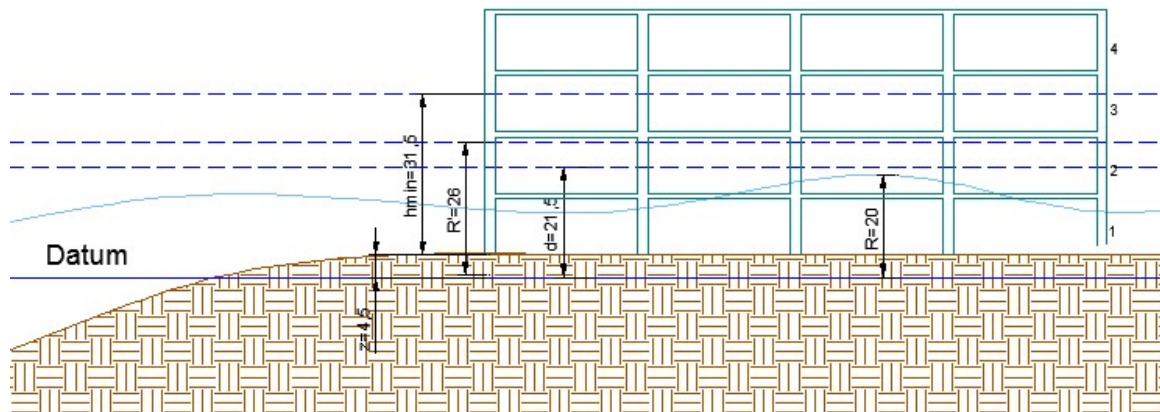
$$h_{min} = d + f = 31.5 \text{ pies (9.6 metros)}$$

Altura por Nivel $H = 12 \text{ pies (3.65 metros)}$

Densidad del agua de mar considerando sedimentos

$$\rho = 75 \frac{lb}{ft^3} (1200 \frac{kg}{m^3})$$

Ilustración 164. Parámetros de diseño contra tsunami para la estructura propuesta



Fuente: Elaboración Propia

Es importante aclarar que se asumió un terreno plano, por lo que la cota de inundación máxima (R) y la altura de inundación (h) tienen el mismo valor. De igual forma hay que tener en cuenta que dadas las recomendaciones dadas por FEMA respecto a utilizar el 30% más para el diseño, el valor (d), fue calculado utilizando el valor d_{max} utilizando la ecuación 3. Es importante considerar la orientación de la estructura ya que juega un papel importante al momento de contrarrestar las cargas inducidas por un tsunami, en este caso la estructura es simétrica tanto en el eje x como en el eje y y por lo que la orientación no influye en la cantidad

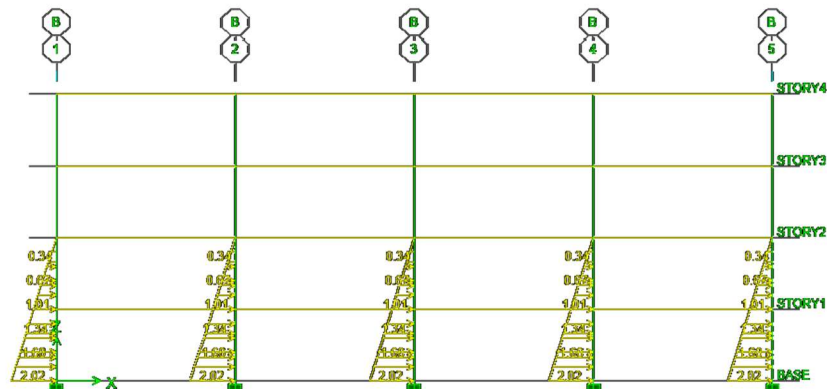
de elementos expuestos a las cargas del tsunami. También es recomendable que en los primeros niveles no existan elementos que obstruyan el flujo de agua, ya que la presencia de los mismos aumenta el área expuesta y las fuerzas crecen generando mayores cargas sobre la estructura.

a. Fuerzas hidrostáticas

$$F_h = \frac{1}{2} \rho g b d^2 = 52 \text{ kips; } b=36''$$

$$F_h = \frac{Fh}{d} = 2.0419 \frac{\text{kip}}{\text{pie}} = 3.6 \frac{\text{ton}}{\text{m}}$$

Ilustración 165. Fuerza hidrostática aplicada a la estructura



Fuente: Elaboración Propia

b. Fuerza boyante

$$F_b = \rho g V = 23220 \text{ kip}$$

$$F_b = \frac{F_b}{\text{Area}} = 1.613 \frac{\text{kip}}{\text{pie}^2} = 1.613 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

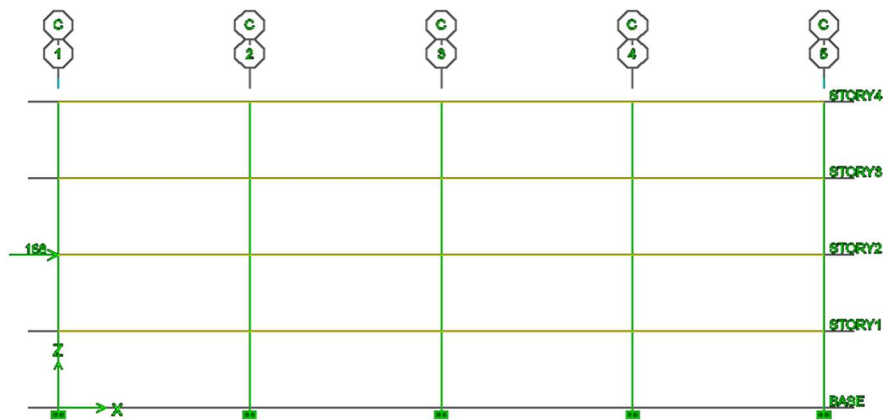
La fuerza boyante fue únicamente aplicada a la losa del primer nivel el cual es el que está sujeto a inundación total.

c. Fuerza hidrodinámica

$$(hu^2)_{\max} = g * R'^2 * (0.125 - 0.235 \frac{z}{R'} + 0.11 \left(\frac{z}{R'} \right)^2) = 1907 \frac{\text{pie}^3}{\text{s}^2}$$

$$F_d = \rho b (hu^2)_{\max} = 13.327 \text{ kip}$$

Ilustración 167. Fuerza de impacto aplicada a la estructura



Fuente: Elaboración Propia

La fuerza de impacto fue aplicada al centro de la estructura, es decir sobre el eje c en el nivel 2 el cual está aproximadamente a la altura de inundación.

f. Fuerza por sobre carga gravitacional

$$h_r = 1\text{pie} = 0.3\text{ metros}$$

$$F_r = \rho * g * h_r = 75 \frac{\text{lb}}{\text{pie}^2} = 0.37 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

La fuerza por sobre carga ocurre debido a la posible acumulación de agua en los pisos inferiores. Se asumió que la altura de agua acumulada fue de 1 pie.

2. Análisis general de la estructura. Para el diseño de los marcos principales se modeló una estructura tridimensional en ETABS. Las columnas y vigas fueron modeladas con apoyos empotrados en sus conexiones al igual que los cimientos en el primer nivel.

El análisis sísmico se basó en los parámetros que se pueden ver en el anexo 1. Para la aplicación de fuerzas de tsunami se consideraron 4 escenarios más críticos los cuales fueron los siguientes

- Fuerzas hidrodinámicas (Fd) en los elementos que ya han pasado la ola y fuerza impulsiva (Fs) en los siguientes conforme avanza la ola.
- Fuerzas de impacto por escombros (Ft) y fuerzas hidrodinámicas (Fd) en los demás elementos. Solo se consideró impacto por troncos, dado que en Puerto San José la probabilidad de que la estructura se vea impactada por un contenedor es casi nula. La fuerza de impacto se aplicó como una carga puntual actuando a la altura de inundación.
- Fuerzas hidrostáticas (Fh) y boyantes (Fb)

- Fuerza por sobre carga (Fr).

Se analizaron 4 distintos escenarios para las cargas por tsunami, ya que no todas las cargas ocurren al mismo tiempo. La cota de inundación utilizada es de $R' = 26$ pies, es decir que el primer nivel está completamente sumergido, mientras que el segundo nivel es el que recibe las fuerzas de impacto por escombros. Las fuerzas laterales entonces, son aplicadas únicamente a los dos primeros niveles como se mostró en las ilustraciones anteriores.

Las combinaciones de carga utilizadas fueron:

Sismo y viento:

- 1.4D
- 1.2 D + 1.6 L
- 1.2D + 1.0W + L
- 1.2D + 1.0E + L
- 0.9D + 1.0W
- 0.9D + 1.0E
- $(1.2+0.2Sds)DL + LL + E$

Tsunami:

- $1.2 D + F_d + F_s + L_{ref} + 0.25L$
- $1.2 D + F_t + F_d + L_{ref} + 0.25L$
- $1.2 D + F_h + F_b + L_{ref} + 0.25L$
- $1.2 D + F_r + L_{ref} + 0.25L$
- $0.9 D + F_d + F_s + L_{ref} + 0.25L$
- $0.9 D + F_t + F_d + L_{ref} + 0.25L$
- $0.9 D + F_h + F_b + L_{ref} + 0.25L$
- $0.9 D + F_r + L_{ref} + 0.25L$
- $1.2 D + F_d + F_s$
- $1.2 D + F_t + F_d$
- $1.2 D + F_h + F_b$
- $1.2 D + F_r$

El primer paso fue el chequeo de derivas y estabilidad de la estructura. Para el caso sísmico se revisó la estructura en ambas direcciones, es decir sismo en x y sismo en y.

Tabla 38. Revisión de derivas bajo carga sísmica

Dirección X							
Nivel	hi, ft	Despl, in	δ , in	δ Cd / Ie, in	$\Delta p = 0.015hi$, in	Rel Der	Torsión
4.00	12.00	1.213	0.25	0.91	2.16	0.42	0.94465
		1.126	0.22	0.81	2.16	0.37	
3.00	12.00	0.965	0.35	1.30	2.16	0.60	0.97841
		0.906	0.34	1.24	2.16	0.58	
2.00	12.00	0.611	0.39	1.42	2.16	0.66	0.96398
		0.567	0.36	1.32	2.16	0.61	
1.00	12.00	0.223	0.22	0.82	2.16	0.38	0.96397
		0.207	0.21	0.76	2.16	0.35	
Dirección Y							
Nivel	hi, ft	Despl, in	δ , in	δ Cd / Ie, in	$\Delta p = 0.015hi$, in	Rel Der	Torsión
4.00	12.00	1.142	0.23	0.85	2.16	0.39	0.95711
		1.232	0.25	0.93	2.16	0.43	
3.00	12.00	0.909	0.34	1.23	2.16	0.57	0.96549
		0.978	0.36	1.32	2.16	0.61	
2.00	12.00	0.574	0.36	1.34	2.16	0.62	0.96494
		0.617	0.39	1.44	2.16	0.67	
1.00	12.00	0.209	0.21	0.77	2.16	0.35	0.96462
		0.225	0.22	0.82	2.16	0.38	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 39. Revisión de estabilidad de la estructura bajo cargas sísmicas

Dirección X					
hs, in	Δ , in	P, kips	V, kips	θ	$\theta < 0.1$
144.00	1.21	1,677.60	767.00	0.005023	OK
144.00	0.97	3,355.20	1,353.00		
144.00	0.61	5,032.80	1,745.00	0.003336	OK
144.00	0.22	6,710.40	1,922.00		
Dirección Y					
hs, in	Δ , in	P, kips	V, kips	θ	$\theta < 0.1$
144.00	1.23	1,677.60	767.00	0.005102	OK
144.00	0.98	3,355.20	1,353.00		
144.00	0.62	5,032.80	1,745.00	0.003370	OK
144.00	0.22	6,710.40	1,922.00		

Fuente: Elaboración Propia

Las derivas son un elemento básico en el proceso del diseño estructural; están asociadas con las deformaciones inelásticas de los elementos estructurales y no estructurales, estabilidad global de la estructura y daño a elementos no estructurales. En el caso de las cargas de tsunami las derivas no resultaron críticas, sin embargo, hay que considerar que ante la ocurrencia de un tsunami los elementos no estructurales expuestos a fuerzas de impacto, fuerzas hidrostáticas e hidrodinámicas entre otros van a sufrir severos daños por la capacidad de arrastre y fuerzas que ejerce el fluido sobre ellos.

Cabe mencionar que no existen parámetros de diseño de derivas para cargas de tsunami, por lo que se utilizó el mismo procedimiento sísmico con el fin de obtener un punto de comparación. Las derivas con cargas de tsunami solo se analizaron en la dirección del flujo, es decir en la dirección X.

Tabla 40. Revisión de derivas bajo carga de tsunami Ft + Fd, Ft sobre eje C

<i>Dirección X</i>							
Nivel	hi, ft	Despl, in	δ , in	δ Cd / Ie, in	$\Delta p = 0.015h_i$, in	Rel Der	Torsión
4.00	12.00	0.1028	0.01	0.02	2.16	0.01	1.00000
		0.1028	0.01	0.02	2.16	0.01	
3.00	12.00	0.0967	0.02	0.06	2.16	0.03	1.00000
		0.0967	0.02	0.06	2.16	0.03	
2.00	12.00	0.0790	0.04	0.16	2.16	0.07	1.00000
		0.0790	0.04	0.16	2.16	0.07	
1.00	12.00	0.0356	0.04	0.13	2.16	0.06	1.00000
		0.0356	0.04	0.13	2.16	0.06	

Fuente: Elaboración Propia

Como observa en las tablas anteriores, las derivas más altas ocurren en los primeros niveles los cuales son lo que reciben toda la carga del tsunami. Sin embargo, no resultan valores críticos que afecten la integridad de la estructura. Por ende, las fuerzas laterales de tsunami no afectan la estabilidad ni desplazamiento de la estructura.

Mediante el modelo realizado en ETABS se calculó que el desplazamiento máximo de la estructura en dirección del flujo del tsunami es de 1.2113 pulg para fuerzas sísmicas y de 0.1028 pulg para fuerzas de tsunami. El desplazamiento máximo bajo cargas de tsunami se obtuvo del escenario 2, es decir de la combinación de fuerza de impacto por escombros y la fuerza hidrodinámica. El desplazamiento máximo de tsunami es 8.49% del desplazamiento sísmico, es decir que las fuerzas por tsunami no producen desplazamientos significativos en la estructura. Hay que tener en cuenta que las cargas sísmicas son inerciales y están en función de la altura, mientras que las cargas de tsunami no dependen de las propiedades inerciales de la estructura si no de su resistencia.

Es importante notar que la torsión generada por cargas de tsunami fue 1. Esto sucede debido a que la aplicación de las cargas es totalmente simétrica en el caso de la combinación utilizada donde se incluyó la fuerza de impacto por escombros y las fuerzas hidrodinámicas. La fuerza de impacto fue aplicada al centro de la estructura, sin embargo, esta fuerza ocurre a lo largo de toda la cara frontal del edificio entonces este valor si se vería afectado. La siguiente tabla presenta las derivas obtenidas para la misma combinación Ft + Fd, con la carga de impacto por escombros aplicada al eje A.

Tabla 41. Revisión de derivas bajo carga de tsunami Ft + Fd, Ft sobre eje A

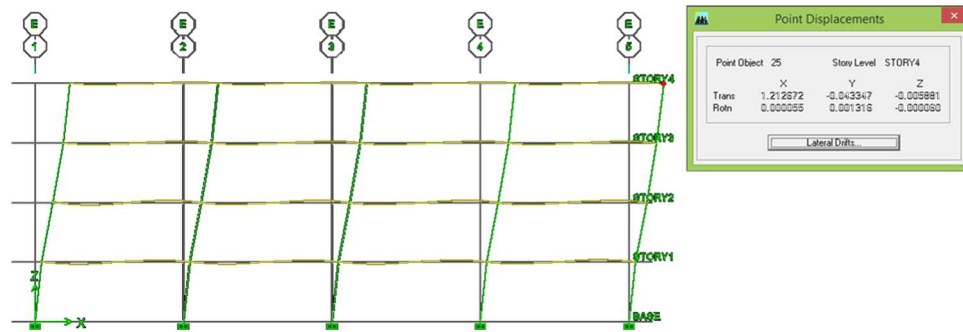
<i>Dirección X</i>							
Nivel	hi, ft	Despl, in	δ , in	δ Cd / Ie, in	$\Delta p = 0.015hi$, in	Rel Der	Torsión
4.00	12.00	0.1025	0.01	0.02	2.16	0.01	0.71162
		0.2220	0.01	0.05	2.16	0.02	
3.00	12.00	0.0965	0.02	0.06	2.16	0.03	0.71540
		0.2078	0.04	0.15	2.16	0.07	
2.00	12.00	0.0789	0.04	0.16	2.16	0.07	0.72672
		0.1669	0.10	0.35	2.16	0.16	
1.00	12.00	0.0353	0.04	0.13	2.16	0.06	0.74926
		0.0708	0.07	0.26	2.16	0.12	

Fuente: Elaboración Propia

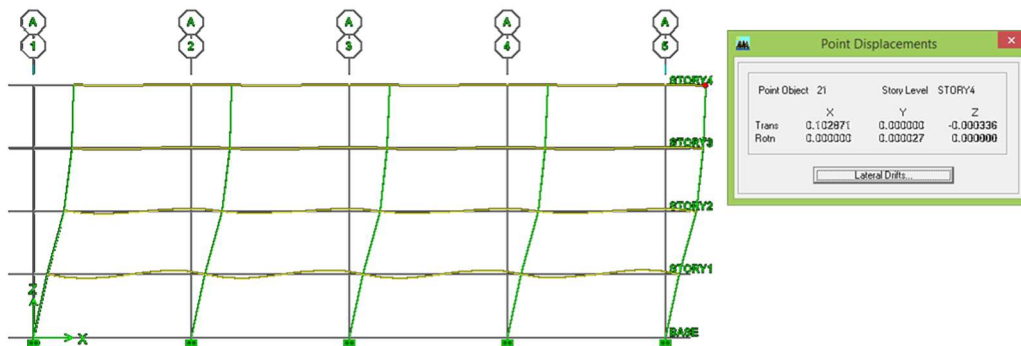
Las estructuras de concreto han tenido un comportamiento satisfactorio luego de sufrir fuertes aceleraciones debido al sismo y altas cargas laterales de un tsunami. Las edificaciones de concreto debido a la alta resistencia que poseen los efectos de estabilidad y derivas de la estructura no se ven afectados. Generalmente los daños son locales en ciertos elementos debido a fuerzas de impacto y dependiendo del nivel de inundación, pueden sufrir daño las losas y vigas sujetas a fuerzas de levantamiento. La ventaja del concreto es que por el peso resulta ser una estructura estable caso contrario como suele suceder en las estructuras livianas como acero y madera en donde la construcción es más susceptible a sufrir deformaciones y colapsar.

Por otro lado, en las ilustraciones 168 y 169 se puede ver el distinto modo de deformación de la estructura. Las cargas de tsunami son aplicadas únicamente a los primeros dos niveles donde existe inundación, es por eso que se aprecia una mayor deformación en los dos primeros niveles, mientras que los desplazamientos en el tercer y cuarto nivel se mantiene.

Ilustración 168. Deformaciones sismo en X sobre el eje E



Fuente: Elaboración Propia

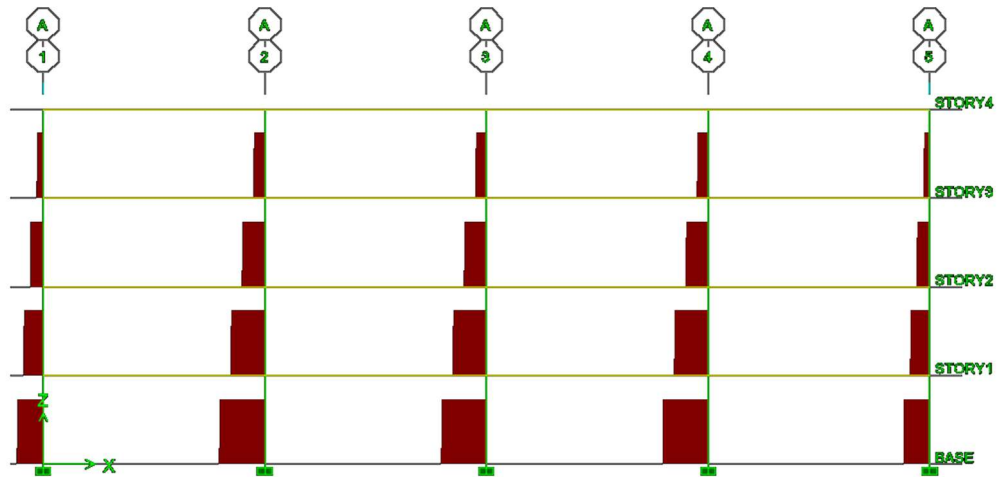
Ilustración 169. Deformación de la estructura $F_t + F_d$ sobre el eje A

Fuente: Elaboración Propia

Para terminar, es importante recordar que, para disminuir las fuerzas de un tsunami actuantes sobre una estructura, se deben considerar características estructurales como las áreas expuestas. Los niveles inferiores deben permitir el paso fácil del flujo de agua para reducir el impacto de las olas y mejorar la capacidad de soporte de carga de la estructura. Sin embargo, uno de los problemas que genera el hecho de tener los primeros niveles con paso de flujo son las grandes fuerzas boyantes que se generan y afectan a las losas y vigas de dichos niveles.

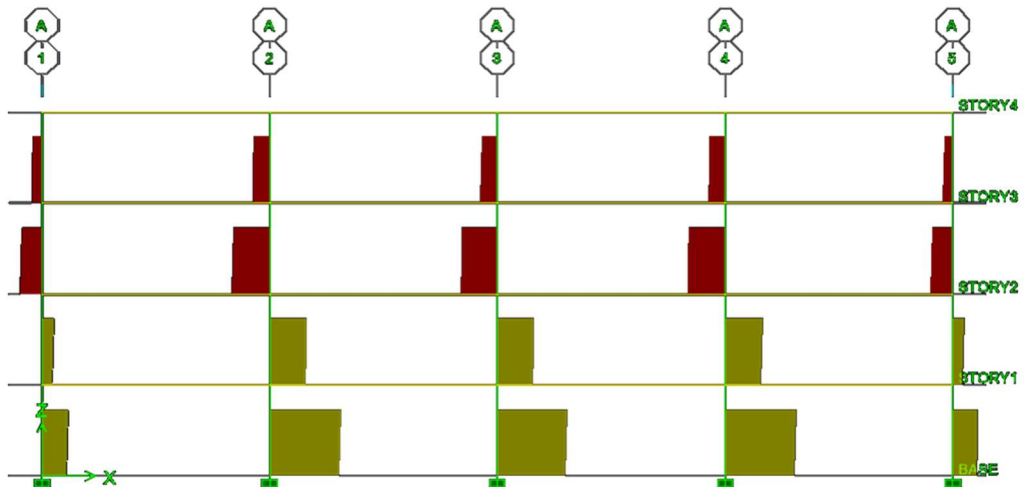
Por otro lado, las columnas de los niveles inferiores se ven sometidas a una tensión grande, en vez de estar sujetas a compresión como sería lo usual. Este cambio de esfuerzos lo que produce es un levantamiento en la estructura y es allí donde se debe hacer una estricta revisión de las cimentaciones para evitar que la estructura colapse por falla en los cimientos.

Ilustración 170. Diagramas de fuerza axial con la combinación 1.2DL + 1.6LL



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 171. Diagramas de fuerza axial con la combinación: 1.2 D + Fh + Fb + Lref + 0.25L.



Fuente: Elaboración Propia

3. Diseño de losas y vigas gravitacionales. Las losas fueron diseñadas como losas planas en dos direcciones. Los requisitos y métodos de análisis fueron bajo las consideraciones del código ACI 318-14. Los cálculos se llevaron a cabo mediante hojas de Excel y la obtención de momentos fue mediante un análisis de elementos finitos utilizando el Software Staad Pro.

Las cargas que fueron aplicadas con base al código ASCE 7 – 10 son las siguientes:

- Carga muerta (DL)
 - Peso propio
 - Contrapiso 2" (16 psf)
 - Piso Cerámico (16 psf)
 - Instalaciones (4 psf)
 - Cielo suspendido (5.5 psf)

En el caso del diseño para un tsunami se consideraron 2 fuerzas verticales adicionales que son la fuerza boyante (F_b) y la fuerza por sobre carga (F_r). Tanto la fuerza de levantamiento como la fuerza por sobre carga actúan en los niveles donde no se encuentran los refugiados, es decir en el nivel 1. Tomando en cuenta esta consideración se analizó cada una por separado combinándolas únicamente con el 25% de la carga viva en estos niveles para determinar los efectos más críticos sobre la estructura.

- Carga viva (LL)
 - Ocupación (80 psf)

Combinaciones de carga utilizadas:

1. 1.4DL
2. 1.2 DL + 1.6 LL
3. 1.2 DL + (F_b o F_r) + 0.25LL
4. 0.9 DL + (F_b o F_r) + 0.25LL
5. 1.2 DL + (F_b o F_r)

Tabla 42. Especificaciones e integración de carga viva y muerta aplicada a losas.

Especificación de materiales			
$f_c=$	4000	psi	<i>Esfuerzo a compresión del concreto</i>
$f_y=$	60000	psi	<i>Esfuerzo de fluencia para acero</i>
$\gamma_c=$	150	lb/ft ³	<i>Densidad del concreto</i>
Geometría de la losa			
$L_a=$	15	ft	<i>Lado corto</i>
L_b	30	ft	<i>Lado largo</i>
$b=$	1	ft	<i>ancho de diseño</i>
D	4.313	in	<i>peralte efectivo (asumiendo 1.5 de recubrimiento y barra N3)</i>
Espesor de losa			
T	6.0	in	<i>Espesor de losa a utilizar</i>
Combinaciones de carga			
Carga muerta		116.5	lb/ft²
	Peso Propio	75	lb/ft ²
	Contrapiso 2"	16	lb/ft ²
	Piso Cerámico	16	lb/ft ²
	Instalaciones	4	lb/ft ²
	Cielo Suspendido	5.5	lb/ft ²
Carga viva		80	lb/ft²
	Ocupación	80	lb/ft ²
1.4DL	163.1	lb/ft ²	
1.2DL+1.6LL	267.8	lb/ft ²	
W_u	267.8	lb/ft²	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 43. Especificaciones e integración de carga de tsunamis aplicada a losas

Especificación de materiales			
$f_c=$	4000	psi	<i>Esfuerzo a compresión del concreto</i>
$f_y=$	60000	psi	<i>Esfuerzo de fluencia para acero</i>
$\gamma_c=$	150	lb/ft ³	<i>Densidad del concreto</i>
Geometría de la losa			
$L_a=$	15	ft	<i>Lado corto</i>
L_b	30	ft	<i>Lado largo</i>
$b=$	1	ft	<i>ancho de diseño</i>
D	4.125	in	<i>peralte efectivo (asumiendo 1.5 de recubrimiento y barra N3)</i>
Espesor de losa			
T	6.0	in	<i>Espesor de losa a utilizar</i>
Combinaciones de carga			
Carga muerta		116.5	lb/ft²
	Peso Propio	75	lb/ft ²
	Contrapiso 2"	16	lb/ft ²

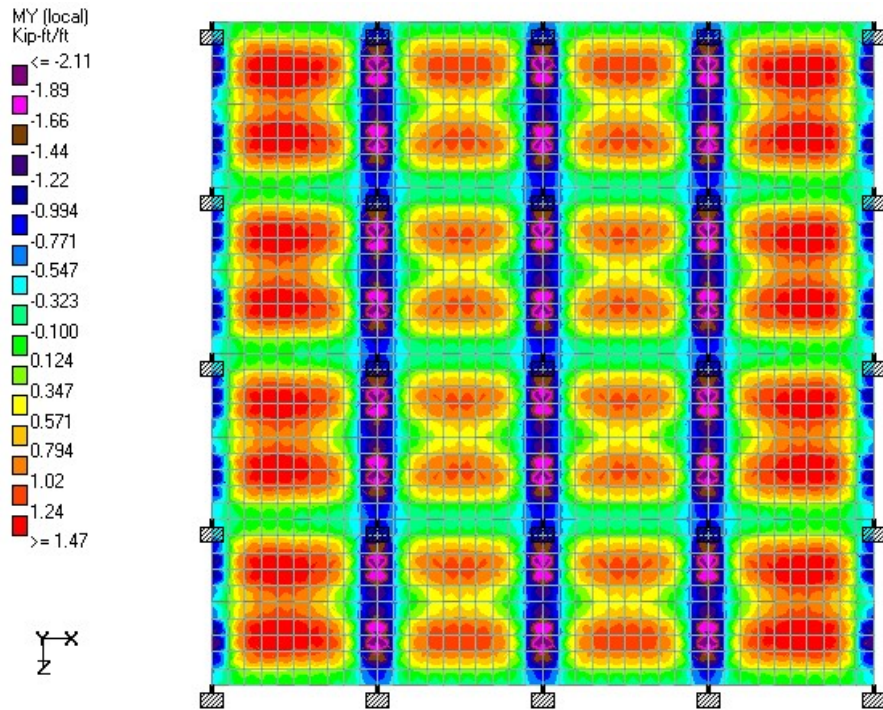
Continuación tabla 43

	Piso Cerámico	16	lb/ft ²
	Instalaciones	4	lb/ft ²
	Cielo Suspendido	5.5	lb/ft ²
Carga viva		80	lb/ft²
	Ocupación	80	lb/ft ²
Fuerza boyante		-1612.5	lb/ft²
	Fb	1612.5	lb/ft ²
Fuerza por sobrecarga		75	lb/ft²
	Fr	75	lb/ft ²
	1.2DL+Fb+0.25LL	-1452.7	lb/ft ²
	1.2DL+Fr+0.25LL	234.8	lb/ft ²
	0.9DL+Fb+0.25LL	-1487.65	lb/ft ²
	0.9DL+Fr+0.25LL	199.85	lb/ft ²
	1.2DL+Fb	-1472.7	lb/ft ²
	1.2DL+Fr	214.8	lb/ft ²
Wu	-1487.65	lb/ft²	

Fuente: Elaboración Propia

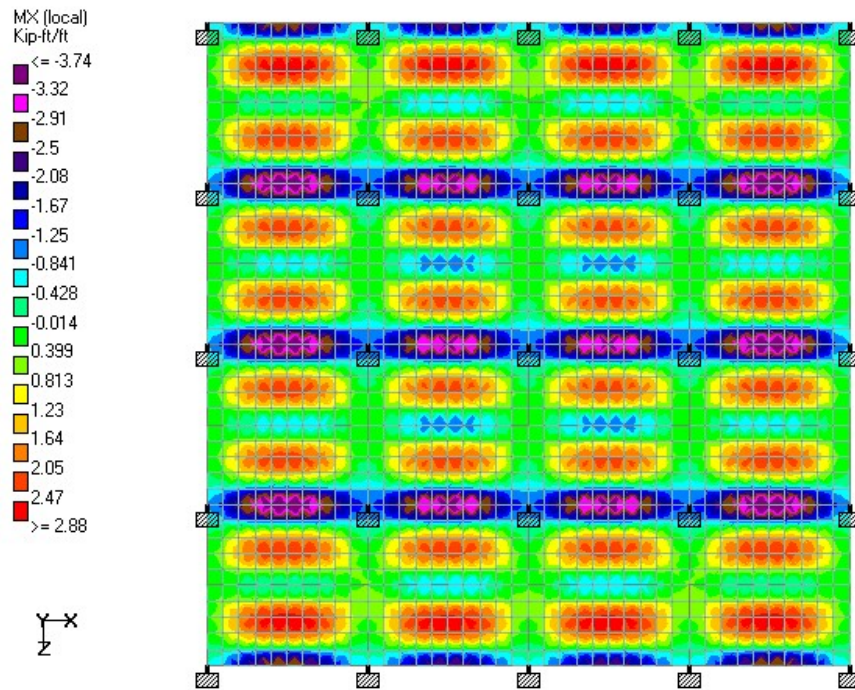
La carga máxima aplicada para el análisis de losas únicamente con carga viva y carga muerta fue de 267.8lb/ft², en el caso crítico de la combinación 1.2DL + 1.6LL. Aplicando las cargas de tsunami se obtuvo un Wu de 1487.65 lb/ft², en la combinación 0.9DL + Fb + 0.25 LL, es decir un 82% más grande que la obtenida en el primer caso. La fuerza boyante va en contra de la gravedad y tiene una magnitud grande, es por eso que el caso crítico es donde existe una reducción de la carga muerta, la cual pone oposición a dicha carga. La losa propuesta tiene un espesor de 6in, sin embargo, aumentarle el espesor no reduce significativamente la resultante obtenida por la fuerza boyante.

Ilustración 173. Distribución de momentos - 1.2DL + 1.6LL en el sentido corto.



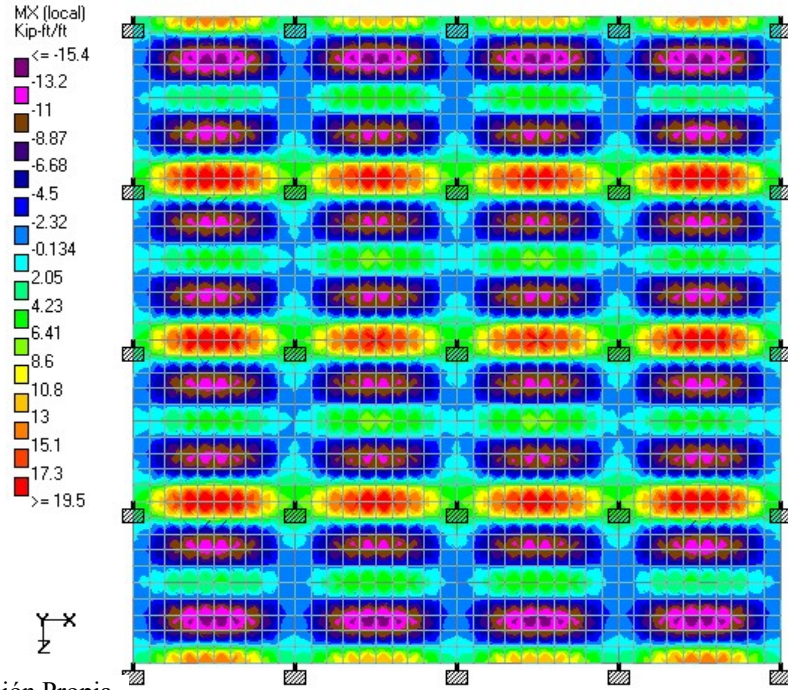
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 172. Distribución de momentos - 1.2DL + 1.6LL en el sentido largo.



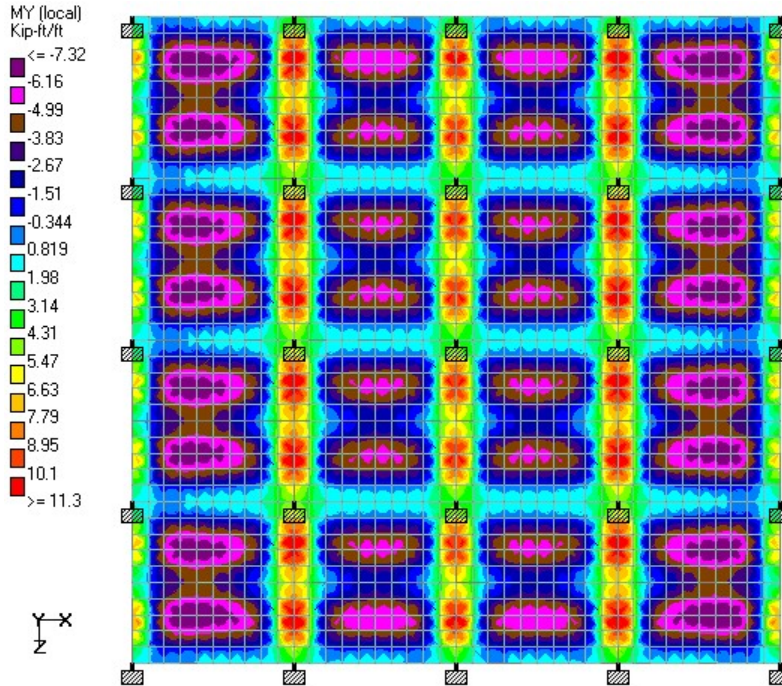
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 174. Distribución de momentos - 0.9DL +Fb + 0.25LL en el sentido corto



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 175. Distribución de momentos - 0.9DL +Fb + 0.25LL en el sentido largo



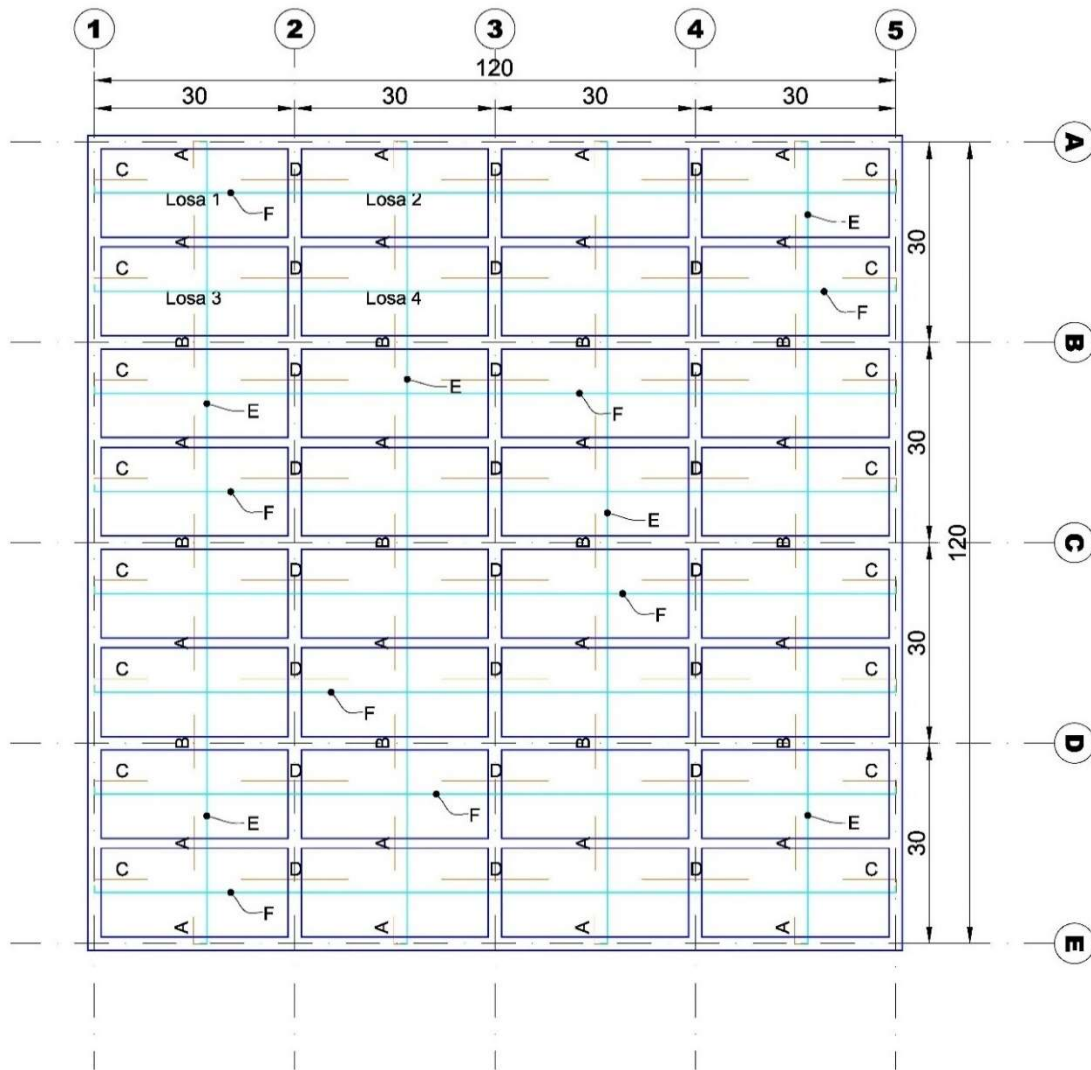
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 44. Momentos, áreas de acero y refuerzo requeridos para losas bajo carga muerta y viva

Losa 1		Mu (kip- ft)	As (in²)	Refuerzo	As_{pr} (in²)	Mn (kip-ft)
Mx (Lado largo)	Negativo continuo	0.479	0.104	N3@ 30 cm	0.110	2.327
	Negativo discontinuo	2.78	0.147	N3@ 20 cm	0.165	3.458
	Positivo	2.78	0.147	N3@ 20 cm	0.165	3.458
My (lado corto)	Negativo continuo	2.11	0.111	N3@ 25 cm	0.132	2.782
	Negativo discontinuo	1.49	0.104	N3@ 30 cm	0.110	2.327
	Positivo	1.42	0.104	N3@ 30 cm	0.110	2.327
Losa 2						
Losa 2		Mu (kip- ft)	As (in²)	Refuerzo	As_{pr} (in²)	Mn (kip-ft)
Mx (Lado largo)	Negativo continuo	0.832	0.104	N3@ 30 cm	0.110	2.327
	Negativo discontinuo	2.35	0.124	N3@ 25 cm	0.132	2.782
	Positivo	2.79	0.147	N3@ 20 cm	0.165	3.458
My (lado corto)	Negativo continuo 1	2.79	0.147	N3@ 20 cm	0.165	3.458
	Negativo continuo 2	2.05	0.108	N3@ 30 cm	0.110	2.327
	Positivo	1.16	0.104	N3@ 30 cm	0.110	2.327
Losa 3						
Losa 3		Mu (kip- ft)	As (in²)	Refuerzo	As_{pr} (in²)	Mn (kip-ft)
Mx (Lado largo)	Negativo continuo 1	0.479	0.104	N3@ 30 cm	0.110	2.327
	Negativo continuo 2	3.71	0.198	N3@ 15 cm	0.220	4.566
	Positivo	2.38	0.125	N3@ 25 cm	0.132	2.782
My (lado corto)	Negativo continuo	2.07	0.109	N3@ 25 cm	0.132	2.782
	Negativo discontinuo	1.33	0.104	N3@ 30 cm	0.110	2.327
	Positivo	1.38	0.104	N3@ 30 cm	0.110	2.327
Losa 4						
Losa 4		Mu (kip- ft)	As (in²)	Refuerzo	As_{pr} (in²)	Mn (kip-ft)
Mx (Lado largo)	Negativo continuo 1	0.832	0.104	N3@ 30 cm	0.110	2.327
	Negativo continuo 2	3.41	0.181	N3@ 15 cm	0.220	4.566
	Positivo	2.33	0.123	N3@ 25 cm	0.132	2.782
My (lado corto)	Negativo continuo 1	2.33	0.123	N3@ 25 cm	0.132	2.782
	Negativo continuo 2	1.98	0.104	N3@ 30 cm	0.110	2.327
	Positivo	1.06	0.104	N3@ 30 cm	0.110	2.327

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 176. Refuerzo propuesto para losas con 1.2DL + 1.6LL



Tipo		posición
A	N3@8" x 4'	arriba
B	N3@6" x 4'	arriba
C	N3@12" x 8'	arriba
D	N3@8" x 8'	arriba
E	N3@12" corrido	abajo
F	N3@8" corrido	abajo

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 45. Porcentaje del momento producido por tsunami de la combinación 0.9DL + Fb + 0.25LL que logra ser cubierto con el refuerzo propuesto de la combinación 1.4DL + 1.6LL.

Losa 1		Mu (kip- ft)	As_{pr} (in²)	Mn (kip-ft)	Mu Tsunami (kip-ft)	Mn/Mu Tsunami
Mx (Lado largo)	Negativo continuo	0.479	0.110	2.327	4.450	52%
	Negativo discontinuo	2.78	0.165	3.458	14.500	24%
	Positivo	2.78	0.165	3.458	15.300	23%
My (lado corto)	Negativo continuo	2.11	0.132	2.782	11.020	25%
	Negativo discontinuo	1.49	0.110	2.327	8.060	29%
	Positivo	1.42	0.110	2.327	7.320	32%
Losa 2			As_{pr} (in²)	Mn (kip-ft)	Mu Tsunami (kip-ft)	
Mx (Lado largo)	Negativo continuo	0.832	0.110	2.327	6.000	39%
	Negativo discontinuo	2.35	0.132	2.782	12.200	23%
	Positivo	2.79	0.165	3.458	15.400	22%
My (lado corto)	Negativo continuo 1	2.79	0.165	3.458	11.020	31%
	Negativo continuo 2	2.05	0.110	2.327	10.800	22%
	Positivo	1.16	0.110	2.327	6.050	38%
Losa 3			As_{pr} (in²)	Mn (kip-ft)	Mu Tsunami (kip-ft)	
Mx (Lado largo)	Negativo continuo 1	0.479	0.110	2.327	4.450	52%
	Negativo continuo 2	3.71	0.220	4.566	19.500	23%
	Positivo	2.38	0.132	2.782	13.100	21%
My (lado corto)	Negativo continuo	2.07	0.132	2.782	11.100	25%
	Negativo discontinuo	1.33	0.110	2.327	7.080	33%
	Positivo	1.38	0.110	2.327	7.020	33%
Losa 4			As_{pr} (in²)	Mn (kip-ft)	Mu Tsunami (kip-ft)	
Mx (Lado largo)	Negativo continuo 1	0.832	0.110	2.327	6.000	39%
	Negativo continuo 2	3.41	0.220	4.566	18.800	24%
	Positivo	2.33	0.132	2.782	12.800	22%
My (lado corto)	Negativo continuo 1	2.33	0.132	2.782	11.100	25%
	Negativo continuo 2	1.98	0.110	2.327	10.400	22%
	Positivo	1.06	0.110	2.327	5.460	43%

Fuente: Elaboración Propia

Para las vigas secundarias, el diseño y análisis se realizó con las especificaciones estipuladas en el (Vigas) código ACI 318-14.

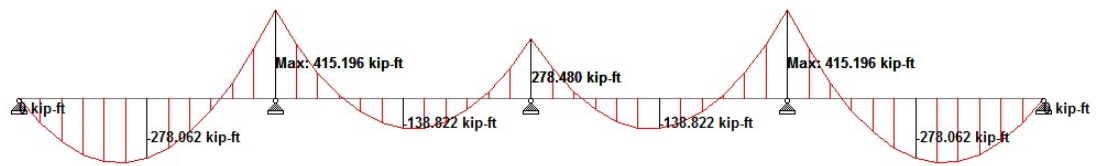
Tabla 46. Especificaciones e integración de carga viva y muerta para vigas secundarias

Especificación de materiales			
f_c =	4000	psi	<i>Esfuerzo a compresión del concreto</i>
f_y =	60000	psi	<i>Esfuerzo de fluencia para acero</i>
γ_c =	150	lb/ft ³	<i>Densidad del concreto</i>
Geometría de la viga			
L=	30	ft	<i>Luz de la viga</i>
Ancho=	30	ft	
b_w =	12	in	<i>Ancho del alma</i>
t=	6	in	<i>Espesor de losa a utilizar</i>
d	22.125	in	<i>Peralte efectivo (asumiendo 1.5 de recubrimiento y barra N3)</i>
h	24.0	in	<i>alto de viga utilizar</i>
Altura mínima de la viga			
	h_{min}		
Vano 1 y 5	19.46	in	
Vano 2 al 4	17.14	in	
Combinaciones de carga			
Carga muerta		2047.500	lb/ft
	Peso Propio	300.000	lb/ft
	W_{DL}	1747.500	lb/ft
	Contrapiso 2"	16	lb/ft ²
	Piso Cerámico	16	lb/ft ²
	Instalaciones	4	lb/ft ²
	Cielo Suspendido	5.5	lb/ft ²
Carga viva		1200	lb/ft
	Ocupación	80	lb/ft
1.4DL	2866.5	lb/ft	
1.2DL+1.6LL	4377.0	lb/ft	
Wu	4377.0	lb/ft	

Fuente: Elaboración Propia

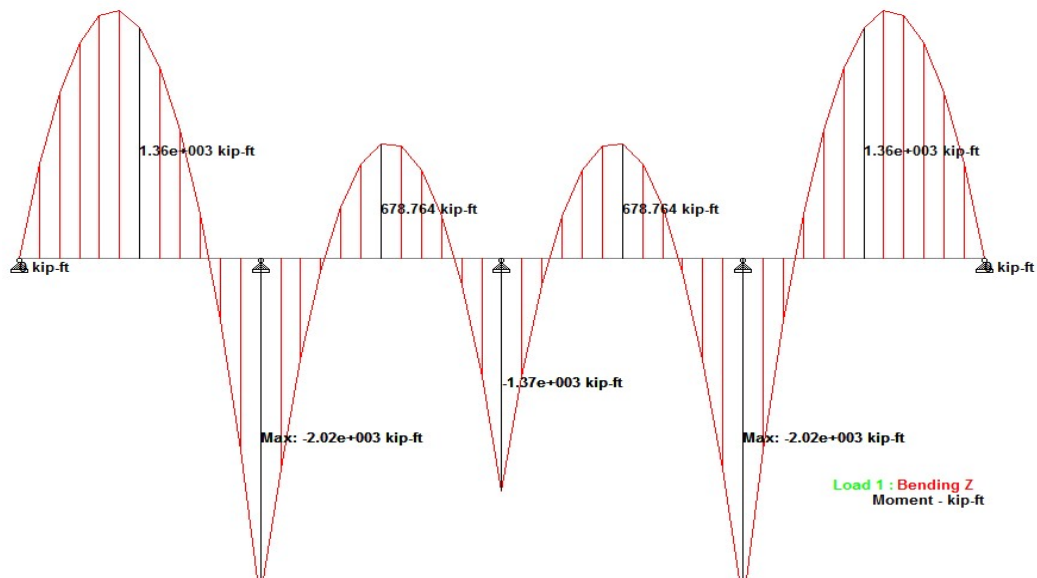
Se observa en la tabla 47 que W_u fue de 21090.5lb/ft obtenido de la combinación 1.2DL + Fb. Cabe notar que no fue la misma combinación crítica que para el diseño de losas, sin embargo, sucede el mismo fenómeno en donde la carga total en sentido de la gravedad se ve reducida, en este caso no está siendo considerada la carga viva. Al comparar el W_u obtenido en tsunami con los valores de carga viva y carga muerta se obtiene que el W_u producido por las cargas de tsunami. 79.2% más grande.

Ilustración 177. Diagrama de momento para vigas secundarias - 1.2DL + 1.6LL



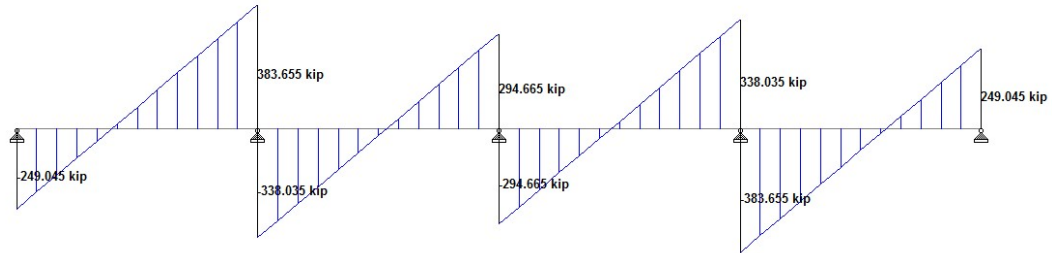
Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 178. Diagrama de momento para vigas secundarias - 1.2DL + Fb



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 179. Diagrama de corte para vigas secundarias - 1.2DL + 1.6LL



Fuente: Elaboración Propia

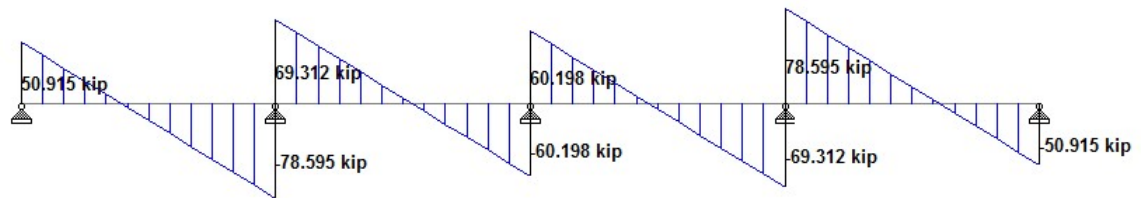


Ilustración 180. Diagrama de corte para vigas secundarias - 1.2DL + Fb

Fuente: Elaboración Propia

Revisión de cortante para vigas secundarias

$$V_c = 2\sqrt{f'_c} * h * d = 67.167 \text{ kip}$$

$$A_{v_r} = 0.22 \text{ in}^2$$

$$V_u = 78.59 \text{ kips} \quad \phi = 0.75$$

$$V_s = \frac{A_{v_r} * f_y * d}{S} = 52.986 \text{ kip}$$

$$V_{s'} = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi} = 37.6 \text{ kip}$$

$$V_n = V_c + V_s = 120.125 \text{ kip}$$

$$A_v = \frac{V_{s'}}{f_y * d} = 1.524 \text{ in}^2$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

Estribos N3@6"

Tabla 48. Momentos, áreas de acero y refuerzo requeridos para vigas secundarias bajo carga muerta y viva

Vano 1 y 4	As_{req} (in²)	Mu (kip-ft)	Refuerzo	As_{pr} (in²)	Mn (kip-ft)
Momento positivo	3.115	278.06	8 barras N 4	3.14	280.00
Momento negativo 1	0.000	0.00	8 barras N 4	3.14	280.00
Momento negativo 2	5.002	415.20	8 barras N 4 + 2 bastones N 8	4.71	436.32
Vano 2 y 3					
	As_{req} (in²)				
Momento positivo	1.466	138.82	8 barras N 4	3.14	280.00
Momento negativo 1	5.002	415.20	8 barras N 4 + 2 bastones N 8	4.71	436.32
Momento negativo 2	3.121	278.48	8 barras N 4 + 2 bastones N 8	4.71	436.32

Tabla 49. Porcentaje del momento producido por tsunami que logra ser cubierto con el refuerzo propuesto bajo carga viva y carga muerta en vigas secundarias

Vano 1 y 4	Mu	Mn (kip-ft)	Mu Tsunami (kip-ft)	Mn/Mu Tsunami
Momento positivo	278.06	280.00	1360.00	21%
Momento negativo 1	0.00	280.00	0.00	N/A
Momento negativo 2	415.20	436.32	2020.00	22%
Vano 2 y 3				
	Mu	Mn (kip-ft)	Mu Tsunami (kip-ft)	Mn/Mu Tsunami
Momento positivo	138.82	280.00	678.00	41%
Momento negativo 1	415.20	436.32	2020.00	22%
Momento negativo 2	278.48	436.32	1370.00	32%

Fuente: Elaboración Propia

Cabe notar que debido a que la fuerza boyante es aplicada en contra de la gravedad y tiene una magnitud bastante alta que no logra ser contrarrestada con la carga muerta y viva, existe una inversión de momentos y de cortante, es decir que los momentos positivos en la viga ocurren en la parte superior y en los extremos mientras que los momentos negativos ocurren en la parte inferior.

En la Tabla 49 se presenta el porcentaje de momento que cubre el refuerzo propuesto para carga viva y carga muerta, comparado con el momento producido por un tsunami, esto quiere decir que utilizando el refuerzo requerido por carga viva y muerta no se logra alcanzar a cubrir ni la mitad del refuerzo requerido para las fuerzas de tsunami, por ende, es probable que tanto losas como vigas en los niveles sujetos a inundación colapsen.

En conclusión, las áreas de acero obtenidas para la fuerza boyante no son constructivamente factibles; las fuerzas de levantamiento generan una carga muy alta en las vigas y losas sometidas a ella, y el diseño tanto de vigas como losas no es practicable para un edificio como el propuesto.

Es importante mencionar que la fuerza de levantamiento considerada es variable y está en función de la cota de inundación, por lo que para las losas y vigas en los niveles donde no exista inundación esta

fuerza no es aplicada. En los niveles superiores donde exista la posibilidad de acumulación de agua se debe considerar la fuerza por sobrecarga. La combinación crítica entonces resulta ser $1.2DL + Fr + 0.25LL$ y la magnitud de W_u obtenido tanto para vigas como para losas es similar al obtenido con la combinación $1.2DL + 1.6LL$. En las tablas 17 y 18 se puede corroborar que el W_u obtenido para la combinación $1.2DL + Fr + 0.25LL$ es de 234.8 lb/ft^2 que comparándolo con el W_u de $1.2DL + 1.6LL$, la combinación crítica de tsunami es incluso inferior, es decir que el diseño para carga viva y carga muerta resulta suficiente. En el caso de las vigas el W_u obtenido en tsunami fue de 4522 lb/ft la cual es bastante parecida a la obtenida para carga viva y carga muerta, con una diferencia de únicamente 3.2%. Por último, es importante aclarar que para el cálculo de la fuerza por sobrecarga se asumió 1 pie de acumulación de agua, sin embargo, esta altura puede variar dependiendo de la cota de inundación.

4. Diseño de vigas principales. El diseño de las vigas principales se diseñó de acuerdo al capítulo 18 del código ACI 318-14 de acuerdo a los requerimientos sísmicos para marcos especiales a momento. Para el diseño de las mismas fue necesario un modelo tridimensional para obtener los momentos producidos en las vigas principales. Los momentos se chequearon bajo dos combinaciones de carga, la primera fue $(1.2+0.2S_d)DL + LL + E$, la cual es una combinación sísmica que determina los momentos máximos en los extremos de la viga. Para los momentos positivos al centro se utilizó la combinación $1.4DL + 1.6LL$.

Tabla 50. Especificaciones de vigas principales

Especificación de materiales			
$f'_c=$	4000	psi	<i>Esfuerzo a compresión del concreto</i>
$f_y=$	60000	psi	<i>Esfuerzo de fluencia para acero</i>
Geometría de la viga			
$L=$	30.0	ft	<i>Luz de la viga</i>
$h=$	36.0	in	<i>altura de la viga</i>
$b_w=$	18.0	in	<i>Ancho del alma</i>
d	34.0	in	<i>peralte efectivo (asumiendo 1.5 de recubrimiento y barra N4)</i>
Requisitos dimensionales			
$4d > l_n$	OK		
$b_w \geq 0.3h$	OK		
$b_w \geq 10 \text{ in}$	OK		
$b_w < 2C_1$	OK		
$b_w > C_2 + 0.75C_1$	OK		

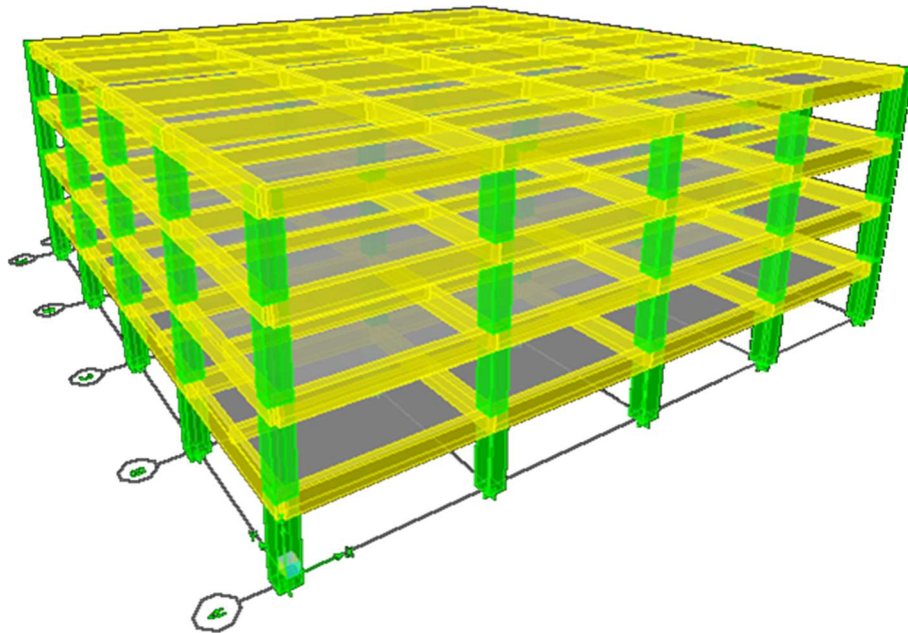
Fuente: Elaboración Propia

Para el análisis de cargas de tsunami se analizaron las combinaciones que no incluyeran la fuerza boyante, ya genera los mismos resultados obtenidos en losas y vigas secundarias. Es decir que existe una fuerza de levantamiento muy alta que produce una inversión de momentos de una magnitud grande, los cuales

no logran ser cubiertos por los refuerzos propuestos anteriormente. Por esta razón se realizó un análisis en donde la estructura fuera afectada únicamente por cargas laterales generadas por un tsunami y así poder comparar la magnitud de las cargas sísmicas con las cargas de un tsunami. Las combinaciones utilizadas para la obtención de momentos fueron:

- $1.2 D + Fd + Fs + L_{ref} + 0.25L$
- $1.2 D + Ft + Fd + L_{ref} + 0.25L$
- $1.2 D + Fr + L_{ref} + 0.25L$
- $0.9 D + Fd + Fs + L_{ref} + 0.25L$
- $0.9 D + Ft + Fd + L_{ref} + 0.25L$
- $0.9 D + Fr + L_{ref} + 0.25L$
- $1.2 D + Fd + Fs$
- $1.2 D + Ft + Fd$
- $1.2 D + Fr$

Ilustración 181. Modelo tridimensional para el análisis estructural



Fuente: Elaboración Propia

La combinación que generó los momentos máximos negativos fue $1.2 D + Ft + Fd + L_{ref} + 0.25L$ mientras que para el chequeo de momento positivo la combinación $1.2 D + Fr + L_{ref} + 0.25L$ generó los valores positivos máximos. Los momentos obtenidos para las cargas de tsunami son más bajos que los

momentos sísmicos, es decir que las magnitudes de las fuerzas sísmicas son más grandes que las fuerzas laterales del tsunami. De igual forma que en las vigas secundarias y losas, al excluir la fuerza boyante, la carga obtenida por la fuerza de sobre carga (Fr), genera valores cercanos a los obtenidos de la combinación 1.4DL + 1.6LL. En este caso el refuerzo propuesto en la Tabla 22 cubre los momentos tanto positivos como negativos generados por las fuerzas de un tsunami.

Tabla 51. Momentos, áreas de acero y refuerzo requeridos para vigas secundarias bajo la combinación (1.2+0.2Sds) DL + LL + E

		Entre ejes	Mi (k-ft)	Mc (k-ft)	Mj (k-ft)	As _{req} (in ²)	Refuerzo	As _{pr} (in ²)	Mn (kip-ft)
Sobre el eje A-E (V-1)	1	2	576		578	4.010	4 barras N 7 + 3 bastones N 7	4.21	623.77
			107	139	95	0.921	4 barras N 7	2.40	355.07
	2	3	564		564	3.906	4 barras N 7 + 3 bastones N 7	4.21	623.77
			93	131	93	0.867	4 barras N 7	2.40	355.07
	3	4	564		564	3.906	4 barras N 7 + 3 bastones N 7	4.21	623.77
			93	131	93	0.867	4 barras N 7	2.40	355.07
	4	5	578		576	4.010	4 barras N 7 + 3 bastones N 7	4.21	623.77
			96	140	108	0.927	4 barras N 7	2.40	355.07
Sobre el eje B-C-D (V-2)	1	2	709		708	5.055	4 barras N 7 + 4 bastones N 7	4.81	710.15
				233		1.558	4 barras N 7	2.40	355.07
	2	3	698		698	4.910	4 barras N 7 + 4 bastones N 7	4.81	710.15
				216		1.442	4 barras N 7	2.40	355.07
	3	4	698		698	4.910	4 barras N 7 + 4 bastones N 7	4.81	710.15
				216		1.442	4 barras N 7	2.40	355.07
	4	5	708		709	5.055	4 barras N 7 + 4 bastones N 7	4.81	710.15
				233		1.558	4 barras N 7	2.40	355.07
Sobre el eje A-E (V-)	1	2	389		415	2.828	4 barras N 7 + 2 bastones N 6	3.29	488.47
				145		0.961	4 barras N 7	2.40	355.07
	2	3	397		395	2.700	4 barras N 7 + 2 bastones N 6	3.29	488.47
				130		0.860	4 barras N 7	2.40	355.07

Continuación Tabla 51

	3	4	395		397	2.700	4 barras N 7 + 2 bastones N 6	3.29	488.47
				130		0.860	4 barras N 7	2.40	355.07
	4	5	415		389	2.828	4 barras N 7 + 2 bastones N 6	3.29	488.47
				145		0.961	4 barras N 7	2.40	355.07
Sobre el eje B-C-D (V-I)	Entre ejes		Mi, k-ft	Mc, k-ft	Mj, k-ft		Refuerzo		
	1	2	511		558	3.862	4 barras N 7 + 3 bastones N 7	4.21	623.77
				241		1.613	4 barras N 7	2.40	355.07
	2	3	534		530	3.686	4 barras N 7 + 3 bastones N 7	4.21	623.77
				216		1.442	4 barras N 7	2.40	355.07
	3	4	530		534	3.686	4 barras N 7 + 3 bastones N 7	4.21	623.77
				216		1.442	4 barras N 7	2.40	355.07
	4	5	558		511	3.862	4 barras N 7 + 3 bastones N 7	4.21	623.77
				241		1.613	4 barras N 7	2.40	355.07

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 182. Elevación y sección típica V-1

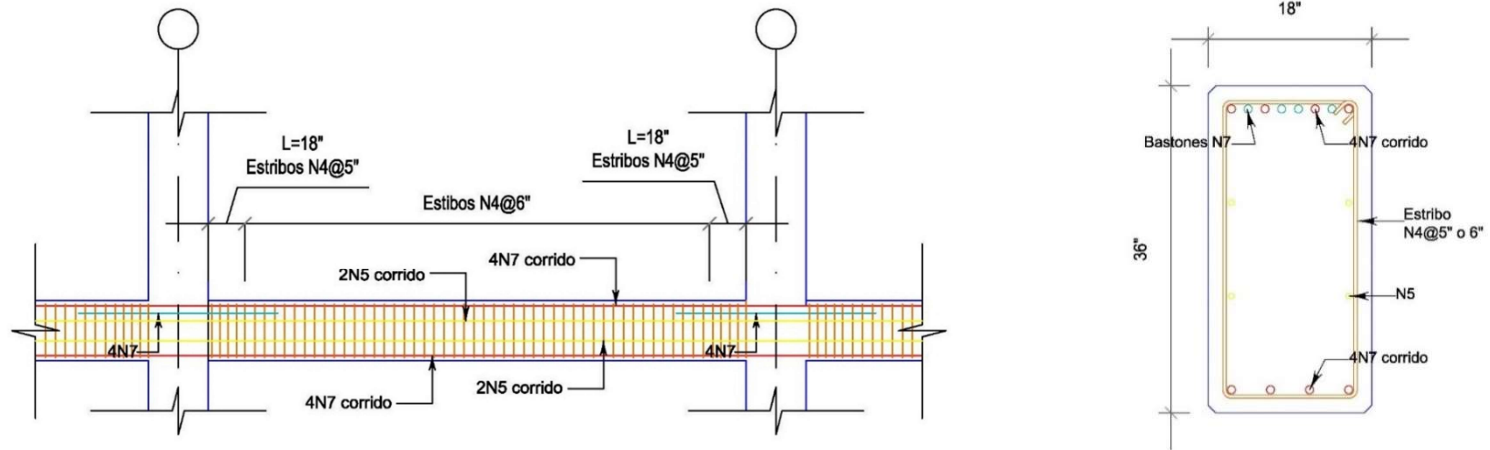


Ilustración 183. Elevación y sección típica V-2

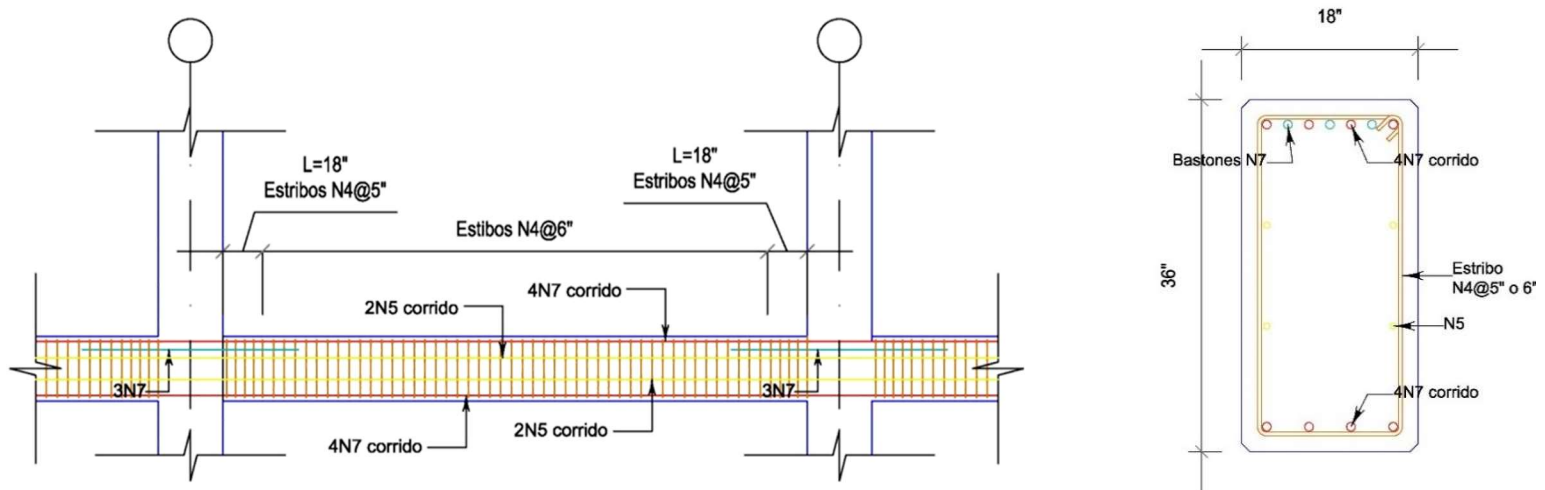
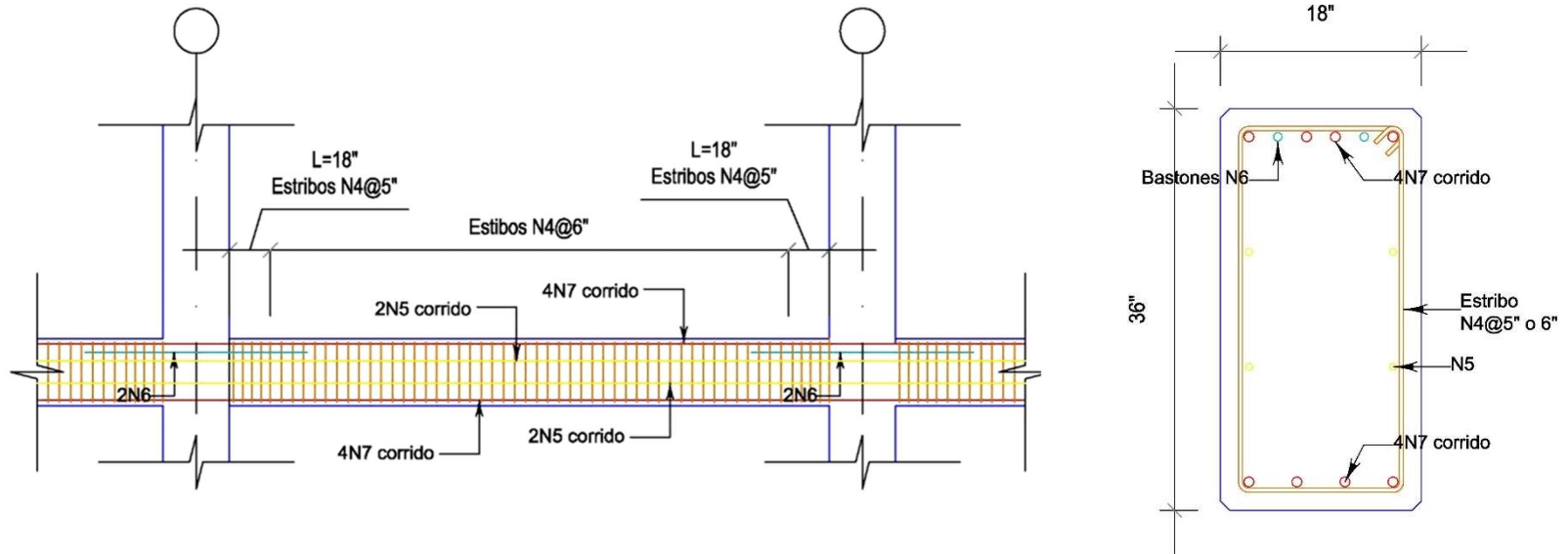


Ilustración 184. Elevación y sección típica V-3



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 52. Momentos obtenidos para cargas de tsunami.

Nivel 1-3						
Sobre el eje A – E (V -1)	Entre ejes			Mi, k-ft	Mc, k-ft	Mj, k-ft
	1	2	sup inf	205	121	220
	2	3	sup inf	203	115	216
	3	4	sup inf	203	115	215
	4	5	sup inf	208	120	217
Nivel 4						
Sobre el eje B-C-D (V-2)	Entre ejes			Mi, k-ft	Mc, k-ft	Mj, k-ft
	1	2	sup inf	332	195	348
	2	3	sup inf	328	184	340
	3	4	sup inf	330	184	340
	4	5	sup inf	335	195	344
Sobre el eje A-E (V-3)	Entre ejes			Mi, k-ft	Mc, k-ft	Mj, k-ft
	1	2	sup inf	157	103	182
	2	3	sup inf	170	93	174
	3	4	sup inf	169	93	175
	4	5	sup inf	176	103	162
Sobre el eje B-C-D (V-1)	Entre ejes			Mi, k-ft	Mc, k-ft	Mj, k-ft
	1	2	sup inf	240	158	275
	2	3	sup inf	260	143	263
	3	4	sup inf	258	143	265
	4	5	sup inf	270	158	245

Fuente: Elaboración Propia

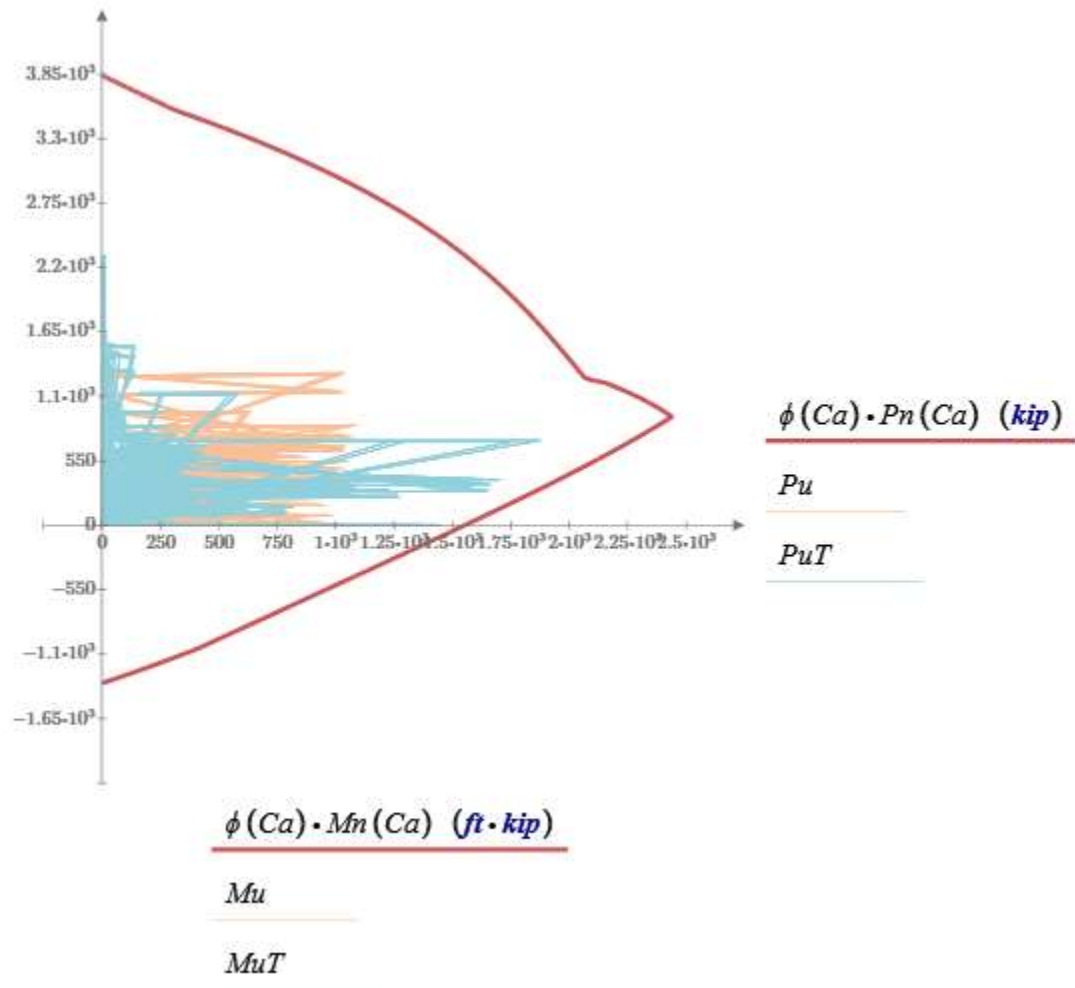
Tabla 53. Revisión de cortante de las vigas

Nivel 1-3			CORTE EN LOS EXTREMOS						CORTE AL CENTRO							
Sobre el eje A-E (V-1)	Entre ejes		Vu	S (in)	Barra	Av	Vs (kips)		Vu (kips)	S (in)	Barra	Av	Vs (kips)	Vc (kips)	Vn (kips)	
		1	2	104.363	5	4	0.39	160.221	OK	45.22	6	4	0.39	133.450	154.825	288.275
2		3	104.363	5	4	0.39	160.221	OK	45.22	6	4	0.39	133.450	154.825	288.275	OK
3		4	104.363	5	4	0.39	160.221	OK	45.22	6	4	0.39	133.450	154.825	288.275	OK
4		5	104.363	5	4	0.39	160.221	OK	45.22	6	4	0.39	133.450	154.825	288.275	OK
Sobre el eje B-C-D (V-2)	Entre ejes		Vu	S (in)	Barra No		Vs (kips)		Vu (kips)	S (in)	Barra No	Av	Vs (kips)	Vc (kips)	Vn (kips)	
	1	2	107.030	5	4	0.39	160.221	OK	46.38	6	4	0.39	133.450	154.825	288.275	OK
	2	3	107.030	5	4	0.39	160.221	OK	46.38	6	4	0.39	133.450	154.825	288.275	OK
	3	4	107.030	5	4	0.39	160.221	OK	46.38	6	4	0.39	133.450	154.825	288.275	OK
	4	5	107.030	5	4	0.39	160.221	OK	46.38	6	4	0.39	133.450	154.825	288.275	OK
Nivel 4																
Sobre el eje A-E (V-3)	Entre ejes		Vu	S (in)	Barra No		Vs (kips)		Vu (kips)	S (in)	Barra No	Av	Vs (kips)	Vc (kips)	Vn (kips)	
	1	2	100.178	5	4	0.39	160.221	OK	43.41	6	4	0.39	133.450	154.825	288.275	OK
	2	3	100.178	5	4	0.39	160.221	OK	43.41	6	4	0.39	133.450	154.825	288.275	OK
	3	4	100.178	5	4	0.39	160.221	OK	43.41	6	4	0.39	133.450	154.825	288.275	OK
	4	5	100.178	5	4	0.39	160.221	OK	43.41	6	4	0.39	133.450	154.825	288.275	OK
Sobre el eje B-C-D (V-1)	Entre ejes		Vu	S (in)	Barra No		Vs (kips)		Vu (kips)	S (in)	Barra No	Av	Vs (kips)	Vc (kips)	Vn (kips)	
	1	2	104.363	5	4	0.39	160.221	OK	45.22	6	4	0.39	133.450	154.825	288.275	OK
	2	3	104.363	5	4	0.39	160.221	OK	45.22	6	4	0.39	133.450	154.825	288.275	OK
	3	4	104.363	5	4	0.39	160.221	OK	45.22	6	4	0.39	133.450	154.825	288.275	OK
	4	5	104.363	5	4	0.39	160.221	OK	45.22	6	4	0.39	133.450	154.825	288.275	OK

Fuente: Elaboración Propia

5. Diseño de columnas. Las columnas se analizaron con base al capítulo 18 del código ACI 318-14 de acuerdo a los requerimientos sísmicos para marcos especiales a momento. Mediante el modelo tridimensional se obtuvieron las cargas axiales y los momentos máximos generados, al igual que la cuantía de acero necesaria, la cual se utilizó un valor de 1.65%. Mediante una hoja de cálculo en MatchCad se realizó el diseño de las columnas. Las columnas tienen una sección de 36"x36",

Ilustración 185. Diagrama de interacción.



Fuente: Elaboración Propia

Los valores de Pu y Mu incluyen los valores obtenidos de las siguientes combinaciones, así como de los casos básicos en cada combinación.

- 1.4D
- 1.2 D + 1.6 L

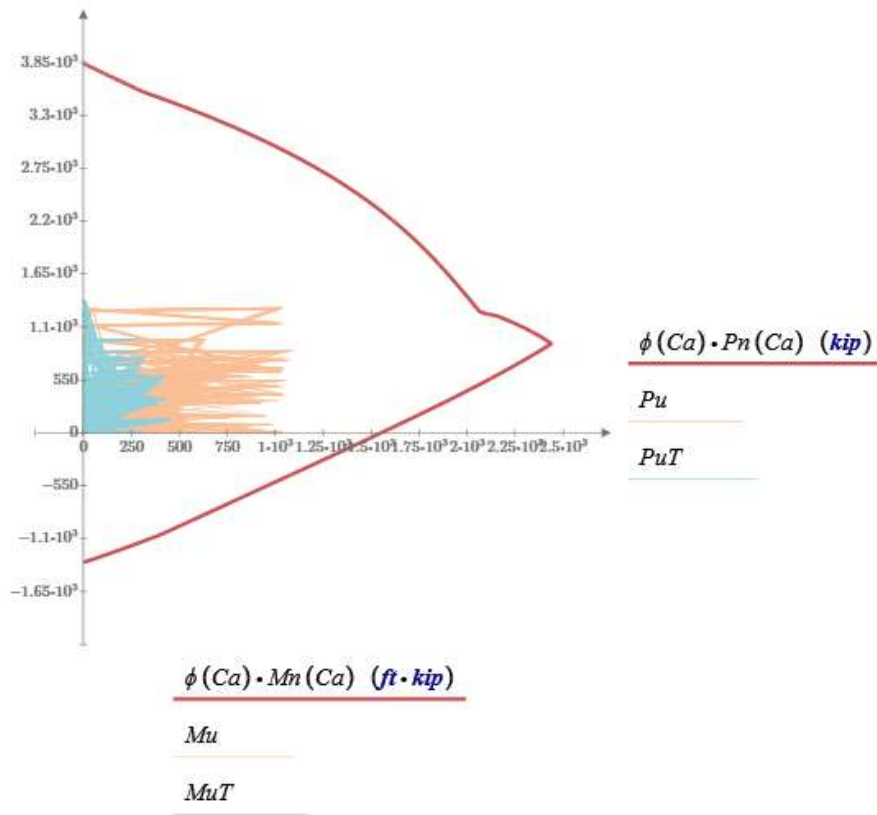
- $1.2D + 1.0W + L$
- $1.2D + 1.0E + L$
- $0.9D + 1.0W$
- $0.9D + 1.0E$
- $(1.2+0.2Sds) DL + LL + E$

Por otro lado, los valores de PuT y MuT incluyen las siguientes combinaciones y los casos básicos de carga en cada una de ellas

- $1.2 D + Fd + Fs + L_{ref} + 0.25L$
- $1.2 D + Ft + Fd + L_{ref} + 0.25L$
- $1.2 D + Fh + Fb + L_{ref} + 0.25L$
- $1.2 D + Fr + L_{ref} + 0.25L$
- $0.9 D + Fd + Fs + L_{ref} + 0.25L$
- $0.9 D + Ft + Fd + L_{ref} + 0.25L$
- $0.9 D + Fh + Fb + L_{ref} + 0.25L$
- $0.9 D + Fr + L_{ref} + 0.25L$
- $1.2 D + Fd + Fs$
- $1.2 D + Ft + Fd$
- $1.2 D + Fh + Fb$
- $1.2 D + Fr$

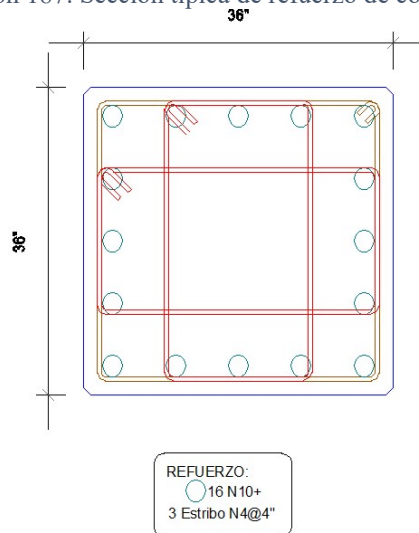
En la Ilustración 186 se observa que tanto MuT como PuT que son los valores correspondientes a la carga axial y momentos para cargas de tsunami, generan valores más altos que el resto de cargas. Se observa que en el caso de la carga axial y los momentos generalmente los valores no son tan altos, sin embargo, existen picos en la gráfica. Estos valores atípicos corresponden a cargas y momentos generados por la fuerza boyante.

Ilustración 186. Diagrama de interacción sin considerar Fb.



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 187. Sección típica de refuerzo de columnas



Fuente: Elaboración Propia

En el caso de la fuerza boyante esas cargas son producidas en sentido contrario, sin embargo, como el diagrama de interacción se trabaja con valores absolutos, estas fuerzas aparecen en el mismo sentido

XII. Conclusiones

La intensidad de un tsunami va a depender de la distancia a la fuente de generación, magnitud del evento que lo provoca, profundidad a la que se genera el evento, estado de la marea al momento del evento. La velocidad de propagación del mismo va directamente relacionado a la profundidad a la que viaja, longitud y periodo de la onda.

El tsunami no tendrá el mismo comportamiento en aguas profundas y en la costa, el impacto en la costa estará afectado por la batimetría y barreras naturales presentes. Los tsunamis pueden ser de locales, intermedios o lejanos dependiendo de su distancia a la fuente de generación.

Los tsunamis representan una amenaza a nivel mundial, durante la última década han existido más de 12 tsunamis que han dejado huella en la historia, afectan no solamente a la región donde se originan sino también a otras lejanas al epicentro, todas las costas mundiales son vulnerables ante un tsunami, el grado de vulnerabilidad dependerá de la profundidad y pendiente del terreno.

En Centroamérica se tiene registro de 49 tsunamis con una probabilidad de incidencia del 5.5% respecto a toda la cuenca del pacífico, siendo Costa Rica y Panamá los países más vulnerables con un 20% y 18% respectivamente, Guatemala y Nicaragua son los países con menor probabilidad igual a 14%; sin embargo en Nicaragua ya ocurrió un tsunami en 1992.

Guatemala es el país mejor situado en la región mesoamericana, frente a sus costas la fosa alcanza la mayor profundidad, su pendiente moderada de 22% le da a la región una propiedad de atenuación a las olas, esto no quiere decir que en el país no pueda ocurrir un tsunami, utilizando el modelo planteado para el comportamiento de las olas utilizando como parámetro el tsunami de Nicaragua, se esperaría que las olas para Guatemala alcanzaran los 9 metros de altura siendo este un tsunami de grado 2 con daños en estructuras y embarcaciones con posibilidad de pérdidas humanas.

Los avances científicos y tecnológicos han llevado a mejoras notables en la calidad, oportunidad y tiempo de entrega de las alertas de peligros, así como al funcionamiento de redes integradas de observación. La implementación de tsunametros, sistemas DART cada vez se está volviendo más una necesidad en todas las regiones, para reducir los riesgos de desastre con información oportuna y eficaz, obteniendo una respuesta para prepararse y resistir estos eventos catastróficos

Los mecanismos de coordinación necesarios en caso de un tsunami, parten del sistema de alerta temprana, posterior a ello se debe poner en practicar la tarea de preparación y dar una respuesta inmediata por parte de las autoridades competentes, tomando en cuenta los riesgos que pueden presentarse después del evento.

El plan de contingencia aplicable a Guatemala debe priorizar el sistema de alerta temprana y las tareas de preparación. Basándose en las investigaciones; no existe realmente una estructura en el mundo que garantice la integridad de la misma ante el impacto de un Tsunami, por lo cual deja como conclusión que el evacuar siempre será la opción más viable.

La implementación de un Plan de Contingencia aplicable a Guatemala si resulta factible, partiendo que los medios para informar (redes sociales, televisión, radios, entre otros) cada vez están más al alcance de las personas y el emplear un sistema de alerta temprana e informar acerca de tareas de preparación si puede realizarse con el apoyo de las autoridades competentes.

Existen múltiples rutas de evacuación sobre la zona de inundación, pero estas son recomendables emplearlas únicamente en una situación de emergencia, donde no se cuente con un mecanismo de alerta y el peligro de la ola sea inminente. Para ello debe informarse a las personas de su situación en específico tomando como base el estudio practico de esta investigación

El impacto económico estimado de un potencial tsunami en los municipios de Iztapa y San José es de Q 7,815,547,676.00, aunque esta cifra es muy conservadora debido a la complejidad de una estimación de costos de perdida reales en una población.

La vulnerabilidad en todos sus aspectos se puede reducir en los municipios de Iztapa y San José; la vulnerabilidad económica disminuirá mejorando las opciones y condiciones laborales para las personas en los municipios de Iztapa y San José, cambiando así el riesgo de un desastre al momento de un tsunami. La vulnerabilidad social se disminuye en la población promoviendo las organizaciones comunitarias con líderes elegidos por personas residentes de dichas comunidades, aumentando su capacidad para prevenir, aminorar, o responder después de que ocurra la catástrofe. La vulnerabilidad educativa cambia de manera positiva por medio de la distribución de información acerca de los desastres naturales y de las actividades de las personas que afectan al medio ambiente, así como también si se les indica a las personas cual es la manera correcta de actuar al momento de recibir alertas o cuando sea inminente un evento natural como un tsunami.

Por medio de los mapas de inundación y de uso del suelo las autoridades deben promover la expansión urbana en territorios que no se encuentren con alta vulnerabilidad física a ser afectados por un tsunami y que no cuenten actualmente con dicho uso del suelo. De la misma manera los empresarios también pueden decidir por medio de estas herramientas cual es el mejor punto para establecer sus negocios para que su inversión tenga el menor riesgo posible a ser afectada al momento de presentarse un evento catastrófico del tipo de un tsunami.

La categoría del uso del suelo que se encuentra en mayor cantidad en los municipios de Iztapa y San José es el área agrícola, ya que estos municipios basan su economía en la agricultura anual, los cultivos permanentes, la palma africana, la caña de azúcar y las plantaciones de plátanos y bananos. Debido al punto en el cual se encuentran estos sectores agrícolas; las plantaciones no serían la categoría de uso del suelo más afectada en el caso de un tsunami, al igual que el sector de ganadería, ya que estos se encuentran en su mayoría relativamente alejados de la costa, a diferencia del área urbana y el área de bosques que se encuentran muy cercanos a la línea costera, por lo que estos últimos serían los sectores más afectados por un evento de la magnitud de un tsunami. La expansión del área urbana en los últimos años se ha ido alejando un poco de la línea costera, lo cual se observó al momento de actualizar los mapas de uso del suelo que se utilizaron en este trabajo de investigación y resulta como algo positivo porque las personas se están alejando de los puntos que presentan mayor riesgo a ser afectados por oleajes de tamaño significativo; sin embargo, siempre existe una

gran concentración de población y cierto aumento de la misma, en los sectores aledaños a Puerto Quetzal, por lo que muchas personas siguen estando en riesgo a ser afectadas por un tsunami.

El costo de pérdida para el área dedicada a la ganadería se basó en el costo del ganado bovino, ya que este es el que presenta un mayor costo de pérdida para las personas residentes en los municipios de Iztapa y San José, porque necesita de mayor espacio para su desarrollo, y también es el que se comercializa más fácilmente, por lo que estimar un valor para este tipo de ganado es más factible que estimar el precio por cabeza de otros animales que no son tan significativos para la economía. Para determinar el costo que tendría perder cada metro cuadrado del uso del suelo dedicado a la agricultura se utilizó un promedio del costo basado en el rendimiento que tienen tres cultivos; el arroz, el frijol y el maíz, proporcionando así un costo de pérdida para este tipo de uso del suelo que refleja un promedio de los cultivos más importantes de la región, ya que son los que presentarían el mayor impacto económico al momento de su pérdida debido a un tsunami. La mejor manera de estimar un costo de pérdida para el uso del suelo dedicado a los bosques es utilizar el precio que tienen los bosques de protección en la región, obteniendo con esto el dinero que representa mantener las áreas de bosques sin alteración y así conocer cuál sería el impacto económico de perder esta categoría de uso del suelo. Para determinar el costo de pérdida por metro cuadrado de área urbana se tomaron en cuenta las condiciones económicas de la mayoría de la población en el sector, para saber que costo en promedio tienen las casas presentes en los municipios de Iztapa y San José, y así determinar el impacto económico que tendría la destrucción total de dichas casas, así como también se determinó un área promedio de terreno para cada casa, obteniendo finalmente un valor por unidad de área.

Debido a la falta de información, o a la inexactitud de la misma, muchas de las catástrofes naturales que ocurrieron en el país no tienen un parámetro real de comparación en el impacto económico que tuvieron, para contrastarlo con el impacto económico que tendría un tsunami en los municipios de Iztapa y San José. Sin embargo, si se compara el tipo de daño que se observó en ellos con el daño que causaría un tsunami. En el caso de los eventos climatológicos más recientes, como el Huracán Stan, sí se puede realizar una comparación entre las pérdidas económicas generadas por esta catástrofe y las pérdidas económicas estimadas para un tsunami, que como se puede observar tienen cantidades muy similares ya que el Huracán Stan presentó pérdidas de Q 7,472,000,000.00 mientras que el tsunami contaría con costos de pérdida cercanos a los Q 7,815,547,676.00 aproximadamente, lo que nos indica una variación del 4.60% entre los dos eventos catastróficos de gran magnitud.

El costo de pérdida del uso del suelo dedicado al área agrícola significaría que al momento de impactar un tsunami en los municipios de Iztapa y San José, instantáneamente con las olas generadas por este evento se perderían cerca de Q 37,120,777.00, sin tomar en cuenta todos los efectos que esto tendría en la escasez de productos en el mercado nacional generando un aumento en los precios en todo el país, y la pérdida de negocios de los mismos como productos para la exportación, así como los efectos que esto tendría en las familias cuya subsistencia depende de la comercialización de los productos agrícolas. Los costos también aumentarían debido a los trabajos para limpiar las zonas de agricultura de escombros y de agua salada, así como por los costos para

volver a sembrar los cultivos y para eliminar hongos o plagas debido a las inundaciones. El elevado costo de pérdida en el área urbana significa todas las viviendas que se verían afectadas por el tsunami, ya que estas después de recibir el impacto del agua resultarían dañadas y en necesidad de reparaciones o reconstrucciones completas, por lo que se obtiene un costo de pérdida aproximado de Q 7,671,968,556.00, sin tomar en cuenta los costos de limpieza de agua o escombros en las viviendas, ni las pérdidas por las pertenencias dentro de las mismas. El costo de pérdida de Q 106,384,450.00 corresponde al uso del suelo dedicado al área de ganadería, y este costo significa cuánto dinero se perdería debido a la muerte de las cabezas de ganado bovino en pie criadas para su destace, al momento de impactar un tsunami en los municipios de Iztapa y San José; provocando con esto que, de manera similar a las pérdidas en el área agrícola, exista escasez de carne en el mercado nacional generando al mismo tiempo que los precios de estos productos provenientes de otros sectores del país aumente de manera significativa. También significa un gran impacto para las familias cuya subsistencia depende de la comercialización de carne de ganado bovino, de la comercialización del ganado en pie, o de los productos obtenidos del ganado como la leche y sus derivados. El costo de pérdida para el uso del suelo dedicado a los bosques, aplicado a los municipios de Iztapa y San José, significa la pérdida económica que representaría la desaparición de los árboles que no se utilizan para su tala y comercialización de la madera, sino que se mantienen en su lugar con el fin de la conservación de los bosques, por lo que su desaparición debido a un tsunami eliminaría el pago por concepto de incentivos forestales para bosques de protección que se le provee a los dueños de los terrenos en los cuales se encuentran estos árboles. Este costo de pérdida corresponde a Q 73,895.00.

Es importante que las estructuras tsunami- resistentes ubicadas en las zonas costeras se encuentre de tal manera que permita el flujo de agua. Los elementos no deben entorpecer el paso de agua, ya que se generarían fuerzas adicionales en los primeros niveles.

La fuerza boyante es la carga crítica para una estructura sometida a fuerzas de un tsunami, ya que posee una magnitud muy alta que aparte de generar esfuerzos locales muy grandes en los elementos, a nivel general de la estructura produce tensión en las columnas de los niveles inferiores generando así que exista un uplift en los cimientos los cuales pueden causar el colapso de la estructura.

Las estructuras deben primero soportar un sismo previo a un tsunami tenido poco daño estructural y suficiente resistencia para posteriormente resistir las fuerzas del tsunami.

Las fuerzas laterales de un tsunami con un Run – up de 20' son más pequeñas que las fuerzas sísmicas aplicadas para una categoría de diseño sísmico D, por lo que el diseño realizado permitiría que la estructura tuviera daños estructurales en elementos como vigas y losas del primer nivel, sin embargo, el edificio no colapsaría ante la ocurrencia de un tsunami.

XIII. Recomendaciones

Es recomendable contar con una recopilación de los eventos pasados para la prevención, el mejor mecanismo de mitigación de daños para minimizar las pérdidas. El trazado de perfiles batimétricos para establecer una vulnerabilidad, es una necesidad para todos los países, con el avance de la tecnología conocer la información necesaria es cada día más fácil. Existen portales electrónicos como el de la NOAA, USGS y aplicaciones como GeoMapApp donde encontramos la batimetría global, que permiten conocer en tiempo real los perfiles con parámetros que nosotros definimos. La visita y monitoreo a estos portales servirá de punto de partida para informes y alertas necesarias de estar en un peligro latente de una catástrofe.

El construir una relación de la profundidad, pendiente del terreno y altura de la ola está fue necesario para predecir un modelo de comportamiento de ola recreando el tsunami de Nicaragua, modelo que ha sido fundamental para el desarrollo de este proyecto, sin embargo se recomienda que para la continuación de este trabajo se deben tomar en cuenta los parámetros típicos de la región, para obtener un modelo más certero.

La región centroamericana ha sufrido tsunamis en el pasado, sin embargo el que mayor auge ha tenido fue el que impactó en Nicaragua en 1992, este evento dejó grandes lecciones para el país, la creación de centros de monitoreo y estaciones sismológicas con registros constantes, han ayudado a Nicaragua y a la región cercana. La apertura de un centro de estudios no debe descartarse para la región guatemalteca, el avance y el estudio que podría proporcionar esta base contribuiría a toda la región del Pacífico.

Como recomendación a las instituciones se tiene: recomendaciones para el INSIVUMEH, la creación de una estación con mareógrafo, y tsunametros en la costa sur, que transmitan una alerta temprana ante cualquier cambio en el nivel del mar, a CONRED se le sugiere la implementación de sistemas de alerta como sirenas de alarma y proporcionen la información necesaria a la población con mayor riesgo en este caso la población de las costas. A las municipalidades se les recomienda que exista comunicación y concientización hacia los habitantes en las costas, que se otorguen instrucciones sobre qué hacer en caso de observar o escuchar cualquier alerta. Y finalmente a todas las instituciones se les recomienda una actualización en las tecnologías, herramientas utilizadas y hacer público un manual para tomar precauciones ante un Tsunami a través de redes sociales. Al realizar un proyecto de este tipo, los costos son sustancialmente bajos porque no se imprimen los ejemplares y la información es más directa para las personas. Sin el interés y aporte de estas instituciones Guatemala seguirá ante un peligro de una destrucción total en las costas.

Concientizar a las personas acerca del tema en Guatemala. Se debe informar a la población de las medidas preventivas básicas que deben tomarse según el Plan de Contingencia aplicable para nuestro país y elaborar simulacros para identificar las rutas de evacuación.

Guatemala necesita elaborar un plan de respuesta a desastres, cada organización debe definir en el plan: las actividades que lograra cubrir, con base a la capacidad de operación que poseen y que se apliquen simulacros de evacuación para que las personas se familiaricen con las rutas que no están en riesgo.

Utilizar los mapas de inundación y de uso del suelo para promover la expansión urbana en lugares que no presenten una vulnerabilidad física tan significativa como actualmente se observa en puntos cercanos a la costa o en lugares propensos a inundaciones debido a la topografía del sector. Promover iniciativas que ayuden a una expansión financiera de los negocios locales en los municipios de Iztapa y San José, con el fin de mejorar las condiciones económicas de la población en general y así disminuir la vulnerabilidad económica en la que se encuentran actualmente estas personas. Ayudar a las comunidades a formar grupos organizados de vecinos, o asociaciones comunitarias, con las cuales la mayoría de vecinos se sientan identificados para tener una mayor comunicación entre ellos y así poder actuar de una mejor manera, más organizada, al momento de presentarse eventos naturales catastróficos, y poder realizar labores que mitiguen el impacto social y económico, a corto y a largo plazo que podrían presentar estos desastres. Distribuir información del medio ambiente y los desastres naturales en diferentes puntos en los municipios de Iztapa y San José (escuelas, las municipalidades, los parques, actividades sociales, entre otros), con el fin de que toda la población sea consciente de qué significa cada catástrofe natural y las señales que cada una de ellas puede presentar, para que así tengan una mayor posibilidad de actuar de manera correcta al momento de presentarse alguna de ellas.

Distribuir la información generada de manera gratuita, como los mapas y los archivos digitales, a todas las personas y entidades a quienes podría serles de utilidad, con el fin de que los archivos generados sean actualizados constantemente y las personas tengan la información necesaria para generar iniciativas que disminuyan el impacto social y económico que podrían tener las catástrofes naturales, como un tsunami, en los municipios de Iztapa y San José. La información debe ser accesible a todo aquel que la desee utilizar para beneficio de la población, en el caso de las instituciones gubernamentales respetando con esto la Ley de Acceso a la Información Pública la cual tiene como objeto garantizar a toda persona interesada, sin discriminación alguna, el derecho a solicitar y a tener acceso a la información pública en posesión de las autoridades.

Se debe promover que los terrenos más cercanos a la línea costera se utilicen para las categorías de uso del suelo de área de bosques y área agrícola, para reducir la cantidad de personas presentes en esos lugares y así disminuir el número de víctimas mortales al momento de un evento de esta magnitud. Promover medios de transporte público, económicos y seguros que tengan cobertura en zonas alejadas de la línea costera, con el fin de que las personas que laboran en puntos cercanos al mar, como Puerto Quetzal, puedan vivir en lugares más seguros y que tengan la facilidad de transportarse a sus lugares de trabajo fácilmente todos los días.

Al momento de estimar los costos de pérdida del área dedicada a la ganadería, no se debe tomar en cuenta el costo que tienen todos los animales domésticos, ya que esto complicaría de gran manera los cálculos y no proporcionaría datos realistas, ya que en cada terreno puede haber muchos animales distintos que no representen variaciones en la economía y por lo que no todos ellos serían reemplazados en el caso de perderse en un evento catastrófico. Se debe tomar en cuenta la capacidad económica de la mayoría de personas en los municipios de Iztapa y San José al momento de determinar el costo que tiene cada metro cuadrado de pérdida de área urbana, ya que no se le puede asignar el valor de un domicilio común en áreas completamente

urbanizadas, a viviendas que se encuentran en lugares que muchas veces presentan extrema pobreza, por lo que para realizar esta estimación se debe tener en cuenta el entorno en el cual se está trabajando.

Como continuación a la presente investigación, se recomienda analizar el presupuesto que implicaría hacer el trazo de la ruta de evacuación y los parámetros o normas que se exigen al momento de hacer un proyecto de señalizaciones para ambos municipios de estudio para plantearlo como una solución a las autoridades competentes.

Para seguimiento a esta investigación, analizar la relación entre la demanda y la capacidad que tienen los albergues en los municipios de estudio, al momento de tener que cubrir a la población afectada por un tsunami, el cual puede ser aplicable para otros fenómenos naturales

Este trabajo se podría complementar dividiendo el costo de pérdida del uso del suelo dedicado a la agricultura, en más cultivos que componen este sector en los municipios analizados para determinar un costo de pérdida distinto para cada cultivo y no hacer un promedio como el utilizado para este trabajo de investigación. Esto proporcionaría una estimación más precisa del costo de pérdida real con un desastre natural de esta magnitud. El trabajo también se podría complementar investigando de una manera más profunda el efecto que tiene la sal sobre los terrenos para la agricultura, el tiempo de la recuperación de estos suelos, y el costo que tendría volverlos fértiles de nuevo, con el fin de analizar uno de los problemas residuales del tsunami en el caso de que afectara los municipios de Iztapa y San José.

Para futuros trabajos, se podría añadir una categoría de uso del suelo distinta, la cual podría componerse de calles y carreteras para estimar un costo por kilómetro de carretera, luego utilizando las mismas herramientas informáticas utilizadas en este trabajo, estimar la cantidad de kilómetros de carreteras afectadas por un tsunami o una inundación y determinar un costo de pérdida para esta nueva categoría.

Para complementar la estimación del costo de pérdida para el uso del suelo dedicado a la ganadería, se puede estimar que otros tipos de animales significativos a la economía se encuentran en los terrenos en donde hay ganado bovino (como ganado porcino o caprino), para realizar un promedio de la cantidad de animales que se encuentra en esos terrenos, luego estimar el costo de cada uno, para finalmente obtener un valor del metro cuadrado de ganado más preciso, y con esto obtener un costo de pérdida más realista.

Una investigación que podría derivar del presente trabajo de investigación sería la de un estudio de las diferentes especies de árboles presentes en los municipios de Iztapa y San José. Esto se realizaría con el fin de obtener un valor por metro cuadrado más preciso y elevado para los bosques de la región, y al aplicarlo al presente trabajo de investigación, esto representaría un valor del costo de pérdida más cercano al cual se tendría en el caso de que un tsunami afectara las costas de los municipios antes mencionados.

Este proyecto se limitó al análisis del comportamiento de la estructura, sin tomar en cuenta el diseño de cimientos. Es recomendable que para una próxima investigación se estudie la erosión y la fuerza de levantamiento causada por el tsunami para conocer el comportamiento de la cimentación, condiciones de flujo y características necesarias del suelo.

Las cargas por tsunami dependen de la cota de inundación con la que se diseñe. Se recomienda que se analicen otros parámetros de inundación para determinar si se obtienen los mismos resultados, al igual que otra categoría de diseño sísmico.

En Guatemala la mampostería es el material de construcción más utilizado por lo que sería recomendable que se analizarán otros métodos de construcción diferentes a marcos de concreto, para evaluar el comportamiento de los muros los cuales estarían actuando como barreras de contención y analizar el tipo de esfuerzos producidos en ellos.

Dado que Guatemala es un país altamente sísmico es importante que el desarrollo de construcciones se realice bajo la norma de construcción vigente en Guatemala AGIES. La mitigación de los efectos causados por un tsunami está relacionada con la aplicación de los códigos y las exigencias municipales. Se recomienda que las autoridades locales tengan un control más estricto sobre el uso de los códigos para construcciones.

Puerto San José es una zona vulnerable a inundaciones. Actualmente los albergues que se utilizan no son estructuras que funcionen como refugios de desalojo vertical. Se recomienda que se investigue la probabilidad de implementación de estructuras con geometría parecida a la analizada en el proyecto y que cumpla con los requisitos de diseño sísmico, ya que ayuda a mitigar los daños causados por un tsunami. Esta estructura mientras no exista necesidad de ser usada como refugio, puede ser utilizada para otras necesidades comunales como una escuela.

Investigar sobre tsunamis ocurridos en países cercanos o que tengan condiciones similares a Guatemala para tener información sobre inundaciones, zonas inundables, alturas y velocidades de flujo, brindando así información necesaria para un mejor diseño estructural.

XIV. Glosario

- **Aguas someras:** aguas poco profundas.
- **Altura máxima de inundación:** diferencia entre la elevación de la marca de agua local más alta y la elevación del nivel del mar en el momento del ataque de un tsunami.
- **Deformación co-sísmica:** etapa co-sísmica es en la cual ocurre un sismo y que se describe a través de deformaciones elásticas características dependiendo del tipo de evento que se estudia.
- **Deriva continental:** fenómeno por el cual las placas tectónicas se desplazan a lo largo de millones de años en la historia.
- **Escala Soloviev-Imamura:** Escala de intensidad modificada por Soloviev, a partir de la escala de intensidad Imamura. Iida, que calcula la intensidad I de un tsunami de acuerdo a la fórmula

$$I = \frac{1}{2} + \log_2 H_{av} \quad (14)$$

Donde H_{av} es la altura media de las olas a lo largo de la costa más cercana. Esta escala se utiliza en los catálogos de tsunamis mundiales compilados por la NGDC/NOAA y el Laboratorio de Tsunamis de Novosibirsk como el principal parámetro para el tamaño del tsunami.

- **Intensidad:** Potencia, fuerza o energía extrema.
- **Magnitud de momento:** escala sismológica logarítmica empleada para medir y comparar terremotos. Basada en la medición de energía total que se libera en un sismo. Introducida en 1979 por Thomas C. Hanks y Hiroo Kanamori como sucesora de la escala sismológica de Richter.
- **Magnitud:** número asignado a una cantidad, mediante dicha cantidad puede compararse con otras de la misma clase.
- **Marea de tormenta:** marejada ciclónica. Inundación costera asociada con un sistema atmosférico de baja presión. Es producto de los vientos en altura que empujan la superficie oceánica. El viento hace que el agua se eleve por encima del nivel normal del mar.
- **Meteorológico:** relacionado a la meteorología.
- **Modelo C3:** modelo de propagación de tsunamis desarrollado y validado por el IH Cantabria.
- **Modelo COMCOT:** modelo de 2 dimensiones que ecuaciones no lineales de aguas someras.
- **NGDC/NOAA:** National Geophysical Data Center of the National Oceanic and Atmospheric Administration.
- **NOAA:** Administración Nacional Oceánica y atmosférica, sus actividades se centran en condiciones de los océanos y de la atmósfera.
- **NTL/ICMMG:** Novosibirsk Tsunami Laboratory of the Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics.

- **Paleobatimetría:** determinación de la batimetría del ambiente marino en el cual se produjo la sedimentación de una determinada unidad litológica, que caracteriza un momento de la historia geológica en la cual se produjo.
- **Placa tectónica:** Porciones de roca sólida flotando sobre una capa semilíquida (astenosfera) que forman la litosfera.
- **PTWC:** Centro de Alerta contra Tsunami en el Pacífico. El PTWC es la oficina principal del Sistema operacional de Alerta contra Tsunami en el Pacífico y trabaja estrechamente con otros centros nacionales y regionales supervisando estaciones sísmicas mareográficas alrededor del Océano Pacífico, para evaluar terremotos potencialmente tsunamigénicos. El PTWC es operado por el Servicio Meteorológico Nacional de los Estados Unidos.
- **Recogimiento:** (run-up) altura máxima de penetración/inundación.
- **Riesgo de tsunami:** La probabilidad que un litoral particular sea golpeado por un tsunami multiplicado por lo que esté expuesto a ser dañado y afectado a lo largo de esa costa. En términos generales, el riesgo es la amenaza multiplicada con la exposición (vulnerabilidad).
- **Sismogénico:** de origen sismológico, sísmico.
- **Software de código abierto:** (open source software) es el software cuyo código fuente es publicado bajo una licencia de software compatible con la Open Source Definition, o forma parte del dominio público.
- **Tren de olas:** serie de olas que conforman un tsunami
- **Tsunami:** serie de ondas de longitud y período sumamente largo, generado por perturbaciones asociadas con terremotos, derrumbes submarinos o erupciones volcánicas. Estas ondas pueden alcanzar grandes dimensiones y viajar por todo el océano con poca pérdida de energía.
- **Tsunamigénico:** Hace referencia a aquellos terremotos, usualmente producidos en zonas mayores de subducción en los límites de las placas continentales, tales como las que bordean el Océano Pacífico, que pueden generar tsunamis
- **USGS:** El servicio geológico de los Estados Unidos, agencia científica que controla el centro nacional de información sísmica, que se encarga de detectar la localización y magnitud de terremotos alrededor del mundo
- **Volcanogénico:** de origen volcánico.

XV. Bibliografía

- AGIES. (2010). «*NSE 2-10 Demandas Estructurales, condiciones de sitio y niveles de protección*». Guatemala.
- ASCE. (2010). «*Minimum Design loads for Buildings and other Structure*». Estados Unidos.
- Bohnenberger, O., & Barrillas, M. (1996). *Monitoreo y Evaluación del Fenómeno Sísmico*. Guatemala: Sociedad Geologica de Guatemala .
- Botanical Online*. (s.f.). Obtenido de La Sal en las Plantas: Como Eliminar el Exceso de Sal: <http://www.botanical-online.com/florcuidarplantassal.htm#>
- Bryant, E. (2014). *Tsunami: The Underrated Hazard*. London: Springer International.
- Cánovas, J. E. (12 de abril de 2011). El terremoto le costará a Japón dos décimas de crecimiento. *El País*.
- Caro, C. (2010). *Estructuras Tsunami - Resistentes*.
- Center, I. T. (2004). *Reconocimientos y Mediciones de Tsunamis*. United Estates: Tsunami Warning System.
- Center, N. G. (2013). *Distribution and Fatalities*. United States of America: National Centers for environmental information.
- CEPAL, C. E. (1992). *El Maremoto de Septiembre de 1992 en Nicaragua y sus Efectos Sobre el Desarrollo*. México: Naciones Unidas.
- Chile, S. S. (2010). *Informe Sismologico* . Chile: Universidad de Chile.
- Chock, Gary. (2011). « *ASCE/JSCE Tohoku Tsunami Investigation of Structural Damage and Development of the ASCE 7 Tsunami Design Code for Buildings and Other Structures.*».
- CONRED. (22 de septiembre de 2016). *Coordinadora Nacional para la Reduccion de Desastres*. Obtenido de Niveles de Alerta: <http://conred.gob.gt/site/index.php>
- CONRED. (s.f.). *Guía para la gestión de Albergues*. Guatemala.
- Constru Casa*. (09 de junio de 2016). Obtenido de Viviendas: <http://www.construcasa.org/es/como-trabajamos/viviendas>
- Cordero, D., & Castillo, R. (2015). «*Las fuerzas que induce un tsunami sobre edificaciones*». Boletín de Estructuras de la Universidad de Costa Rica: (3): 1-5.
- Costo del tsunami de Japón casi cuadruplica al del huracán Katrina. (25 de Marzo de 2011). *La Mañana de Córdoba*.
- Dunn, G. E. (1962). *The hurricane season of 1961*. Miami, Florida: U.S. Weather Bureau Office.

- EFE. (2005). *El huracán Stan causó pérdidas en Guatemala por valor de 837 millones de euros*. Guatemala: Ediciones El País S.L.
- EFE. (2011). *Lluvias amenazan con reducir en 37,5 millones de dólares los ingresos de Guatemala*. Guatemala: Agencia EFE.
- EFE. (2011). *Temporales en Guatemala se alejan y dejan 38 muertos y 524.480 afectados*. Guatemala: Agencia EFE, S/A.
- EU. (2011). *Secretaria de Planificación de Presidencia dice reconstrucción tras tormenta Agatha avanza a paso lento*. Guatemala: Emisoras Unidas.
- FAO. (2012). *La sal de la tierra: peligro para la producción de alimentos*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- FAO, O. d. (2014). *Informe anual 2013 sobre la reserva, precio y mercado del maíz y frijol con familias de las comunidades donde se ejecutan los proyectos apoyados por FAO - Guatemala*. Guatemala: Organización de las Naciones Unidas.
- FEMA. (2008). «*Guidelines for Design os Structures ofr vertical Evacuations from Tsunamis*». USA: FEMA P646.
- Fernandez, M., Molina, E., Havskov, J., & Atakan, K. V. (7 de Febrero de 2000). *Tsunamis and Tsunami Hazards in Central America*. Obtenido de <http://www.kerwa.ucr.ac.cr/handle/10669/11416>
- Fernandez, M., Strauch, W., & Lindholm, C. (2014). *Tsunami Hazard in Central America, History and Future*. San José, Costa Rica.: Universidad de Costa Rica, Escuela de Geografía.
- FHA, I. d. (2014). *Normas de Planificación y Construcción del FHA*. Guatemala: Gobierno de Guatemala.
- Forbes, K., & Broadhead, J. (2007). *The roal of coastal forest in the mitigation of tsunami impacts*. Bangkok: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Gaitán Lara, S. D. (2013). *La tormenta tropical Stan: su repercusión en el departamento de Santa Rosa*. Guatemala: Escuela de Historia, USAC.
- Galicia, N. (2015). *Mitch deja destrucción y muerte en 1998*. Guatemala: Prensa Libre.
- Gary Chock. (s.f.). «*ASCE 7 and the Development of a tsunami bidulding code for the U.S*». Honolulu, Hawaii.
- Gause, R., & Nelson, J. (1989). *Catalog of Significant Earthquake*. Estados Unidos: US Department of Commerce, NOAA.
- Grace, J. (2014). «*Review of guidelines for the designd of tsunami vertical evacuation biuldings*». Tesis Universidad Estatal de Oregon.
- Gutierrez, J. (2008). *Energía del Oleaje*. México.

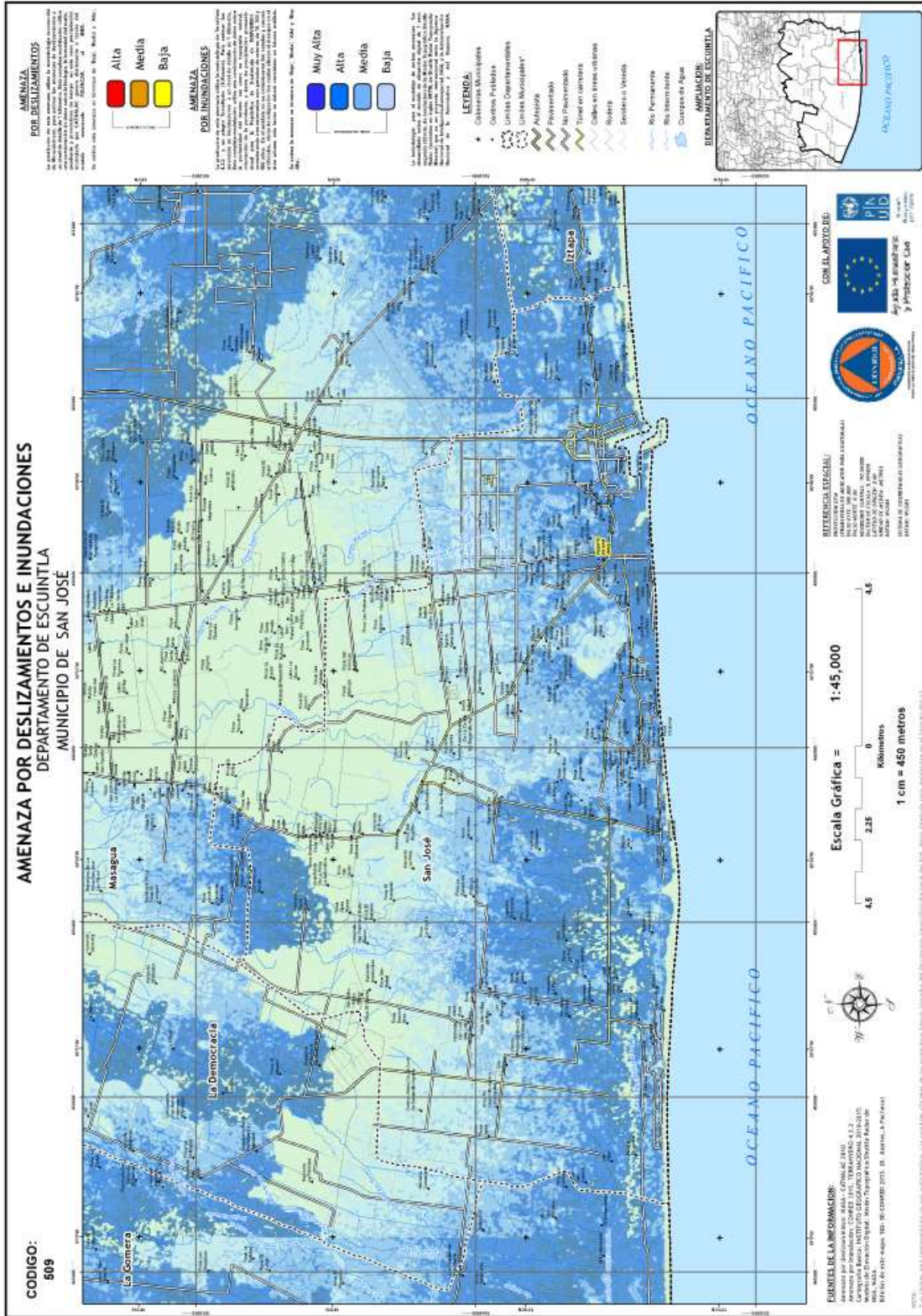
- Hatori, T. (1966). *Vertical Displacement in a Tsunami Source Area and the Topography of the Sea Bottom*. . Japan: Bulletin of the Earthquake Research Institute.
- Hernández Borbolla, M. (2013). *El costo de los desastres naturales se acentúa por la pobreza y corrupción*. México: Expansión, en alianza con CNN.
- Hernández y Hernández, M. E. (2011). *Implementación de una granja de gallinas ponedoras, para la comercialización en la aldea la hacienda, municipio de cunén, departamento de Quiché*. Guatemala: Universidad De San Carlos De Guatemala, facultad de ciencias económicas, escuela de economía, instituto educativo tulan.
- Hernandez, C. (2013). «*Construcción de viviendas tsunami resilientes en el borde costero de la columna de Licantén*». Tesis: Universidad de Talca: Chile.
- Hernandez, L. C. (2014). *Fortalecimiento de las capacidades de los integrantes cocodes, del Municipio de San José, para una adecuada gestión del riesgo sistematización de práctica profesional*. Tesis: Universidad Rafael Landívar .
- IFRC. (2008). *Guía para la Elaboración de Respuesta a Desastres y de Contingencia*. Ginebra: Federación Internacional de Sociedades.
- INE, I. N. (2013). *Pago por Concepto de Incentivos Forestales para Bosques de Protección de los Años 1998-2012*. Guatemala: Gobierno de Guatemala.
- INE, I. N. (2013). *Principales Resultados de Productos de Origen Animal*. Guatemala: Gobierno de Guatemala.
- INE, I. N. (2013). *Principales Resultados de Productos de Origen Vegetal*. Guatemala: Gobierno de Guatemala.
- INETER. (16 de septiembre de 2016). *Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales*. Obtenido de El Tsunami (Maremoto) de 1992 en Nicaragua: <http://webserver2.ineter.gob.ni/tsunami/tsu-nic92.html>
- Instituto Nacional de Sismología, V. M. (2015). *INSIVUMEH*. Obtenido de TSUNAMI: <http://www.insivumeh.gob.gt/tsunami.html>
- Instituto Nicaragüense de estudios Territoriales, I. (2016). *Tsunamis en Nicaragua*. Obtenido de <http://webserver2.ineter.gob.ni/tsunami/tsu-nic92.html>
- Jaque Castillo, E., Contreras, A., & Córdova, V. (2014). *Vulnerabilidad Global ante Tsunami en las Localidades de Tirúa y Quidico; Aprendizajes para la resiliencia*. Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Geografía, Universidad de Concepción, Chile.
- Lekkas, E. (2011). «*The Mw=9.0 Tohoku Japan Earthquake (March 11, 2011) Tsunami Impact on Structures and Infrastructure*». Universidad Nacional y Kapodistriana de Atenas, Grecia.
- Lekkas, E., Andreadakis, E., & Alexoudi, V. (2011). «*The Mw=9.0 Tohoku Japan Earthquake (March 11, 2011) Tsunami Impact on Structures and Infrastructure*». Universidad Nacional y Kapodistriana de Atenas, Grecia.

- Lemus, C. D. (2016). *Desarrollo de un Plan de Contingencia ante Tsunamis*. Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala.
- Lima, M. M. (2015). *Plan de Contingencia Metropolitano ante Tsunami 2015*. Lima: Subgerencia de Defensa Civil.
- Lllasat, M. d. (2010). *Algunas cuestiones sobre los tsunamis*. Obtenido de Universidad de Barcelona: <http://gama.am.ub.es/monograficos/tsunamis.swf>
- Luo, L. M. (2011). *Lluvias dejan más de 10 muertos en Guatemala*. Guatemala: Noticieros Televisa.
- Lutenberg, O. (s.f.). *La Salinidad y su Influencia en Suelos y Plantas*. Israel: Mashav.
- MAGA, M. d. (2001). *Mapa fisiográfico-geomorfológico de la República de Guatemala, a escala 1:250,000*. Guatemala: MAGA.
- MAGA, M. d. (2006). *Mapa de cobertura vegetal y uso de la tierra a escala 1:50,000 de la República de Guatemala para el año 2003*. Guatemala: MAGA.
- MAGA, M. d. (2014). *El Agro en Cifras 2014*. Guatemala: Gobierno de Guatemala.
- Map, T. (octubre de 2016). *Topographic Map*. Obtenido de <http://es-gt.topographic-map.com/places/Escuintla-752443/>
- Mar, V. a. (1 de octubre de 2009). *Tsunami en Samoa septiembre 2009*. Obtenido de <https://www.vistaalmar.es/images/stories/foto/altura-mar-tsunami-samoa.png>
- Marítima, D. G. (2 de marzo de 2015). *Autoridad Marítima Colombiana*. Obtenido de <https://www.dimar.mil.co/content/primer-sistema-de-monitoreo-y-deteccion-de-tsunami-en-colombia>
- Maritimas, M. S. (5 de agosto de 2016). *Boya Tsunamica*. Obtenido de <http://mesemar.com/ayudas-a-la-navegacion/oceanografia-y-tsunamis/boyas-tsunamis/>
- Mas, E. A. (2009). «*Estructuras de concreto armado tsunami-sismorresistentes basadas en experiencias de los tsunamis del Ccéano Índico (2004) y Camana (2001)*». Tesis Universidad Nacional de Ingeniería de Perú.
- Melgar, W. (2003). *Estado de la Diversidad Biológica de los Árboles y Bosques de Guatemala*. Roma: Servicio de Desarrollo de Recursos Forestales, Dirección de Recursos Forestales, Departamento de Montes, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Mesa Técnica Interinstitucional de Recomendaciones para la Preparación y Respuesta ante Tsunamis. (Octubre de 2014). *Recomendaciones para la Preparación y Respuesta ante Tsunamis*. Obtenido de www.onemi.com: <http://siac.onemi.gob.cl/documentos/docs/difusion/MANUALDETSUNAMI.pdf>

- Mexicano, S. g. (16 de julio de 2013). *Causas, Características e Impactos*. Obtenido de <http://portalweb.sgm.gob.mx/museo/riesgos/sismos>
- México, U. N. (2016). *Instituto de geología*. Obtenido de <http://www.geologia.unam.mx:8080/igl/index.php/difusion-y-divulgacion/temas-selectos/568-la-teoria-de-la-tectonica-de-placas-y-la-deriva-continental>
- Molina, E. (1997). *Reduction of natural disasters in Central America*. Bergen, Norway: Institute of Solid Earth Pyshics, University of Berger.
- Naciones Unidas, S. d. (1974). *Informe Sobre los Daños y Repercusiones del Huracán Fifi en la Economía Hondureña*. Consejo Economico y Social de las Naciones Unidas.
- National Oceanic and Atmospheric Administration, N. (11 de Marzo de 2011). *NOAA, Center for Tsunami Research*. Obtenido de Pacific Marine Enviromental Laboratory: <http://nctr.pmel.noaa.gov/honshu20110311/>
- National Oceanic And Atmospheric, A. (10 de Mayo de 2016). *National Data Buoy Centel*. Obtenido de <http://www.ndbc.noaa.gov/>
- Noticias gt, N. d. (2010). *Tormenta Agatha le cambió el rostro a Guatemala en dos días*. Guatemala.
- Noticias gt, N. d. (2011). *Inhabilitan paso por puente que conecta a Jutiapa con El Salvador*. Guatemala: Noticias de Guatemala.
- NTM. (2013). «*Diseño Estructural de edificaciones en áreas de riesgo de inundación por tsunami o seiche*». Perú: NTM 007 Ministerio de Vivienda y Urbanismo .
- Olmo, M., & Nave, R. (Agosto de 2000). *HyperPhysics*. Obtenido de Tsunami: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/waves/tsunami.html>
- Onishi, N. (13 de marzo de 2011). *Seawalls offered little protection against Tsunami's Crushing waves* . New York, United States.
- Parkin, M., & Esquivel, G. (2006). *Microeconomía: Versión para Latinoamérica*. México: Pearson Educación.
- Prieto.G. (2004). *Efectos de los terremotos*. Colombia.
- Reuters. (15 de marzo de 2011). *Costos del terremoto y tsunami en Japón llegarían, al menos, a US\$180.000M. América Economía*.
- Rica, U. d. (2008). *Red Sismologica Nacional*. Obtenido de <http://rsn.ucr.ac.cr/index.php/faq/60-tsunami-educativo/3668-tsunamis-en-america-central>
- Rica, U. d. (s.f.). *Red Sismológica Nacional*. Obtenido de <http://rsn.ucr.ac.cr/index.php/faq/geologia/3412-placas-tectonicas>

- Richters, E. J. (1995). *Manejo del uso de la tierra en América Central: hacia el aprovechamiento sostenible del recurso tierra*. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
- Rivas, C. O. (2008). «*Estudio de vulnerabilidad sísmica estructural en un sector de la zona 7 de la Ciudad de Guatemala*». Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Roberts, J. (2005). *Central America In Eye Of Storm*. CBS NEWS.
- Rodas, F. (2005). Guatemala: Prensa Libre.
- Rodríguez, L. (17 de marzo de 2014). *El Tiempo*. Obtenido de Tsunami y Terremoto del 26 de diciembre de 2004: <http://www.tiempo.com/ram/1820/mega-maremoto-y-tsunami-del-26-de-diciembre-de-2004/>
- Salud, O. P. (2010). *El Terremoto y Tsunami de Chile del 27 de Febrero en Chile: Crónica y lecciones aprendidas en el sector de salud*. . Santiago de Chile: AIRENA.
- Segovia, G. d. (2010). *Terremotos: Magnitud e intensidad* . Obtenido de <http://www.geologiadesegovia.info/terremotos-magnitud-intensidad/>
- Service, G. I. (Agosto de 2011). *El bosque detiene los tsunamis, una modelización con imágenes satelitales* . Obtenido de <http://web.archive.org/web/20110812045950/http://www.spotimage.com/web/es/3322-el-bosque-detiene-los-tsunamis-una-modelizacion-con-imagenes-satelitales.php>
- Servicio Sismológico Nacional, I. d. (2005). *Magnitud de un Sismo*. México D.F: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Shiki, Tsuji, Y., & Minoura. (2008). *Tsunamiites Features and Implications*. Italia: Elsevier.
- Strauch, W. (2001). *Causas de Tsunamis y Sistema de Alerta contra Maremotos en Nicaragua*. Nicaragua: Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, INETER.
- System, M. G. (2013). *GeoMapAPP*. Obtenido de <http://www.geomapp.org/>
- territoriales, I. N. (1996). *Lista de Tsunamis (maremotos) en America Central*. Obtenido de <http://webserver2.ineter.gob.ni/tsunami/tsunami-list.html>
- Texas, T. U. (2006). *Ocean Waves*. United Estates: Oceanography department .
- Universidad católica de Santiago, S. (2013). *Especial de Geografía en el Mar*. Obtenido de <http://www.sismo24.cl/500sismos/700tsunami2.html>
- URL, U. R., IARNA, R. N., & IICA, I. I. (2015). *Perfil del agro y la ruralidad de Guatemala 2014: situación actual y tendencias*. Guatemala: Editorial Cara Parens.
- USAID. (2007). *Guía de referencia para centros de Alerta de Tsunamis*. Washigton D.C: U.S Agency for international Development.

- USGS. (02 de septiembre de 1992). *M 7.7 near the coast of Nicaragua*. Obtenido de <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/usp0005ddn#map?Historical%20Seismicity=true&Population%20Density=true&ShakeMap%20MMI%20Contours=false>
- USGS. (1996). *This Dynamic Earth*. Washington D.C: U.S Government Printing Office .
- USGS. (26 de diciembre de 2004). *M 9.1 off the west coast of Sumatra* . Obtenido de http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/official20041226005853450_30#executive
- USGS. (29 de septiembre de 2009). *M8.1 Samoa Islands* . Obtenido de <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/usp000h1ys#executive>
- USGS. (27 de febrero de 2010). *M.8.8 Offshore Bio - Bio, Chile*. Obtenido de <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/usp000h7rf#dyfi>
- USGS. (3 de marzo de 2011). *M9.0 - near the east coast of Honshu, Japan*. Obtenido de <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/usp000hvnu#region-info>
- Wilches-Chaux. (1989). *Análisis de Riesgo, Capítulo II: Vulnerabilidad Global*. México.
- Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T., & Davis, I. (2003). *At Risk: Natural Hazards, people's vulnerability and disasters. Segunda Edición*. New York, NY.: Routledge.
- Yauri, S. (2008). «*Detección, localización y análisis de sismos tsunamigénicos: Sistema de alerta de tsunamis Tremors*». Tesis Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Yeh, H., Ian, R., & Jane, P. (2005). «*Development of design guidelines for structures that serve as tsunami vertical evacuation sites*». USA: State Department of Natural Resource.



Anexo 2 - CONRED; Amenaza por Deslizamientos e Inundaciones, Departamento de Escuintla, Municipio de San José. Fuente: CONRED.

Anexo 3 - Datos de área agrícola inundada.

<i>ID</i>	<i>GRIDCODE</i>	<i>Categorías</i>	<i>Código</i>	<i>Área m2</i>
1141739	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	14481.9284
1142427	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	300
1142916	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1142920	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1142928	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1142959	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	227.1484
1143002	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	207.2407
1143006	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1143101	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	50
1143110	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	50
1143122	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	77.1484
1143132	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	77.1484
1143139	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	50
1143145	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1143153	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1143168	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1143176	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	50
1144431	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	1389.9378
1144486	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	64573.3762
1144882	232	Banano-plátano	2.2.1.1	1135.2092
1145031	235	Palma africana	2.2.3.2	115.625
1145035	235	Palma africana	2.2.3.2	25
1145036	235	Palma africana	2.2.3.2	16.0156
1145041	235	Palma africana	2.2.3.2	25
1145049	235	Palma africana	2.2.3.2	25
1145050	235	Palma africana	2.2.3.2	50
1145056	235	Palma africana	2.2.3.2	292.3214
1145057	235	Palma africana	2.2.3.2	25
1145058	235	Palma africana	2.2.3.2	25
1145071	235	Palma africana	2.2.3.2	25
1145080	235	Palma africana	2.2.3.2	34.9609
1145116	235	Palma africana	2.2.3.2	154.8828
1145177	232	Banano-plátano	2.2.1.1	4696.5775
1145205	232	Banano-plátano	2.2.1.1	7340.8537
1145256	235	Palma africana	2.2.3.2	25
1145264	235	Palma africana	2.2.3.2	325
1145265	235	Palma africana	2.2.3.2	200
1145274	235	Palma africana	2.2.3.2	25
1145280	235	Palma africana	2.2.3.2	50

Fuente: Elaboración Propia.

1145295	235	Palma africana	2.2.3.2	34.9609
1145296	235	Palma africana	2.2.3.2	25
1145307	235	Palma africana	2.2.3.2	50
1145335	232	Banano-plátano	2.2.1.1	23834.819
1145344	235	Palma africana	2.2.3.2	240.2588
1145354	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	95625.6517
1145355	235	Palma africana	2.2.3.2	34.9609
1145364	235	Palma africana	2.2.3.2	16.0156
1145582	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	19960.4572
1145917	21	Agricultura anual	2.1	255.6335
1145954	21	Agricultura anual	2.1	175
1145962	21	Agricultura anual	2.1	255.6335
1145984	21	Agricultura anual	2.1	35177.8718
1146001	21	Agricultura anual	2.1	112.8411
1146039	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	7281.4547
1146076	235	Palma africana	2.2.3.2	6848.0678
1146105	21	Agricultura anual	2.1	39191.9792
1146161	21	Agricultura anual	2.1	223.999
1146380	235	Palma africana	2.2.3.2	130.2246
1146418	235	Palma africana	2.2.3.2	77.2949
1146458	235	Palma africana	2.2.3.2	139.2876
1146572	235	Palma africana	2.2.3.2	367.6661
1146603	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	363805.842
1146770	221	Cultivos permanentes herbáceos	2.2.1	192.9337
1146807	235	Palma africana	2.2.3.2	8714.697
1146828	221	Cultivos permanentes herbáceos	2.2.1	50
1146832	221	Cultivos permanentes herbáceos	2.2.1	25
1146877	232	Banano-plátano	2.2.1.1	75133.0954
1146977	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1146978	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	75
1147001	221	Cultivos permanentes herbáceos	2.2.1	391790.258
1147054	235	Palma africana	2.2.3.2	175
1147067	235	Palma africana	2.2.3.2	25
1147074	235	Palma africana	2.2.3.2	222.168
1147081	221	Cultivos permanentes herbáceos	2.2.1	25
1147088	221	Cultivos permanentes herbáceos	2.2.1	77.3438
1147095	221	Cultivos permanentes herbáceos	2.2.1	66.4063
1147097	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	549.1455
1147110	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	75
1147111	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	339.2029
1147117	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	100

Fuente: Elaboración Propia.

1147123	232	Banano-plátano	2.2.1.1	50
1147128	232	Banano-plátano	2.2.1.1	50.1715
1147147	221	Cultivos permanentes herbáceos	2.2.1	11077.6215
1147172	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	34.9609
1147270	221	Cultivos permanentes herbáceos	2.2.1	444213.846
1147322	235	Palma africana	2.2.3.2	119.5313
1147329	232	Banano-plátano	2.2.1.1	82156.0778
1147355	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1147363	235	Palma africana	2.2.3.2	152.6367
1147371	235	Palma africana	2.2.3.2	25
1147378	235	Palma africana	2.2.3.2	16.0156
1147379	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	173.8281
1147386	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	50
1147392	235	Palma africana	2.2.3.2	87.1094
1147435	235	Palma africana	2.2.3.2	102.1578
1147459	235	Palma africana	2.2.3.2	286.792
1147492	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1147496	232	Banano-plátano	2.2.1.1	25
1147498	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1147502	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1147570	232	Banano-plátano	2.2.1.1	31870.73
1147576	235	Palma africana	2.2.3.2	724.8819
1147605	232	Banano-plátano	2.2.1.1	25
1147612	232	Banano-plátano	2.2.1.1	33256.7053
1147633	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	9512.0427
1147645	232	Banano-plátano	2.2.1.1	50
1147647	235	Palma africana	2.2.3.2	100.8655
1147658	232	Banano-plátano	2.2.1.1	131.9336
1147659	232	Banano-plátano	2.2.1.1	16.0156
1147660	232	Banano-plátano	2.2.1.1	50
1147661	232	Banano-plátano	2.2.1.1	25
1147672	232	Banano-plátano	2.2.1.1	34.9609
1147673	232	Banano-plátano	2.2.1.1	25
1147676	235	Palma africana	2.2.3.2	559.6943
1147681	232	Banano-plátano	2.2.1.1	50
1147683	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	34.9609
1147684	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	193.8305
1147693	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	187.1094
1147700	232	Banano-plátano	2.2.1.1	692.947
1147701	232	Banano-plátano	2.2.1.1	25
1147705	232	Banano-plátano	2.2.1.1	16.0156

Fuente: Elaboración Propia.

1147708	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	685.1536
1147709	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	542.8648
1147717	232	Banano-plátano	2.2.1.1	339.8457
1147719	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	16.0156
1147727	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1147728	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	77.3438
1147755	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	66.4063
1147767	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	1605.2385
1147768	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1147773	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	75
1147775	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1147801	21	Agricultura anual	2.1	79101.9383
1147813	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	16830.8016
1147818	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1147829	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1147840	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	50
1147914	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1147925	235	Palma africana	2.2.3.2	3031.7089
1147931	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1147936	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1147946	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1147976	21	Agricultura anual	2.1	296706.593
1147984	21	Agricultura anual	2.1	5267.0237
1147991	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	52.2461
1147996	232	Banano-plátano	2.2.1.1	45847.1865
1148005	21	Agricultura anual	2.1	70.7365
1148022	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1148026	232	Banano-plátano	2.2.1.1	498.0949
1148027	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1148028	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1148073	232	Banano-plátano	2.2.1.1	25
1148118	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1148126	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	77.3438
1148147	232	Banano-plátano	2.2.1.1	119.5313
1148151	235	Palma africana	2.2.3.2	49.8076
1148155	21	Agricultura anual	2.1	7161.6518
1148160	21	Agricultura anual	2.1	9451.5775
1148176	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1148184	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1148209	235	Palma africana	2.2.3.2	451.1652
1148221	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	426.4324

Fuente: Elaboración Propia.

1148226	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	128.2249
1148238	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	8.4144
1148247	232	Banano-plátano	2.2.1.1	67.1875
1148301	21	Agricultura anual	2.1	7206085.07
1148346	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1148359	21	Agricultura anual	2.1	207.3997
1148411	232	Banano-plátano	2.2.1.1	64016.558
1148419	235	Palma africana	2.2.3.2	686.9185
1148440	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	82028.5951
1148463	221	Cultivos permanentes herbáceos	2.2.1	332991.339
1148474	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	247833.924
1148492	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	20169133.8
1148704	221	Cultivos permanentes herbáceos	2.2.1	1868.1837
1148730	221	Cultivos permanentes herbáceos	2.2.1	440427.129
1148937	221	Cultivos permanentes herbáceos	2.2.1	1455035.76
TOTAL =				32253694.1979

Porcentaje inundado =

18.28%

Costo de la pérdida de agricultura =

Q37,120,776.65

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 4 - Datos de área agrícola.

<i>ID</i>	<i>GRIDCODE</i>	<i>Categorías</i>	<i>Código</i>	<i>Área m2</i>
1138509	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1138638	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	4555.9341
1138732	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	28373.9262
1139009	235	Palma africana	2.2.3.2	66.4063
1139064	235	Palma africana	2.2.3.2	50
1139090	235	Palma africana	2.2.3.2	1279.2041
1139111	235	Palma africana	2.2.3.2	75
1139116	235	Palma africana	2.2.3.2	16.0156
1139132	235	Palma africana	2.2.3.2	75
1139143	235	Palma africana	2.2.3.2	50
1139218	235	Palma africana	2.2.3.2	50
1139224	235	Palma africana	2.2.3.2	16.0156
1139229	235	Palma africana	2.2.3.2	50
1139258	235	Palma africana	2.2.3.2	217.6685
1139307	235	Palma africana	2.2.3.2	50
1139337	235	Palma africana	2.2.3.2	25
1139363	235	Palma africana	2.2.3.2	310.6869
1139368	235	Palma africana	2.2.3.2	149.4141
1139399	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	10819.4814
1139400	235	Palma africana	2.2.3.2	103.5645
1139539	235	Palma africana	2.2.3.2	178.0197
1139641	235	Palma africana	2.2.3.2	335.6956
1139662	235	Palma africana	2.2.3.2	50
1139675	235	Palma africana	2.2.3.2	25
1139677	235	Palma africana	2.2.3.2	150
1139686	235	Palma africana	2.2.3.2	16.0156
1139746	235	Palma africana	2.2.3.2	25
1139892	235	Palma africana	2.2.3.2	75
1139897	235	Palma africana	2.2.3.2	25
1139947	235	Palma africana	2.2.3.2	75
1139953	235	Palma africana	2.2.3.2	50
1140024	235	Palma africana	2.2.3.2	343.5358
1140029	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	17215.4385
1140034	235	Palma africana	2.2.3.2	462.4
1140049	235	Palma africana	2.2.3.2	75
1140114	235	Palma africana	2.2.3.2	10.3585
1140127	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	136.5287
1140167	235	Palma africana	2.2.3.2	196.4504
1140168	235	Palma africana	2.2.3.2	146.2631

Fuente: Elaboración Propia.

1140179	235	Palma africana	2.2.3.2	16.0156
1140264	235	Palma africana	2.2.3.2	25
1140268	235	Palma africana	2.2.3.2	25
1140274	235	Palma africana	2.2.3.2	25
1140279	235	Palma africana	2.2.3.2	25
1140284	235	Palma africana	2.2.3.2	50
1140294	235	Palma africana	2.2.3.2	50
1140313	235	Palma africana	2.2.3.2	25
1140317	235	Palma africana	2.2.3.2	25
1140321	235	Palma africana	2.2.3.2	50
1140358	235	Palma africana	2.2.3.2	188.6624
1140396	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	4946.8147
1140402	235	Palma africana	2.2.3.2	25
1140408	235	Palma africana	2.2.3.2	25
1140429	235	Palma africana	2.2.3.2	157.5195
1140436	235	Palma africana	2.2.3.2	67.1875
1140470	21	Agricultura anual	2.1	51006.2838
1140475	235	Palma africana	2.2.3.2	50
1140481	235	Palma africana	2.2.3.2	529.5105
1140485	235	Palma africana	2.2.3.2	50
1140707	235	Palma africana	2.2.3.2	25
1140708	21	Agricultura anual	2.1	8539.1823
1140719	235	Palma africana	2.2.3.2	25
1140734	235	Palma africana	2.2.3.2	281.3677
1140745	235	Palma africana	2.2.3.2	321.3857
1140754	235	Palma africana	2.2.3.2	50
1140762	235	Palma africana	2.2.3.2	75
1140769	235	Palma africana	2.2.3.2	75
1140781	235	Palma africana	2.2.3.2	75
1140785	235	Palma africana	2.2.3.2	1027.6097
1140796	235	Palma africana	2.2.3.2	199.6166
1140839	235	Palma africana	2.2.3.2	730.5083
1140852	235	Palma africana	2.2.3.2	1079.14
1140858	235	Palma africana	2.2.3.2	25
1140961	235	Palma africana	2.2.3.2	246.1998
1141025	235	Palma africana	2.2.3.2	163.2324
1141057	235	Palma africana	2.2.3.2	50
1141067	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1141099	235	Palma africana	2.2.3.2	1194.6418
1141112	235	Palma africana	2.2.3.2	266.3845
1141113	235	Palma africana	2.2.3.2	34.9609

Fuente: Elaboración Propia.

1141117	21	Agricultura anual	2.1	1258.4329
1141132	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	17.0983
1141165	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	128.9313
1141177	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	751.7154
1141178	235	Palma africana	2.2.3.2	216.4174
1141179	235	Palma africana	2.2.3.2	50
1141186	235	Palma africana	2.2.3.2	978.6157
1141250	21	Agricultura anual	2.1	126451.445
1141269	235	Palma africana	2.2.3.2	25
1141274	235	Palma africana	2.2.3.2	380.5946
1141294	21	Agricultura anual	2.1	107777.201
1141304	235	Palma africana	2.2.3.2	25
1141308	235	Palma africana	2.2.3.2	438.4209
1141309	235	Palma africana	2.2.3.2	120.1416
1141315	235	Palma africana	2.2.3.2	246.1151
1141339	21	Agricultura anual	2.1	25
1141343	21	Agricultura anual	2.1	25
1141344	21	Agricultura anual	2.1	1582.5762
1141346	21	Agricultura anual	2.1	194367.716
1141353	21	Agricultura anual	2.1	75
1141354	235	Palma africana	2.2.3.2	191.0156
1141359	235	Palma africana	2.2.3.2	356.4619
1141360	235	Palma africana	2.2.3.2	67.2852
1141371	235	Palma africana	2.2.3.2	25
1141381	235	Palma africana	2.2.3.2	100
1141382	235	Palma africana	2.2.3.2	165.7837
1141410	235	Palma africana	2.2.3.2	34.9609
1141419	235	Palma africana	2.2.3.2	50
1141420	235	Palma africana	2.2.3.2	16.0156
1141427	21	Agricultura anual	2.1	1490.2034
1141447	235	Palma africana	2.2.3.2	167.3584
1141458	235	Palma africana	2.2.3.2	484.4001
1141486	21	Agricultura anual	2.1	1586.4525
1141499	235	Palma africana	2.2.3.2	50
1141541	235	Palma africana	2.2.3.2	4432.9141
1141614	21	Agricultura anual	2.1	4607.9879
1141683	21	Agricultura anual	2.1	6015.2311
1141739	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	14872.4278
1141745	21	Agricultura anual	2.1	95.319
1141902	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	50.2039
1142092	235	Palma africana	2.2.3.2	149.4141

Fuente: Elaboración Propia.

1142120	235	Palma africana	2.2.3.2	161.1328
1142145	235	Palma africana	2.2.3.2	345.6442
1142263	21	Agricultura anual	2.1	85.7609
1142269	223	Cultivos permanentes arbóreos	2.2.3	34.9609
1142394	232	Banano-plátano	2.2.1.1	34.1339
1142427	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	300
1142451	232	Banano-plátano	2.2.1.1	141104.34
1142502	223	Cultivos permanentes arbóreos	2.2.3	106337.259
1142516	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1142517	235	Palma africana	2.2.3.2	99.6094
1142522	235	Palma africana	2.2.3.2	188.6719
1142527	235	Palma africana	2.2.3.2	361.8464
1142532	235	Palma africana	2.2.3.2	1054.1872
1142542	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	418.335
1142556	235	Palma africana	2.2.3.2	1180.6224
1142602	223	Cultivos permanentes arbóreos	2.2.3	30154.1042
1142618	223	Cultivos permanentes arbóreos	2.2.3	63261.3577
1142648	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	225.8015
1142709	223	Cultivos permanentes arbóreos	2.2.3	27670.21
1142745	235	Palma africana	2.2.3.2	500.7992
1142770	235	Palma africana	2.2.3.2	648.6543
1142772	232	Banano-plátano	2.2.1.1	25993.1881
1142783	235	Palma africana	2.2.3.2	50
1142798	235	Palma africana	2.2.3.2	75
1142801	223	Cultivos permanentes arbóreos	2.2.3	129580.969
1142809	235	Palma africana	2.2.3.2	75
1142817	232	Banano-plátano	2.2.1.1	17859.0139
1142824	235	Palma africana	2.2.3.2	159.2709
1142833	235	Palma africana	2.2.3.2	77.2949
1142834	235	Palma africana	2.2.3.2	875.0197
1142857	235	Palma africana	2.2.3.2	16.0156
1142866	232	Banano-plátano	2.2.1.1	300995.294
1142875	235	Palma africana	2.2.3.2	119.5313
1142882	235	Palma africana	2.2.3.2	171.6599
1142883	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	2868.9213
1142887	235	Palma africana	2.2.3.2	52.2705
1142899	235	Palma africana	2.2.3.2	119.5313

Fuente: Elaboración Propia.

1142905	235	Palma africana	2.2.3.2	157.5195
1142910	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	231885.634
1142915	235	Palma africana	2.2.3.2	50
1142916	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1142919	235	Palma africana	2.2.3.2	192.1387
1142920	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1142926	235	Palma africana	2.2.3.2	265.3439
1142928	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1142935	235	Palma africana	2.2.3.2	783.5512
1142958	235	Palma africana	2.2.3.2	159.4727
1142959	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	227.1484
1142974	232	Banano-plátano	2.2.1.1	42474.1802
1142979	235	Palma africana	2.2.3.2	1199.467
1142983	235	Palma africana	2.2.3.2	75
1142999	232	Banano-plátano	2.2.1.1	300
1143002	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	207.2407
1143006	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1143010	21	Agricultura anual	2.1	8913.2089
1143016	235	Palma africana	2.2.3.2	344.9653
1143027	235	Palma africana	2.2.3.2	390.8203
1143064	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	1468.8938
1143071	232	Banano-plátano	2.2.1.1	48024.3542
1143072	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	17784.0614
1143095	232	Banano-plátano	2.2.1.1	24113.4979
1143101	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	50
1143110	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	50
1143121	232	Banano-plátano	2.2.1.1	22979.7983
1143122	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	77.1484
1143131	21	Agricultura anual	2.1	3741.2608
1143132	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	77.1484
1143139	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	50
1143145	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1143153	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1143168	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1143176	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	50
1143231	21	Agricultura anual	2.1	25
1143235	21	Agricultura anual	2.1	7183.8323
1143247	21	Agricultura anual	2.1	183.3324
1143257	21	Agricultura anual	2.1	25
1143263	21	Agricultura anual	2.1	25
1143370	232	Banano-plátano	2.2.1.1	127260.167

Fuente: Elaboración Propia.

1143390	223	Cultivos permanentes arbóreos	2.2.3	8575.2675
1143421	223	Cultivos permanentes arbóreos	2.2.3	599.041
1143422	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	6561.8815
1143430	232	Banano-plátano	2.2.1.1	50239.8141
1143472	232	Banano-plátano	2.2.1.1	875.7408
1143521	21	Agricultura anual	2.1	8963.0822
1143524	223	Cultivos permanentes arbóreos	2.2.3	89436.9138
1143558	232	Banano-plátano	2.2.1.1	59195.7621
1143596	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	259953.763
1143639	21	Agricultura anual	2.1	100
1143644	21	Agricultura anual	2.1	50
1143671	232	Banano-plátano	2.2.1.1	4243.407
1143709	21	Agricultura anual	2.1	10333.3704
1143718	232	Banano-plátano	2.2.1.1	321256.216
1143741	232	Banano-plátano	2.2.1.1	167.2909
1143771	235	Palma africana	2.2.3.2	113.501
1143783	235	Palma africana	2.2.3.2	290.7227
1143789	235	Palma africana	2.2.3.2	25
1143813	235	Palma africana	2.2.3.2	25
1143821	235	Palma africana	2.2.3.2	75
1143822	232	Banano-plátano	2.2.1.1	22430.8737
1143850	235	Palma africana	2.2.3.2	25
1143851	21	Agricultura anual	2.1	19295.032
1143858	235	Palma africana	2.2.3.2	75
1143859	235	Palma africana	2.2.3.2	75
1143873	235	Palma africana	2.2.3.2	25
1143891	235	Palma africana	2.2.3.2	264.4319
1143899	232	Banano-plátano	2.2.1.1	12953.9071
1143936	232	Banano-plátano	2.2.1.1	203807.258
1143985	235	Palma africana	2.2.3.2	298.8123
1144064	21	Agricultura anual	2.1	77082.691
1144092	235	Palma africana	2.2.3.2	172.5603
1144124	235	Palma africana	2.2.3.2	136.0743
1144164	235	Palma africana	2.2.3.2	34.9609
1144165	235	Palma africana	2.2.3.2	243.5059
1144171	235	Palma africana	2.2.3.2	25
1144182	235	Palma africana	2.2.3.2	212.603
1144186	235	Palma africana	2.2.3.2	77.002
1144187	235	Palma africana	2.2.3.2	111.6362

Fuente: Elaboración Propia.

1144188	235	Palma africana	2.2.3.2	25
1144190	235	Palma africana	2.2.3.2	25
1144192	235	Palma africana	2.2.3.2	198.0535
1144222	232	Banano-plátano	2.2.1.1	28146.7074
1144226	235	Palma africana	2.2.3.2	227.9816
1144230	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	1925.1425
1144277	232	Banano-plátano	2.2.1.1	279880.753
1144281	21	Agricultura anual	2.1	32318.3889
1144282	21	Agricultura anual	2.1	9040.2142
1144292	232	Banano-plátano	2.2.1.1	206327.009
1144311	21	Agricultura anual	2.1	50.2039
1144320	223	Cultivos permanentes arbóreos	2.2.3	22550.8365
1144347	223	Cultivos permanentes arbóreos	2.2.3	39179.274
1144364	232	Banano-plátano	2.2.1.1	304846.698
1144393	21	Agricultura anual	2.1	8414921.31
1144431	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	1389.9378
1144451	223	Cultivos permanentes arbóreos	2.2.3	5790.4202
1144486	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	64573.3762
1144507	223	Cultivos permanentes arbóreos	2.2.3	17354.5863
1144581	223	Cultivos permanentes arbóreos	2.2.3	55449.3079
1144721	232	Banano-plátano	2.2.1.1	31419.2912
1144754	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	3706.428
1144774	232	Banano-plátano	2.2.1.1	13236.7421
1144848	232	Banano-plátano	2.2.1.1	8257.7822
1144882	232	Banano-plátano	2.2.1.1	5227263.5
1144935	223	Cultivos permanentes arbóreos	2.2.3	26877.1309
1144948	235	Palma africana	2.2.3.2	292.1875
1144963	235	Palma africana	2.2.3.2	154.8828
1144966	235	Palma africana	2.2.3.2	159.0671
1144982	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	286047.615
1144998	232	Banano-plátano	2.2.1.1	25146.3162
1145004	235	Palma africana	2.2.3.2	201.0498
1145031	235	Palma africana	2.2.3.2	115.625
1145035	235	Palma africana	2.2.3.2	25
1145036	235	Palma africana	2.2.3.2	16.0156
1145041	235	Palma africana	2.2.3.2	25
1145049	235	Palma africana	2.2.3.2	25

Fuente: Elaboración Propia.

1145050	235	Palma africana	2.2.3.2	50
1145056	235	Palma africana	2.2.3.2	292.3214
1145057	235	Palma africana	2.2.3.2	25
1145058	235	Palma africana	2.2.3.2	25
1145071	235	Palma africana	2.2.3.2	25
1145080	235	Palma africana	2.2.3.2	34.9609
1145108	21	Agricultura anual	2.1	37533.5385
1145116	235	Palma africana	2.2.3.2	154.8828
1145177	232	Banano-plátano	2.2.1.1	4696.5775
1145205	232	Banano-plátano	2.2.1.1	7340.8537
1145256	235	Palma africana	2.2.3.2	25
1145264	235	Palma africana	2.2.3.2	325
1145265	235	Palma africana	2.2.3.2	200
1145274	235	Palma africana	2.2.3.2	25
1145280	235	Palma africana	2.2.3.2	50
1145295	235	Palma africana	2.2.3.2	34.9609
1145296	235	Palma africana	2.2.3.2	25
1145307	235	Palma africana	2.2.3.2	50
1145335	232	Banano-plátano	2.2.1.1	23834.819
1145343	223	Cultivos permanentes arbóreos	2.2.3	179897.619
1145344	235	Palma africana	2.2.3.2	240.2588
1145354	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	95625.6517
1145355	235	Palma africana	2.2.3.2	34.9609
1145364	235	Palma africana	2.2.3.2	16.0156
1145486	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	77234.5116
1145509	235	Palma africana	2.2.3.2	8697.2834
1145531	21	Agricultura anual	2.1	31955.5234
1145562	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	40672.2999
1145582	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	23168.9464
1145636	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	99.0229
1145666	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	170.3646
1145676	21	Agricultura anual	2.1	6006.9755
1145686	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	389.864
1145690	235	Palma africana	2.2.3.2	2493.6807
1145748	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	115.625
1145752	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1145753	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	6711.793
1145790	232	Banano-plátano	2.2.1.1	25
1145795	232	Banano-plátano	2.2.1.1	25
1145803	232	Banano-plátano	2.2.1.1	50
1145810	232	Banano-plátano	2.2.1.1	52729.0251

Fuente: Elaboración Propia.

1145811	232	Banano-plátano	2.2.1.1	25
1145820	232	Banano-plátano	2.2.1.1	25
1145835	232	Banano-plátano	2.2.1.1	25
1145843	232	Banano-plátano	2.2.1.1	25
1145844	235	Palma africana	2.2.3.2	476.3815
1145912	235	Palma africana	2.2.3.2	77.3438
1145917	21	Agricultura anual	2.1	255.6335
1145925	232	Banano-plátano	2.2.1.1	439375.337
1145939	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	22108.1838
1145940	232	Banano-plátano	2.2.1.1	25
1145954	21	Agricultura anual	2.1	175
1145962	21	Agricultura anual	2.1	255.6335
1145970	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1145976	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1145981	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1145984	21	Agricultura anual	2.1	35177.8718
1145999	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	279.0527
1146001	21	Agricultura anual	2.1	112.8411
1146039	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	7281.4547
1146076	235	Palma africana	2.2.3.2	6848.0678
1146102	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1146105	21	Agricultura anual	2.1	39191.9792
1146120	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1146161	21	Agricultura anual	2.1	223.999
1146173	235	Palma africana	2.2.3.2	152.9579
1146182	235	Palma africana	2.2.3.2	34.9609
1146191	235	Palma africana	2.2.3.2	67.2852
1146192	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	103.5645
1146199	235	Palma africana	2.2.3.2	25
1146237	235	Palma africana	2.2.3.2	479.2887
1146291	235	Palma africana	2.2.3.2	102.832
1146297	235	Palma africana	2.2.3.2	178.2253
1146324	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1146334	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	50
1146361	235	Palma africana	2.2.3.2	385.1948
1146380	235	Palma africana	2.2.3.2	130.2246
1146418	235	Palma africana	2.2.3.2	77.2949
1146433	232	Banano-plátano	2.2.1.1	146411.475
1146458	235	Palma africana	2.2.3.2	402.1724
1146480	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	3652.0644
1146572	235	Palma africana	2.2.3.2	367.6661

Fuente: Elaboración Propia.

1146603	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	747590.546
1146635	232	Banano-plátano	2.2.1.1	50
1146641	232	Banano-plátano	2.2.1.1	25
1146647	232	Banano-plátano	2.2.1.1	25
1146652	232	Banano-plátano	2.2.1.1	125
1146656	232	Banano-plátano	2.2.1.1	50
1146666	232	Banano-plátano	2.2.1.1	394.7612
1146667	232	Banano-plátano	2.2.1.1	100
1146707	232	Banano-plátano	2.2.1.1	245.5673
1146708	232	Banano-plátano	2.2.1.1	192.1875
1146709	232	Banano-plátano	2.2.1.1	150
1146714	232	Banano-plátano	2.2.1.1	595.1412
1146770	221	Cultivos permanentes herbáceos	2.2.1	192.9337
1146795	232	Banano-plátano	2.2.1.1	50
1146806	232	Banano-plátano	2.2.1.1	25
1146807	235	Palma africana	2.2.3.2	8714.697
1146828	221	Cultivos permanentes herbáceos	2.2.1	50
1146832	221	Cultivos permanentes herbáceos	2.2.1	25
1146864	232	Banano-plátano	2.2.1.1	24.824
1146865	232	Banano-plátano	2.2.1.1	25
1146872	232	Banano-plátano	2.2.1.1	15.1805
1146877	232	Banano-plátano	2.2.1.1	75133.0954
1146977	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1146978	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	75
1147001	221	Cultivos permanentes herbáceos	2.2.1	391790.258
1147054	235	Palma africana	2.2.3.2	175
1147067	235	Palma africana	2.2.3.2	25
1147074	235	Palma africana	2.2.3.2	222.168
1147081	221	Cultivos permanentes herbáceos	2.2.1	25
1147088	221	Cultivos permanentes herbáceos	2.2.1	77.3438
1147095	221	Cultivos permanentes herbáceos	2.2.1	66.4063
1147097	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	549.1455
1147110	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	75
1147111	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	339.2029
1147112	232	Banano-plátano	2.2.1.1	3462.4817
1147117	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	100
1147123	232	Banano-plátano	2.2.1.1	50

Fuente: Elaboración Propia.

1147128	232	Banano-plátano	2.2.1.1	366.1621
1147147	221	Cultivos permanentes herbáceos	2.2.1	11077.6215
1147153	232	Banano-plátano	2.2.1.1	620.6055
1147172	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	34.9609
1147183	232	Banano-plátano	2.2.1.1	77.3438
1147270	221	Cultivos permanentes herbáceos	2.2.1	444213.846
1147301	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	5.9028
1147322	235	Palma africana	2.2.3.2	119.5313
1147328	232	Banano-plátano	2.2.1.1	25
1147329	232	Banano-plátano	2.2.1.1	223860.692
1147339	232	Banano-plátano	2.2.1.1	25
1147346	232	Banano-plátano	2.2.1.1	25
1147355	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1147363		Palma africana	2.2.3.2	152.6367
1147371	235	Palma africana	2.2.3.2	25
1147378	235	Palma africana	2.2.3.2	16.0156
1147379	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	173.8281
1147386	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	50
1147392	235	Palma africana	2.2.3.2	87.1094
1147435	235	Palma africana	2.2.3.2	353.053
1147459	235	Palma africana	2.2.3.2	286.792
1147492	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1147496	232	Banano-plátano	2.2.1.1	25
1147498	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1147502	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1147570	232	Banano-plátano	2.2.1.1	31870.73
1147576	235	Palma africana	2.2.3.2	942.351
1147605	232	Banano-plátano	2.2.1.1	25
1147612	232	Banano-plátano	2.2.1.1	74559.3101
1147633	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	9512.0427
1147645	232	Banano-plátano	2.2.1.1	50
1147647	235	Palma africana	2.2.3.2	100.8655
1147658	232	Banano-plátano	2.2.1.1	131.9336
1147659	232	Banano-plátano	2.2.1.1	16.0156
1147660	232	Banano-plátano	2.2.1.1	50
1147661	232	Banano-plátano	2.2.1.1	25
1147672	232	Banano-plátano	2.2.1.1	34.9609
1147673	232	Banano-plátano	2.2.1.1	25
1147676	235	Palma africana	2.2.3.2	559.6943
1147681	232	Banano-plátano	2.2.1.1	50

Fuente: Elaboración Propia.

1147683	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	34.9609
1147684	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	193.8305
1147693	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	187.1094
1147700	232	Banano-plátano	2.2.1.1	692.947
1147701	232	Banano-plátano	2.2.1.1	25
1147705	232	Banano-plátano	2.2.1.1	16.0156
1147708	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	685.1536
1147709	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	542.8648
1147717	232	Banano-plátano	2.2.1.1	339.8457
1147719	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	16.0156
1147727	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1147728	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	77.3438
1147755	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	66.4063
1147767	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	1605.2385
1147768	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1147773	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	75
1147775	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1147801	21	Agricultura anual	2.1	90392.2717
1147813	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	16830.8016
1147818	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1147829	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1147840	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	50
1147914	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1147925	235	Palma africana	2.2.3.2	3031.7089
1147931	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1147936	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1147946	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1147976	21	Agricultura anual	2.1	296915.668
1147984	21	Agricultura anual	2.1	5267.0237
1147991	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	52.2461
1147996	232	Banano-plátano	2.2.1.1	45847.1865
1148005	21	Agricultura anual	2.1	70.7365
1148022	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1148026	232	Banano-plátano	2.2.1.1	498.0949
1148027	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1148028	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1148073	232	Banano-plátano	2.2.1.1	25
1148118	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1148126	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	77.3438
1148147	232	Banano-plátano	2.2.1.1	119.5313
1148151	235	Palma africana	2.2.3.2	49.8076

Fuente: Elaboración Propia.

1148155	21	Agricultura anual	2.1	7161.6518
1148160	21	Agricultura anual	2.1	9451.5775
1148176	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1148184	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1148209	235	Palma africana	2.2.3.2	451.1652
1148221	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	426.4324
1148226	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	128.2249
1148238	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	8.4144
1148247	232	Banano-plátano	2.2.1.1	67.1875
1148301	21	Agricultura anual	2.1	27312764.4
1148346	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	25
1148359	21	Agricultura anual	2.1	207.3997
1148411	232	Banano-plátano	2.2.1.1	143738.323
1148419	235	Palma africana	2.2.3.2	686.9185
1148440	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	82028.5951
1148463	221	Cultivos permanentes herbáceos	2.2.1	332991.339
1148474	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	307401.064
1148492	236	Caña de azúcar	2.2.4.1	124276389
1148704	221	Cultivos permanentes herbáceos	2.2.1	1868.1837
1148730	221	Cultivos permanentes herbáceos	2.2.1	440427.129
1148937	221	Cultivos permanentes herbáceos	2.2.1	1455737.29
TOTAL =				176440150.3721

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 5 - Datos de Área Urbana Inundada.

<i>ID</i>	<i>GRIDCODE</i>	<i>Categorías</i>	<i>Código</i>	<i>Área m2</i>
1144409	1	Urbano	1	25
1144416	1	Urbano	1	219.4824
1144417	1	Urbano	1	25
1144447	1	Urbano	1	25
1144452	1	Urbano	1	25
1144463	1	Urbano	1	25
1144468	1	Urbano	1	50
1144476	1	Urbano	1	100
1144480	1	Urbano	1	150
1144496	1	Urbano	1	116.4551
1144502	1	Urbano	1	25
1144615	1	Urbano	1	584964.562
1145244	1	Urbano	1	125
1145255	1	Urbano	1	16.0156
1145258	1	Urbano	1	119937.89
1145444	1	Urbano	1	344284.415
1145445	1	Urbano	1	6158.239
1145492	1	Urbano	1	159090.513
1145496	1	Urbano	1	50
1145505	1	Urbano	1	25
1145510	1	Urbano	1	25
1145517	1	Urbano	1	11751.1704
1145578	1	Urbano	1	20681.2726
1145632	1	Urbano	1	9830.3428
1145699	1	Urbano	1	13186.0773
1145754	1	Urbano	1	22418.4921
1145883	1	Urbano	1	1989.1194
1146127	1	Urbano	1	34769.9462
1146231	1	Urbano	1	356484.514
1146274	1	Urbano	1	55410.8187
1146300	1	Urbano	1	1073.7539
1146363	1	Urbano	1	25
1146394	1	Urbano	1	1014846.49
1146420	1	Urbano	1	15551.3209
1146450	1	Urbano	1	22.5651
1146471	1	Urbano	1	25
1146503	1	Urbano	1	77.002
1146508	1	Urbano	1	25
1146570	1	Urbano	1	77.1484

Fuente: Elaboración Propia.

1146571	1	Urbano	1	75
1146628	1	Urbano	1	46519.3358
1146657	1	Urbano	1	1248.7639
1146729	1	Urbano	1	8548.8466
1146817	1	Urbano	1	5214.3574
1146842	1	Urbano	1	363.9893
1146866	1	Urbano	1	41240.3542
1146918	1	Urbano	1	25
1146919	1	Urbano	1	15956.0051
1146936	1	Urbano	1	642.2957
1146941	1	Urbano	1	223.3484
1146956	1	Urbano	1	64723.2105
1146971	1	Urbano	1	77.3438
1147012	1	Urbano	1	39031.4817
1147019	1	Urbano	1	76621.0568
1147045	1	Urbano	1	25
1147046	1	Urbano	1	234153.155
1147175	1	Urbano	1	574646.362
1147194	1	Urbano	1	1142977.19
1147269	1	Urbano	1	161043.353
1147278	1	Urbano	1	25
1147280	1	Urbano	1	9561.1915
1147296	1	Urbano	1	26939.6192
1147309	1	Urbano	1	202.0119
1147310	1	Urbano	1	3090.7355
1147323	1	Urbano	1	30025.42
1147324	1	Urbano	1	50
1147332	1	Urbano	1	50
1147340	1	Urbano	1	25
1147348	1	Urbano	1	25
1147395	1	Urbano	1	66.4063
1147396	1	Urbano	1	186769.592
1147405	1	Urbano	1	25
1147512	1	Urbano	1	11646.3533
1147523	1	Urbano	1	25
1147534	1	Urbano	1	25
1147543	1	Urbano	1	25
1147551	1	Urbano	1	25
1147560	1	Urbano	1	25
1147567	1	Urbano	1	50
1147571	1		1	25

Fuente: Elaboración Propia.

1147573	1	Urbano	1	25
1147574	1	Urbano	1	300380.999
1147578	1	Urbano	1	25
1147587	1	Urbano	1	479.7835
1147588	1	Urbano	1	25
1147589	1	Urbano	1	25
1147599	1	Urbano	1	168546.069
1147603	1	Urbano	1	25
1147606	1	Urbano	1	50
1147707	1	Urbano	1	156541.328
1147721	1	Urbano	1	50
1147722	1	Urbano	1	66.4063
1147759	1	Urbano	1	25
1147760	1	Urbano	1	417.5904
1147761	1	Urbano	1	133708.547
1147823	1	Urbano	1	26300.0391
1147937	1	Urbano	1	152.832
1148075	1	Urbano	1	100
1148091	1	Urbano	1	25
1148171	1	Urbano	1	16.0156
1148201	1	Urbano	1	75
1148210	1	Urbano	1	186.7462
1148294	1	Urbano	1	3180.1903
1148321	1	Urbano	1	871.1763
1148351	1	Urbano	1	3681880.83
1148393	1	Urbano	1	600
1148422	1	Urbano	1	91.5039
1148423	1	Urbano	1	5212.9175
1148433	1	Urbano	1	103.5645
1148439	1	Urbano	1	328.1083
1148445	1	Urbano	1	25
1148469	1	Urbano	1	285684.632
1148473	1	Urbano	1	100
1148483	1	Urbano	1	791.9807
1148501	1	Urbano	1	138103.286
1148538	1	Urbano	1	461.8908
1148543	1	Urbano	1	16.0156
1148554	1	Urbano	1	16.0156
1148576	1	Urbano	1	34.9609
1148581	1	Urbano	1	772.0328
1148589		Urbano	1	318.9756

Fuente: Elaboración Propia.

1148593	1	Urbano	1	205084.686
1148610	1	Urbano	1	7441.9842
1148621	1	Urbano	1	50
1148629	1	Urbano	1	320.1137
1148644	1	Urbano	1	16418.7968
1148653	1	Urbano	1	2469365.92
1148662	1	Urbano	1	400
1148677	1	Urbano	1	530.9746
1148679	1	Urbano	1	158.5938
1148680	1	Urbano	1	495.923
1148681	1	Urbano	1	25423.4835
1148691	1	Urbano	1	33162.3845
1148707	1	Urbano	1	34667.3749
1148717	1	Urbano	1	103878.915
1148723	1	Urbano	1	2745.3408
1148738	1	Urbano	1	1141926.89
1148743	1	Urbano	1	174.5676
1148765	1	Urbano	1	50
1148777	1	Urbano	1	136.6804
1148791	1	Urbano	1	87124.4479
1148798	1	Urbano	1	77.002
1148807	1	Urbano	1	50
1148851	1	Urbano	1	16.0156
1148852	1	Urbano	1	50
1148935	1	Urbano	1	6413.772
1148939	1	Urbano	1	164262.862
1148943	1	Urbano	1	17772.3085
1148946	1	Urbano	1	544144.819
1149011	1	Urbano	1	518638.153
1149032	1	Urbano	1	24080.7767
1149137	1	Urbano	1	254489.434
	1	Urbano	1	2103.067
	1	Urbano	1	1694.5391
	1	Urbano	1	2938.1699
	1	Urbano	1	10917.1182
	1	Urbano	1	5545.8482
	1	Urbano	1	13582.3469
	1	Urbano	1	32105.4114
	1	Urbano	1	7427.9332
	1	Urbano	1	5542.905
	1	Urbano	1	10179.9473

Fuente: Elaboración Propia.

	1	Urbano	1	1884.718
	1	Urbano	1	16354.3215
	1	Urbano	1	16021.9848
	1	Urbano	1	45713.2725
	1	Urbano	1	1368.71
	1	Urbano	1	97285.6769
	1	Urbano	1	8053.5204
	1	Urbano	1	31690.374
	1	Urbano	1	4936.113
	1	Urbano	1	11540.0134
	1	Urbano	1	4059.7846
	1	Urbano	1	18743.9844
	1	Urbano	1	865.2143
	1	Urbano	1	704.4636
	1	Urbano	1	665.5626
	1	Urbano	1	3349.3096
	1	Urbano	1	287.5184
	1	Urbano	1	5255.5242
	1	Urbano	1	19933.777
	1	Urbano	1	37133.6776
	1	Urbano	1	498.4534
	1	Urbano	1	5956.0396
	1	Urbano	1	2107.6492
	1	Urbano	1	709.1743
	1	Urbano	1	620.7019
	1	Urbano	1	825.694
	1	Urbano	1	3085.3049
	1	Urbano	1	47143.4451
	1	Urbano	1	3010.6398
	1	Urbano	1	1632.2527
	1	Urbano	1	54734.9701
	1	Urbano	1	712.804
	1	Urbano	1	11628.2488
	1	Urbano	1	856.1482
	1	Urbano	1	13947.0688
	1	Urbano	1	2781.1244
	1	Urbano	1	3827.5783
	1	Urbano	1	7152.5494
	1	Urbano	1	13616.9101
	1	Urbano	1	777.9222
	1	Urbano	1	6899.381

Fuente: Elaboración Propia.

	1	Urbano	1	5596.702
	1	Urbano	1	35514.0356
	1	Urbano	1	3301.3019
	1	Urbano	1	14277.2298
	1	Urbano	1	8337.5485
	1	Urbano	1	19827.2503
	1	Urbano	1	3062.874
	1	Urbano	1	67050.1792
	1	Urbano	1	1331.8297
	1	Urbano	1	1057.6421
	1	Urbano	1	4186.5484
	1	Urbano	1	1944.9019
	1	Urbano	1	10463.8688
	1	Urbano	1	73434.2427
	1	Urbano	1	5061.8806
	1	Urbano	1	13875.8274
	1	Urbano	1	1077.5787
	1	Urbano	1	3016.8764
	1	Urbano	1	3606.4153
	1	Urbano	1	35667.8077
	1	Urbano	1	4439.0898
	1	Urbano	1	20519.3251
	1	Urbano	1	8136.46
	1	Urbano	1	1129.3467
	1	Urbano	1	1544.833
	1	Urbano	1	521.1536
	1	Urbano	1	8942.6754
	1	Urbano	1	46999.115
	1	Urbano	1	278.5015
	1	Urbano	1	755.2306
	1	Urbano	1	529.1525
	1	Urbano	1	984.6099
	1	Urbano	1	788.8102
	1	Urbano	1	1873.3176
	1	Urbano	1	14645.7492
	1	Urbano	1	22699.0875
	1	Urbano	1	6478.6437
	1	Urbano	1	1306.5252
	1	Urbano	1	124613.244
	1	Urbano	1	3263.8656
	1	Urbano	1	19602.8412

Fuente: Elaboración Propia.

	1	Urbano	1	40408.3147
	1	Urbano	1	2706.0192
	1	Urbano	1	5296.4421
	1	Urbano	1	62596.688
	1	Urbano	1	1426.0978
	1	Urbano	1	2456.6423
	1	Urbano	1	2383.6529
	1	Urbano	1	28905.2797
	1	Urbano	1	59645.5787
	1	Urbano	1	3797.7495
	1	Urbano	1	1357.3246
	1	Urbano	1	5269.2852
	1	Urbano	1	3857.033
	1	Urbano	1	49352.5646
	1	Urbano	1	28428.1533
	1	Urbano	1	4375.6111
	1	Urbano	1	14977.9877
	1	Urbano	1	121288.878
	1	Urbano	1	566.4146
	1	Urbano	1	764.6435
	1	Urbano	1	16288.6409
	1	Urbano	1	46876.1137
	1	Urbano	1	32757.3172
	1	Urbano	1	167913.681
	1	Urbano	1	5636.2934
	1	Urbano	1	96454.2244
	1	Urbano	1	10119.8231
	1	Urbano	1	3344.2613
	1	Urbano	1	2270.0002
	1	Urbano	1	174.6886
	1	Urbano	1	8058.2557
	1	Urbano	1	2379.0106
	1	Urbano	1	3909.5655
	1	Urbano	1	2244.7755
	1	Urbano	1	2818.0063
	1	Urbano	1	3938.5553
	1	Urbano	1	10780.4706
	1	Urbano	1	3935.2717
	1	Urbano	1	10547.9099
	1	Urbano	1	3591.1926
	1	Urbano	1	4744.5267

Fuente: Elaboración Propia.

	1	Urbano	1	1770.4382
	1	Urbano	1	1627.1104
	1	Urbano	1	4022.7139
	1	Urbano	1	3480.2676
	1	Urbano	1	3827.6342
	1	Urbano	1	11981.2504
	1	Urbano	1	6567.399
	1	Urbano	1	67934.8599
	1	Urbano	1	504733.325
	1	Urbano	1	112591.249
	1	Urbano	1	18499.7856
	1	Urbano	1	10250.5718
	1	Urbano	1	17536.1494
	1	Urbano	1	32157.6165
	1	Urbano	1	27112.8599
	1	Urbano	1	43174.5792
	1	Urbano	1	9616.6196
	1	Urbano	1	743901.111
	1	Urbano	1	29064.9761
	1	Urbano	1	4446.0891
	1	Urbano	1	2525.0978
	1	Urbano	1	2768.1909
	1	Urbano	1	22566.9374
	1	Urbano	1	16856.3608
	1	Urbano	1	3661.1215
	1	Urbano	1	47061.923
	1	Urbano	1	8588.8903
	1	Urbano	1	22052.4321
	1	Urbano	1	3681.5246
	1	Urbano	1	865975.284
	1	Urbano	1	52944.8431
	1	Urbano	1	260101.235
	1	Urbano	1	245991.348

TOTAL = 21311023.7657

Porcentaje inundado = 76.08%

Costo de la pérdida de viviendas = Q7,671,968,555.65

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 6 - Datos de área urbana

<i>ID</i>	<i>GRIDCODE</i>	<i>Categorías</i>	<i>Código</i>	<i>Área m2</i>
1139736	1	Urbano	1	38042.051
1140552	1	Urbano	1	381814.063
1141808	1	Urbano	1	181180.751
1142245	1	Urbano	1	11050.6534
1142426	1	Urbano	1	12616.8896
1142734	1	Urbano	1	316818.388
1142934	1	Urbano	1	245228.416
1143081	1	Urbano	1	25990.6487
1143094	1	Urbano	1	7543.2644
1143164	1	Urbano	1	112715.116
1143214	1	Urbano	1	184841.293
1143350	1	Urbano	1	65534.1617
1143570	1	Urbano	1	27983.1273
1143810	1	Urbano	1	173970.332
1143945	1	Urbano	1	192346.512
1144105	1	Urbano	1	260408.947
1144227	1	Urbano	1	510355.68
1144286	1	Urbano	1	87159.5095
1144408	1	Urbano	1	8140.6207
1144409	1	Urbano	1	25
1144416	1	Urbano	1	219.4824
1144417	1	Urbano	1	25
1144447	1	Urbano	1	25
1144452	1	Urbano	1	25
1144463	1	Urbano	1	25
1144468	1	Urbano	1	50
1144476	1	Urbano	1	100
1144480	1	Urbano	1	150
1144496	1	Urbano	1	116.4551
1144502	1	Urbano	1	25
1144615	1	Urbano	1	584964.562
1145244	1	Urbano	1	125
1145255	1	Urbano	1	16.0156
1145258	1	Urbano	1	119937.89
1145444	1	Urbano	1	344284.415
1145445	1	Urbano	1	6158.239
1145492	1	Urbano	1	159090.513
1145496	1	Urbano	1	50
1145505	1	Urbano	1	25

Fuente: Elaboración Propia.

1145510	1	Urbano	1	25
1145517	1	Urbano	1	11751.1704
1145578	1	Urbano	1	20681.2726
1145632	1	Urbano	1	9830.3428
1145699	1	Urbano	1	13186.0773
1145754	1	Urbano	1	22418.4921
1145883	1	Urbano	1	1989.1194
1146127	1	Urbano	1	34769.9462
1146231	1	Urbano	1	356484.514
1146274	1	Urbano	1	55410.8187
1146300	1	Urbano	1	1073.7539
1146363	1	Urbano	1	25
1146394	1	Urbano	1	1014846.49
1146420	1	Urbano	1	15551.3209
1146445	1	Urbano	1	25
1146450	1	Urbano	1	25
1146471	1	Urbano	1	25
1146503	1	Urbano	1	77.002
1146508	1	Urbano	1	25
1146570	1	Urbano	1	77.1484
1146571	1	Urbano	1	75
1146628	1	Urbano	1	46519.3358
1146657	1	Urbano	1	1248.7639
1146729	1	Urbano	1	8548.8466
1146817	1	Urbano	1	5214.3574
1146842	1	Urbano	1	363.9893
1146866	1	Urbano	1	41240.3542
1146918	1	Urbano	1	25
1146919	1	Urbano	1	15956.0051
1146936	1	Urbano	1	642.2957
1146941	1	Urbano	1	223.3484
1146956	1	Urbano	1	64723.2105
1146971	1	Urbano	1	77.3438
1147012	1	Urbano	1	39031.4817
1147019	1	Urbano	1	76621.0568
1147045	1	Urbano	1	25
1147046	1	Urbano	1	234153.155
1147175	1	Urbano	1	574646.362
1147194	1	Urbano	1	1142977.19
1147269	1	Urbano	1	161043.353
1147278	1	Urbano	1	25

Fuente: Elaboración Propia.

1147280	1	Urbano	1	9561.1915
1147296	1	Urbano	1	26939.6192
1147309	1	Urbano	1	202.0119
1147310	1	Urbano	1	3090.7355
1147323	1	Urbano	1	30025.42
1147324	1	Urbano	1	50
1147332	1	Urbano	1	50
1147340	1	Urbano	1	25
1147348	1	Urbano	1	25
1147395	1	Urbano	1	66.4063
1147396	1	Urbano	1	186769.592
1147405	1	Urbano	1	25
1147512	1	Urbano	1	11646.3533
1147523	1	Urbano	1	25
1147534	1	Urbano	1	25
1147543	1	Urbano	1	25
1147551	1	Urbano	1	25
1147560	1	Urbano	1	25
1147567	1	Urbano	1	50
1147571	1	Urbano	1	25
1147573	1	Urbano	1	25
1147574	1	Urbano	1	300380.999
1147578	1	Urbano	1	25
1147587	1	Urbano	1	479.7835
1147588	1	Urbano	1	25
1147589	1	Urbano	1	25
1147599	1	Urbano	1	230294.272
1147603	1	Urbano	1	25
1147606	1	Urbano	1	50
1147707	1	Urbano	1	156541.328
1147721	1	Urbano	1	50
1147722	1	Urbano	1	66.4063
1147759	1	Urbano	1	25
1147760	1	Urbano	1	417.5904
1147761	1	Urbano	1	133708.547
1147823	1	Urbano	1	26300.0391
1147937	1	Urbano	1	152.832
1148075	1	Urbano	1	100
1148091	1	Urbano	1	25
1148171	1	Urbano	1	16.0156
1148201	1	Urbano	1	75

Fuente: Elaboración Propia.

1148210	1	Urbano	1	186.7462
1148294	1	Urbano	1	3180.1903
1148321	1	Urbano	1	871.1763
1148351	1	Urbano	1	3681932.5
1148393	1	Urbano	1	600
1148422	1	Urbano	1	91.5039
1148423	1	Urbano	1	5212.9175
1148433	1	Urbano	1	103.5645
1148439	1	Urbano	1	328.1083
1148445	1	Urbano	1	25
1148469	1	Urbano	1	285684.632
1148473	1	Urbano	1	100
1148483	1	Urbano	1	791.9807
1148501	1	Urbano	1	138103.286
1148538	1	Urbano	1	461.8908
1148543	1	Urbano	1	16.0156
1148554	1	Urbano	1	16.0156
1148576	1	Urbano	1	34.9609
1148581	1	Urbano	1	772.0328
1148589	1	Urbano	1	318.9756
1148593	1	Urbano	1	205084.686
1148610	1	Urbano	1	7441.9842
1148621	1	Urbano	1	50
1148629	1	Urbano	1	320.1137
1148644	1	Urbano	1	16418.7968
1148653	1	Urbano	1	3067766.06
1148662	1	Urbano	1	400
1148677	1	Urbano	1	530.9746
1148679	1	Urbano	1	158.5938
1148680	1	Urbano	1	495.923
1148681	1	Urbano	1	25423.4835
1148691	1	Urbano	1	33162.3845
1148707	1	Urbano	1	34667.3749
1148717	1	Urbano	1	103878.915
1148723	1	Urbano	1	2745.3408
1148738	1	Urbano	1	1151566.14
1148743	1	Urbano	1	174.5676
1148765	1	Urbano	1	50
1148777	1	Urbano	1	136.6804
1148791	1	Urbano	1	87124.4479
1148798	1	Urbano	1	77.002

Fuente: Elaboración Propia.

1148807	1	Urbano	1	50
1148851	1	Urbano	1	16.0156
1148852	1	Urbano	1	50
1148935	1	Urbano	1	6413.772
1148939	1	Urbano	1	164262.862
1148943	1	Urbano	1	17772.3085
1148946	1	Urbano	1	544144.819
1149011	1	Urbano	1	518638.153
1149032	1	Urbano	1	24080.7767
1149137	1	Urbano	1	254489.434
	1	Urbano	1	2103.067
	1	Urbano	1	1694.5391
	1	Urbano	1	2938.1699
	1	Urbano	1	10917.1182
	1	Urbano	1	5545.8482
	1	Urbano	1	13582.3469
	1	Urbano	1	32105.4114
	1	Urbano	1	7427.9332
	1	Urbano	1	5542.905
	1	Urbano	1	10179.9473
	1	Urbano	1	1884.718
	1	Urbano	1	16354.3215
	1	Urbano	1	16021.9848
	1	Urbano	1	45713.2725
	1	Urbano	1	9946.3383
	1	Urbano	1	97285.6769
	1	Urbano	1	8147.4512
	1	Urbano	1	6728.9385
	1	Urbano	1	2566.8411
	1	Urbano	1	76111.4647
	1	Urbano	1	30334.3785
	1	Urbano	1	3268.8392
	1	Urbano	1	59417.2815
	1	Urbano	1	1343.6261
	1	Urbano	1	19960.7511
	1	Urbano	1	9957.7023
	1	Urbano	1	145630.121
	1	Urbano	1	46119.5088
	1	Urbano	1	8053.5204
	1	Urbano	1	31690.374
	1	Urbano	1	4936.113

Fuente: Elaboración Propia.

	1	Urbano	1	11540.0134
	1	Urbano	1	4059.7846
	1	Urbano	1	18743.9844
	1	Urbano	1	865.2143
	1	Urbano	1	704.4636
	1	Urbano	1	665.5626
	1	Urbano	1	3349.3096
	1	Urbano	1	287.5184
	1	Urbano	1	5255.5242
	1	Urbano	1	19933.777
	1	Urbano	1	37133.6776
	1	Urbano	1	498.4534
	1	Urbano	1	5956.0396
	1	Urbano	1	2107.6492
	1	Urbano	1	709.1743
	1	Urbano	1	620.7019
	1	Urbano	1	825.694
	1	Urbano	1	3085.3049
	1	Urbano	1	47143.4451
	1	Urbano	1	3010.6398
	1	Urbano	1	1632.2527
	1	Urbano	1	54734.9701
	1	Urbano	1	712.804
	1	Urbano	1	11628.2488
	1	Urbano	1	856.1482
	1	Urbano	1	13947.0688
	1	Urbano	1	2781.1244
	1	Urbano	1	3827.5783
	1	Urbano	1	7152.5494
	1	Urbano	1	13616.9101
	1	Urbano	1	777.9222
	1	Urbano	1	6899.381
	1	Urbano	1	5596.702
	1	Urbano	1	35514.0356
	1	Urbano	1	3301.3019
	1	Urbano	1	14277.2298
	1	Urbano	1	8337.5485
	1	Urbano	1	19827.2503
	1	Urbano	1	3062.874
	1	Urbano	1	67050.1792
	1	Urbano	1	1331.8297

Fuente: Elaboración Propia.

	1	Urbano	1	1057.6421
	1	Urbano	1	4186.5484
	1	Urbano	1	1944.9019
	1	Urbano	1	10463.8688
	1	Urbano	1	73434.2427
	1	Urbano	1	5061.8806
	1	Urbano	1	13875.8274
	1	Urbano	1	1077.5787
	1	Urbano	1	3016.8764
	1	Urbano	1	3606.4153
	1	Urbano	1	35667.8077
	1	Urbano	1	4439.0898
	1	Urbano	1	20519.3251
	1	Urbano	1	8136.46
	1	Urbano	1	1129.3467
	1	Urbano	1	1544.833
	1	Urbano	1	521.1536
	1	Urbano	1	8942.6754
	1	Urbano	1	46999.115
	1	Urbano	1	278.5015
	1	Urbano	1	755.2306
	1	Urbano	1	529.1525
	1	Urbano	1	984.6099
	1	Urbano	1	788.8102
	1	Urbano	1	1873.3176
	1	Urbano	1	14645.7492
	1	Urbano	1	22699.0875
	1	Urbano	1	6478.6437
	1	Urbano	1	1306.5252
	1	Urbano	1	124613.244
	1	Urbano	1	3263.8656
	1	Urbano	1	19602.8412
	1	Urbano	1	40408.3147
	1	Urbano	1	2706.0192
	1	Urbano	1	5296.4421
	1	Urbano	1	62596.688
	1	Urbano	1	1426.0978
	1	Urbano	1	2456.6423
	1	Urbano	1	2383.6529
	1	Urbano	1	28905.2797
	1	Urbano	1	59645.5787

Fuente: Elaboración Propia.

	1	Urbano	1	3797.7495
	1	Urbano	1	1357.3246
	1	Urbano	1	5269.2852
	1	Urbano	1	3857.033
	1	Urbano	1	49352.5646
	1	Urbano	1	28428.1533
	1	Urbano	1	4375.6111
	1	Urbano	1	14977.9877
	1	Urbano	1	121288.878
	1	Urbano	1	566.4146
	1	Urbano	1	764.6435
	1	Urbano	1	16288.6409
	1	Urbano	1	46876.1137
	1	Urbano	1	32757.3172
	1	Urbano	1	167913.681
	1	Urbano	1	19354.3957
	1	Urbano	1	15759.8395
	1	Urbano	1	58033.43
	1	Urbano	1	18976.512
	1	Urbano	1	131665.677
	1	Urbano	1	598582.324
	1	Urbano	1	1781.8123
	1	Urbano	1	5332.1975
	1	Urbano	1	4991.1169
	1	Urbano	1	9667.9445
	1	Urbano	1	8724.1771
	1	Urbano	1	47155.7071
	1	Urbano	1	21794.1444
	1	Urbano	1	10850.6505
	1	Urbano	1	7127.0688
	1	Urbano	1	12039.9445
	1	Urbano	1	37815.4764
	1	Urbano	1	5636.2934
	1	Urbano	1	62431.1697
	1	Urbano	1	96457.6772
	1	Urbano	1	36492.8965
	1	Urbano	1	92770.9363
	1	Urbano	1	77694.5219
	1	Urbano	1	23046.0985
	1	Urbano	1	14988.7177
	1	Urbano	1	1356.8245

Fuente: Elaboración Propia.

	1	Urbano	1	2065.1913
	1	Urbano	1	7314.0999
	1	Urbano	1	16901.4754
	1	Urbano	1	11943.9418
	1	Urbano	1	5195.5425
	1	Urbano	1	2659.8826
	1	Urbano	1	12932.1981
	1	Urbano	1	22673.6465
	1	Urbano	1	10784.7321
	1	Urbano	1	10119.8231
	1	Urbano	1	3344.2613
	1	Urbano	1	1362.5967
	1	Urbano	1	2270.0002
	1	Urbano	1	1670.3889
	1	Urbano	1	11031.0992
	1	Urbano	1	3815.6775
	1	Urbano	1	4114.0175
	1	Urbano	1	8058.2557
	1	Urbano	1	30535.117
	1	Urbano	1	9658.0136
	1	Urbano	1	48001.5304
	1	Urbano	1	2379.0106
	1	Urbano	1	3909.5655
	1	Urbano	1	2244.7755
	1	Urbano	1	17619.1305
	1	Urbano	1	2818.0063
	1	Urbano	1	3938.5553
	1	Urbano	1	10780.4706
	1	Urbano	1	3935.2717
	1	Urbano	1	10547.9099
	1	Urbano	1	3591.1926
	1	Urbano	1	4744.5267
	1	Urbano	1	1770.4382
	1	Urbano	1	1627.1104
	1	Urbano	1	4022.7139
	1	Urbano	1	3480.2676
	1	Urbano	1	3827.6342
	1	Urbano	1	11981.2504
	1	Urbano	1	6567.399
	1	Urbano	1	67934.8599
		Urbano	1	504733.325

Fuente: Elaboración Propia.

	1	Urbano	1	56827.0888
	1	Urbano	1	277515.332
	1	Urbano	1	18499.7856
	1	Urbano	1	10250.5718
	1	Urbano	1	17536.1494
	1	Urbano	1	32157.6165
	1	Urbano	1	27112.8599
	1	Urbano	1	43174.5792
	1	Urbano	1	32323.8936
	1	Urbano	1	40464.386
	1	Urbano	1	32076.4159
	1	Urbano	1	48528.4075
	1	Urbano	1	14075.7205
	1	Urbano	1	6433.5233
	1	Urbano	1	10367.8651
	1	Urbano	1	16988.5209
	1	Urbano	1	10741.0688
	1	Urbano	1	9616.6196
	1	Urbano	1	771722.842
	1	Urbano	1	29064.9761
	1	Urbano	1	134684.89
	1	Urbano	1	7958.4661
	1	Urbano	1	18277.9854
	1	Urbano	1	2768.1909
	1	Urbano	1	22566.9374
	1	Urbano	1	16856.3608
	1	Urbano	1	3661.1215
	1	Urbano	1	47081.1584
	1	Urbano	1	8588.8903
	1	Urbano	1	22468.4206
	1	Urbano	1	3681.5246
	1	Urbano	1	865975.284
	1	Urbano	1	52944.8431
	1	Urbano	1	260101.235
	1	Urbano	1	265170.919
	1	Urbano	1	34113.1108
	1	Urbano	1	13537.4329
	1	Urbano	1	9409.9207
	1	Urbano	1	56506.9227
	1	Urbano	1	107077.835
	1	Urbano	1	5870.6814

Fuente: Elaboración Propia.

	1	Urbano	1	4809.0162
	1	Urbano	1	200959.557
	1	Urbano	1	20347.1258
	1	Urbano	1	18617.7313
	1	Urbano	1	9250.7156
	1	Urbano	1	46135.843
	1	Urbano	1	19365.8511
	1	Urbano	1	2587.6606
	1	Urbano	1	5565.0394
	1	Urbano	1	6209.8884
	1	Urbano	1	3042.9554
	1	Urbano	1	6832.3972
	1	Urbano	1	3046.1255
	1	Urbano	1	9590.6298
	1	Urbano	1	4231.88
	1	Urbano	1	8885.6945
TOTAL =				28012467.7174

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 7 - Datos de área de ganadería inundada.

<i>ID</i>	<i>GRIDCODE</i>	<i>Categorías</i>	<i>Código</i>	<i>Área m2</i>
1141877	23	Pastizales	2.3	25
1143165	23	Pastizales	2.3	51.5587
1143189	23	Pastizales	2.3	28964.0933
1144501	23	Pastizales	2.3	247867.722
1144532	23	Pastizales	2.3	25
1144540	23	Pastizales	2.3	77.3438
1144552	23	Pastizales	2.3	77.3438
1144557	23	Pastizales	2.3	25
1144567	23	Pastizales	2.3	103.5645
1144571	23	Pastizales	2.3	50
1144576	23	Pastizales	2.3	50
1144583	23	Pastizales	2.3	30329.5981
1144584	23	Pastizales	2.3	50
1144591	23	Pastizales	2.3	25
1144597	23	Pastizales	2.3	25
1144598	23	Pastizales	2.3	25
1144610	23	Pastizales	2.3	50
1144616	23	Pastizales	2.3	25
1144619	23	Pastizales	2.3	25
1144630	23	Pastizales	2.3	159.0828
1144637	23	Pastizales	2.3	184.9609
1144656	23	Pastizales	2.3	314.3555
1144667	23	Pastizales	2.3	16.0156
1144680	23	Pastizales	2.3	77.1484
1144687	23	Pastizales	2.3	25648.3292
1144744	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	37373.9483
1144820	23	Pastizales	2.3	25
1144836	23	Pastizales	2.3	77.3438
1144864	23	Pastizales	2.3	295.3804
1144922	23	Pastizales	2.3	29233.8724
1144944	23	Pastizales	2.3	9935.642
1145001	23	Pastizales	2.3	129280.111
1145017	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	86791.8951
1145088	23	Pastizales	2.3	3142.9779
1145173	23	Pastizales	2.3	14397.4167
1145294	23	Pastizales	2.3	6665.5729
1145327	23	Pastizales	2.3	807.1325
1145382	23	Pastizales	2.3	22879.8651
1145425	23	Pastizales	2.3	39580.1154

Fuente: Elaboración Propia.

1145438	23	Pastizales	2.3	25
1145446	23	Pastizales	2.3	25
1145569	23	Pastizales	2.3	146.3997
1145571	23	Pastizales	2.3	66.4063
1145618	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	28964.6005
1145691	23	Pastizales	2.3	1359655.9
1145742	23	Pastizales	2.3	72403.5974
1145796	23	Pastizales	2.3	9525.4059
1146009	23	Pastizales	2.3	53.5516
1146027	23	Pastizales	2.3	61616.2327
1146131	23	Pastizales	2.3	7666021.26
1146165	23	Pastizales	2.3	396998.236
1146193	23	Pastizales	2.3	645054.77
1146299	23	Pastizales	2.3	390.7724
1146343	23	Pastizales	2.3	299589.465
1146424	23	Pastizales	2.3	128927.639
1146574	23	Pastizales	2.3	16963.1867
1146581	23	Pastizales	2.3	10912.2324
1146597	23	Pastizales	2.3	30467.2889
1146648	23	Pastizales	2.3	70215.7344
1146673	23	Pastizales	2.3	1002.8538
1146677	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	190.1398
1146760	23	Pastizales	2.3	6284.647
1146909	23	Pastizales	2.3	10894.5244
1146915	23	Pastizales	2.3	41700.272
1146916	23	Pastizales	2.3	130611.338
1146917	23	Pastizales	2.3	371.0573
1147124	23	Pastizales	2.3	45945.7203
1147234	23	Pastizales	2.3	50
1147253	23	Pastizales	2.3	25
1147260	23	Pastizales	2.3	50
1147261	23	Pastizales	2.3	1016738.58
1147308	23	Pastizales	2.3	34.9609
1147327	23	Pastizales	2.3	278.3203
1147372	23	Pastizales	2.3	21730.1716
1147437	23	Pastizales	2.3	5173.4628
1147448	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	156342.505
1147579	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	25787.9637
1147634	23	Pastizales	2.3	104454.07
1147665	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	112201.375
1147680	23	Pastizales	2.3	16049.4565

Fuente: Elaboración Propia.

1147756	23	Pastizales	2.3	9617.7104
1147774	23	Pastizales	2.3	265833.349
1147778	23	Pastizales	2.3	14560.9316
1147802	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	67129.4778
1147819	23	Pastizales	2.3	99042.2504
1147854	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	20801.7755
1147887	23	Pastizales	2.3	35253.9706
1147899	23	Pastizales	2.3	77.002
1147915	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	7253.249
1147916	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	787.1032
1147924	23	Pastizales	2.3	44867.1295
1147970	23	Pastizales	2.3	3172.0262
1147971	23	Pastizales	2.3	7262.5797
1148014	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	25
1148023	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	34.9609
1148042	23	Pastizales	2.3	102889.125
1148068	23	Pastizales	2.3	25
1148092	23	Pastizales	2.3	193.8477
1148115	23	Pastizales	2.3	25
1148119	23	Pastizales	2.3	77.3438
1148123	23	Pastizales	2.3	75
1148124	23	Pastizales	2.3	75
1148127	23	Pastizales	2.3	34.9609
1148129	23	Pastizales	2.3	25
1148172	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	34302.448
1148259	23	Pastizales	2.3	20093.5169
1148320	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	11451.624
1148338	23	Pastizales	2.3	286.5479
1148394	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	50
1148395	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	50
1148400	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	110.8887
1148405	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	25
1148418	23	Pastizales	2.3	34.9609
1148420	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	25
1148427	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	50
1148429	23	Pastizales	2.3	10531.8998
1148437	23	Pastizales	2.3	17.0983
1148460	23	Pastizales	2.3	141.4795
1148462	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	469.8944
1148465	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	264.1855
1148478	23	Pastizales	2.3	293.8175

Fuente: Elaboración Propia.

1148479	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	75
1148480	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	25
1148481	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	10457.4455
1148485	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	50
1148486	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	431.7764
1148487	23	Pastizales	2.3	464.8751
1148489	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	25
1148493	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	250.2773
1148494	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	240.7222
1148502	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	274.9176
1148503	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	25
1148504	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	25
1148505	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	382.5945
1148506	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	694.7495
1148511	23	Pastizales	2.3	54.8137
1148513	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	150
1148514	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	1170.6479
1148519	23	Pastizales	2.3	373950.045
1148520	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	50
1148521	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	25
1148524	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	16364.1968
1148530	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	25
1148536	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	50
1148539	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	541.3054
1148541	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	26996.9359
1148544	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	472.9985
1148547	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	50
1148551	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	267.9052
1148553	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	565.1895
1148555	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	6275.8376
1148558	23	Pastizales	2.3	116281.894
1148565	23	Pastizales	2.3	13992.6069
1148577	23	Pastizales	2.3	2362.2181
1148579	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	16185.9269
1148580	23	Pastizales	2.3	1546.6816
1148584	23	Pastizales	2.3	46078.8538
1148597	23	Pastizales	2.3	231.1805
1148604	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	32.0313
1148614	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	34.8633
1148634	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	7402.9268
1148645	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	2516.8514

Fuente: Elaboración Propia.

1148647	23	Pastizales	2.3	22522.4252
1148676	23	Pastizales	2.3	239.7499
1148682	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	30199.0875
1148683	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	5201.4844
1148688	23	Pastizales	2.3	441823.681
1148695	23	Pastizales	2.3	618522.438
1148698	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	23133.8405
1148713	23	Pastizales	2.3	50481.6682
1148718	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	1028.0714
1148725	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	125356.784
1148727	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	10180.9322
1148767	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	47117.748
1148938	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	6432.2486
1148973	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	13970.5827
1148978	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	5488.2341
1148990	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	31767.4506
1149000	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	260913.19
1149018	23	Pastizales	2.3	170725.064
1149068	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	141692.61
1149130	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	239708.765
1149138	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	266479.628
1149185	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	177512.678
TOTAL =				17303630.2715

Porcentaje inundado =

62.04%

Costo de la pérdida de ganadería =

Q106,384,449.27

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 8 - Datos de área de ganadería.

<i>ID</i>	<i>GRIDCODE</i>	<i>Categorías</i>	<i>Código</i>	<i>Área m2</i>
1137822	23	Pastizales	2.3	25596.4451
1138537	23	Pastizales	2.3	27097.2813
1138588	23	Pastizales	2.3	172178.822
1139327	23	Pastizales	2.3	421.3993
1139367	23	Pastizales	2.3	136.721
1139391	23	Pastizales	2.3	562.9075
1139448	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	9201.5185
1139496	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	1335.9338
1139559	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	219.0331
1139716	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	10499.0845
1139717	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	25
1139734	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	120.3125
1139758	23	Pastizales	2.3	23047.7321
1139847	23	Pastizales	2.3	28646.1404
1139848	23	Pastizales	2.3	2575410.47
1140074	23	Pastizales	2.3	266.3086
1140093	23	Pastizales	2.3	25
1140099	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	211.4258
1140103	23	Pastizales	2.3	104.834
1140143	23	Pastizales	2.3	152.935
1140154	23	Pastizales	2.3	715.2832
1140175	23	Pastizales	2.3	50
1140194	23	Pastizales	2.3	98.4375
1140249	23	Pastizales	2.3	25
1140250	23	Pastizales	2.3	729.2838
1140252	23	Pastizales	2.3	50
1140257	23	Pastizales	2.3	110.8887
1140258	23	Pastizales	2.3	50
1140300	23	Pastizales	2.3	221.6797
1140312	23	Pastizales	2.3	141.2354
1140316	23	Pastizales	2.3	75
1140323	23	Pastizales	2.3	50
1140329	23	Pastizales	2.3	325
1140337	23	Pastizales	2.3	50
1140345	23	Pastizales	2.3	39889.0327
1140346	23	Pastizales	2.3	113.501
1140356	23	Pastizales	2.3	16.0156
1140357	23	Pastizales	2.3	75
1140362	23	Pastizales	2.3	25

Fuente: Elaboración Propia.

1140369	23	Pastizales	2.3	16.0156
1140372	23	Pastizales	2.3	334.8746
1140379	23	Pastizales	2.3	25
1140384	23	Pastizales	2.3	25
1140407	23	Pastizales	2.3	701.798
1140474	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	10007.1866
1140518	23	Pastizales	2.3	89.8848
1140519	23	Pastizales	2.3	21091.9335
1140525	23	Pastizales	2.3	25
1140529	23	Pastizales	2.3	184.1732
1140543	23	Pastizales	2.3	104.2969
1140548	23	Pastizales	2.3	12151.4835
1140551	23	Pastizales	2.3	218.9667
1140589	23	Pastizales	2.3	422.3126
1140620	23	Pastizales	2.3	88385.3298
1140642	23	Pastizales	2.3	150
1140651	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	28871.3236
1140667	23	Pastizales	2.3	198976.938
1140681	23	Pastizales	2.3	50
1140712	23	Pastizales	2.3	115.0318
1140713	23	Pastizales	2.3	25
1140720	23	Pastizales	2.3	457.6061
1140736	23	Pastizales	2.3	25
1140746	23	Pastizales	2.3	320.9802
1140786	23	Pastizales	2.3	510.4668
1140798	23	Pastizales	2.3	356.7404
1140805	23	Pastizales	2.3	654.4282
1140853	23	Pastizales	2.3	25
1141076	23	Pastizales	2.3	522.8639
1141093	23	Pastizales	2.3	75208.0527
1141095	23	Pastizales	2.3	50
1141114	23	Pastizales	2.3	16874.3863
1141174	23	Pastizales	2.3	25848.7522
1141387	23	Pastizales	2.3	8871.9764
1141401	23	Pastizales	2.3	99050.1795
1141487	23	Pastizales	2.3	1791742.44
1141505	23	Pastizales	2.3	171254.765
1141549	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	39882.3436
1141674	23	Pastizales	2.3	16.0156
1141828	23	Pastizales	2.3	25
1141837	23	Pastizales	2.3	50

Fuente: Elaboración Propia.

1141840	23	Pastizales	2.3	50
1141842	23	Pastizales	2.3	25
1141847	23	Pastizales	2.3	25
1141850	23	Pastizales	2.3	50
1141854	23	Pastizales	2.3	25
1141856	23	Pastizales	2.3	25
1141862	23	Pastizales	2.3	50
1141867	23	Pastizales	2.3	25
1141877	23	Pastizales	2.3	25
1141957	23	Pastizales	2.3	297772.454
1141995	23	Pastizales	2.3	132.736
1142002	23	Pastizales	2.3	1286.5662
1142071	23	Pastizales	2.3	139160.517
1142082	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	263.7348
1142167	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	124099.343
1142266	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	293.3481
1142270	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	25
1143165	23	Pastizales	2.3	51.5587
1143189	23	Pastizales	2.3	28964.0933
1143199	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	123007.402
1143208	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	10506.6055
1143276	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	5297.4523
1143398	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	25
1143401	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	25
1143691	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	63830.5483
1143757	23	Pastizales	2.3	28179.3205
1143758	23	Pastizales	2.3	27312.799
1143900	23	Pastizales	2.3	38498.2409
1144501	23	Pastizales	2.3	439404.465
1144522	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	88100.9398
1144532	23	Pastizales	2.3	25
1144540	23	Pastizales	2.3	77.3438
1144552	23	Pastizales	2.3	77.3438
1144557	23	Pastizales	2.3	25
1144567	23	Pastizales	2.3	103.5645
1144571	23	Pastizales	2.3	50
1144576	23	Pastizales	2.3	50
1144583	23	Pastizales	2.3	30329.5981
1144584	23	Pastizales	2.3	50
1144591	23	Pastizales	2.3	25
1144597	23	Pastizales	2.3	25

Fuente: Elaboración Propia.

1144598	23	Pastizales	2.3	25
1144610	23	Pastizales	2.3	50
1144616	23	Pastizales	2.3	25
1144619	23	Pastizales	2.3	25
1144630	23	Pastizales	2.3	159.0828
1144637	23	Pastizales	2.3	184.9609
1144656	23	Pastizales	2.3	314.3555
1144667	23	Pastizales	2.3	16.0156
1144680	23	Pastizales	2.3	77.1484
1144687	23	Pastizales	2.3	25648.3292
1144744	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	37373.9483
1144820	23	Pastizales	2.3	25
1144836	23	Pastizales	2.3	77.3438
1144864	23	Pastizales	2.3	295.3804
1144922	23	Pastizales	2.3	29233.8724
1144944	23	Pastizales	2.3	9935.642
1145001	23	Pastizales	2.3	129280.111
1145017	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	86791.8951
1145088	23	Pastizales	2.3	3142.9779
1145141	23	Pastizales	2.3	384.1463
1145142	23	Pastizales	2.3	864.9901
1145173	23	Pastizales	2.3	18999.5267
1145294	23	Pastizales	2.3	6665.5729
1145327	23	Pastizales	2.3	807.1325
1145382	23	Pastizales	2.3	22879.8651
1145425	23	Pastizales	2.3	39580.1154
1145438	23	Pastizales	2.3	25
1145446	23	Pastizales	2.3	25
1145569	23	Pastizales	2.3	146.3997
1145571	23	Pastizales	2.3	66.4063
1145618	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	28964.6005
1145691	23	Pastizales	2.3	1359655.9
1145742	23	Pastizales	2.3	72403.5974
1145796	23	Pastizales	2.3	9525.4059
1146009	23	Pastizales	2.3	53.5516
1146027	23	Pastizales	2.3	61616.2327
1146131	23	Pastizales	2.3	10894847.3
1146165	23	Pastizales	2.3	457800.061
1146193	23	Pastizales	2.3	645054.77
1146299	23	Pastizales	2.3	390.7724
1146343	23	Pastizales	2.3	299589.465

Fuente: Elaboración Propia.

1146424	23	Pastizales	2.3	128927.639
1146574	23	Pastizales	2.3	16963.1867
1146581	23	Pastizales	2.3	10912.2324
1146597	23	Pastizales	2.3	30467.2889
1146648	23	Pastizales	2.3	70215.7344
1146673	23	Pastizales	2.3	1002.8538
1146677	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	7938.0719
1146760	23	Pastizales	2.3	6284.647
1146909	23	Pastizales	2.3	10894.5244
1146915	23	Pastizales	2.3	41700.272
1146916	23	Pastizales	2.3	573740.167
1146917	23	Pastizales	2.3	371.0573
1147124	23	Pastizales	2.3	45945.7203
1147234	23	Pastizales	2.3	50
1147253	23	Pastizales	2.3	25
1147260	23	Pastizales	2.3	50
1147261	23	Pastizales	2.3	1040601.73
1147308	23	Pastizales	2.3	34.9609
1147327	23	Pastizales	2.3	278.3203
1147372	23	Pastizales	2.3	29616.8039
1147393	23	Pastizales	2.3	178.1738
1147404	23	Pastizales	2.3	25
1147429	23	Pastizales	2.3	154.8828
1147437	23	Pastizales	2.3	5173.4628
1147448	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	156342.505
1147579	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	25787.9637
1147634	23	Pastizales	2.3	104454.07
1147665	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	112201.375
1147680	23	Pastizales	2.3	16049.4565
1147756	23	Pastizales	2.3	9617.7104
1147774	23	Pastizales	2.3	265833.349
1147778	23	Pastizales	2.3	14560.9316
1147790	23	Pastizales	2.3	11983.7542
1147802	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	67129.4778
1147819	23	Pastizales	2.3	99042.2504
1147854	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	20801.7755
1147887	23	Pastizales	2.3	35253.9706
1147899	23	Pastizales	2.3	77.002
1147915	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	7253.249
1147916	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	787.1032
1147924	23	Pastizales	2.3	52687.6251

Fuente: Elaboración Propia.

1147970	23	Pastizales	2.3	3172.0262
1147971	23	Pastizales	2.3	7262.5797
1148014	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	25
1148023	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	34.9609
1148042	23	Pastizales	2.3	242125.155
1148068	23	Pastizales	2.3	25
1148092	23	Pastizales	2.3	193.8477
1148115	23	Pastizales	2.3	25
1148119	23	Pastizales	2.3	77.3438
1148123	23	Pastizales	2.3	75
1148124	23	Pastizales	2.3	75
1148127	23	Pastizales	2.3	34.9609
1148129	23	Pastizales	2.3	25
1148172	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	34302.448
1148259	23	Pastizales	2.3	20093.5169
1148320	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	11451.624
1148338	23	Pastizales	2.3	286.5479
1148394	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	50
1148395	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	50
1148400	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	110.8887
1148405	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	25
1148418	23	Pastizales	2.3	34.9609
1148420	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	25
1148427	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	50
1148429	23	Pastizales	2.3	10641.2759
1148437	23	Pastizales	2.3	17.0983
1148460	23	Pastizales	2.3	141.4795
1148462	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	469.8944
1148465	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	264.1855
1148478	23	Pastizales	2.3	293.8175
1148479	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	75
1148480	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	25
1148481	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	10457.4455
1148485	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	50
1148486	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	431.7764
1148487	23	Pastizales	2.3	464.8751
1148489	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	25
1148493	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	250.2773
1148494	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	240.7222
1148502	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	274.9176
1148503		Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	25

Fuente: Elaboración Propia.

1148504	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	25
1148505	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	382.5945
1148506	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	694.7495
1148511	23	Pastizales	2.3	54.8137
1148513	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	150
1148514	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	1170.6479
1148519	23	Pastizales	2.3	374391.703
1148520	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	50
1148521	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	25
1148524	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	16364.1968
1148530	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	25
1148536	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	50
1148539	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	541.3054
1148541	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	26996.9359
1148544	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	472.9985
1148547	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	50
1148551	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	267.9052
1148553	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	565.1895
1148555	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	6275.8376
1148558	23	Pastizales	2.3	116281.894
1148565	23	Pastizales	2.3	13992.6069
1148577	23	Pastizales	2.3	2362.2181
1148579	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	16185.9269
1148580	23	Pastizales	2.3	1546.6816
1148584	23	Pastizales	2.3	46078.8538
1148597	23	Pastizales	2.3	231.1805
1148604	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	32.0313
1148614	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	34.8633
1148634	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	7402.9268
1148645	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	2516.8514
1148647	23	Pastizales	2.3	22522.4252
1148676	23	Pastizales	2.3	239.7499
1148682	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	30199.0875
1148683	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	5201.4844
1148688	23	Pastizales	2.3	441823.681
1148695	23	Pastizales	2.3	618522.438
1148698	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	23133.8405
1148713	23	Pastizales	2.3	50481.6682
1148718	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	1028.0714
1148725	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	125356.784
1148727	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	10180.9322

Fuente: Elaboración Propia.

1148767	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	47117.748
1148938	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	6432.2486
1148973	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	13970.5827
1148978	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	5488.2341
1148990	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	31767.4506
1149000	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	260913.19
1149018	23	Pastizales	2.3	170725.064
1149068	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	141692.61
1149130	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	239708.765
1149138	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	266479.628
1149185	33	Espacios abiertos, sin o con poca vegetación	3.3	177512.678
TOTAL =				27893102.2554

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 9 - Datos de Área de Bosques Inundada.

<i>ID</i>	<i>GRIDCODE</i>	<i>Categorías</i>	<i>Código</i>	<i>Área m2</i>
1142067	3	Bosques	3.1	15998.4894
1142211	3	Bosques	3.1	31913.967
1143028	3	Bosques	3.1	8900.246
1143197	3	Bosques	3.1	5420.7287
1144403	3	Bosques	3.1	25827.7713
1144432	3	Bosques	3.1	28627.4489
1144690	3	Bosques	3.1	6135.9191
1144856	3	Bosques	3.1	77857.5598
1144995	3	Bosques	3.1	427154.51
1145024	3	Bosques	3.1	9598.1938
1145078	3	Bosques	3.1	6814.7907
1145120	3	Bosques	3.1	7373.6138
1145215	3	Bosques	3.1	250064.775
1145635	3	Bosques	3.1	4626.9492
1145708	3	Bosques	3.1	17042.1055
1145716	3	Bosques	3.1	20517.4863
1145765	3	Bosques	3.1	32184.614
1145771	3	Bosques	3.1	9610.396
1145804	3	Bosques	3.1	849763.981
1145813	3	Bosques	3.1	428093.92
1145850	3	Bosques	3.1	13130.9379
1145882	3	Bosques	3.1	437503.309
1145926	3	Bosques	3.1	5429.7244
1145996	3	Bosques	3.1	43010.3696
1146059	3	Bosques	3.1	3581.6315
1146121	231	árboles dispersos	3.2.3	42981.9741
1146215	3	Bosques	3.1	21351.8701
1146240	3	Bosques	3.1	3022.6833
1146261	3	Bosques	3.1	43662.4178
1146275	3	Bosques	3.1	192896.706
1146385	3	Bosques	3.1	94293.5464
1146451	3	Bosques	3.1	37522.1851
1146728	3	Bosques	3.1	416252.456
1146827	3	Bosques	3.1	4530.5256
1146855	3	Bosques	3.1	265.3965
1146902	3	Bosques	3.1	3894.4217
1146914	3	Bosques	3.1	11381.9594
1146933	3	Bosques	3.1	30418.0507
1146935	3	Bosques	3.1	30689.6948

Fuente: Elaboración Propia.

1146955	3	Bosques	3.1	1449.1342
1147015	3	Bosques	3.1	17095.8716
1147018	3	Bosques	3.1	1896244.81
1147044	3	Bosques	3.1	18106.948
1147085	3	Bosques	3.1	147.171
1147103	3	Bosques	3.1	12875.6718
1147165	3	Bosques	3.1	1905.3524
1147184	3	Bosques	3.1	14863.282
1147185	3	Bosques	3.1	2251.5889
1147205	3	Bosques	3.1	202505.661
1147213	3	Bosques	3.1	7593.1858
1147276	3	Bosques	3.1	462999.859
1147277	3	Bosques	3.1	23553.1243
1147289	3	Bosques	3.1	4761.9711
1147297	3	Bosques	3.1	20596.9144
1147326	3	Bosques	3.1	27125.6445
1147533	3	Bosques	3.1	4529.2757
1147541	3	Bosques	3.1	18492.2731
1147552	3	Bosques	3.1	189736.441
1147590	3	Bosques	3.1	1126643.67
1147598	3	Bosques	3.1	17936.4977
1147642	3	Bosques	3.1	3419267.34
1147682	3	Bosques	3.1	34.8633
1147751	3	Bosques	3.1	35845.3265
1147758	3	Bosques	3.1	6655.6988
1147766	3	Bosques	3.1	39911.9684
1147770	3	Bosques	3.1	23145.1133
1147796	3	Bosques	3.1	3762.9799
1147849	3	Bosques	3.1	5570.9656
1147850	3	Bosques	3.1	5943.0831
1147863	3	Bosques	3.1	14075.7775
1147930	3	Bosques	3.1	80732.9583
1147986	3	Bosques	3.1	2314873.77
1148044	3	Bosques	3.1	4879.7472
1148049	3	Bosques	3.1	22149.9207
1148142	3	Bosques	3.1	10492.5319
1148149	3	Bosques	3.1	53350.6078
1148170	3	Bosques	3.1	18415.0999
1148185	3	Bosques	3.1	598446.354
1148258	3	Bosques	3.1	89582.2358
1148289	3	Bosques	3.1	28153.1857

Fuente: Elaboración Propia.

1148307	3	Bosques	3.1	10203.2258
1148312	3	Bosques	3.1	31039.494
1148339	3	Bosques	3.1	9058.4346
1148358	3	Bosques	3.1	18288.6405
1148389	3	Bosques	3.1	1051570.96
1148390	3	Bosques	3.1	124929.916
1148398	3	Bosques	3.1	438874.551
1148449	3	Bosques	3.1	92952.1195
1148455	3	Bosques	3.1	42890.1168
1148461	3	Bosques	3.1	396543.104
1148484	3	Bosques	3.1	9893.2401
1148510	3	Bosques	3.1	2556.3951
1148528	3	Bosques	3.1	122538.59
1148575	3	Bosques	3.1	12174.9607
1148617	3	Bosques	3.1	5742.2706
1148627	3	Bosques	3.1	2007.8447
1148633	3	Bosques	3.1	515856.811
1148637	3	Bosques	3.1	2257.2433
1148650	3	Bosques	3.1	1716.484
1148657	3	Bosques	3.1	563989.446
1148658	3	Bosques	3.1	9253.2136
1148690	3	Bosques	3.1	56664.8606
1148701	3	Bosques	3.1	9889.2922
1148724	3	Bosques	3.1	994.9602
1148778	3	Bosques	3.1	7449.5062
1148789	3	Bosques	3.1	5166.2749
1148812	3	Bosques	3.1	2004703.17
1148903	3	Bosques	3.1	6969.2817
1148945	3	Bosques	3.1	12439.1519
1149010	3	Bosques	3.1	771791.17
1149022	3	Bosques	3.1	48098.6473
1149074	3	Bosques	3.1	1988255.55
1149098	3	Bosques	3.1	32836.5359
TOTAL =				22955646.6628 m
Porcentaje inundado =				82.46%
Costo de la pérdida de bosques para su conservación =				Q73,894.23

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 10 - Datos de Área de Bosques.

<i>ID</i>	<i>GRIDCODE</i>	<i>Categorías</i>	<i>Código</i>	<i>Área m2</i>
1138632	3	Bosques	3.1	8740.3359
1138637	3	Bosques	3.1	10816.4034
1138901	3	Bosques	3.1	24892.717
1139212	3	Bosques	3.1	45611.2902
1139447	3	Bosques	3.1	115453.501
1139491	3	Bosques	3.1	117489.137
1139507	231	Arboles dispersos	3.2.3	24324.3001
1139520	3	Bosques	3.1	16477.9191
1139749	3	Bosques	3.1	17074.7079
1139763	3	Bosques	3.1	31303.1145
1139841	3	Bosques	3.1	203662.969
1139869	231	Arboles dispersos	3.2.3	201538.592
1140025	3	Bosques	3.1	15942.2449
1140155	3	Bosques	3.1	2982.35
1140196	3	Bosques	3.1	295074.681
1140253	3	Bosques	3.1	12628.854
1140507	3	Bosques	3.1	271879.856
1140521	3	Bosques	3.1	31034.2496
1140560	3	Bosques	3.1	129708.42
1140564	3	Bosques	3.1	85756.8345
1140610	3	Bosques	3.1	12170.5405
1140770	3	Bosques	3.1	25807.707
1140826	3	Bosques	3.1	8386.3886
1140855	3	Bosques	3.1	5636.1991
1140863	3	Bosques	3.1	17534.5657
1141043	3	Bosques	3.1	60319.1089
1141061	3	Bosques	3.1	5519.3943
1141345	3	Bosques	3.1	33956.993
1141358	3	Bosques	3.1	106061.128
1141372	3	Bosques	3.1	51565.5568
1141428	231	Arboles dispersos	3.2.3	216421.219
1141446	3	Bosques	3.1	82868.5122
1141478	3	Bosques	3.1	75669.3483
1141498	3	Bosques	3.1	22416.5189
1141663	3	Bosques	3.1	13225.3189
1141673	3	Bosques	3.1	106550.419
1141697	3	Bosques	3.1	18752.9517

Fuente: Elaboración Propia.

1141790	3	Bosques	3.1	101757.233
1141827	3	Bosques	3.1	36741.4149
1142014	3	Bosques	3.1	31371.9978
1142043	3	Bosques	3.1	28135.3376
1142067	3	Bosques	3.1	35981.3809
1142211	3	Bosques	3.1	72551.0677
1142286	3	Bosques	3.1	20296.144
1142322	3	Bosques	3.1	28873.3101
1142399	3	Bosques	3.1	15766.6545
1142477	3	Bosques	3.1	45677.2377
1142598	3	Bosques	3.1	19672.1331
1142640	3	Bosques	3.1	32529.5367
1142793	3	Bosques	3.1	6940.1531
1143028	3	Bosques	3.1	8900.246
1143041	3	Bosques	3.1	29414.6069
1143056	3	Bosques	3.1	62623.4715
1143075	3	Bosques	3.1	51065.8542
1143078	3	Bosques	3.1	12992.7796
1143125	3	Bosques	3.1	7241.9993
1143150	3	Bosques	3.1	6442.862
1143171	3	Bosques	3.1	47772.3998
1143181	3	Bosques	3.1	81418.3237
1143197	3	Bosques	3.1	5420.7287
1143299	3	Bosques	3.1	6805.2624
1143669	3	Bosques	3.1	66543.0963
1143820	3	Bosques	3.1	30080.3666
1143831	3	Bosques	3.1	11692.7156
1143944	3	Bosques	3.1	45305.7276
1143958	3	Bosques	3.1	13091.2213
1144206	3	Bosques	3.1	10323.2053
1144250	3	Bosques	3.1	83693.5324
1144403	3	Bosques	3.1	25827.7713
1144432	3	Bosques	3.1	28627.4489
1144443	3	Bosques	3.1	104246.382
1144484	3	Bosques	3.1	18347.72
1144575	3	Bosques	3.1	3940.0594
1144690	3	Bosques	3.1	6135.9191
1144762	3	Bosques	3.1	8291.0835
1144856	3	Bosques	3.1	77857.5598
1144876	3	Bosques	3.1	28344.0342
1144995	3	Bosques	3.1	427154.51

Fuente: Elaboración Propia.

1145024	3	Bosques	3.1	28777.4653
1145078	3	Bosques	3.1	13117.5753
1145120	3	Bosques	3.1	7373.6138
1145215	3	Bosques	3.1	250064.775
1145635	3	Bosques	3.1	4708.8263
1145708	3	Bosques	3.1	17042.1055
1145716	3	Bosques	3.1	20517.4863
1145765	3	Bosques	3.1	32184.614
1145771	3	Bosques	3.1	9610.396
1145783	3	Bosques	3.1	40403.6451
1145804	3	Bosques	3.1	849763.981
1145813	3	Bosques	3.1	428093.92
1145819	3	Bosques	3.1	18648.1768
1145850	3	Bosques	3.1	13130.9379
1145882	3	Bosques	3.1	437503.309
1145926	3	Bosques	3.1	5429.7244
1145975	3	Bosques	3.1	23930.1471
1145996	3	Bosques	3.1	43010.3696
1146059	3	Bosques	3.1	3581.6315
1146075	3	Bosques	3.1	67700.0773
1146121	231	Arboles dispersos	3.2.3	42981.9741
1146215	3	Bosques	3.1	21351.8701
1146240	3	Bosques	3.1	10853.652
1146261	3	Bosques	3.1	43662.4178
1146275	3	Bosques	3.1	192896.706
1146342	3	Bosques	3.1	12686.6044
1146379	3	Bosques	3.1	2437.8046
1146385	3	Bosques	3.1	94293.5464
1146451	3	Bosques	3.1	37522.1851
1146580	3	Bosques	3.1	192215.817
1146728	3	Bosques	3.1	416252.456
1146769	3	Bosques	3.1	32892.7108
1146777	3	Bosques	3.1	26960.0048
1146783	3	Bosques	3.1	21647.4357
1146791	3	Bosques	3.1	10200.2857
1146827	3	Bosques	3.1	4530.5256
1146855	3	Bosques	3.1	265.3965
1146902	3	Bosques	3.1	17232.2225
1146914	3	Bosques	3.1	11381.9594
1146933	3	Bosques	3.1	30418.0507
1146935	3	Bosques	3.1	30689.6948

Fuente: Elaboración Propia.

1146945	3	Bosques	3.1	37692.544
1146955	3	Bosques	3.1	1449.1342
1147015	3	Bosques	3.1	17095.8716
1147018	3	Bosques	3.1	1896244.81
1147044	3	Bosques	3.1	19962.5932
1147085	3	Bosques	3.1	147.171
1147103	3	Bosques	3.1	12875.6718
1147134	3	Bosques	3.1	23342.9721
1147154	3	Bosques	3.1	18199.7651
1147165	3	Bosques	3.1	1905.3524
1147184	3	Bosques	3.1	14863.282
1147185	3	Bosques	3.1	2251.5889
1147205	3	Bosques	3.1	202505.661
1147213	3	Bosques	3.1	7593.1858
1147276	3	Bosques	3.1	719017.105
1147277	3	Bosques	3.1	23553.1243
1147289	3	Bosques	3.1	4761.9711
1147297	3	Bosques	3.1	20596.9144
1147326	3	Bosques	3.1	27125.6445
1147533	3	Bosques	3.1	4529.2757
1147541	3	Bosques	3.1	22414.1304
1147552	3	Bosques	3.1	189736.441
1147590	3	Bosques	3.1	1126643.67
1147598	3	Bosques	3.1	17936.4977
1147642	3	Bosques	3.1	3419267.34
1147682	3	Bosques	3.1	34.8633
1147751	3	Bosques	3.1	35845.3265
1147758	3	Bosques	3.1	6655.6988
1147766	3	Bosques	3.1	58532.3287
1147770	3	Bosques	3.1	23145.1133
1147796	3	Bosques	3.1	3762.9799
1147849	3	Bosques	3.1	5570.9656
1147850	3	Bosques	3.1	5943.0831
1147863	3	Bosques	3.1	14075.7775
1147930	3	Bosques	3.1	121144.731
1147986	3	Bosques	3.1	2600212.72
1148044	3	Bosques	3.1	4879.7472
1148049	3	Bosques	3.1	22149.9207
1148142	3	Bosques	3.1	10492.5319
1148149	3	Bosques	3.1	53350.6078
1148170	3	Bosques	3.1	18415.0999

Fuente: Elaboración Propia.

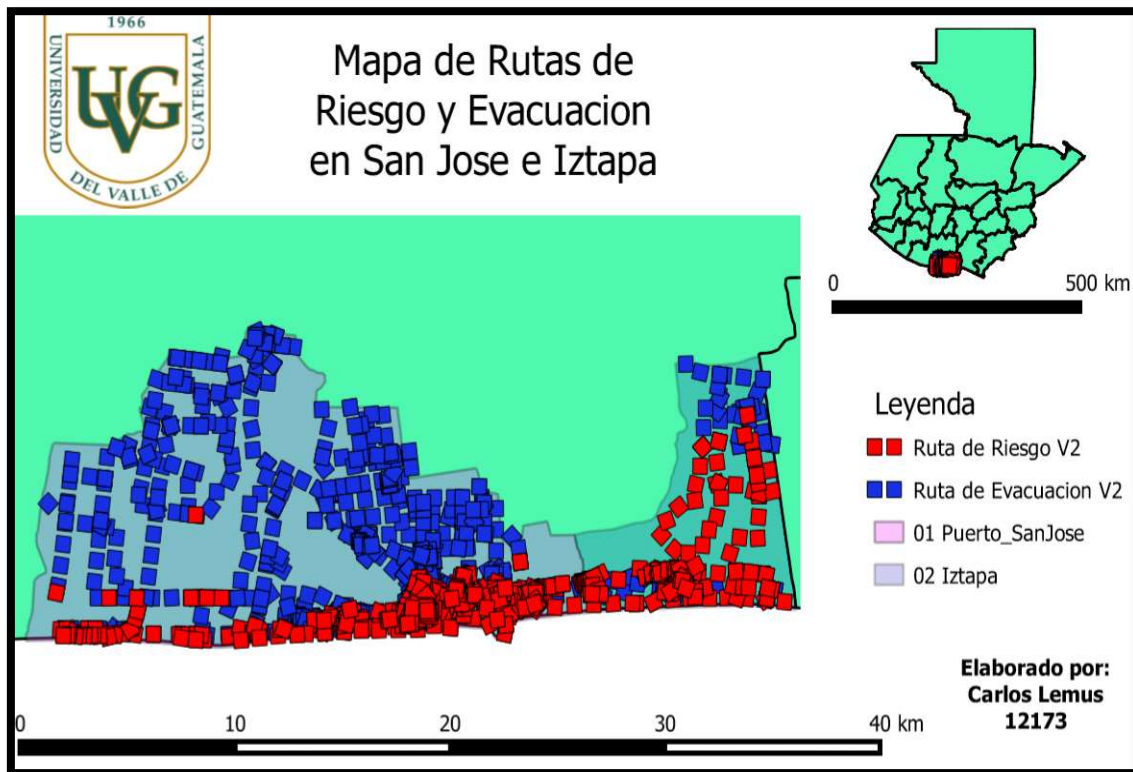
1148185	3	Bosques	3.1	614734.981
1148258	3	Bosques	3.1	89582.2358
1148289	3	Bosques	3.1	28153.1857
1148307	3	Bosques	3.1	10203.2258
1148312	3	Bosques	3.1	31039.494
1148339	3	Bosques	3.1	9058.4346
1148358	3	Bosques	3.1	18288.6405
1148389	3	Bosques	3.1	1051570.96
1148390	3	Bosques	3.1	124929.916
1148398	3	Bosques	3.1	438874.551
1148449	3	Bosques	3.1	92952.1195
1148455	3	Bosques	3.1	42890.1168
1148461	3	Bosques	3.1	396543.104
1148484	3	Bosques	3.1	9893.2401
1148510	3	Bosques	3.1	2556.3951
1148528	3	Bosques	3.1	122538.59
1148575	3	Bosques	3.1	12174.9607
1148617	3	Bosques	3.1	5742.2706
1148627	3	Bosques	3.1	2007.8447
1148633	3	Bosques	3.1	515856.811
1148637	3	Bosques	3.1	2257.2433
1148650	3	Bosques	3.1	1716.484
1148657	3	Bosques	3.1	564173.143
1148658	3	Bosques	3.1	9253.2136
1148690	3	Bosques	3.1	56664.8606
1148701	3	Bosques	3.1	9889.2922
1148724	3	Bosques	3.1	994.9602
1148778	3	Bosques	3.1	7449.5062
1148789	3	Bosques	3.1	5166.2749
1148812	3	Bosques	3.1	2004778.9
1148903	3	Bosques	3.1	6969.2817
1148945	3	Bosques	3.1	12439.1519
1149010	3	Bosques	3.1	773677.111
1149022	3	Bosques	3.1	48098.6473
1149074	3	Bosques	3.1	1988255.55
1149098	3	Bosques	3.1	32836.5359
TOTAL =				27839249.3778

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 11 – Mapas temáticos de Quantum GIS

La ruta de riesgo es más significativa en Iztapa que en San José como puede observarse, ya que las rutas que están fuera de riesgo están muy alejadas de la zona costera y cuenta con menos rutas de evacuación.

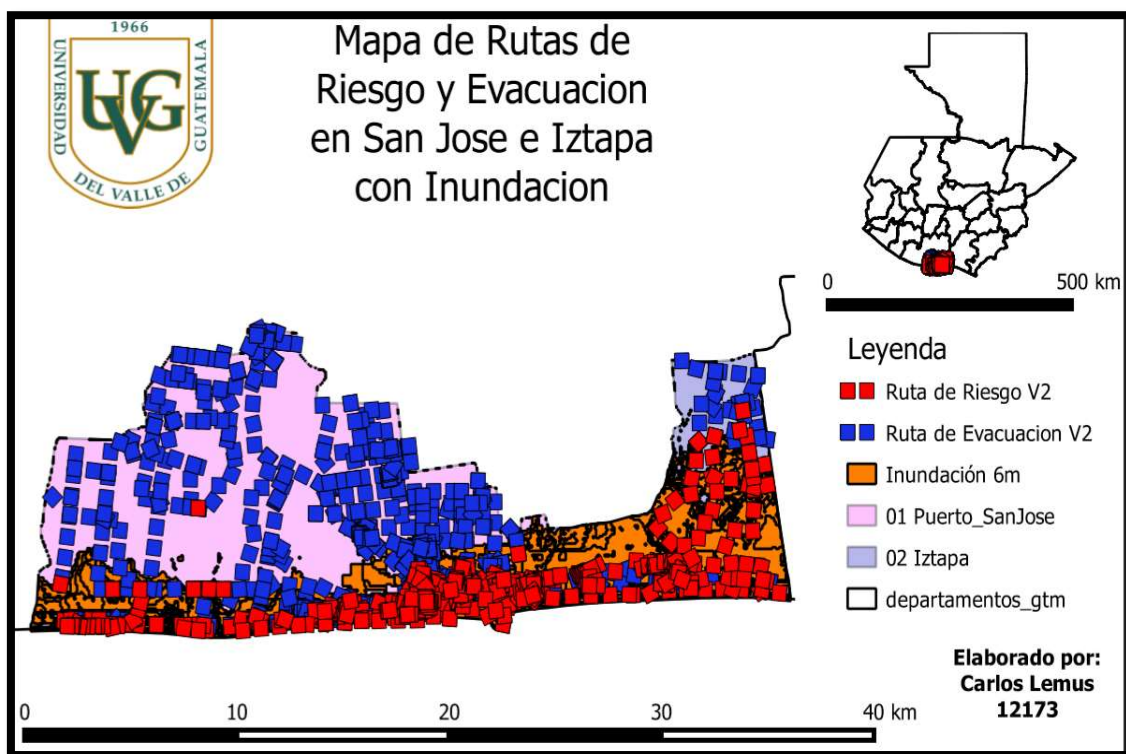
Mapa 1. Mapa de ruta de riesgo y evacuación.



Fuente: Elaboración Propia

En el análisis de Grass con la inundación de 6 metros (anaranjado) comprueba la baja altimetría de las rutas de riesgo, es importante mencionar que dentro de la inundación existen rutas de evacuación que están fuera de peligro, estas son recomendables en caso que la llegada de la ola a la costa se inminente.

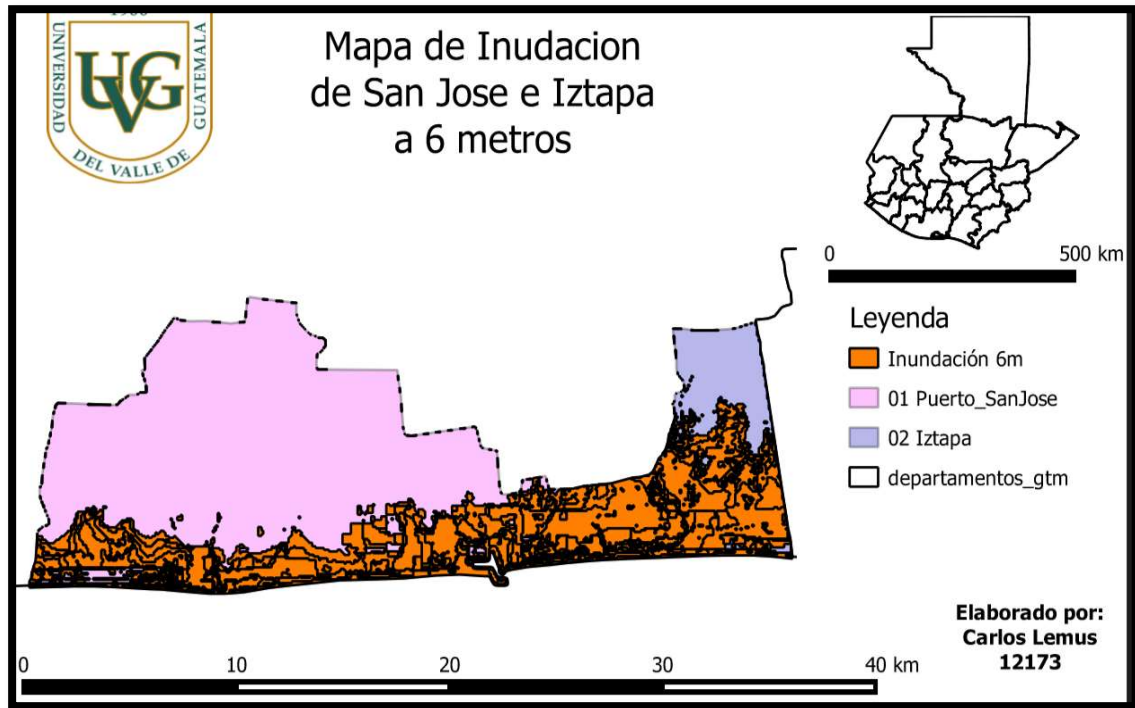
Mapa 2. Análisis de ruta de riesgo y evacuación con inundación a 6m.



Fuente: Elaboración Propia

La inundación puede llegar a generar grandes pérdidas económicas en la zona, pero ello no debe priorizarse sobre la vida de las personas, por lo cual el evacuar y coordinar con la ayuda de las autoridades el retorno a las viviendas siempre es la mejor

Mapa 3. Inundación de 6 metros.



Fuente: Elaboración Propia

Anexo 12 - Resultados de rutas de evacuación (San José - Iztapa)

A continuación, se muestran los resultados, medidos en kilómetros, tanto de la ruta de evacuación (ruta segura que es superior o igual a los 8 metros respecto al nivel del mar) y la ruta de riesgo (rutas inferiores a los 8 metros respecto al nivel del mar, las cuales tienen mayor probabilidad de tener repercusión por el tsunami).

Tabla 54. Suma de rutas de evacuación y riesgo en kilómetros.

Evacuación (número de Ruta)	Longitud (m)		Riesgo (número de Ruta)	Longitud (m)	
1	421.34	m	1	162.21	m
2	177.21	m	2	369.77	m
3	174.69	m	3	101.75	m
4	211.07	m	4	20.22	m
5	102.58	m	5	167.49	m
6	814.95	m	6	342.37	m
7	143.54	m	7	377.95	m
8	1419.94	m	8	1190.65	m
9	56.56	m	9	209.48	m
10	116.44	m	10	83.69	m
11	439.08	m	11	210.25	m
12	531.73	m	12	190.23	m
13	334.89	m	13	157.91	m
14	481.65	m	14	216.35	m
15	245	m	15	242.53	m
16	762.88	m	16	419.58	m
17	1103.75	m	17	224.91	m
18	393.75	m	18	105.08	m
19	117.14	m	19	241.45	m
20	45.67	m	20	142.75	m
21	283.28	m	21	211.33	m
22	91.96	m	22	233.36	m
23	157.62	m	23	83.8	m
24	540.17	m	24	369.41	m
25	173.44	m	25	355.26	m
26	112.7	m	26	414.5	m
27		m	27	111.97	m
28	597.19	m	28	33.43	m
29	64.27	m	29	618.99	m
30	370.8	m	30	217.92	m
31	59.43	m	31	483.19	m
32	566.78	m	32	168.16	m

Fuente: Elaboración Propia.

33	163.59	m	33	293.97	m
34	165.63	m	34	280.49	m
35	123.23	m	35	780.44	m
36	1764.23	m	36	802.55	m
37	58.23	m	37	619.23	m
38	76.03	m	38	505.46	m
39	231.2	m	39	310.75	m
40	212	m	40	115.46	m
41	5944.05	m	41	71.57	m
42	781.3	m	42	723.95	m
43	410.01	m	43	503.45	m
44	51.1	m	44	689.51	m
45	71.72	m	45	1592.67	m
46	1275.67	m	46	2052.24	m
47	132.95	m	47	359.16	m
48	2149.89	m	48	2016.04	m
49	2290.74	m	49	2341.28	m
50	880.93	m	50	1399.41	m
51	89.01	m	51	462.13	m
52	3791.77	m	52	328.39	m
53	2072.6	m	53	526.81	m
54	1744.49	m	54	169.25	m
55	509.8	m	55	100.13	m
56	271.79	m	56	17.38	m
57	310.7	m	57	487.72	m
58	3657.21	m	58	385.34	m
59	223.24	m	59	567.32	m
60	194.55	m	60	873.29	m
61	2387.08	m	61	330.38	m
62	3718.44	m	62	737.56	m
63	413.35	m	63	647.43	m
64	477.39	m	64	1008.57	m
65	364.7	m	65	1059.53	m
66	367.82	m	66	413.08	m
67	362.22	m	67	411.69	m
68	159.77	m	68	426.3	m
69	184.51	m	69	603.3	m
70	151.9	m	70	625.1	m
71	115.85	m	71	107.38	m
72	3412.4	m	72	839.14	m
73	227.07	m	73	417.68	m

Fuente: Elaboración Propia.

74	1585.79	m	74	193.07	m
75	448.75	m	75	28.18	m
76	5175.78	m	76	256.98	m
77	1738.35	m	77	414.38	m
78	9050.59	m	78	550.73	m
79	1133.97	m	79	906.11	m
80	553.95	m	80	246.66	m
81	954.91	m	81	3848.28	m
82	571.94	m	82	606.56	m
83	50.96	m	83	647.59	m
84	97.33	m	84	375.27	m
85	74.88	m	85	440.87	m
86	61.63	m	86	1090.72	m
87	67.08	m	87	568.68	m
88	411.31	m	88	1007.88	m
89	453.46	m	89	671.74	m
90	345.59	m	90	825.13	m
91	128.07	m	91	1052.55	m
92	178.89	m	92	461.96	m
93	257.2	m	93	788.84	m
94	299.19	m	94	752.47	m
95	117.03	m	95	95.89	m
96	851.2	m	96	578.95	m
97	224.12	m	97	1341.39	m
98	115.83	m	98	109.62	m
99	184.17	m	99	429.21	m
100	925.15	m	100	434.34	m
101	344.32	m	101	427.19	m
102	252.44	m	102	414.69	m
103	168.24	m	103	389.29	m
104	766.83	m	104	377.56	m
105	296.35	m	105	344.87	m
106	342.48	m	106	336.9	m
107	165.7	m	107	953.01	m
108	210.89	m	108	2479.77	m
109	3381.57	m	109	87.53	m
110	857.83	m	110	64.94	m
111	127.61	m	111	55.28	m
112	1068.71	m	112	54.4	m
113	595.17	m	113	53.4	m
114	239.19	m	114	131.92	m

Fuente: Elaboración Propia.

115	227.51	m	115	118.87	m
116	2121.19	m	116	684.62	m
117	2681.57	m	117	614.58	m
118	2163.95	m	118	255.59	m
119	1000.91	m	119	238.43	m
120	1878.57	m	120	595.71	m
121	301.28	m	121	286.62	m
122	83.84	m	122	127.9	m
123	450.74	m	123	255	m
124	78.78	m	124	478.19	m
125	1886.82	m	125	9.48	m
126	450.8	m	126	288.37	m
127	590.44	m	127	6221.23	m
128	591.02	m	128	7035.96	m
129	2272.88	m	129	146.51	m
130	60.44	m	130	470.21	m
131	2605.4	m	131	473.39	m
132	126.82	m	132	478.1	m
133	789.67	m	133	255.82	m
134	404.97	m	134	68.39	m
135	1143.97	m	135	506.93	m
136	20.48	m	136	507.54	m
137	296.7	m	137	950.4	m
138	1664.92	m	138	63.83	m
139	5623.37	m	139	106.27	m
140	1082.24	m	140	1385.33	m
141	1128.11	m	141	2769.31	m
142	1982.21	m	142	721.89	m
143	118.02	m	143	36.98	m
144	1119.59	m	144	389.61	m
145	480.7	m	145	518.57	m
146	462.63	m	146	69.29	m
147	7835.27	m	147	300.98	m
148	6118.86	m	148	651.13	m
149	1273.95	m	149	27.56	m
150	1656.69	m	150	277.69	m
151	3664.11	m	151	148.43	m
152	503.22	m	152	102.41	m
153	584.04	m	153	3060.43	m
154	611.97	m	154	428.95	m
155	1426.26	m	155	721.66	m

Fuente: Elaboración Propia.

156	9444.34	m	156	224.87	m
157	1529.76	m	157	334.39	m
158	905.45	m	158	347.95	m
159	267.89	m	159	292.98	m
160	231.23	m	160	85.85	m
161	1048.07	m	161	4522.78	m
162	511.81	m	162	571.65	m
163	1427.23	m	163	710.84	m
164	503.94	m	164	2710.87	m
165	6902.37	m	165	5205.04	m
166	400.32	m	166	3956.02	m
167	544.95	m	167	2495.41	m
168	2460.01	m	168	2295.92	m
169	703.75	m	169	583.7	m
170	1063.83	m	170	599.54	m
171	167.1	m	171	287.95	m
172	526.78	m	172	237.08	m
173	166.43	m	173	211.34	m
174	633.02	m	174	328.98	m
175	166.28	m	175	200.15	m
176	166.78	m	176	208.38	m
177	165.62	m	177	165.53	m
178	91.12	m	178	66.68	m
179	82.56	m	179	161.42	m
180	326.7	m	180	117.62	m
181	404.4	m	181	189.33	m
182	414.59	m	182	43.98	m
183	160.89	m	183	158.06	m
184	358.88	m	184	942.15	m
185	67.76	m	185	1011.44	m
186	169.24	m	186	421.02	m
187	1425.02	m	187	4635.47	m
188	580.47	m	188	221.27	m
189	469.75	m	189	1961.64	m
190	381.01	m	190	174.3	m
191	628.45	m	191	1478.47	m
192	109.26	m	192	172.73	m
193	423.24	m	193	3656.4	m
194	318.19	m	194	540	m
195	205.82	m	195	7.45	m
196	159.75	m	196	83.27	m

Fuente: Elaboración Propia.

197	467.55	m	197	1069.97	m
198	226.32	m	198	566.98	m
199	121.53	m	199	568.1	m
200	116.36	m	200	237.7	m
201	445.6	m	201	216.41	m
202	82.31	m	202	294.67	m
203	138.87	m	203	227.53	m
204	152.02	m	204	247.36	m
205	132.84	m	205	173.39	m
206	190.11	m	206	152.93	m
207	119.71	m	207	138.74	m
208	64.77	m	208	243.53	m
209	57.01	m	209	345.77	m
210	71.55	m	210	64.26	m
211	1350.7	m	211	1187.72	m
212	686.8	m	212	331.93	m
213	3576.35	m	213	255.63	m
214	1066.93	m	214	1341.84	m
215	1031.68	m	215	161.39	m
216	488.19	m	216	170.8	m
217	474.63	m	217	163.43	m
218	374.55	m	218	185.89	m
219	1212.24	m	219	423.47	m
220	857	m	220	84.03	m
221	1377.86	m	221	500.74	m
222	260.19	m	222	282.35	m
223	458.6	m	223	175.06	m
224	4462.49	m	224	612.7	m
225	2204.23	m	225	296.93	m
226	1789.43	m	226	145.68	m
227	550.21	m	227	270.95	m
228	935.23	m	228	143.85	m
229	879.21	m	229	338.14	m
230	4319.85	m	230	130.82	m
231	387.83	m	231	148.02	m
232	10637.65	m	232	100.66	m
233	256.64	m	233	193.7	m
234	1207.37	m	234	102.72	m
235	2429.64	m	235	1114.17	m
236	2424.68	m	236	135.77	m
237	5150.92	m	237	183.32	m

Fuente: Elaboración Propia.

238	766.75	m	238	186.67	m
239	720.8	m	239	189.47	m
240	540.68	m	240	207.73	m
241	226.43	m	241	92.71	m
242	50.11	m	242	209.65	m
243	75.8	m	243	324.54	m
244	225.43	m	244	61.55	m
245	226.61	m	245	946	m
246	218.63	m	246	534.29	m
247	418.96	m	247	63	m
248	418.65	m	248	444.58	m
249	105.19	m	249	221.89	m
250	170.5	m	250	380.83	m
251	112.11	m	251	511.78	m
252	37.7	m	252	588.86	m
253	214.44	m	253	205.9	m
254	846.96	m	254	207.87	m
255	2203.04	m	255	363.58	m
256	5111.41	m	256	394.81	m
257	2074.86	m	257	218.1	m
258	280.03	m	258	163.64	m
259	274.92	m	259	195.23	m
260	226.31	m	260	126.25	m
261	216.49	m	261	75.44	m
262	2137.53	m	262	114.11	m
263	2102.68	m	263	70.4	m
264	3729.19	m	264	97.4	m
265	2404.97	m	265	172.81	m
266	1076.42	m	266	79.88	m
267	2576.84	m	267	318.5	m
268	1034.55	m	268	53.29	m
269	2221.75	m	269	663.29	m
270	749.55	m	270	333.31	m
271	655.94	m	271	51.07	m
272	357.59	m	272	39.6	m
273	301.39	m	273	425.55	m
274	1475.99	m	274	114.38	m
275	262.14	m	275	115.35	m
276	985.14	m	276	250.49	m
277	443.51	m	277	308.42	m
278	256.87	m	278	29.08	m

Fuente: Elaboración Propia.

279	192.43	m	279	197.17	m
280	5727.26	m	280	316.27	m
281	1696.07	m	281	146.12	m
282	1313.38	m	282	2558.38	m
283	399.74	m	283	1038.96	m
284	473.28	m	284	651.55	m
285	259.74	m	285	208.02	m
286	199.25	m	286	37.13	m
287	47.17	m	287	433.39	m
288	695.84	m	288	375.41	m
289	102.73	m	289	105.7	m
290	392.03	m	290	748.96	m
291	533.02	m	291	257.42	m
292	197.71	m	292	177.84	m
293	94.71	m	293	432.55	m
294	84.77	m	294	315.83	m
295	85.43	m	295	48.51	m
296	161.22	m	296	59.73	m
297	125.17	m	297	88.55	m
298	568.99	m	298	78.65	m
299	115.64	m	299	12.6	m
300	268.75	m	300	295.2	m
301	118.38	m	301	59.37	m
302	161.91	m	302	93.62	m
303	421.26	m	303	20.88	m
304	207.66	m	304	257.02	m
305	189.12	m	305	121.68	m
306	337.72	m	306	199.19	m
307	82.81	m	307	266.32	m
308	770.56	m	308	208.13	m
309	640.73	m	309	75.78	m
310	1260.45	m	310	434.88	m
311	184.21	m	311	396.21	m
312	614.7	m	312	369.75	m
313	279.26	m	313	220.7	m
314	243.87	m	314	297.56	m
315	163.3	m	315	200.71	m
316	268.1	m	316	178.21	m
317	249.52	m	317	647.46	m
318	290.79	m	318	202.55	m
319	403.35	m	319	366.02	m

Fuente: Elaboración Propia.

320	436.2	m	320	375.48	m
321	491.45	m	321	224.81	m
322	112.75	m	322	990.84	m
323	116.31	m	323	333.04	m
324	509.32	m	324	338.71	m
325	325.7	m	325	313.35	m
326	331.18	m	326	865.1	m
327	323.13	m	327	241.09	m
328	101.63	m	328	9.68	m
329	2833.83	m	329	267.86	m
330	795.96	m	330	285.14	m
331	664.26	m	331	160.05	m
332	597.5	m	332	498.86	m
333	309.18	m	333	270.92	m
334	157.92	m	334	168.26	m
335	67.28	m	335	513.16	m
336	489.29	m	336	108.49	m
337	453.56	m	337	101.35	m
338	482.99	m	338	5518.4	m
339	453.88	m	Total	184.50827	km
340	50.97	m			
341	564.79	m			
342	559.87	m			
343	554.66	m			
344	555.99	m			
345	553.7	m			
346	262.49	m			
347	563.52	m			
348	558.17	m			
349	564.35	m			
350	558.23	m			
351	450.54	m			
352	418.54	m			
353	542.71	m			
354	731.86	m			
355	550	m			
356	423.6	m			
357	187.75	m			
358	151.21	m			
359	448.28	m			
360	213.32	m			

Fuente: Elaboración Propia.

361	526.83	m			
362	698.4	m			
363	338.99	m			
364	420.9	m			
365	82.3	m			
366	92.79	m			
367	103.53	m			
368	107.75	m			
369	132.55	m			
370	132.3	m			
371	134.65	m			
372	420.85	m			
373	302.28	m			
374	293.86	m			
375	245.44	m			
376	33.95	m			
377	135.04	m			
378	338.46	m			
379	161.3	m			
380	4126.16	m			
381	690.79	m			
382	112.32	m			
383	71.79	m			
384	213.23	m			
385	113.63	m			
386	212.81	m			
387		m			
388	36.21	m			
389	183.53	m			
390	240.76	m			
391	237.56	m			
392	112.18	m			
393	71.03	m			
394	194.45	m			
395	270.29	m			
396	235.77	m			
397	382.15	m			
398	89.42	m			
399	508.74	m			
400	726.9	m			
401	60.91	m			

Fuente: Elaboración Propia.

402	286.75	m			
403	115.51	m			
404	382.15	m			
405	167.41	m			
406	289.17	m			
407	595.8	m			
408	1197.19	m			
409	186.05	m			
Total	333.41567	km			

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 13 - Entrevistas a autoridades y habitantes.

Dentro de las respuestas que recolectamos en las encuestas realizadas, tenemos:

Preguntas:

- 1) Para usted ¿Qué es un Tsunami?
- 2) ¿Ha habido desastres naturales en donde usted vive?
- 3) ¿Sabe usted qué hacer en caso de un tsunami?, ¿Dónde se resguardaría?
- 4) ¿Qué es lo primero que usted sacaría de su casa?
- 5) ¿Cuál es la mejor manera (medio de comunicación) que usted consideraría óptima para enterarse de una eventualidad?, ¿La sirena sería una buena opción?

Entrevista 1.

Respuestas (PNC)

Tabla 55. Entrevista a Agentes de la PNC.

Frases o palabras que dijo	Acciones y Comportamientos
1) Movimiento sísmico en el mar	En este caso fue en la comisaria que estaban un grupo de policías de apoyo. Los cuales eran muy participativos, apoyaban con múltiples experiencias con sismos dado que eran de San Marcos.
2) Olas que se elevan	
3) En emergencia evacuar	
4) Buscar lugares elevados	
5) Comida enlatada	
Sentimientos	Sorpresas
Apoyo, conciencia y disponibilidad para apoyar.	Experiencias vividas en sismos ocurridos en San Marcos y recalcaron la importancia de nuestra investigación. Por otra parte, nos recomendaron investigar con los lancheros ya que ellos poseen múltiples experiencias con eventos marítimos.

- 1) “Un tsunami es un movimiento sísmico en el mar, provoca que las olas se eleven”.
- 2) “Dado que somos policías de apoyo, estamos temporalmente en Iztapa”
- 3) “Evacuar, buscar elevaciones, salir lejos y buscar lugares elevados, una opción puede ser en ruta a Escuintla”
- 4) “Niños, ancianos y mujeres, comida enlatada y cobijas”
- 5) “Megáfono de la unidad”
- 6) “Si hay COCODE, el superior es el alcalde con el cual poseen buena comunicación, y a su vez están coordinados con los bomberos voluntarios”.

Entrevista 2.

Respuestas (Juzgado de Paz)

Tabla 56. Descripción de entrevista a miembro del Juzgado de Paz de Iztapa.

Frases o palabras que dijo	Acciones y comportamientos
1) Sismo en el mar 2) Inundaciones 3) Capacitaciones	Disponibilidad de atender cualquier duda o comentario, aporto información muy valiosa (lugares de refugio y comunicación con la CONRED).
Sentimientos	Sorpresas
Posee un firme pensamiento en el cual valora su vida sobre los objetos materiales.	Proporciono el nombre de un lugar conocido como Güiscoyol el cual es un salón municipal para resguardar a la gente en caso de emergencia, adicional a él se encuentran 2 albergues más.

- 1) “Sismo que hay en el mar. Afecta oleaje y se elevan las olas”
- 2) “Inundaciones, el Mitch. Tormentas. Relleno en la carretera por lo que las casas están abajo se inundan tienen que evacuar”.
- 3) “Me voy si da tiempo cierran el edificio. No hay plan por parte de la Corte ni la CONRED”
- 4) “No saco nada, solo me voy”
- 5) “La radio”
- 6) “Si hay comunicación con las municipalidades es constante, como hacer capacitaciones se encuentran seguido”.

Entrevista 3.

Respuestas (Vecino del Juzgado de Paz)

Tabla 57. Descripción de entrevista a vecino de Iztapa.

Frases o palabras que dijo	Acciones y Comportamientos
1) Oleaje alto 2) Inundaciones provocadas por lluvia y acumulación de agua proveniente de la capital 3) CONRED	Es un vecino bien informado, esta consiente de la organización del municipio en casos de emergencia.
Sentimientos	Sorpresas
Disponibilidad para atender las preguntas.	Información importante de la organización local.

- 1) “Oleaje alto”
- 2) “Sí, olas muy altas inundaciones por lluvia y agua que se acumula y proviene de la capital”
- 3) “Buscar lo alto. Escuintla”
- 4) “Objetos personales, como papeles”
- 5) “Radio”
- 6) “Sí, comité de desastres que tiene bomberos, policía, personas de la comunidad y viene CONRED en situaciones de emergencia”.

Entrevista 4.

Respuestas (Madre de 2 niños y vecina del municipio)

Tabla 58. Descripción de entrevista a vecina de los municipios de estudio.

Frases o palabras que dijo	Acciones y comportamientos
1) CONRED 2) Mis hijos son prioridad	Un poco asustada y/o incomodada por las preguntas.
Sentimientos	Sorpresas
Falta de un poco de información.	Pese a que no tenía mucha idea de que era un Tsunami si estaba informada de la CONRED.

- 1) “No sé, es como un desastre”
- 2) “En este momento no”
- 3) “No sé dónde refugiarme”
- 4) “Lo primero que sacaría sería mis hijos”
- 5) “Por parte de la CONRED”
- 6) “No hay comunicación”

Entrevista 5.

Respuestas (Familia guatemalteca)

Tabla 59. Descripción de entrevista a familia guatemalteca.

Frases o palabras que dijo	Acciones y comportamientos
1) Terremoto 2) Inundaciones 3) No importa lo material, es secundario.	Amabilidad.

Sentimientos	Sorpresas
Mucha disponibilidad y colaboración entre todos para responder las preguntas.	Unidad familiar, todos coincidían en protegerse unos a otros.

- 1) “Terremoto bajo el agua”
- 2) “Inundaciones”
- 3) “No sabemos qué hacer, quizás buscar un lugar alto”
- 4) “Nada, solo salir, nada material”
- 5) “Noticias, por radio, televisión, teléfono”
- 6) “No”

Entrevista 6.

Respuestas (Vecinas del municipio)

Tabla 60. Descripción de entrevista a vecinos de los municipios de estudio.

Frases o palabras que dijo	Acciones y Comportamientos
1) Viviendas dañadas por desastres. 2) La prioridad son las vidas humanas.	Disponibilidad para apoyar con experiencias personales.
Sentimientos	Sorpresas
Percibimos que ella ha vivido experiencias con desastres naturales.	Nos comunicó que existe un malecón de piedras y barras, y que ya no hay tanto peligro.

- 1) “Mucho aire, mucha lluvia”
- 2) “Años atrás si, viviendas dañadas por desastres del Stan”
- 3) “Lugares altos”
- 4) “Su mamá, las personas”
- 5) “Por radio”
- 6) “No hay”

Entrevista 7.

Respuestas (Pareja de esposos)

Tabla 61. Descripción de entrevista a pareja de esposos de la zona.

Frases o palabras que dijo	Acciones y comportamientos
1) Existe un comité de vecinos donde ellos viven. 2) Evacuar y coordinar con autoridades.	Fueron los mejores preparados, ante un evento natural poseen medidas serias de prevención.
Sentimientos	Sorpresas
Experiencias con huracanes, dejo la impresión de estar bien preparados ante desastres naturales.	Aforan los ríos constantemente, está muy preparada toda la comunidad en general. Miden todos el rio y en caso de emergencia tienen bodegas con láminas y nylon. Ha habido 6 inundaciones desde el huracán Mitch, Stan, Agatha, SH. Cada hora miden el rio, si perciben que habrá inundación evacuan rápido la zona.

- 1) “Terremoto en el mar”
- 2) “Sí, inundaciones”
- 3) “Solo que los evacuaran, coordinar con las autoridades”
- 4) “Papeles personales y familiares”
- 5) “Radio y televisión”
- 6) “Si hay COCODE, no existe mucha comunicación, pero hay comité de vecinos, si hay planes ante desastres en la familia y la comunidad”.

Entrevista 8.

Respuestas (Madre).

Tabla 62. Descripción de entrevista a madre de la comunidad.

Frases o palabras que dijo	Acciones y comportamientos
1) Salida del mar 2) Lugares altos	Buena comunicación con el COCODE.
Sentimientos	Sorpresas
Prioridad a la vida humana.	Ella tal como la mayoría de personas valora principalmente la vida humana.

- 1) “Cuando se sale el mar, y hay destrucción a su paso”.
- 2) “Tormentas fuertes”
- 3) “Lugares altos, techo”
- 4) “Familia”

- 5) “Noticias, sirena, televisión”
- 6) “Sí, sí hay comunicación”.

Entrevista 9.

Respuestas (Comerciante de zapatos)

Tabla 63. Descripción de entrevista a trabajador del Juzgado de Paz.

Frasas o palabras que dijo	Acciones y comportamientos
<ol style="list-style-type: none"> 1) Ropa 2) Radio 	Un poco tímido, tenía un poco de pena de responder erróneamente.
Sentimientos	Sorpresas
Poco informado.	Si estaba consciente de que existe comunicación entre los vecinos. Tal como la mayoría, coinciden con la radio como el mejor medio de comunicación para dar aviso ante un inminente desastre.

- 1) “No sé”.
- 2) “No ha habido”
- 3) “No subo”
- 4) “Ropa”
- 5) “Radio”
- 6) “No. Entre vecinos si”.

Entrevista 10.

Respuestas (Vecina del municipio)

Tabla 64. Descripción de entrevista a vecina del municipio de Iztapa.

Frasas o palabras que dijo	Acciones y Comportamientos
<ol style="list-style-type: none"> 1) Sale el mar y se lleva todas las casas 2) Si existe COCODE, no existe mucha comunicación (área de oportunidad). 	Buena disponibilidad para atender a la entrevista.
Sentimientos	Sorpresas
Lo vital es la vida de sus hijos.	Como todos los vecinos coincidió entre la tele y radio como mejor medio de comunicación.

- 1) “Sale el mar y se lleva todas las casas”.
- 2) “El Mitch, Stan, Agatha, tormentas en general”
- 3) “Sale corriendo”
- 4) “Sus hijos”
- 5) “Tele y radio”
- 6) “Sí hay COCODE, no existe mucha comunicación”.

Entrevista 11.

Respuestas (Lancheros, personas con experiencia marítima)

Tabla 65. Descripción de entrevista a lancheros de la zona.

Frases o palabras que dijo	Acciones y comportamientos
1) Movimiento telúrico del mar 2) Redes sociales como medio de comunicación.	Buena disponibilidad y apoyo para resolver las dudas y aportar su conocimiento marítimo.
Sentimientos	Sorpresas
Un poco de inconformismo con el COCODE.	Con base a su experiencia, la ola más grande con la que se han topado ha sido de 5 mts.

Anexo 14. Integración carga sísmica según ASCE 7 – 10

<i>Coefficientes de aceleración del sitio</i>				
Ss =	1.65			
S1 =	0.60			
<i>Coefficientes del sitio</i>				
Fa =	1.00			
Fv =	1.50			
Sms =	1.65			
Sml =	0.90			
<i>Clasificación del suelo</i>				
Suelo =	D			
<i>Aceleración espectral de diseño</i>				
SDS = 2/3 Sms =	1.10			
SD1 = 2/3 Sml =	0.60			
<i>Factor de importancia</i>				
Refugio	IV			
Ie =	1.50			
Fuente: Elaboración Propia.				
<i>Categoría de diseño sísmico</i>				
CDS =	D			
<i>Sistema de Resistencia lateral</i>				
Dirección	SRL	R	Ω_0	Cd
X y Y	SMF	8	3	5.5
<i>Numero de niveles</i>				
	4			
	hi =	12.00	ft	<i>altura por nivel</i>
	H =	48.00	ft	<i>altura total</i>
<i>Coefficiente sísmico</i>				
Cs = SDS / (R / Ie) =	0.21			
Cs max = SD1 / T(R/Ie) =	0.1541			
	T = Cu Ta =	0.73		
	Cu =	1.40		
	Ta = Ct hn ^x =	0.52		
	Ct =	0.016		
	X =	0.9		
	hn =	48	ft	
Cs min =	0.01			
	0.044 SDS Ie =	0.07		
	Cs min =	0.07		

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 15. Integración Carga de viento según ASCE 7 – 10

Velocidad básica de viento						
Vel=	68.35	MPH				
Factor de direccionalidad						
Kd=	0.85					
Categoría de exposición						
Exp=	D					
Factor topográfico						
k _{zt} =	1.00					
Factor de ráfaga						
G=	0.85					
Clasificación del cerramiento						
C=	CERRADA					
Coefficiente de presión interna						
G _{cpi}	0.18					
	-0.18					
N	hi, ft	Hi, ft	kh	q_z psf		
1	12.00	12.00	1.03	10.47		
2	12.00	24.00	1.12	11.39		
3	12.00	36.00	1.22	12.40		
4	12.00	48.00	1.27	12.91		
Coefficiente de presión interna						
Dirección X & Y						
L=	120.00		Cp			
B=	120.00		Windward	0.80		
L/B=	1.00		Leeward	-0.50		
			Sides	-0.70		
Dirección X & Y						
N	q G Cp			p, psf		
	Winward	Leeward	Sides	Winward	Leeward	Sides
1	7.12	-4.45	-6.23	9.00	-6.33	-8.11
2	7.74	-4.84	-6.77	9.79	-6.89	-8.82
3	8.43	-5.27	-7.38	10.67	-7.50	-9.61
4	8.78	-5.49	-7.68	11.10	-7.81	-10.01

Fuente: Elaboración Propia.

N	qiGCpi (+)	qiGCpi (-)	p, psf			
			WINDWARD	LEEWARD	SIDES	
1	1.88	-1.88	9.00	-2.57	-4.35	
2	2.05	-2.05	9.79	-2.79	-4.73	
3	2.23	-2.23	10.67	-3.04	-5.15	
4	2.32	-2.32	11.10	-3.16	-5.36	
			p, psf			
			WINDWARD	LEEWARD	SIDES	
			5.24	-6.33	-8.11	
			5.69	-6.89	-8.82	
			6.20	-7.50	-9.61	
			6.46	-7.81	-10.01	
Borde		Windward y Leeward				
Nivel	Presión	Presión Diseño (psf)	H tributario (ft)	Ancho tributario (ft)	Fuerza (kips)	
1	15.34	16.00	6.00	8.00	0.77	
2	16.68	16.68	12.00	8.00	1.60	
3	18.17	18.17	12.00	8.00	1.74	
4	18.91	18.91	12.00	8.00	1.82	
Centro		Windward y Leeward				
Nivel	Presión	Presión Diseño (psf)	H tributario (ft)	Ancho tributario (ft)	Fuerza (kips)	
1	15.34	16.00	6.00	16.00	1.54	
2	16.68	16.68	12.00	16.00	3.20	
3	18.17	18.17	12.00	16.00	3.49	
4	18.91	18.91	12.00	16.00	3.63	
Borde		Sides				
Nivel	Presión	Presión Diseño (psf)	H tributario (ft)	Ancho tributario (ft)	Fuerza (kips)	
1	-8.11	16.00	6.00	10.00	0.96	
2	-8.82	16.00	12.00	10.00	1.92	
3	-9.61	16.00	12.00	10.00	1.92	
4	-10.01	16.00	12.00	10.00	1.92	
Centro		Sides				
Nivel	Presión	Presión Diseño (psf)	H tributario (ft)	Ancho tributario (ft)	Fuerza (kips)	
1	-8.11	16.00	6.00	27.50	2.64	
2	-8.82	16.00	12.00	27.50	5.28	
3	-9.61	16.00	12.00	27.50	5.28	
4	-10.01	16.00	12.00	27.50	5.28	

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 16. Diseño de columnas

1. Propiedades de los materiales

$f_c := 4000 \text{ psi}$	<i>Esfuerzo a compresión del concreto</i>
$f_y := 60 \text{ ksi}$	<i>Esfuerzo de fluencia para acero</i>
$E_s := 29000 \text{ ksi}$	<i>Módulo de elasticidad del acero</i>
$\epsilon_u := 0.003$	<i>Deformación unitaria del concreto</i>
$\beta_1 := 0.85$	

2. Dimensiones de la columna

$H_c := 36 \text{ in}$	<i>Lado 1</i>
$B_c := 36 \text{ in}$	<i>Lado 2</i>

3. Colocación del refuerzo

Lado izquierdo $A_{s_{izq}} \quad x_{izq}$ $(\text{in}^2) \quad (\text{in})$

1.56	14.61
1.56	14.61
1.56	14.61
1.56	14.61
1.56	14.61
1.56	7.30
1.56	7.30
1.56	0

$$X_{ci} := \frac{\sum_{n=0}^7 (A_{s_{izq}_n} \cdot x_{izq}_n)}{\sum_{n=0}^7 A_{s_{izq}_n}} = 10.956 \text{ in}$$

$$A_s := \sum_{n=0}^7 A_{s_{izq}_n} = 12.48 \text{ in}^2$$

$$C_a := 0.001 \text{ in}, 0.01 \text{ in} \dots 100 \text{ in}$$

Lado izquierdo $A'_{s_{der}} \quad x_{der}$ $(\text{in}^2) \quad (\text{in})$

1.56	14.61
1.56	14.61
1.56	14.61
1.56	14.61
1.56	14.61
1.56	7.30
1.56	7.30
1.56	0

$$X_{cd} := \frac{\sum_{n=0}^7 (A'_{s_{der}_n} \cdot x_{der}_n)}{\sum_{n=0}^7 A'_{s_{der}_n}} = 10.956 \text{ in}$$

$$A'_s := \sum_{n=0}^7 A'_{s_{der}_n} = 12.48 \text{ in}^2$$

$$d := \frac{Hc}{2} + Xci = 28.956 \text{ in}$$

$$d' := \frac{Hc}{2} - Xcd = 7.044 \text{ in}$$

$$fs(Ca) := \min\left(\max\left(\epsilon u \cdot Es \cdot \left(\frac{Ca - d'}{Ca}\right), -fy\right), fy\right)$$

$$fs(Ca) := \min\left(\max\left(\epsilon u \cdot Es \cdot \left(\frac{d - Ca}{Ca}\right), -fy\right), fy\right)$$

$$a(Ca) := \min(\beta 1 \cdot Ca, Hc)$$

4. Capacidad de la columna

Capacidad Axial

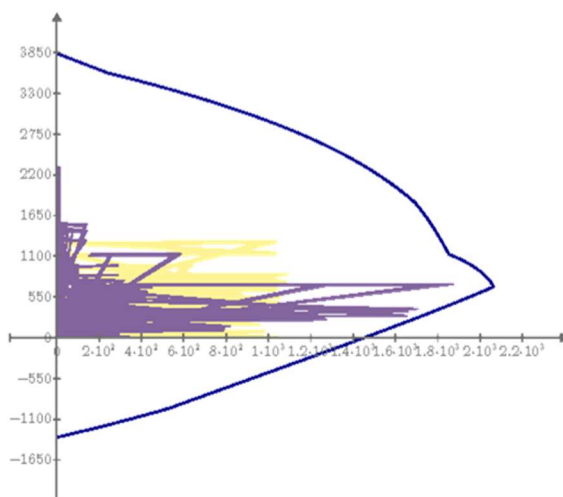
$$Pn(Ca) := 0.85 \cdot fc \cdot a(Ca) \cdot Bc + A's \cdot fs(Ca) - As \cdot fs(Ca)$$

Capacidad nominal a flexión

$$Mn(Ca) := 0.85 \cdot fc \cdot a(Ca) \cdot Bc \cdot \left(\frac{Hc}{2} - \frac{a(Ca)}{2}\right) + A's \cdot fs(Ca) \cdot Xcd + As \cdot fs(Ca) \cdot Xci$$

$$\epsilon s(Ca) := \epsilon u \cdot \frac{(d - Ca)}{Ca}$$

$$\phi(Ca) := \text{if}\left(\epsilon s(Ca) \leq 0.002, 0.65, \text{if}\left(\epsilon s(Ca) > 0.005, 0.90, 0.65 + (\epsilon s(Ca) - 0.002) \cdot \frac{250}{3}\right)\right)$$



5. Requisitos Sismo - Resistentes

Tamaño de columna

$$\text{if}(\min(Hc, Bc) \geq 12 \text{ in}, \text{"ok"}, \text{"Cambie"}) = \text{"ok"}$$

Relación Ancho Largo

7. Refuerzo Transversal

Distancia de confinamiento

$$Lo := \max\left(Hc, Bc, \frac{1}{6} \cdot (Lc - hw), 18 \text{ in}\right) = 36 \text{ in}$$

Separación máxima de los estribos

$$hx := 14 \text{ in}$$

$$So := \min\left(6 \text{ in}, \max\left(4 \text{ in} + \left(\frac{35 \text{ cm} - hx}{3}\right), 4 \text{ in}\right)\right) = 4 \text{ in}$$

$$Smax := \min\left(\frac{1}{4} \cdot \min(Bc, Hc), 6 \cdot 1.27 \text{ in}, So\right) = 4 \text{ in}$$

Confinamiento

$$rec := 1.5 \text{ in}$$

$$Ag := Bc \cdot Hc = 1296 \text{ in}^2$$

$$Ach := (Hc - 2 \cdot rec) \cdot (Bc - 2 \cdot rec) = 1089 \text{ in}^2$$

Recubrimiento

Area seccional de la columna

Area confinada

$$Asch_1 := 0.3 \cdot Bc \cdot \frac{fc}{fy} \cdot \left(\frac{Ag}{Ach} - 1\right) = 1.642 \frac{\text{in}^2}{\text{ft}}$$

$$Asch_2 := 0.09 \cdot Bc \cdot \frac{fc}{fy} = 2.592 \frac{\text{in}^2}{\text{ft}}$$

$$Ashs := \max(Asch_1, Asch_2) = 0.348 \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}}$$

Area de acero por confinamiento

$$Ashop3 := 4 \cdot 0.20 \text{ in}^2 = 0.8 \text{ in}^2$$

3 Estribos N4@4"

$$S3 := \min\left(Smax, \frac{Ashop3}{Ashs}\right) = 4 \text{ in}$$

Fuente: Elaboración Propia.