

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



**“Guía para la evaluación del impacto ambiental de
construcciones, Parte IV”**

Tomo II: “Evaluación de costos y análisis de impacto ambiental de los materiales de construcción: madera, bambú, block, ladrillo, concreto y euro panel, y análisis de instalaciones especiales verdes para la construcción de viviendas en Guatemala.”

Trabajo de investigación presentado por Kristel Yvette Mayén Herrera para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería Industrial; y por Carlos Eduardo Díaz Sierra, José Solís Sierra y Eddy Bernardo Solano Guerra, para optar al grado académico de Ingenieros en Ciencias de la Administración.

Guatemala

2013

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería

“Guía para la evaluación del impacto ambiental de
construcciones, Parte IV”

Tomo II: “Evaluación de costos y análisis de impacto ambiental de
los materiales de construcción: madera, bambú, block, ladrillo,
concreto y euro panel, y análisis de instalaciones especiales
verdes para la construcción de viviendas en Guatemala.”

Trabajo de investigación presentado por Kristel Yvette Mayén Herrera para optar al
grado académico de Licenciada en Ingeniería Industrial; y por Carlos Eduardo Díaz
Sierra, José Solís Sierra y Eddy Bernardo Solano Guerra, para optar al grado académico
de Ingenieros en Ciencias de la Administración.

Guatemala

2013

“Guía para la evaluación del impacto ambiental de
construcciones, Parte IV”

Tomo II: “Evaluación de costos y análisis de impacto ambiental de los materiales de construcción: madera, bambú, block, ladrillo, concreto y euro panel, y análisis de instalaciones especiales verdes para la construcción de viviendas en Guatemala.”

Vo. Bo. :

(f) 
Arq. Juan Pablo Blas

Tribunal Examinador:

(f) 
Ing. Estuardo Sierra Arias

(f) 
Ing. Roberto Godo

(f) 
Ing. Celso Cerezo

Fecha de aprobación: Guatemala, 26 de Noviembre del 2,013.

PREFACIO

Este trabajo de investigación lo emprendimos en enero de 2012, siendo tres estudiantes en Ingeniería en Ciencia de la Administración y una estudiante de Ingeniería Industrial, teniendo el afán de contribuir a la reducción del impacto ambiental generado por la construcción de viviendas en Guatemala. Para llevarlo a cabo consultamos libros, trabajos de graduación, sitios web certificados, consulta a profesionales expertos y asistimos a conferencias impartidas por el GGBC (*Guatemala Green Building Council*), para así establecer una base teórica sólida que fundamente los análisis realizados.

Nos vimos limitados a utilizar una tabla especializada para la industria de la construcción en Europa la cual mide el impacto de gases de efecto invernadero de las actividades de construcción en términos de equivalencia de dióxido de carbono (CO₂e). Lo hace mediante el cálculo del CO₂e encarnada de los materiales más el CO₂e asociadas a su transporte el cual puede ser marítimo, terrestre o por tren. Así también, considera viaje personal, el uso de energía del sitio y la gestión de residuos. Esta limitación se debe a que no se logró que se nos facilitara información sobre el impacto ambiental de cada material de construcción.

Queremos agradecer a todas las personas que hicieron posible la realización de este proyecto: a Papa Dios y nuestros padres, quienes nos han dado su apoyo incondicional, nuestras familias, amigos, arquitecto Juan Pablo Blas, ingeniero Roberto Godo, ingeniero Celso Cerezo, ingeniero Estuardo Sierra Arias, ingeniero Luis Velásquez, ingeniero Juan José Lira Prera, Ana Lucia Ruiz, Regina Sáenz, Sofía Alarcón, Douglas Oshesky, la Universidad del Valle de Guatemala y a nuestros profesores, quienes han inculcado el conocimiento, perseverancia y disciplina que a lo largo de mi carrera he adquirido.

ÍNDICE

PREFACIO.	VII
CONTENIDO DE TABLAS.	XIII
LISTA DE ILUSTRACIONES.	XVI
RESUMEN.	XVIII
1. INTRODUCCIÓN.	1
2. OBJETIVOS.	4
2.1. General.	4
2.2. Específicos.	4
3. MARCO TEÓRICO.	6
3.1. ¿Qué es la huella de carbono?	6
3.1.1. Gases de efecto invernadero.	6
3.1.2. Emisión de CO ₂ e por consumo de electricidad.	8
3.1.3. Emisiones de CO ₂ e en Guatemala.	10
3.1.4. Captura de CO ₂ e.	11
3.1.5. Emisión de huella de carbono en casas en Guatemala.	12
3.2. Concreto.	13
3.2.1. Antecedentes del concreto.	13
3.2.2. Concreto y cemento en Guatemala.	13
3.2.3. Materia prima y proceso de obtención.	15
3.2.4. Proceso de elaboración del material.	20

3.2.5.	Impacto ambiental del concreto.....	28
3.3.	Europanel.....	33
3.3.1.	Antecedentes del europanel.....	33
3.3.2.	Generalidades del europanel.....	34
3.3.3.	Composición del sistema constructivo.....	34
3.3.4.	Europanel en Guatemala.....	35
3.3.5.	Materia prima y proceso de obtención.....	38
3.3.6.	Proceso de elaboración del material.....	42
3.3.7.	Impacto ambiental del europanel.....	48
3.4.	Madera.....	54
3.4.1.	Pinus Maximinoi.....	55
3.4.2.	INAB. 55	
3.4.3.	Transporte.....	56
3.4.4.	Agentes biológicos.....	57
3.4.5.	Agentes físicos.....	58
3.4.6.	Transformación de la madera.....	58
3.5.	Bambú.....	61
3.5.1.	Particularidades de la especie.....	61
3.5.2.	Aportes ambientales.....	64
3.5.3.	Uso en la construcción.....	65
3.6.	Ladrillo.....	66
3.7.	Bloques.....	70
3.8.	Implementación de instalaciones especiales verdes en una casa.....	74
3.8.1.	Ahorro de energía.....	74
3.8.1.1.	Producción de energía en Guatemala.....	74
3.8.2.	Acceso a energía eléctrica en Guatemala.....	75
3.8.3.	Empresas eléctricas en Guatemala.....	77
3.8.4.	Energía renovable.....	78
3.8.5.	Tipos de energía solar.....	80
3.8.6.	Energía solar fotovoltaica.....	81
3.8.7.	Funcionamiento de celdas fotovoltaicas.....	82
3.8.8.	Instalación, forma y ensamble de paneles solares fotovoltaicos.....	83
3.8.9.	Análisis regional.....	83

3.8.10.	Tipos de iluminaciones.	85
3.8.11.	Uso de electrodomésticos.	93
3.8.12.	Certificación <i>Energy Star</i>	94
3.8.13.	Calentadores de agua.	94
3.8.14.	Plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas.	96
3.9.	Ahorro de agua.	98
3.9.1.	Disponibilidad del agua.	98
3.9.2.	Huella hídrica de Guatemala.	99
3.9.3.	Tarifas de agua empleadas en Guatemala.	99
3.9.4.	Contaminación de agua por uso doméstico.	100
3.9.5.	Aguas grises.	101
3.9.6.	Aguas negras.	102
3.9.7.	Requerimientos de agua potable para su uso en una casa.	102
3.9.8.	Tratamiento de aguas residuales.	103
3.9.9.	Indicadores de calidad.	104
3.9.10.	Planta de tratamiento de aguas residuales aeróbica.	104
4.	RESULTADOS.	109
4.1.	Impacto ambiental del uso de madera y bambú.	109
4.1.1.	Disminución de huella de carbono.	112
4.2.	Análisis financiero del uso de madera y bambú.	115
4.2.1.	Madera.	115
4.2.2.	Bambú.	119
4.3.	Ladrillo.	123
4.3.1.	Costos.	123
4.4.	Bloque.	127
4.4.1.	Costos.	127
4.5.	Huella de carbono: ladrillo y bloque.	131
4.5.1.	Huella de carbono ladrillo.	131
4.5.2.	Huella de carbono bloques de concreto.	132
4.6.	Comparación de resultados: ladrillo y bloque.	132
4.6.1.	Costos.	132
4.6.2.	Huella de carbono.	133

4.7.	Huella de carbon: concreto.....	134
4.7.1.	Generalidades.....	134
4.7.2.	Cálculo de toneladas de CO ₂ e por 1 m ³	135
4.8.	Europanel.....	136
4.8.1.	Generalidades.....	136
4.8.2.	Cálculo de toneladas de CO ₂ e por 1 panel estructural.....	138
4.8.3.	Casa modelo.....	139
4.8.4.	Europanel.....	142
4.8.5.	Costos.....	144
4.8.5.1.	Concreto.....	144
4.8.5.2.	Europanel.....	145
4.8.6.	Casa modelo.....	146
4.8.7.	Concreto vs. Europanel.....	153
4.9.	Implementación de instalaciones especiales verdes en casa de 100 m ²	156
4.9.1.	Salidas de luz de escenario propuesto.....	156
4.9.2.	Comparación en consumo de bombillas.....	157
4.9.3.	Comparación en consumo de calentadores de agua.....	157
4.9.4.	Comparación en consumo de plantas de tratamiento de aguas residuales.....	158
4.9.4.1.	Escenario A.....	158
4.9.4.2.	Escenario B.....	160
4.9.4.3.	Escenario C.....	162
4.9.5.	Comparación en consumos eléctricos escenarios A, B y C.....	163
4.9.6.	Adaptación de un panel solar fotovoltaico.....	164
4.9.7.	Análisis financiero.....	165
4.9.7.1.	Análisis de rentabilidad de calentadores de agua.....	165
4.9.7.2.	Análisis de rentabilidad de bombillas.....	166
4.9.7.3.	Análisis de rentabilidad de la implementación de paneles solares.....	168
4.9.8.	Análisis Financiero.....	169
4.9.8.1.	Planta de tratamiento de aguas residuales aeróbica.....	170
4.9.8.2.	Planta de tratamiento de aguas residuales anaeróbica.....	171
4.9.8.2.1.	Análisis de rentabilidad de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas aeróbica y anaeróbica.....	172
4.9.9.	Escenario: Casa de 100 m ²	173
4.9.9.1.	Escenario A.....	173

4.9.9.2. Escenario B	176
4.9.9.3. Escenario C	177
4.9.10. Compensación de huella de carbono emitida por medio de árboles.....	178
4.9.11. Costos totales.....	179
4.10. Emisión total de CO ₂ por material de construcción.....	181
4.10.1. Desglose de CO ₂ por material de construcción.....	181
4.11. Costos totales de materiales de construcción.....	181
5. DISCUSIÓN.....	182
6. CONCLUSIONES.....	185
7. RECOMENDACIONES.....	188
8. BIBLIOGRAFÍA.....	190
9. GLOSARIO.....	201
10. ANEXOS	204

TABLAS

Tabla No. 1: Países con mayores índices de emisión de huella de carbono a nivel mundial.....	10
Tabla No. 2: Composición del mineral de hierro.	35
Tabla No. 3: Características generales. Panel estructural en Guatemala.....	36
Tabla No. 4: Precios por tabla de la empresa A.....	61
Tabla No. 5: Número de clientes y demanda por empresa eléctrica.	77
Tabla No. 6: Tarifas de EEGSA a septiembre del 2013.....	78
Tabla No. 7: Latitud de principales ubicaciones en Guatemala.....	84
Tabla No. 8: Equivalencias de bombillas LED, CFL e incandescentes.	92
Tabla No. 9: Tarifas de consumo EMPAGUA.	100
Tabla No. 10: (Emisiones de CO ₂ para la madera).....	109
Tabla No. 11: (Emisiones de CO ₂ para el bambú).....	111
Tabla No. 12: (Disminución de CO ₂ de la madera).....	112
Tabla No. 13: (Disminución de CO ₂ del bambú).	113
Tabla No. 14: (Costos presentes de madera y unidades de cada material).	115
Tabla No. 15: (Costos totales de la madera).....	116
Tabla No. 16: (Clasificación de los trabajadores).....	116
Tabla No. 17: (Gastos presentes en la construcción con madera).	117
Tabla No. 18: (Costos presentes por el bambú).	119
Tabla No. 19: (Costos totales de bambú).....	120
Tabla No. 20: (Clasificación de los trabajadores).....	120
Tabla No. 21: (Gastos presentes en la construcción de bambú).	121
Tabla No. 22: (Precio de los materiales).	123
Tabla No. 23: (Materiales a utilizar).....	123
Tabla No. 24: (Costo total materiales).....	124
Tabla No. 25: (Costo mano de obra).....	124
Tabla No. 26: (Gastos % sobre costo total).....	125
Tabla No. 27: (Costo materiales + mano de obra).....	126
Tabla No. 28: (Gastos).....	126
Tabla No. 29: (Costos directos + gastos).....	126
Tabla No. 30: (Precio de los materiales).	127
Tabla No. 31: (Materiales a utilizar).....	127
Tabla No. 32: (Costo total materiales).....	128
Tabla No. 33: (Costo mano de obra).....	128
Tabla No. 34: (Gastos % sobre costo total).....	129
Tabla No. 35: (Costo materiales + mano de obra).....	130
Tabla No. 36: (Gastos).....	130
Tabla No. 37: (Costos directos + gastos).....	130
Tabla No. 38: (Huella de carbono).	131
Tabla No. 39: (Huella de carbono).	132
Tabla No. 40: (Comparación costos ladrillo vs. bloque).	132

Tabla No. 41: (Comparación costos materiales directos Ladrillo vs. Bloque).	133
Tabla No. 42: (Comparación Huella de carbono materiales).....	133
Tabla No. 43: Materiales y sus unidades de conversión.....	135
Tabla No. 44: Toneladas de CO ₂ e emitidas por 1 m ³ de concreto.....	136
Tabla No. 45: Dimensiones del panel estructural de Guatemala.	136
Tabla No. 46: Materiales y sus unidades de conversión.....	138
Tabla No. 47: Toneladas de CO ₂ e emitidas por 1 panel estructural.....	138
Tabla No. 48: Emisiones de CO ₂ e por materiales de construcción para casa modelo de concreto.....	140
Tabla No. 49: Emisión de CO ₂ e por transporte de trabajadores.	140
Tabla No. 50: Total de emisión de CO ₂ e por construcción con concreto.....	141
Tabla No. 51: Emisiones de CO ₂ e por materiales de construcción para casa modelo de europanel.....	142
Tabla No. 52: Emisión de CO ₂ e por transporte de trabajadores.	143
Tabla No. 53: Total de emisión de CO ₂ e por construcción con europanel.....	143
Tabla No. 54: Costo por metro cúbico y cuadrado de concreto.....	144
Tabla No. 55: Costo por metro cuadrado de europanel.....	145
Tabla No. 56: Cantidad de materiales de construcción y sus costos.....	146
Tabla No. 57: Costos totales de una construcción de concreto y su clasificación de costos.	147
Tabla No. 58: Costo y clasificación de trabajadores.	148
Tabla No. 59: Gastos administrativos en la construcción.....	149
Tabla No. 60: Sumatoria de costos y gastos.	149
Tabla No. 61: Cantidad de materiales de construcción y sus costos.....	150
Tabla No. 62: Costos totales de una construcción de europanel y su clasificación de costos.	151
Tabla No. 63: Costo y clasificación de trabajadores.	152
Tabla No. 64: Gastos administrativos en la construcción.....	153
Tabla No. 65: Sumatoria de costos y gastos.	153
Tabla No. 66: Comparación entre los sistemas constructivos: concreto fundido y europanel.....	154
Tabla No. 67: Comparación entre los sistemas constructivos: concreto fundido y europanel; continuación.....	154
Tabla No. 68: Salidas de iluminación de casa 100 m ²	156
Tabla No. 69: Variación de costos en consumo de lámparas LED, CFL e incandescentes.	157
Tabla No. 70: Variación de costos en consumo de calentadores de agua solar vs. calentador de agua eléctrico	157
Tabla No. 71: Comparación en consumos eléctricos de plantas de tratamiento aeróbica versus anaeróbica.	158
Tabla No. 72: Escenario A.	159
Tabla No. 73: Detalle de costos escenario A.....	160
Tabla No. 74: Escenario B.	161
Tabla No. 75: Detalle de costos escenario B.....	161

Tabla No. 76: Escenario C.	162
Tabla No. 77: Detalle de costos escenario C.....	163
Tabla No.78: Resumen de consumos escenarios A, B y C.	163
Tabla No. 79: Características de paneles solares cotizados.	164
Tabla No. 80: Ahorro económico por paneles solares.....	164
Tabla No. 81: TMAR utilizada.....	165
Tabla No. 82: VPN y TIR de inversión en calentador de agua solar versus calentador de agua eléctrico.	165
Tabla No. 83: Características de bombillas LED, CFL e incandescentes.	166
Tabla No. 84: VPN de inversión bombillas LED, CFL e incandescentes.	167
Tabla No. 85: VPN paneles solares.	168
Tabla No. 86: TIR paneles solares.	168
Tabla No. 87: Comparación costos de consumo de agua con planta de tratamiento versus sin planta de tratamiento de aguas residuales.	169
Tabla No. 88: Ahorro en costos por consumo de aguas tratadas.	169
Tabla No. 89: VPN de inversión en planta de tratamiento de aguas residuales doméstica aeróbica.....	170
Tabla No. 90: VPN de planta de tratamiento de aguas residuales anaeróbica.	171
Tabla No. 91: Comparación VPN planta de tratamiento aeróbica versus planta de tratamiento anaeróbica.	172
Tabla No. 92: Huella de carbono de escenario A.....	174
Tabla No. 93: Huella de carbono escenario A con paneles solares.	175
Tabla No. 94: Huella de carbono escenario B.....	176
Tabla No. 95: Huella de carbono escenario C.....	177
Tabla No. 96: Compensación de huella de carbono por medio de árboles.	178
Tabla No.97: Costo total de inversión inicial escenario con tecnologías especiales verdes	179
Tabla No.98: Costo total de inversión inicial escenario con tecnologías tradicionales..	180
Tabla No. 99: Emisión total de CO ₂ por material en kilogramos	181
Tabla No. 100: Análisis porcentual de CO ₂	181
Tabla No. 101: Costos totales por material, de menor a mayor	181

ILUSTRACIONES

Ilustración No. 1: Emisiones de GEI en Guatemala 2005-2010.	7
Ilustración No. 2: Gases de efecto invernadero en la atmósfera.	8
Ilustración No. 3: CO ₂ e emitido por la generación de energía eléctrica.....	9
Ilustración No. 4: Emisiones de CO ₂ e <i>per cápita</i> en Guatemala 1960-2009	11
Ilustración No. 5: Producción de cemento en Guatemala 1910-1990.	14
Ilustración No. 6: Roca homogénea. Caliza	16
Ilustración No. 7: Esquistos.....	17
Ilustración No. 8: (Monarch Controls, 2013)	17
Ilustración No. 9: Proceso de explotación y trituración de piedra caliza.	18
Ilustración No. 10: Proceso de elaboración del piedrín.....	19
Ilustración No. 11: Apilamiento de arena de río.....	20
Ilustración No. 12: Trituración primaria y secundaria de materias primas.....	21
Ilustración No. 13: Galera de pre homogenización.	21
Ilustración No. 14: Diagrama de proceso de molienda de polvo crudo.	22
Ilustración No. 15: Calcinación.	23
Ilustración No. 16: Transformación de clinker en cemento.	24
Ilustración No. 17: Envase y embarque del cemento.....	24
Ilustración No. 18: Diagrama del proceso de producción del cemento.	25
Ilustración No. 19: Dosificadora de agregados.....	26
Ilustración No. 20: Proceso de elaboración del concreto.....	27
Ilustración No. 21: Rendimientos aproximados de mezcladoras convencionales.	27
Ilustración No. 22: Destrucción y abandono de cantera.	28
Ilustración No. 23: Explosión en cantera.	29
Ilustración No. 24: Polvo en cantera.....	31
Ilustración No. 25: Panel estructural en Guatemala.....	36
Ilustración No. 26: Ejemplo de aplicaciones del panel estructural en Guatemala.....	37
Ilustración No. 27: Proceso de extracción de mineral de hierro.	38
Ilustración No. 28: Molienda y concentración del mineral de hierro.....	39
Ilustración No. 29: Diagrama de flujo de manejo de coque.	40
Ilustración No. 30: Brea en los árboles.	41
Ilustración No. 31: Ubicación del gas natural en la superficie terrestre.	41
Ilustración No. 32: Proceso de piro metalurgia.	43
Ilustración No. 33: Partes, medidas y temperaturas aproximadas de un alto horno.	44
Ilustración No. 34: Diagrama de flujo del poliestireno expandible.	45
Ilustración No. 35: Polimerización del estireno.....	46
Ilustración No. 36: Etapa estabilización: secado y acabado.	47
Ilustración No. 37: Tipos de paneles estructurales.....	48
Ilustración No. 38: Playa de arena negra en Guatemala	49
Ilustración No. 39: Plataformas marítimas de extracción de petróleo.	50
Ilustración No. 40: Consumo de petróleo para la producción de poliestireno expandido.	52

Ilustración No. 41: Mapa de la República de Guatemala	54
Ilustración No. 42: Ordenamiento de los troncos de madera.....	57
Ilustración No. 43: Clasificación de troncos de empresa A.	59
Ilustración No. 44: Corte de troncos de empresa A.	60
Ilustración No. 45: Distribución de la Guada angustofolia Kunth en C.A y Sudamérica...	62
Ilustración No. 46: Guada angustofolia Kunth.....	63
Ilustración No. 47: Guadua lista para ser utilizada en construcción.	66
Ilustración No. 48: Bloques de ladrillo.....	66
Ilustración No. 49: Tipos de ladrillos.....	68
Ilustración No. 50: Bloques de concreto.....	71
Ilustración No. 51: Los distintos tipos de bloques de cemento.....	73
Ilustración No. 52: Principales fuentes de producción eléctrica en Guatemala	75
Ilustración No. 53: Índice de cobertura eléctrica en Guatemala al 2011	76
Ilustración No. 54: Cobertura de las empresas de distribución de energía eléctrica en Guatemala.....	77
Ilustración No. 55: Mapa de horas pico en Guatemala.	80
Ilustración No. 56: Tecnologías de iluminación utilizadas.....	85
Ilustración No. 57: Partes que conforman un LED.....	86
Ilustración No. 58: Partes que conforman una lámpara ahorradora fluorescente.	89
Ilustración No. 59: Partes que conforman una bombilla incandescente	91
Ilustración No. 60: Tenencia de electrodomésticos en Guatemala.....	93
Ilustración No. 61: Calentador de agua solar de placa plana de 150 galones.....	95
Ilustración No. 62: Calentador de agua eléctrico,	96
Ilustración No. 63: Planta de tratamiento de aguas residuales anaeróbica.....	97
Ilustración No. 64: Diagrama de planta de tratamiento de aguas residuales aeróbica. ..	98
Ilustración No. 65: Requerimientos de agua potable en una casa.	103
Ilustración No. 66: Etapa 1 de tratamiento de aerobia de aguas residuales.	105
Ilustración No. 67: Etapa 1 de tratamiento de aerobia de aguas residuales.	106
Ilustración No. 68: Etapa 3 de tratamiento de aerobia de aguas residuales.	107
Ilustración No. 69: Etapa 4 de tratamiento de aerobia de aguas residuales.	107
Ilustración No. 70: (Disminución de CO ₂ de la madera).	112
Ilustración No.71: (Disminución de CO ₂ del bambú).	114
Ilustración No. 72: (Análisis de sensibilidad para la madera).	118
Ilustración No. 73: (Análisis de sensibilidad para el bambú).	122
Ilustración No.74: Gráfica de costos acumulados de las diferentes bombillas.	167

RESUMEN

Según datos del Banco Mundial, Guatemala cuenta con una tasa de crecimiento demográfico del 2.5% anual. En virtud del constante crecimiento demográfico, se ha aumentado la necesidad de construcción de viviendas, y la proliferación de construcción de casas no sostenibles es un factor que contribuye al aumento del calentamiento global. En este trabajo de investigación se establecieron dos ejes importantes: calcular la emisión de CO₂e de los materiales de construcción y la estimación los costos de la construcción de una vivienda de 45.3 metros cuadrado con estos mismos. Adicionalmente, se plantean alternativas para la reducción de la emisión de la huella de carbono que emite una casa, con sistemas de agua y energía tradicionales versus una casa auto sostenible que utiliza sistemas de ahorro de agua y energía, amigable con el medio ambiente.

Los datos principales muestran que, bajo las condiciones establecidas por el diseño y especificaciones, se obtuvo que la huella de carbono de la construcción realizada con madera fue de 8.76 toneladas de CO₂e, con bambú fue de 11.17 toneladas de CO₂e, con concreto fue de 12.03 toneladas de CO₂e, con europanel fue de 11.49 toneladas de CO₂e, con ladrillo fue de 12.18 toneladas de CO₂e y con block fue de 13.2 toneladas de CO₂e.

Los costos totales de las casas, que incluyen cimentación, estructuras principales del primer y segundo nivel, techo, pisos y muros, otros, fueron de Q 30,683.97 para la madera, de Q 53,048.13 para el bambú, de Q 52,931.78 para el concreto, de Q 58,398.89, de Q37,901.04 para el ladrillo y de Q 43,636.27 para el bloque.

Así también, se establece que las energías renovables constituyen un apoyo a la reducción del calentamiento global debido a las bajas emisiones indirectas de CO₂e que éstas generan. La implementación de paneles solares que cubran la demanda energética de una casa es una inversión rentable que tiene un tiempo de retorno de inversión de 5-6 años y su implementación contribuye a la reducción de CO₂e indirecta emitida.

El tratamiento de aguas residuales en una casa es una alternativa que beneficia al medio ambiente debido a la reducción del gas de efecto invernadero CH_4 (metano), el cual se emite por medio de las aguas residuales desechadas. La instalación de una planta de tratamiento aeróbica no es una alternativa económicamente rentable debido a su alto costo de inversión y los bajos niveles de ahorros que llegaría a generar, sin embargo, la instalación de una planta de tratamiento anaeróbica resulta ser una opción más rentable. La implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales si afecta en beneficio al medio ambiente, debido al ahorro de agua que genera.

Recomendamos que, además de cuantificar la huella de carbono de los materiales, es importante tomar en cuenta la parte cualitativa del impacto ambiental que tienen los materiales (polvo, ruido, deforestación, etc.). En el caso de la madera, se recomienda realizar el análisis de otra especie de árbol, que tenga una captación de CO_2 mayor a la del *Pinus Maximinoi*, para verificar la utilización de la especie más adecuada. Además se recomienda poder obtener información, acerca del consumo eléctrico, gasto de combustible, entre otros, por parte de las productoras y distribuidoras para tener una medición de la huella de carbono más exacta, y poder certificarse por la ISO 14067.

1. INTRODUCCIÓN

Con este trabajo de investigación se analizaron seis materiales de construcción, el concreto, el europanel, el bambú, la madera, el ladrillo y el block, con el afán de determinar el material con menor huella de carbono y costo, principalmente. Como antecedentes, se consideraron los procesos de extracción de materia prima y elaboración del material para tener una comprensión detallada de los mismos. Adicionalmente, se proponen soluciones viables y aplicables a las viviendas de la ciudad de Guatemala para reducir su huella de carbono en la construcción y se presenta un análisis financiero de dichas soluciones. Como objetivo fundamental de este trabajo de investigación, se comparó los costos y mediciones de huella de carbono de los distintos materiales de construcción determinando cuál o cuáles pueden ser utilizados para la construcción de casas verdes en Guatemala.

Actualmente, la industria de la construcción es una parte fundamental del crecimiento económico de Guatemala, ya que a través de la construcción, se brinda a los guatemaltecos la infraestructura necesaria que permita las actividades económicas y sociales dentro del país. Sin embargo, los avances en el desarrollo de nuevos métodos de construcción o tecnologías que mejoren la extracción de materias primas, procesos de elaboración de materiales de construcción y el manejo de las emisiones de CO₂, son aún muy limitados.

Es por esto que el desarrollo y/o adopción de métodos de construcción eco-amigables es fundamental para el futuro de la construcción y de los recursos naturales, ya que estos últimos, son limitados y se debe procurar su sostenibilidad a largo plazo. Esta nueva tendencia ambiental se enfoca en fuentes de energía renovables y cuidado de recursos, tales como: placas fotovoltaicas, calentadores solares, ahorradores de agua, entre otros.

Parte fundamental del desarrollo de esta investigación es cuantificar el impacto ambiental que tienen los seis materiales constructivos a través del cálculo de la huella de carbono. El cálculo de la huella de carbono de los materiales dará un punto de referencia para empezar a trabajar en la reducción de la misma. Para esto, se debe controlar la alta emisión de gases a causa de la combustión, alto uso energético, generación de polvo y ruidos, y el manejo adecuado de los residuos a través de su reutilización o reciclaje si es posible.

Para las soluciones viables y adaptables a las viviendas de la ciudad de Guatemala que se han propuesto, se delimitó un escenario estándar de una casa de 100 m² ubicado en la ciudad de Guatemala, definiendo como tema principal el estudio de la implementación de diversas instalaciones especiales verdes, convirtiendo una casa tradicional en una casa auto sostenible.

Una casa auto sostenible es diseñada bajo principios que avalan una vivienda confortable, económica, de bajo mantenimiento y con bajo impacto ambiental, basándose en prácticas y sistemas que sean ambientalmente responsables, apegándose a una economía azul y economía verde, que consiste en el uso de energías renovables y en el uso eficiente del agua, respectivamente. Es importante señalar que una casa que cuenta con una fuente de energía renovable no emite huella de carbono de forma directa y la implementación de una planta de tratamiento de aguas contribuye a la reducción de gases de efecto invernadero emitidos por aguas residuales. Se evaluaron diferentes instalaciones especiales verdes para el escenario delimitado y se realizaron evaluaciones costo-beneficio en comparación con las instalaciones tradicionales de una casa.

Para la elaboración del trabajo de investigación se realizó una investigación documental, se consultaron sitios web certificados, consultas a profesionales expertos, y la asistencia a conferencias impartidas por el GGBC, para así establecer la base teórica para fundamentar los análisis financieros y los análisis de impactos ambientales realizados y aplicados al escenario que delimita este trabajo de investigación.

2. OBJETIVOS

2.1. General.

Analizar los materiales de construcción: madera, bambú, block, ladrillo, concreto y euro panel desde el punto de vista financiero y ambiental del uso de los mismos en la construcción de viviendas en Guatemala, y realizar una propuesta de sistemas de implementación de instalaciones especiales que reduzcan el impacto ambiental con base en sus costos y en la huella de carbono.

2.2. Específicos.

- Determinar cuáles son las maderas y bambúes de construcción más económicos, con menor huella de carbono y cuáles de ellos califican según las normas de Casas Verdes en Guatemala.
- Identificar cuáles son los procesos desde la obtención de la madera y bambú, hasta la construcción, que más aportan a la emisión de CO₂ en Guatemala.
- Analizar la facilidad de obtención de madera y bambú en Guatemala.
- Realizar un análisis comparativo de las propiedades de la madera y el bambú, y los tipos de vivienda que pueden ser construidos con cada uno.
- Obtener información sobre los el proceso de fabricación y de construcción del ladrillo y bloque.
- Calcular la huella de carbono del bloque y ladrillo.
- Determinar y comparar los costos de construcción del bloque y ladrillo.
- Definir qué material de construcción es más viable desde el punto de vista de costo y huella de carbono para ser utilizado en la construcción.
- Recopilar información fundamental sobre los procesos de elaboración y los métodos de construcción del concreto y euro panel en Guatemala.
- Calcular la huella de carbono del concreto y euro panel con la mayor exactitud posible.

- Realizar una tabla comparativa del concreto y euro panel que incluya huella de carbono y costos.
- Definir qué material de construcción es más viable, desde el punto de vista de costo y huella de carbono, para ser utilizado en la construcción.
- Analizar la rentabilidad de la instalación de paneles solares en una casa, de acuerdo a la inversión inicial que estos representan, sus ahorros generados, y huella de carbono emitida.
- Realizar un análisis de comparación entre calentadores de agua solares y calentadores de agua eléctricos para establecer la mejor opción en base a su bajo impacto ambiental por medio de la emisión de CO₂e, y a su rentabilidad.
- Evaluar las bombillas LED, CFL e incandescentes y realizar una comparación entre las tres opciones, con base en sus precios, horas de vida, luminiscencia, consumos eléctricos e impactos ambientales.
- Realizar un análisis comparativo entre las plantas de tratamiento de aguas residuales aeróbicas y anaeróbicas domésticas, en base a sus inversiones iniciales y ahorros de agua generados, estableciendo los beneficios medioambientales y la rentabilidad de cada una de las plantas propuestas.
- Proyectar la equivalencia del consumo de kWh. de la casa delimitada, a la cantidad de árboles necesarios para la compensación del CO₂e emitido, para visualizar el impacto de huella de carbono que cada uno de los diferentes escenarios representa.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. ¿Qué es la huella de carbono?

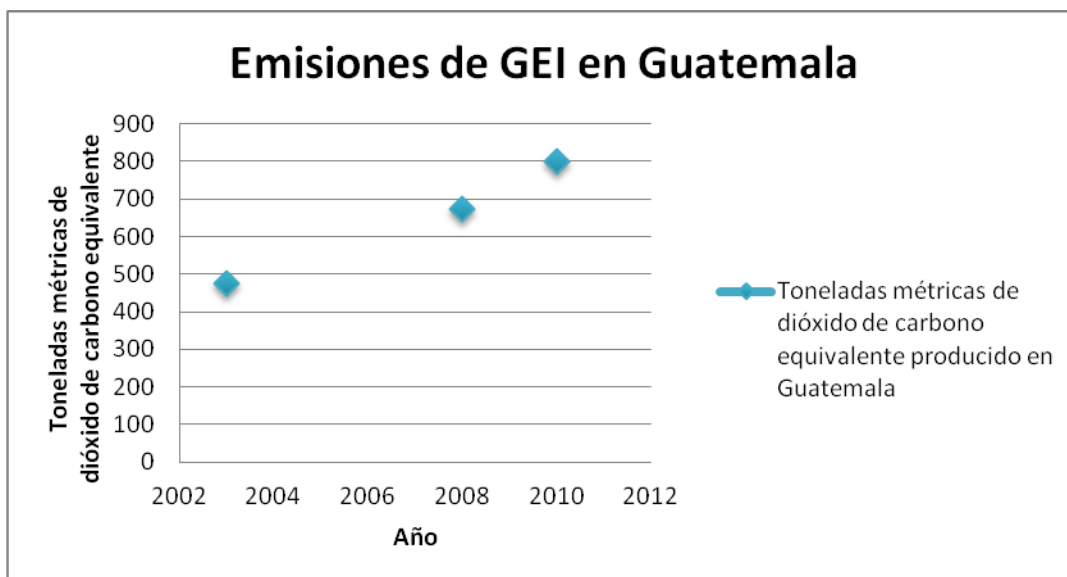
La huella de carbono es la medida de la totalidad de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos de forma directa o indirecta por una persona, organización, evento, comunidad, país o fabricación de un producto. Sin embargo, el cálculo de la huella de carbono total sería imposible debido a la gran cantidad de datos requerida y el hecho de que el dióxido de carbono es producido también por fenómenos naturales, por lo que una definición más acertada de la huella de carbono es la cantidad total de dióxido de carbono (CO_2) y metano (CH_4) calculados como dióxido de carbono equivalente (CO_2e).

El análisis de la huella de carbono de un producto, abarca todas las actividades de su ciclo de vida, desde la adquisición de las materias primas hasta su gestión como residuo. Esto permite a la huella de carbono ser un factor de transparencia en la fabricación de productos, permitiendo a los consumidores decidir qué alimentos comprar de acuerdo a la contaminación generada como resultado de los procesos que ha sido sometido. La huella de carbono identifica a las principales fuentes de emisiones de Gases de efecto invernadero de un producto. Lo cual permite definir objetivos enfocados a la reducción de gases contaminantes en el medio ambiente, creación de políticas de reducción de emisiones más efectivas, todo esto como consecuencia de un mejor conocimiento de los puntos críticos para la reducción de estas emisiones.

3.1.1. Gases de efecto invernadero. Los gases de efecto invernadero (GEI) son los componentes gaseosos que absorben la radiación infrarroja emitida por la superficie de la tierra, la emisión de estos contribuyen al efecto invernadero. El aumento de su concentración en la atmósfera es el factor responsable del calentamiento global que se sufre actualmente. Los principales GEI son: Dióxido de Carbono (CO_2), Óxido Nitroso (N_2O), Metano (CH_4), Hexafluoruro de Azufre (SF_6), Hidrofluorocarbonos (HFC) y Perfluorocarbonos (PFC).

Guatemala ha tenido un aumento significativo en sus emisiones de gases de efecto invernadero, éstas han aumentado aproximadamente al doble en los años 2005-2010. Los datos de la imagen siguiente se presentan en toneladas métricas de CO₂e.

Ilustración No. 1: Emisiones de GEI en Guatemala 2005-2010.

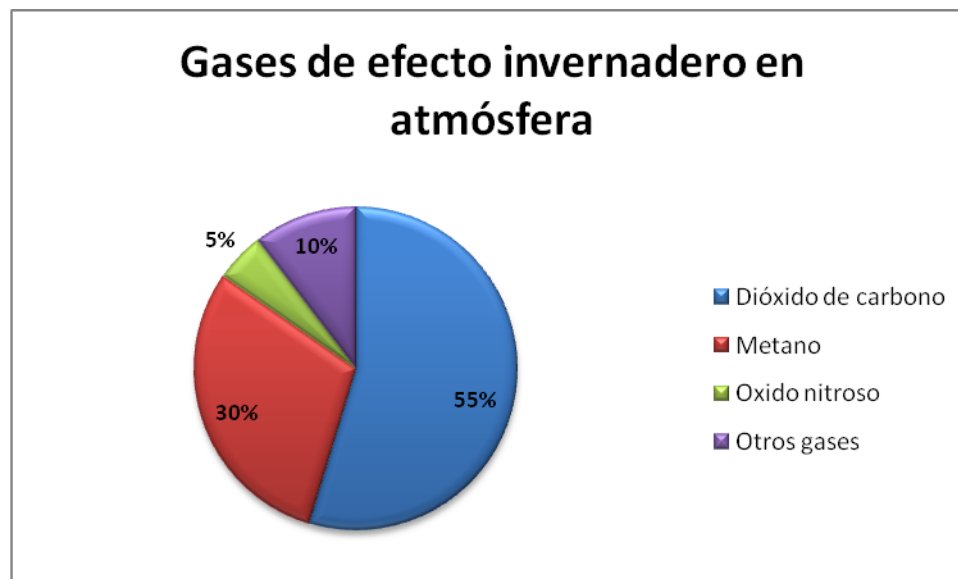


Fuente: Banco Mundial (2012) "Emisiones de gases de efecto invernadero en Guatemala".

Al firmar el protocolo de Kyoto muchos países tuvieron que tomar medidas para minimizar y mitigar las emisiones de GEI, para poder cumplir con el protocolo. Esto afecta tanto a los gobiernos como a los empresarios de los países, afectando de manera más notoria a los países industrializados. Muchos consumidores han empezado a notar este cambio y se han vuelto más exigentes en cuanto a la compra de ciertos productos o artículos.

3.1.1.1. Principales gases de efecto invernadero. Los principales gases de efecto invernadero presentes en la atmósfera son el dióxido de carbono, metano y óxido nitroso. De igual manera, existen otros gases de efecto invernadero también presentes en la atmósfera, pero en menor cantidad, como lo son el vapor de agua, Hexafluoruro de Azufre, Hidrofluorocarbonos y Perfluorocarbonos.

Ilustración No. 2: Gases de efecto invernadero en la atmósfera.



Fuente: EPA- United States Environmental Protection Agency (2013).

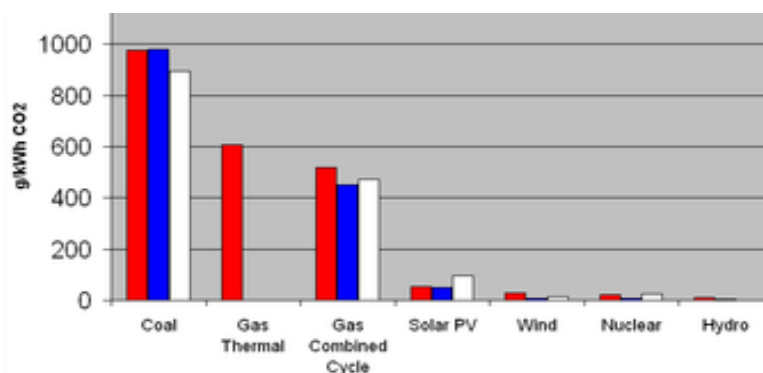
3.1.2. Emisión de CO₂e por consumo de electricidad. El uso de la electricidad por una persona no provoca emisión directa de gases de efecto invernadero en el punto de uso. Sin embargo, el uso de combustibles para producir electricidad, así como la construcción y el mantenimiento de la transmisión de la electricidad emiten diferentes emisiones de gases de efecto invernadero. Es decir existe una relación indirecta entre el consumo de electricidad y las emisiones de CO₂e.

Los medios de generación de energía renovables tales como la energía hidráulica, eólica y solar no producen emisiones directas de CO₂e, sin embargo, si cuentan con emisiones indirectas ligadas a la obtención de materiales, construcciones, instalaciones, transporte, producción de partes. Pero su emisión indirecta es baja en comparación a otros tipos de energía no renovable como lo es la energía a carbón la cual emite aproximadamente 900g CO₂e por kWh de forma directa. El contenido de CO₂e de la electricidad se puede definir de diferentes maneras, la producción, el consumo, por productor o por país. El contenido de CO₂e por kWh producido por la industria eléctrica

se define como las emisiones de CO₂e por kWh de electricidad producida a la salida de la producción de energía.

En el siguiente gráfico se puede apreciar que las energías renovables y la energía solar son responsables por poca emisión de CO₂e en comparación con la generación de energía producida por carbón, gas térmico y turbinas de gas de ciclo combinado.

Ilustración No. 3: CO₂e emitido por la generación de energía eléctrica.



Fuente: Japan's central research institute of the electric power industry (1999).

En Guatemala, las hidroeléctricas producen un aproximado de 37.3% de la energía consumida a nivel nacional, cubriendo cerca de 4,094.42 GWh. La energía hidroeléctrica genera un aproximado de 15g/kWh CO₂e de forma indirecta. La energía solar cerca de 40g/kWh CO₂e y la energía eólica 21g/kWh CO₂e, estas cubren un 29.6% de la energía consumida a nivel nacional.

Guatemala no cuenta con un factor establecido de conversión de kWh a toneladas métricas de CO₂e, sin embargo, se hace uso de la conversión 1kWh=0.0006521 toneladas métricas de CO₂e, dato que fue establecido por el IPCC en 1996.

Los países que emiten más cantidades de CO₂e relacionados con la generación de energía a nivel mundial son los países con más actividad industrial, esta es la emisión acumulada desde la revolución industrial:

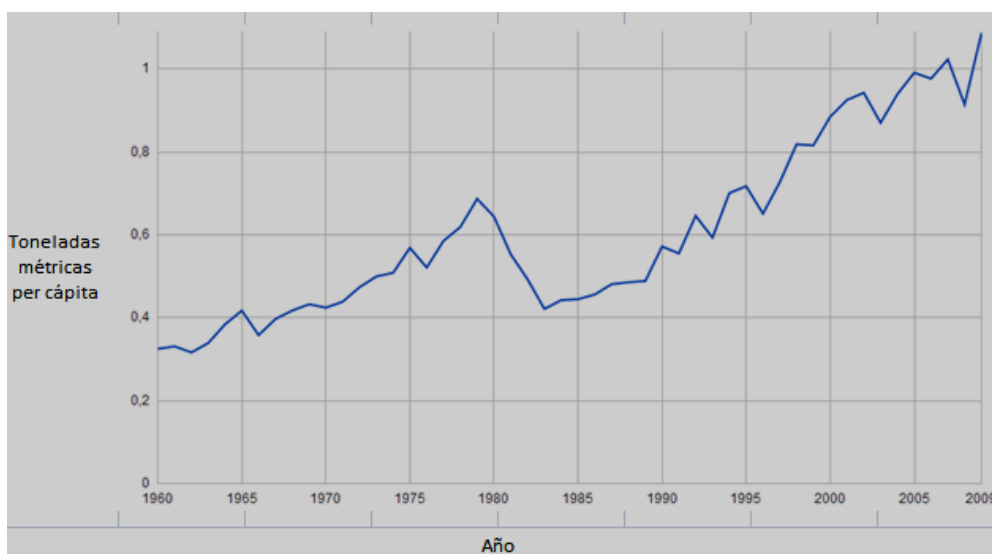
Tabla No. 1: Países con mayores índices de emisión de huella de carbono a nivel mundial

País	% a nivel mundial	Toneladas métricas de CO ₂ per cápita
Estados Unidos	28.5	1,132.70
China	9.36	85.4
Federación Rusa	7.95	677.2
Alemania	6.78	998.9
Reino Unido	5.73	1,127.80
Japón	3.88	367
Francia	2.73	514.9
India	2.52	26.7
Canadá	2.17	789.2
Ucrania	2.13	556.4

Fuente: World's Resources Institute (2011).

3.1.3. Emisiones de CO₂e en Guatemala. Las emisiones de gases de efecto invernadero globales han aumentado 3% de forma anual durante la última década, lo cual ha provocado que la temperatura de la tierra se elevara 0.4 grados centígrados; los ocho países más desarrollados a nivel global: Estados Unidos, China, Rusia, India, Japón, Alemania, el Reino Unido y Canadá son responsables del 64% de este aumento. Guatemala se sitúa en el puesto 89 de los 112 países evaluados. El planeta ha perdido aproximadamente 13 millones de hectáreas de áreas selváticas entre los años 1990 y 2000; la deforestación constituye la tercera causa indirecta de emisiones de CO₂, después de la generación de energía y las actividades industriales. Guatemala pierde anualmente 73,148 hectáreas de bosque, pero no hay cuantificaciones sobre la pérdida de fauna por esa causa. (PNUMA, 2012)

De los años 2003-2007, Guatemala emitía 0.9 toneladas métricas de CO₂e *per cápita* de forma anual. Del año 2008 al 2012, la emisión ha aumentado a 1.1 toneladas métricas de CO₂e *per cápita*.

Ilustración No. 4: Emisiones de CO₂e *per cápita* en Guatemala 1960-2009

Fuente: The World Bank (2012).

3.1.4. Captura de CO₂e. Un árbol de tamaño mediano plantado en un área urbana puede llegar a capturar hasta 23.2 libras de carbono en un ciclo de vida de 10 años. Se estable que un árbol captura 23.2 libras de dióxido de carbono en su vida.

- 1 árbol urbano captura 23.2 libras de carbono en 10 años.
- Peso molecular del CO₂ : 44
- Peso molecular del C: 12
- 1 tonelada métrica=2,204.6 lbs.

$$\frac{23.2 \text{ lbs. C}}{1 \text{ árbol}} * \frac{44 \text{ unidades CO}_2}{12 \text{ unidades C}} * \frac{1 \text{ tonelada métrica}}{2,204.6 \text{ lbs}} = 0.039 \text{ toneladas métricas de CO}_2 \text{ capturadas por árbol/año}$$

Fuente: *Environmental Protection Agency* (2013).

(28)

Lo que significa que cada árbol urbano puede llegar a compensar 0.039 toneladas métricas de CO₂e de forma anual.

3.1.5. Emisión de huella de carbono en casas en Guatemala. Guatemala posee una oportunidad de mercado en el sector de las construcciones verdes, debido a que aún no ha sido explotada da lugar a preguntas importantes. Dos de las razones por las cuales no se ha explotado a su máximo son el costo y las normas relacionadas a certificaciones verdes, tales como ISO 14067, refiriéndose a la huella de carbono de productos y PAS 2050, medición de huella de carbono.

Para que sea una técnica de construcción atractiva para el sector de la inmobiliaria es necesario que los costos de la construcción sean competitivos, tanto para los clientes, como para las constructoras. Generalmente las casas verdes tienen un costo elevado debido a las normas que debe de cumplir para tener dicha certificación. Es por esto que este tipo de casas está dirigido a un segmento mercado con poder de adquisición alto.

Este tipo de mercado generalmente le interesa que sus casas cumplan con las debidas certificaciones para que la inversión valga la pena.

Es por esto que esta investigación es de suma importancia para el futuro del mercado de casas verdes. Si se logra determinar con exactitud la huella de carbono y los costos asociados, se logrará entrar al mercado con precios competitivos y con las certificaciones correspondientes.

En la sección ambiental de este proyecto de investigación se determina el costo aproximado para construcción de casas en base a diferentes materiales de construcción, y el costo de la implementación de instalaciones especiales verdes en una casa, al igual que la huella de carbono de estos materiales y de las instalaciones verdes propuestas, identificando las principales fuentes de emisión de CO₂ que puedan ser disminuidas para cumplir con los estándares y normas de Casas Verdes.

3.2. Concreto.

3.2.1. Antecedentes del concreto.

3.2.1.1. Origen del concreto. Los hallazgos más antiguos sobre el uso de mezclas cementantes datan de los años 7000 y 6000 a.C. en las regiones de Israel y la antigua Yugoslavia, donde se encontraron los primeros pisos de concreto a partir de calizas calcinadas. Luego, cerca de los años 2500 a.C., se utilizaron mezclas de calizas y yeso para pegar los grandes bloques de piedra que fueron utilizados para la construcción de las pirámides de Giza en Egipto. En el año 1950 a.C. se construyó el mural de Tebas en Egipto empleando mezclas similares para rellenar muros de piedra. (Osorio, 2010)

Los antiguos griegos, cerca del año 500 a.C. adoptaron el arte de hacer concreto y luego la civilización romana copio técnicas para construir sus obras de concreto, entre ellas el Foro Romano. Fue en el siglo 11 a.C. que se dio origen al cemento puzolánico, mezclando caliza calcina con finas arenas de origen volcánico. Con esta mezcla se construyó el Teatro de Pompeya en el año 75 a.C. (Osorio, 2010)

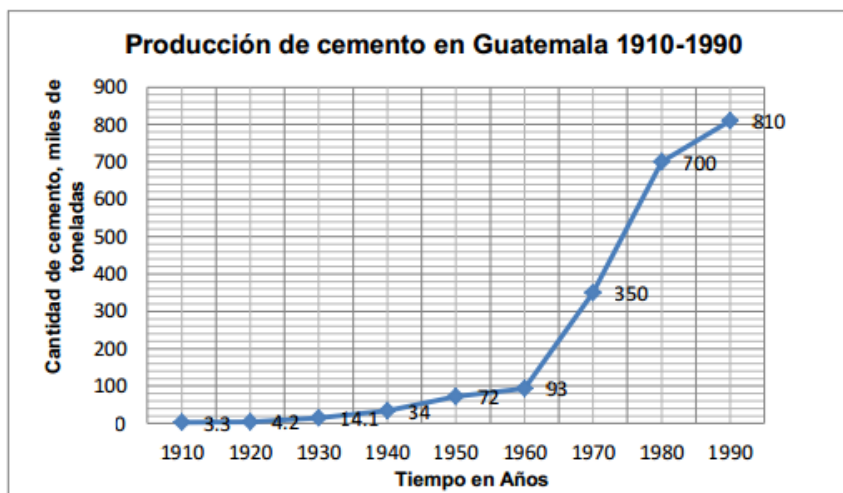
Fue hasta el 21 de octubre de 1824 que el ingeniero Joseph Apsdin patentó el primero cemento portland, el cual surgió por la necesidad de un material que fuera resistente al viento, al fuego y al oleaje. (Osorio, 2010)

3.2.2. Concreto y cemento en Guatemala. En octubre de 1899, Carlos F. Novella fundó una de las primeras fábricas de cemento en Latinoamérica. En esas fechas, el cemento no era el material que se utilizaba para la construcción en Guatemala. Se inició con la fabricación de cemento tipo portland y desde entonces se comercializa en Guatemala cal, agregados del cemento, concreto premezclado, morteros y mezclas secas. En el año 1901 empieza produciendo 100 sacos de cemento diarios para luego llegar a 1600 sacos diarios en el año 1928. (Progreso, 2013)

A partir de 1917, en Guatemala fue necesario utilizar concreto simple debido a los desastres naturales ocurridos en esa época, para construir estructuras más resistentes. En 1954 se apertura la primera empresa de producción de concreto premezclado, estableciéndose la industria del concreto y surgiendo la fabricación de elementos prefabricados como los blocks. (Velásquez, 2011)

A causa del terremoto ocurrido en 1976, la industria del cemento y concreto tuvo que mejorar, producir y utilizar diferentes tipos de cemento portland, ampliando la producción de concreto premezclado y la mayor utilización de los prefabricados. Posteriormente, la industria se rigió en normas internacionales para tener una producción y utilización correcta. En el 2006 se fundó el Instituto del Cemento y del Concreto en Guatemala (ICCG), el cual ha implementado y complementado con la aprobación de las normas nacionales COGUANOR y crear un capítulo *ACI* Guatemalteco. (Velásquez, 2011)

Ilustración No. 5: Producción de cemento en Guatemala 1910-1990.



Fuente: Tafunell (2003), Cementos Progreso (2000).

3.2.3. Materia prima y proceso de obtención. El concreto, o también llamado hormigón, es utilizado para construcción, y es un material compuesto de cemento (en la mayoría de las ocasiones), grava, arena y agua. Esta mezcla de materias primas se debe realizar con una proporción adecuada de agua para dar lugar a una reacción de hidratación y con los diámetros adecuados de las partículas de agregados (grava, gravilla y arena) para obtener la resistencia esperada. Al dejar fuera de la mezcla la grava, se obtendrá lo que se denomina mortero, el cual actúa como aglomerante.

La principal materia prima del concreto es el cemento, el cual técnicamente se le conoce como cemento hidráulico ya que comprende a los aglomerantes que fraguan y endurecen una vez se mezclan con agua. La definición que aparece en la Norma Mexicana NMX-C-414-ONNCCE define al cemento hidráulico como un material inorgánico finamente pulverizado, que al agregarle agua, arena, grava u otros materiales, tiene la propiedad de fraguar debido a reacciones químicas durante la hidratación que desarrollan su resistencia y conserva su estabilidad. Su proceso de elaboración comienza por extraer su materia prima que consiste en piedras calizas y esquistos. (Cruz Azul, 2005)

Las piedras calizas son rocas sedimentarias que están mayoritariamente compuestas por el mineral calcita el cual es equivalente a carbonato de calcio (CaCO_3). También es utilizada para la fabricación de cal, del mortero, del hierro y del acero, de productos de limpieza y del vidrio. (King, 2008)

Ilustración No. 6: Roca homogénea. Caliza



(Anónimo, Fecha desconocida)

Los esquistos son rocas que se caracterizan por tener minerales laminares que permiten la fragmentación en capas delgadas. Los esquistos metamórficos son rocas metamórficas que son de grado medio y notables por tener minerales laminares como la mica, la clorita, el talco, grafito y otros. En teoría, los esquistos contienen más de 50% de minerales planos y alargados, finamente intercalado con cuarzo y feldespato. (Griem, 2006)

En la mayoría de los casos, el esquisto procede de arcillas y lodo que a lo largo del tiempo sufren procesos metamórficos. Los esquistos frecuentemente son de mica, granito y clorita. La aplicación más común de los esquistos metamórficos es en la construcción ya que son fuertes y duraderos.

Es importante mencionar que muchos de los problemas de cimientos se deben al desmoronamiento del esquisto usado en su construcción, permitiendo el filtrado de agua y ablandando el esquisto aún más. Los cimientos de algunos edificios construidos en New York, entre los años 1920 y 1930, sufren de este problema. (Griem, 2006)

Ilustración No. 7: Esquistos.



(Anónimo, Fecha desconocida)

Para la extracción de las piedras calizas y esquistos, se realiza un estudio geoestadístico que brinda un panorama de cuánto material se puede utilizar de las canteras sin afectar directamente al medio ambiente. Se utiliza martillos y cortadores hidráulicos para quebrantar la roca. En caso la dureza de la roca fuera mayor de lo común, es necesario utilizar explosivos controlados para quebrantar la roca y no afectar el medio donde se encuentra. En este caso, el patrón de los hoyos explosivos, la cantidad de carga explosiva a usar y el tiempo de explosión deben de ser regulados para asegurar la mayor eficiencia del explosivo, producción de bloques del tamaño adecuado y la creación de una cara nueva y estable en la cantera. (Machinery, 2004).

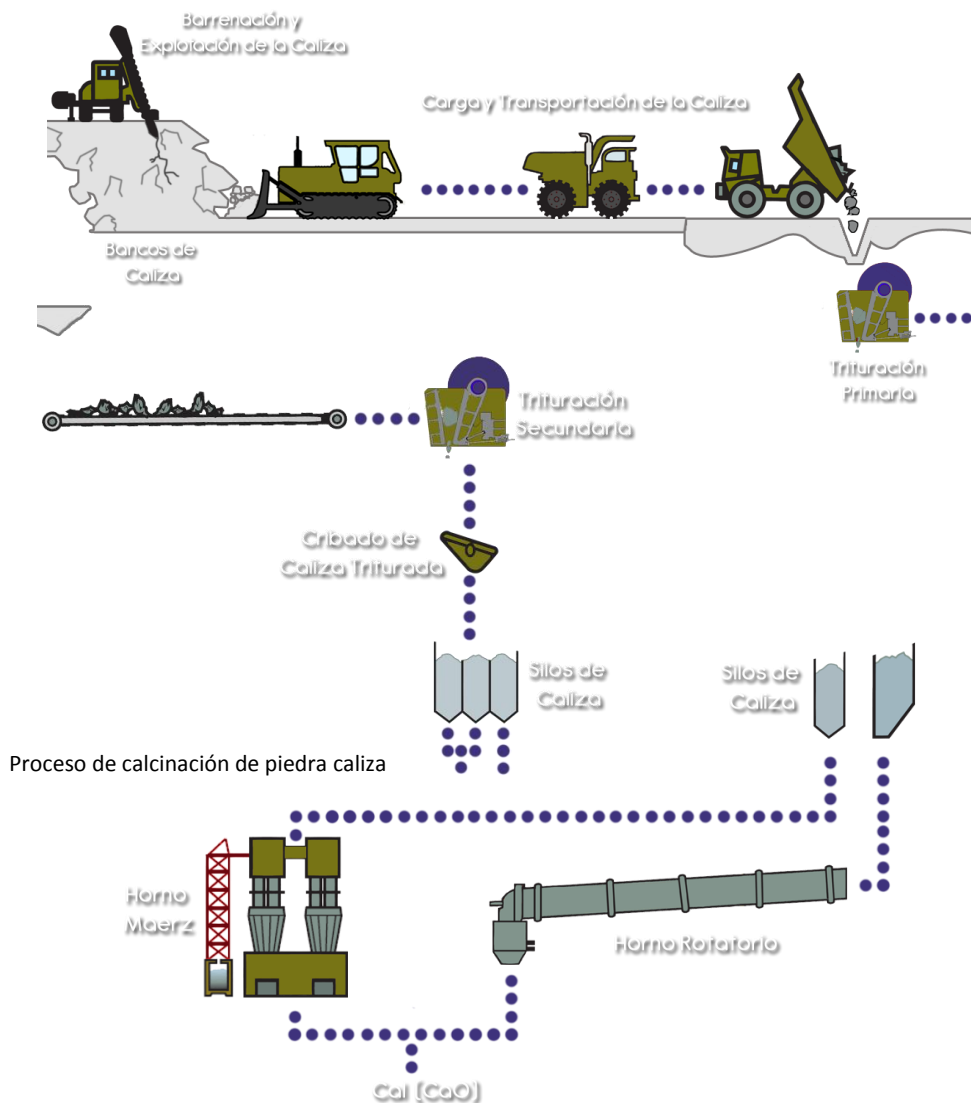
Ilustración No. 8:



(Monarch Controls, 2013)

Posteriormente, para extraer las rocas, se carga un camión de volteo de 12 metros cúbicos para transportar la materia prima hacia la fábrica donde se realizará su proceso de elaboración. Para finalizar, se mide la humedad, granulometría y la composición química del material y se determina si cumple con los requisitos de calidad para la elaboración del cemento.

Ilustración No. 9: Proceso de explotación y trituración de piedra caliza.

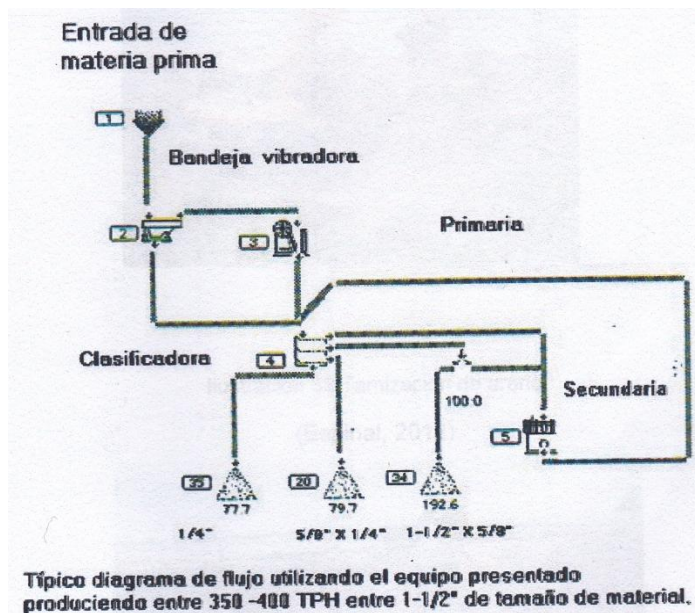


(Anfacal, 2007)

Por otro lado, el proceso de extracción del pedrín o grava, se lleva a cabo en canteras o minas a explosiones de cielo abierto, cuyos pasos constan de identificar el área de explotación, transporte del material, molienda o trituración, lavado especial y la aplicación de producto terminado. Para esto, se utiliza un tractor compuesto por una cuchilla y desgarrador que fragmentan la piedra en pedazos más pequeños.

Posteriormente, una máquina llamada cucharón recoge el material para ser llevado a la trituradora para fragmentar la roca en pedazos más pequeños aún. Luego, se transporta a la trituradora de cono secundario la cual mantiene un cierto nivel de temperatura en todas las partes del cono. Finalmente, se utiliza una banda transportadora para dirigir el pedrín a una unidad vibratoria horizontal la cual tamiza las piedras hasta $\frac{1}{4}$ de pulgada. El tamizado va a depender del uso que se le quiera dar al material.

Ilustración No. 10: Proceso de elaboración del pedrín.



(Liming, 2001)

Por último, el proceso de extracción de la arena es bastante simple y consta únicamente de utilizar una retroexcavadora para recoger y apilar el material que se encuentra normalmente en las orillas de los ríos. Luego, se tamiza la arena de acuerdo a la necesidad y se transporta a sus lugares de producción.

Ilustración No. 11: Apilamiento de arena de río.



(Trateco, 2010)

3.2.4. Proceso de elaboración del material. Para iniciar con el proceso de elaboración del concreto, se procede a la mezcla entre esquistos y piedras calizas en un molino de mezcla y se realiza el tamizaje primario y secundario en los materiales. Durante la mezcla de los materiales, es necesario realizar ajustes de proporción entre ellos para llegar a la proporción necesaria para preparar un cemento de buena calidad.

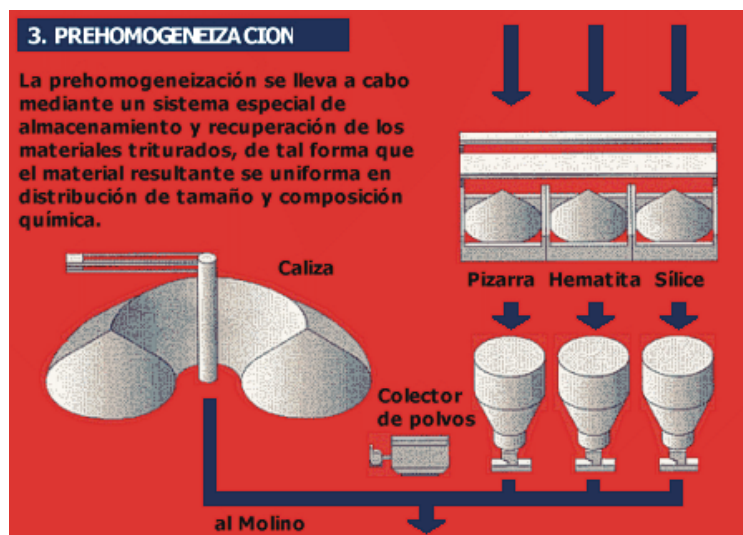
Ilustración No. 12: Trituración primaria y secundaria de materias primas.



(Cruz Azul, 2005)

Luego, se lleva la mezcla a una galera de pre homogenización donde se apila por capas. Esta etapa tiene como objetivo lograr una mayor uniformidad de la harina cruda.

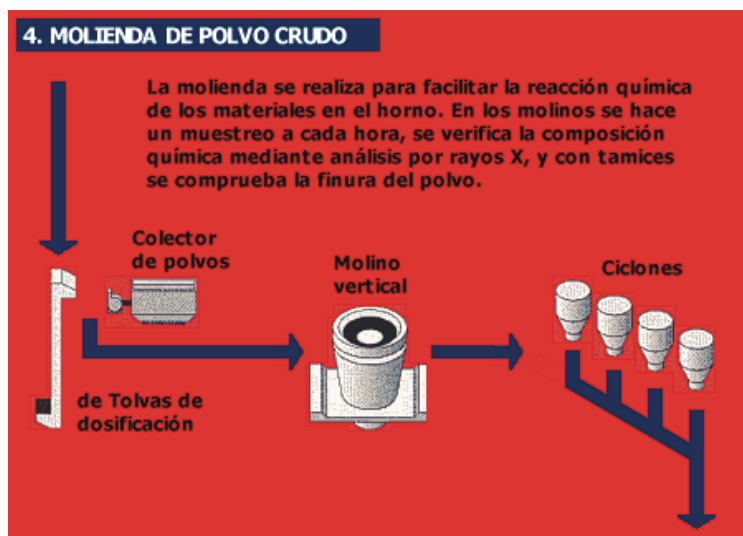
Ilustración No. 13: Galera de pre homogenización.



(Cruz Azul, 2005)

Posteriormente, utilizando molinos de bolas y molinos verticales de rodillos, se realiza la molienda de la harina cruda para reducir aún más el tamaño de las rocas y, así también, secar los materiales antes de ingresar a los hornos. Para lograr una granulometría fina, la harina cruda se mezcla y pulveriza, obteniendo un polvo fino que luego se dosifica en cantidades reguladas para ingresarla en el molino y trasladar el polvo a un separador con la finura requerida. En caso el polvo no cumple con la finura, se regresa al molino hasta que logre la finura.

Ilustración No. 14: Diagrama de proceso de molienda de polvo crudo.



(Cruz Azul, 2005)

A continuación, el material es llevado al horno para el proceso de clinkerización que consta de secar y quemar a una temperatura de 1450 grados centígrados en la cual reaccionan todos los componentes del material. Es importante evitar la cal libre mediante la correcta dosificación de las materias primas y una clinkerización a la temperatura antes mencionada para evitar expansiones y grietas en el concreto. Luego la harina se ingresa a la base del calcinador para que se realice el 90 por ciento de la des carbonización a una temperatura de 900 grados centígrados. Al terminar estos pasos, se obtiene el clinker el cual es granulado de forma redonda y de color grisáceo y se deja en parillas para el enfriado. (Cruz Azul, 2005)

La palabra clinker procede del inglés y significa “escoria” y se define como el producto artificial que se obtiene por la sinterización de los crudos correspondientes con el fin de lograr la composición química y la constitución mineralógica requerida. Los crudos correspondientes provienen a partir de materias primas que contienen cal (CaO), sílice (SiO₂), alúmina (Al₂O₃), óxido férrico (Fe₂O₃) y pequeñas cantidades de compuestos minoritarios, los cuales se clinkerizan. (Cruz Azul, 2005)

Ilustración No. 15: Calcínación.



(Cruz Azul, 2005)

El paso siguiente es la molienda del cemento. Para esto, el clínker se traslada a un hangar para que sea dosificado junto al yeso, puzolana y filler caliza en las proporciones respectivas dependiendo del tipo de cemento que se desea producir. Luego, el cemento se muele a una finura determinada con el uso separadores de alta eficiencia los cuales son controlados a todo momento con el fin de lograr las resistencias establecidas.

Ilustración No. 16: Transformación de clinker en cemento.



(Cruz Azul, 2005)

Al terminar la molienda, el cemento se almacena en silos donde es despachado en pipas a granel o envasado en sacos para su distribución. Es importante mencionar que en Guatemala el transporte es usualmente por carretera, por medio de camiones y tráileres. El cemento a granel se distribuye en tráileres equipados de contenedores especiales que se presurizan para descargar el cemento en el punto de entrega.

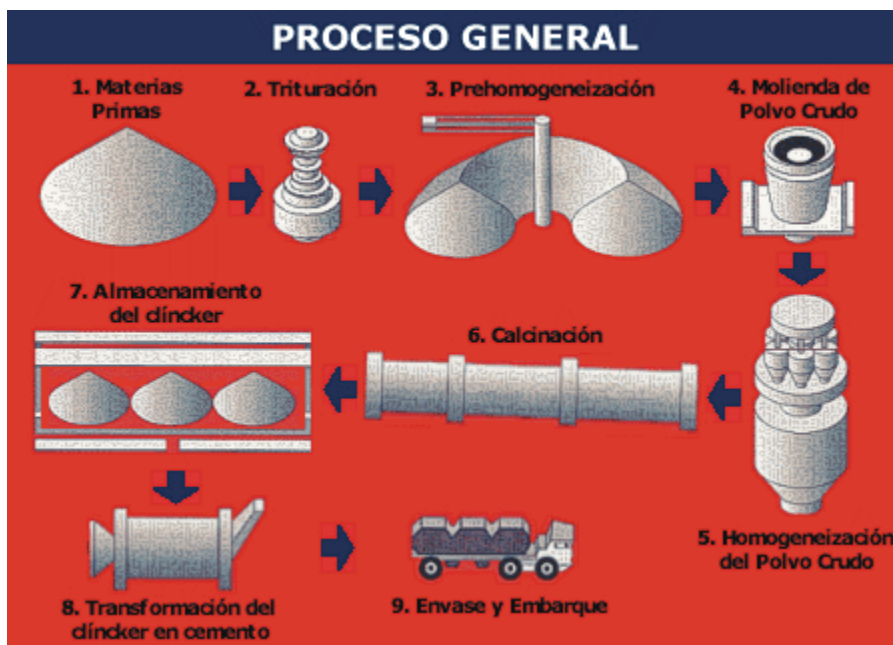
Ilustración No. 17: Envase y embarque del cemento.



(Cruz Azul, 2005)

En la siguiente ilustración se puede observar un resumen del proceso de producción del cemento.

Ilustración No. 18: Diagrama del proceso de producción del cemento.



(Cruz Azul, 2005)

Una vez terminado el proceso de elaboración del cemento, se procede a elaborar el concreto, cuyo proceso es bastante simple. Toda la materia prima para elaborar el concreto es almacenada en bodegas a excepción del cemento que puede llegar a granel o, cuando el volumen es menor, envasados en sacos para transportarse a silos en plantas dosificadoras.

Las tolvas y dosificadores de agregados tienen la tarea de agregar las materias primas dependiendo la necesidad del producto solicitado. El diseño de mezclas tiene como objetivo satisfacer las necesidades de la obra respecto a las propiedades de consistencia en estado fresco, resistencia una vez en servicio y durabilidad en relación con las características de exposición y condiciones de servicio. Esta maquinaria se encarga de pesar la materia prima para que luego sea transportada a un trascabo que

tiene como objetivo producir el concreto para ser transportado a las tolvas de dosificación. (Alaobragente, 2012)

Ilustración No. 19: Dosificadora de agregados.



(Alaobragente, 2012)

En esta etapa, se mezcla el concreto dejándose caer por los silos y al mismo tiempo se suministra la proporción justa de agua para su mezcla. Las dosificaciones suelen ser expresadas en peso pero es común y práctico convertirlas en dosificaciones en volumen.

Una vez listo el concreto, se descarga en camiones agitadores, los cuales darán una mezcla final al material, manteniendo su fluidez hasta por una hora para que no se endurezca y pueda ser utilizado en su destino.

Ilustración No. 20: Proceso de elaboración del concreto.



(Alaobragente, 2012)

Usualmente en las obras pequeñas se utilizan mezcladoras convencionales que tienen capacidad de 3 ½, 6, 11 y 16 pies cúbicos y aún mayores.

Ilustración No. 21: Rendimientos aproximados de mezcladoras convencionales.

Los rendimientos aproximados de las mezcladoras convencionales son:

Capacidad (pies cúbicos)	Volumen por tanda (m ³)	Rendimiento por jornada de 8 horas (m ³)
6	0.15	25
11	0.30	40
16	0.45	60

(Alaobragente, 2012)

El tiempo mínimo de mezcla depende del tamaño y eficiencia de las mezcladoras. En el caso de mezcladoras de 6 a 16 pies cúbicos, el tiempo mínimo es de 1 minuto y medio cuando todos los materiales se encuentren en la mezcladora. No se recomienda un batido excesivo ya que se puede modificar la consistencia de la mezcla por evaporación de agua o descenso en los agregados. (Alaobragente, 2012)

3.2.5. Impacto ambiental del concreto.

3.2.5.1. Extracción de materia prima. Para la elaboración de concreto básicamente se necesita de cemento, el cual es la materia prima con mayor influencia en el impacto ambiental, y grava. La extracción de esquistos, piedra caliza y grava se realiza en minas donde se debe talar árboles y quitar cualquier capa vegetal, proceso en el cual se destruya la ecología del ambiente y se crea contaminación de partículas de polvo, aumentando la probabilidad de contagio de enfermedades en las poblaciones cercanas y destrucción parcial o total de las cuencas luego del abandono de la mina. (EcologíaVerde, 2009)

Ilustración No. 22: Destrucción y abandono de cantera.



(Vazquez, 2012)

El uso en exceso del suelo a causa de la extracción del material a utilizar provocará erosión en el suelo y la contaminación por polvo en los ríos cercanos generará pérdida de fauna a corto y mediano plazo. También es importante tomar en cuenta la contaminación auditiva causada por la extracción de las materias primas en la mina. En el caso del manejo de maquinaria y el corte de bosques, existe una contaminación auditiva en las poblaciones cercanas a la mina. (Estrucplan, 2012)

Al momento de extraer y triturar las materias primas del cemento, principalmente piedra caliza, yeso y anhidrita, no se generan gases de efecto invernadero. Sin embargo, se producen molestias de ruido en cortos plazos de tiempo debido a las explosiones. (Estrucplan, 2012)

Ilustración No. 23: Explosión en cantera.



(Ojominero, 2011)

Actualmente en Guatemala, se implementó un nuevo transporte de la materia prima el cual consta de canteras que viajan a través de un sistema parecido a un teleférico permitiendo reducir y/o eliminar que se levante partículas de polvo durante el proceso de traslado desde la cantera a la fábrica donde su manipulación será a puerta cerrada evitando posibles conexiones con el ambiente exterior. Para el transporte de cemento, se realizaron carreteras aledañas para evitar que los camiones circulen por vías con tráfico particular y provoquen daños a los terrenos y/o contaminación auditiva. (Velásquez, 2013)

Así también, la empresa líder en la producción de cemento en Guatemala se esfuerza año con año en controlar el impacto ambiental de la extracción de materias

primas. Desde la evaluación del terreno, esta empresa se rige por medio del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y realiza un análisis de las variables ambientales de las emisiones dañinas causadas por la extracción del material. Luego se llevan a cabo medidas de prevención para analizar si es factible explotar la cantera rigiéndose por normas internacionales ante la falta de normas en Guatemala de cumplimiento legal ambiental. (Cementos Progreso, 2013)

3.2.5.2. Proceso de producción del material. En el proceso de producción, el impacto negativo en el ambiente es mayor ya que se considera la emisión de partículas de polvo durante el almacenaje, molienda y enfriamiento del horno ya que se crea la escoria de polvo de horno. Así también, los gases de combustión de los hornos contienen monóxido y dióxido de carbono, aldehídos, cetonas y óxidos de sulfuro y nitrógeno. (Cementosargos, 2011)

Los contaminantes hídricos se encuentran en los derrames del material de alimentación del horno (potasio y sulfato principalmente con alto pH) y en el agua de enfriamiento del proceso (calor residual). Una fuente principal de contaminantes para las aguas superficiales y freáticas es el escurrimiento y el líquido lixiviado de las áreas de almacenamiento de los materiales y de eliminación de los desechos los desechos. (Cementosargos, 2011)

El polvo, especialmente la sílice libre, es un riesgo importante para la salud de los empleados de la planta y, así también, el tráfico y ruido de los camiones durante el transporte pueden provocar molestias en la comunidad. Durante el proceso de producción continuo se genera una excesiva contaminación de sonido de 100 decibeles o más.

Ilustración No. 24: Polvo en cantera.



(Ojominero, 2011)

En el caso de la generación de combustión, se utiliza 85 % de aceite y 15 % de otros combustibles, provocando alta contaminación en el aire ya que se emite dióxido de carbono, óxido nitroso, nitrógeno y gran concentración de metales. (Estrucplan, 2012)

El proceso de producción del cemento es un proceso en el cual no se utiliza agua pero para el enfriamiento de las maquinas si es necesario utilizar agua. Todos los equipos están colocados formando un circuito cerrado, reutilizando el agua por medio de un sistema de retorno. Los tanques de retorno almacenan el agua ya utilizada y la envían a las torres de enfriamiento donde se destina a los equipos que la necesitan. (Estrucplan, 2012)

Para fabricar cemento se necesita unos 0.6 m^3 de agua por tonelada de cemento, principalmente para la refrigeración de las máquinas. Con el tiempo, esta agua se contamina por aceite de los equipos, principalmente por los intercambiadores de calor, y el agua empieza a perder sus características naturales. (Estrucplan, 2012)

Por el otro lado, en la producción de cemento se ha implementado ISO14001:2004 con el objetivo de garantizar un buen desempeño ambiental y comprometido con la mejora continua en esta área. Así también, se ha reducido el uso de recursos renovables sustituyéndolos con recursos alternativos, implementando procesos y sistemas que permitan utilizar materiales que se consideran desechos en actividades industriales y así, reduciendo el impacto negativo del mal manejo de estos desechos. (Cementos Progreso, 2013)

3.2.5.3. Desperdicios del material. Para la extracción de materias primas del cemento, existen estudios geo estadísticos que permiten la máxima utilización de los materiales presentes en la cantera. En el caso particular de la productora más grande de cemento en Guatemala, producen cal y cemento, usando calizas en ambas producciones y esquistos (fuente de sílice, aluminio y hierro) en el caso del cemento. Aún los finos generados en los procesos de separación por tamaño, si no se usan en la Calera, se incorporan a la producción de cal; los finos de la cal, se incorporan a la producción del cemento. (Velásquez, 2013)

En el proceso de elaboración del cemento no existen desperdicios ya que se utiliza todo el material extraído e introducido en los procesos. Únicamente se produce CO₂ por la des carbonatación de la caliza y el generado por la combustión de combustible. (Velásquez, 2013)

En el caso de la producción del concreto, algunos finos o residuos del concreto no colocado o el derivado de los lavados, se recicla. Se tiene pre establecido que el desperdicio para el concreto debe de ser menor al 1% de la producción total del concreto. (Velásquez, 2013)

Actualmente, se está desarrollando un proyecto, en la productora de cemento antes mencionada, para producir concreto a partir de concreto reciclado de estructuras de concreto de carreteras o edificios. Se plantea triturar ese concreto y utilizarlo como agregado grueso y arena para la producción de concreto fresco, creando un proceso de reciclaje. (Velásquez, 2013)

Así también, es importante mencionar que la productora de cemento utiliza desperdicios de otras industrias. Actualmente utilizan "*fly ash*" que son cenizas finas que se recuperan de las carboneras cuando generan electricidad con el carbón. Estos finos son adicionados al cemento y evitan que esos pasivos ambientales se usen eficiente y eficazmente en el concreto. De la industria siderúrgica, se ha utilizado escoria, para producir cemento con características especiales que mejoran la durabilidad del concreto. A estos cementos se les llama cementos modificados o especiales. (Velásquez, 2013)

3.3. Europanel.

3.3.1. Antecedentes del europanel.

3.3.1.1. Historia del europanel. Después del terremoto sufrido en la ciudad de San Francisco, California, en los años 70, se descubrió que el material compuesto por mallas estereométricas y micro-columnas era más resistente a sismos comparado con elementos compuestos de concreto como muros y paredes. Esto se debe a que el europanel es un material flexible y que es fácil de combinar con elementos de acero. A partir de allí, se empezó a utilizar el material en viviendas de poca altura. (Borman, 2012)

3.3.2. Generalidades del europanel. La tecnología detrás del europanel está basada del ferrocemento, el cual es un material compuesto hecho de mortero de cemento y capas de malla de alambre que están conectadas para hacer una estructura rígida. Este material muestra un comportamiento diferente del concreto reforzado común, en cuanto a su resistencia y aplicaciones potenciales, por lo que se clasifica como un material distinto. (Archila, 2004)

El europanel es un sistema constructivo que está compuesto de un bloque de poliestireno expandido, el cual se une con una malla de acero de alta resistencia. Al construir con este material, se debe rellenar con una capa de concreto premezclado o repellar con la tradicional mezcla cemento y arena, que se le llama mortero, luego de su colocación. La dosificación de cemento y arena depende de la resistencia que sea requerida. (Borman, 2012)

Actualmente, existen diferentes tipos de europanel y la diferencia está en la estructura de la malla electrosoldada, en el calibre del alambre, en la separación entre el acero y en el espesor del bloque de poliestireno expandido. Sin embargo, es importante mencionar que estas diferencias no producen variación en la resistencia del material. (Archila, 2004)

3.3.3. Composición del sistema constructivo. Cada unidad de europanel está compuesta por:

- Un núcleo central de poliestireno expandido que no es tóxico, auto extingible, inerte y de densidad uniforme.
- Una malla de acero electro-soldada que van en ambas caras del poliestireno expandido, unidas por conectores a 90 grados de acero galvanizado. En la siguiente tabla se observa la composición que tiene el mineral de hierro, componente principal del acero.

Tabla No. 2: Composición del mineral de hierro.

Sustancia	Porcentaje en masa
Hierro	67%
Oxígeno (En el hierro)	67%
Fósforo	0.05%
Azufre	0.02%
Óxido de calcio	1.8%
Óxido de magnesio	0.75%
Óxido de aluminio	1.03%
Óxido de silicio	1.3%
Impurezas	1.1%

(Latapi, 1978)

Concreto o mortero de 0.025 metros de grosor en promedio en cada una de las caras del europanel y las aristas de los mismos. (Borman, 2012)

3.3.4. Europanel en Guatemala. En Guatemala se fabrica un panel estructural con un núcleo de monoport (poliestireno expandido) y una electromalla de hierro grado 70 de 2.70 mm. de diámetro en ambas caras. Al ser recubierto de un mortero de cemento-arena, este material se convierte un producto con propiedades estructurales, térmicas y acústicas, obteniendo un sistema constructivo simple, para muros, losas y edificaciones de hasta tres niveles. Con las edificaciones a partir de los dos niveles, es necesario colocar un refuerzo adicional en los paneles debido a los efectos de las cargas transmitidas desde la losa de techo.

En la siguiente tabla se puede observar las características generales del panel estructural.

Tabla No. 3: Características generales. Panel estructural en Guatemala.

Largo:	2.44 metros
Ancho:	1.22 metros
Espesor del Panel:	0.075 metros
Peso del Panel:	8.16 kg.
Espesor de Monoport:	0.055 metros
Límite de fluencia de Electromalla:	4.922 Kg/cm ²

(Monolit, 2008)

Entre las ventajas de utilizar este sistema constructivo está su:

- Versatilidad
- Facilidad de construcción
- Capacidad estructural
- Poco peso por panel
- Simplifica la cuantificación de materiales
- Durabilidad

Ilustración No. 25: Panel estructural en Guatemala.

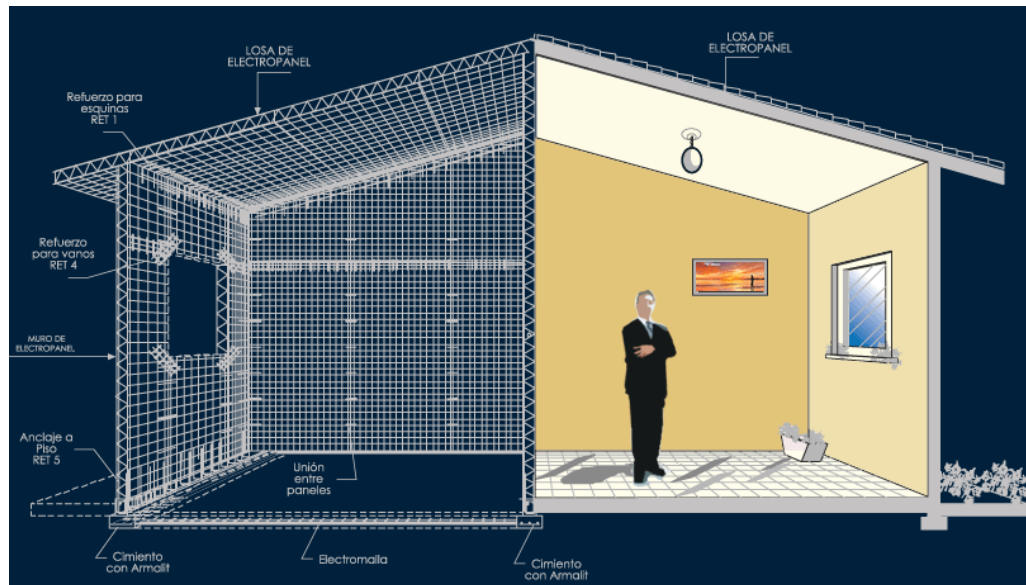


(Monolit, 2008)

Las aplicaciones del panel estructural en viviendas en Guatemala son:

- Muros estructurales
- Divisiones
- Fachadas
- Losas de entrepiso
- Cúpulas
- Faldones

Ilustración No. 26: Ejemplo de aplicaciones del panel estructural en Guatemala.

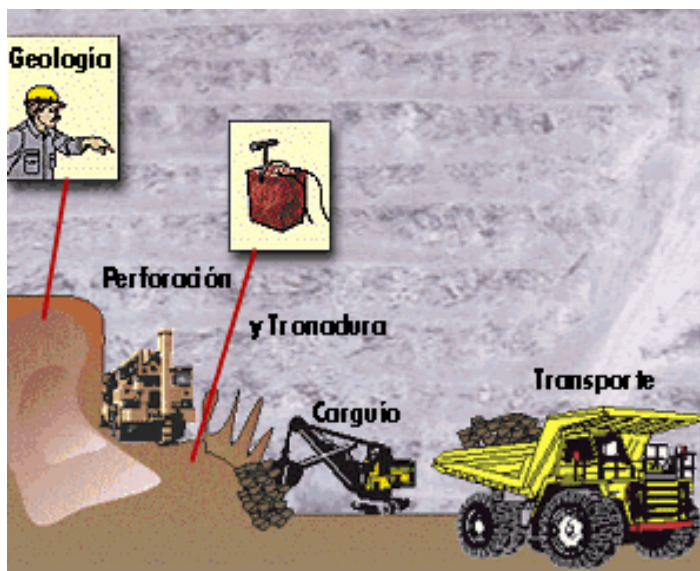


(Monolit, 2008)

3.3.5. Materia prima y proceso de obtención. La materia prima del europanel consta de tres materiales básicos que son el acero, el poliestireno expandido y el concreto. En este caso, únicamente se detallará el proceso de producción del acero y poliestireno ya que el proceso del concreto se detalló con anterioridad.

El hierro es un componente esencial del acero y está conformado por 60 % de mineral de hierro, 30 % de carbón de coque y 10 % de fundente. Para obtener el mineral de hierro, es necesario que previamente se haga una perforación, la explosión y la extracción del material de la mina. La perforación de la cantera se realiza con la combinación de perforadoras con martillo en el fondo, con un diámetro de perforación de 9 ½" aproximadamente. (Infoacero, 2000)

Ilustración No. 27: Proceso de extracción de mineral de hierro.

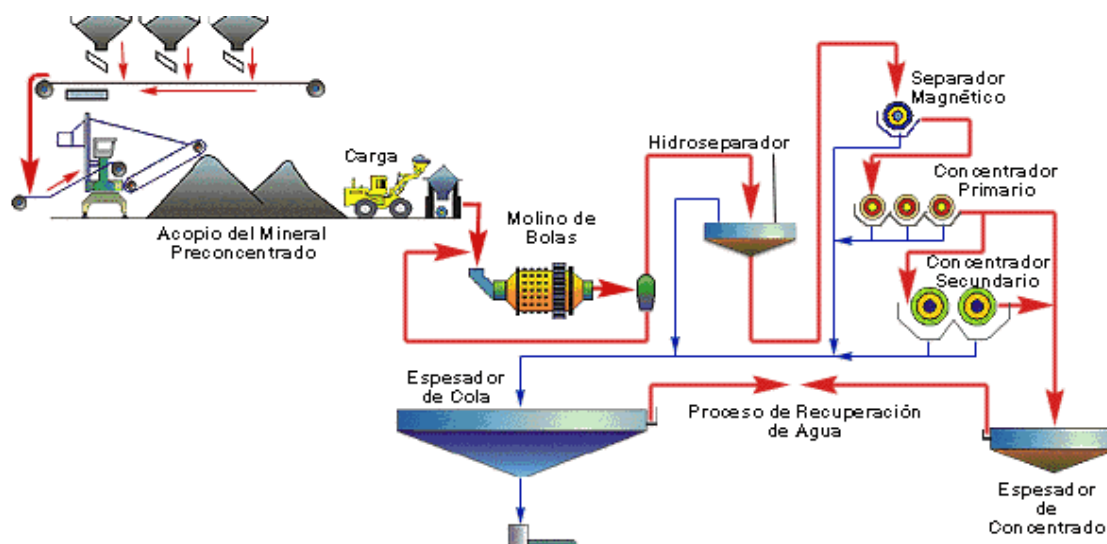


(Infoacero, 2000)

Posteriormente, se debe separar la parte útil, a la que se le llama mena, de la parte que no se utiliza, que son las rocas, cal sílice, tierra, etc. Para hacer esta separación, primero se pasan los camiones por arcos detectores de metal, eliminando

directamente los camiones que no llevan material con metal. Los camiones que si tienen metal son llevados a la planta de tratamiento donde se trituran las rocas para facilitar la separación de la mena. Finalmente, con el uso de imanes o por medio de flotación, se separa el mineral de hierro de las impurezas, principalmente fósforo y azufre, y se compactan en pequeños trozos en la etapa de sinterizado. (Infoacero, 2000)

Ilustración No. 28: Molienda y concentración del mineral de hierro.



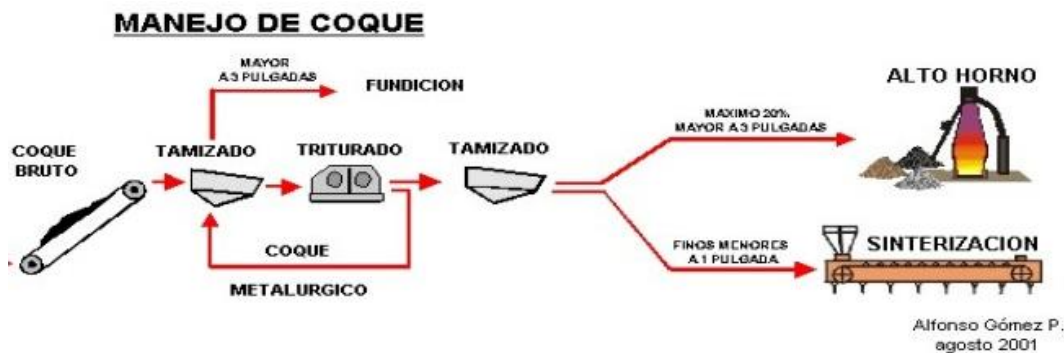
(Infoacero, 2000)

En el caso del carbón de coque, este se crea artificialmente a partir de la hulla que es una roca sedimentaria orgánica y un tipo de carbón mineral que contiene entre 45 % y 85 % de carbono. Entre sus características está que es dura y quebradiza, estratificada, de color negro y brillo mate o graso. Este material surge por la descomposición de la materia prima vegetal de los bosques y es el carbón más abundante en la naturaleza. (Ordóñez, 2010)

El coque facilitó el desarrollo de la industria siderúrgica, la cual dependía hasta entonces de la leña como fuente de energía de los altos hornos. Ahora, el coque cumple las funciones de combustible, proporcionando calor y para la fusión de la escoria y del

metal, como reductor de los óxidos de hierro y como soporte de la carga y responsable de la permeabilidad. Así también, se utiliza frecuentemente para la calefacción de viviendas ya que su combustión no produce humo y es menos contaminante. (Ordóñez, 2010)

Ilustración No. 29: Diagrama de flujo de manejo de coque.



(Gómez, 2001)

Para finalizar con la materia prima del hierro, el fundente es un compuesto por piedra caliza que es lo mismo que la cal, la cual se obtiene del proceso de calcinación de la piedra caliza. Para obtener la cal, lo primero es triturar y tamizar la piedra caliza con el fin de obtener un diámetro específico para que ingrese al horno de calcinación. El calor provoca una reacción química que provoca que las impurezas del hierro fundido se adhieran al fundente de piedra caliza, purificando la configuración del hierro. Gracias a esto, se obtiene acero de mayor calidad para la integridad estructural. (Rodríguez, 2009)

Por el otro lado, el poliestireno está basado en la extracción de la brea y gas petróleo. En el caso de la brea, se obtiene de la corteza de árboles y arbustos, luego de ser talados y cortados en trozos pequeños, ya que es un residuo de la pirolisis de un material orgánico. La brea es materia prima principal para la fabricación de los materiales de carbón, como el alquitrán de hulla y petróleo y sus coques.

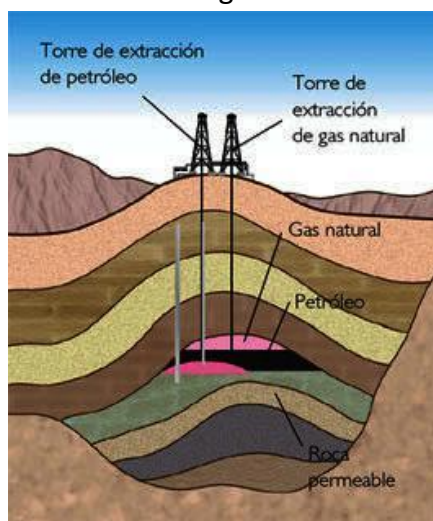
Ilustración No. 30: Brea en los árboles.



(Egan, 2012)

El proceso de obtención del gas petróleo es largo y específico, pero en este caso se reducirá a las partes básicas del mismo. Se empieza con el petróleo que se forma bajo la superficie terrestre por la descomposición de organismos marinos. Estos depósitos son ricos en materiales orgánicos por lo que se convierten en rocas generadoras de crudo. Luego de formarse el petróleo, este asciende a la superficie ya que su densidad es menor que la de las salmueras que saturan los intersticios de los esquistos, arenas y rocas de carbonato que constituyen la corteza.

Ilustración No. 31: Ubicación del gas natural en la superficie terrestre.



(Tangient, 2013)

El siguiente paso es fraccionar el petróleo calentándose a unos 300 grados centígrados mientras fluye en un horno tubular hacia la columna de fraccionamiento donde los compuestos del petróleo crudo son vaporizados, condensados y lavados repetidamente. La columna es un cilindro vertical que contiene platillos horizontales que actúan como una barrera al paso del vapor hacia la parte superior de la columna. La separación entre los platillos depende del número de los mismos en la columna. (PaleoArgentino, 2000)

Mientras el vapor se desplaza por la columna, se fuerza a burbujear en la fase líquida para que los vapores se laven y den lugar a que el material de mayor peso molecular se disuelva en el líquido y regrese a los platillos inferiores, mientras que los componentes más volátiles son vaporizados y pasan a los platillos superiores. Para obtener una separación altamente efectiva, se repite el proceso anterior. Después de extraer el crudo, este se trata con productos químicos y con calor para eliminar el agua y elementos sólidos, y separar el gas natural. Para terminar, se almacena en tanques para que sea transportado a una refinería. (PaleoArgentina, 2000)

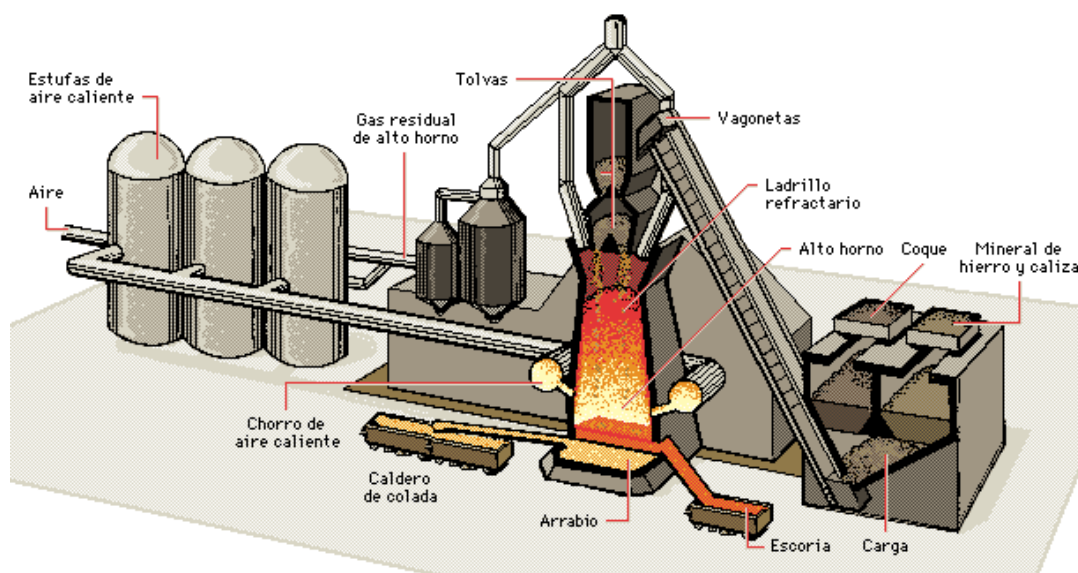
Es importante mencionar que el gas natural no solo proviene de yacimientos de petróleo, sino que también de pozos de solamente gas natural. Antes de que se pueda utilizar como combustible, es necesario extraer los hidrocarburos más pesados como el butano y el propano. Al gas que queda se le llama gas seco y es el que se distribuye como combustible. El gas natural tiene la ventaja de que se puede transportar fácilmente, se quema en forma limpia y libera cantidades sustanciales de energía. (PaleoArgentina, 2000)

3.3.6. Proceso de elaboración del material. Luego de la extracción de la materia prima para la elaboración del hierro, estos materiales entran a una operación llamada piro metalurgia que es un proceso que se basa en la reducción del hierro con el fin de quemar el exceso de carbono e impurezas que se encuentren en el

hierro. Este proceso permite que se pueda obtener metales a partir de sus menas por medio del calor y usualmente se utiliza porque la piro metalurgia es más rápida y se puede procesar grandes cantidades del mineral. Su desventaja más notable es la emisión de SO_2 y CO_2 . (Infoacero, 2000)

Este procedimiento se puede realizar a través de distintos métodos y con hornos de distintas capacidades, pero el fin común es reducir el hierro del mineral desprendiendo el oxígeno del óxido de hierro. Los hornos que se utilizan, llamados *altos hornos*, tienen la capacidad de llegar al punto de fusión del hierro que es de 1400 grados centígrados. (Infoacero, 2000)

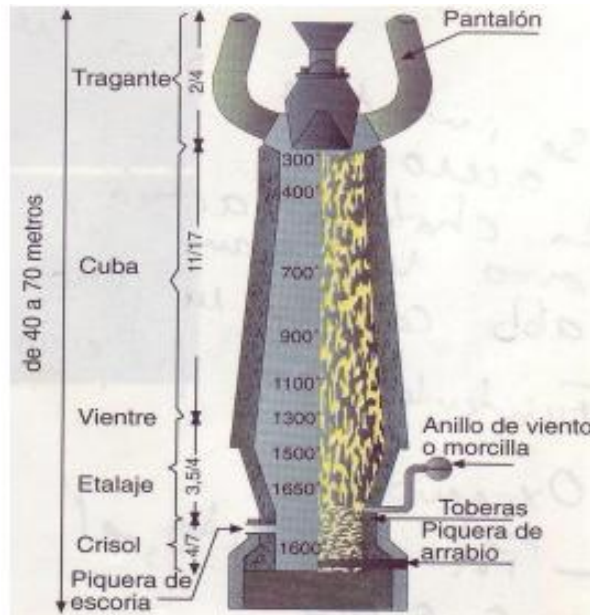
Ilustración No. 32: Proceso de piro metalurgia.



(Océano, 2002)

El alto horno es un horno especial para la fusión de los minerales de hierro y la transformación química del arrabio. Está constituido por dos troncos en forma de conos, midiendo de 20 a 30 metros de alto y de 4 a 9 metros de diámetro, con una capacidad de producción entre 500 y 1500 toneladas diarias. (Pulido, 2009)

Ilustración No. 33: Partes, medidas y temperaturas aproximadas de un alto horno.



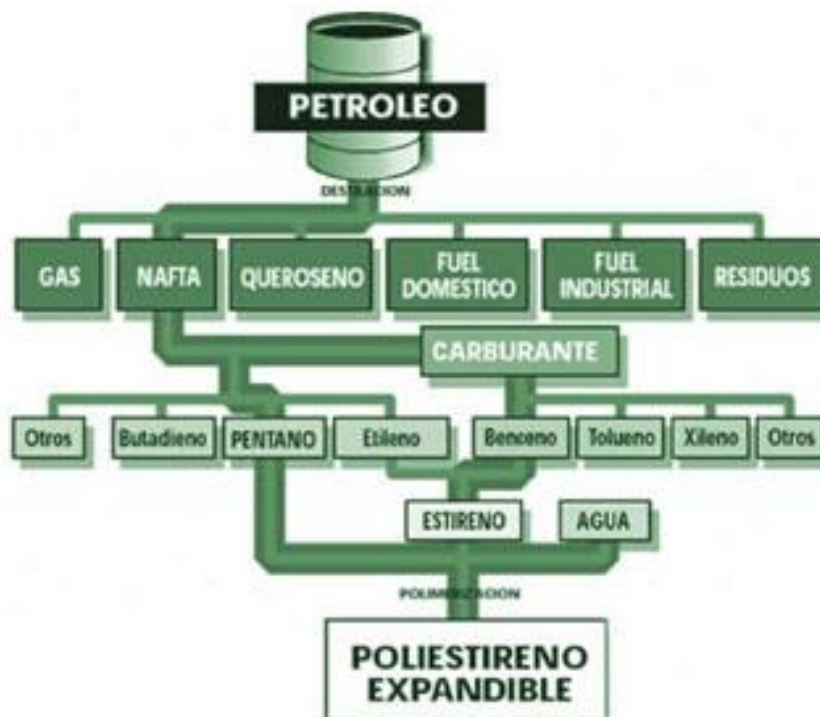
(Pulido, 2009)

Posteriormente, la materia prima del hierro se coloca en la parte superior del horno para fundir el mineral y separar el hierro del mineral. Para este punto, el aire se precalienta hasta 1030 grados centígrados que permitir que se queme el coque. Este proceso de elaboración de hierro ha sido mejorado ya que cerrando el flujo de gas de los respiraderos del horno, se aumenta la presión interna provocando una mejor combustión del coque. (Infoacero, 2000)

Por el otro lado, el poliestireno expandido surge del gas natural o del petróleo, obteniéndose el etileno que posteriormente se convierte en estireno. El estireno contienen el agente pentano que es el expansor y da origen al poliestireno expandido. El proceso de elaboración del poliestireno expandido consta de tres etapas:

- Etapa de expansión
- Etapa de estabilizado
- Etapa de expansión y moldeo

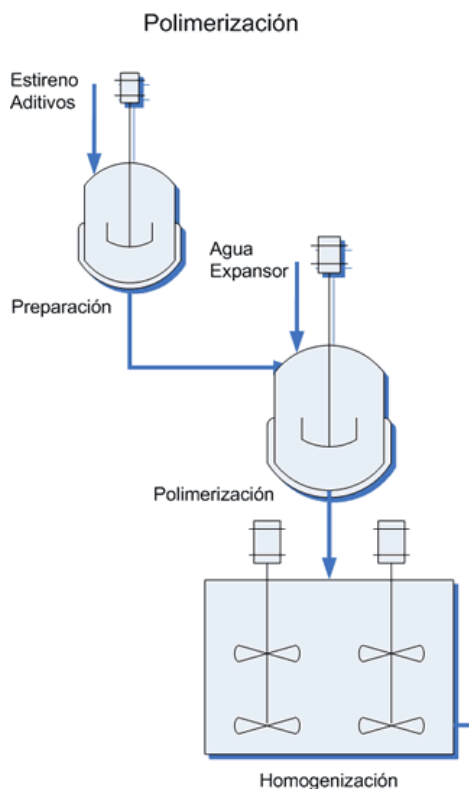
Ilustración No. 34: Diagrama de flujo del poliestireno expandible.



(CMC, 2012)

Siendo el reactor de polimerización el primer paso, aquí el estireno se coloca en máquinas llamadas pre-expansores que tiene la labor de calentar la materia prima con vapor de agua a temperaturas que oscilan entre 80 y 110 grados centígrados, haciendo que el volumen aumente 50 veces el volumen original. En este paso se utiliza una relación entre estireno y agua de 1 a 3 respectivamente con el fin de agitar el polímero. En función de la temperatura y del tiempo de exposición en los pre-expansores, la densidad del material disminuye de 630 kg/m^3 a densidades entre 10 kg/m^3 y 30 kg/m^3 . (Textos Científicos, 2005)

Ilustración No. 35: Polimerización del estireno.



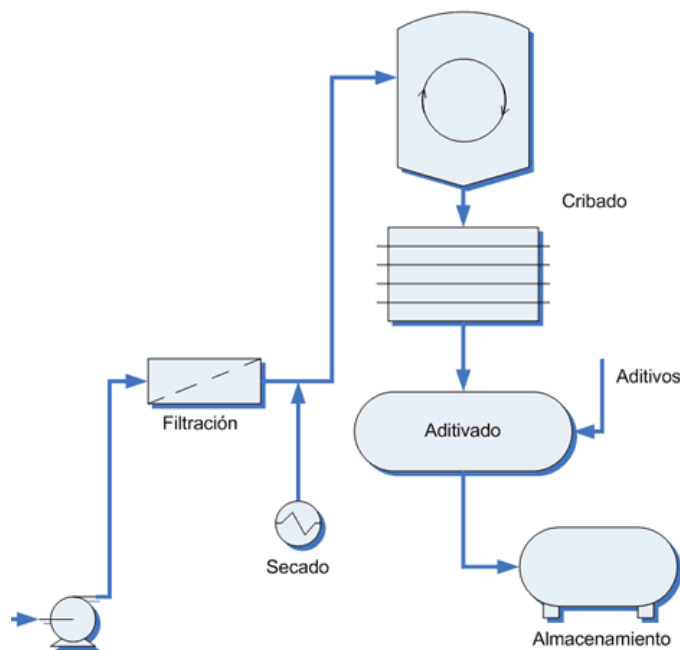
(Textos Científicos, 2005)

En esta fase, el 90 % de la solución pasa de perlas compactadas de materia prima a perlas de plástico celular, ya que se alcanza el estado crítico de polimerización y se obtiene un material sólido, pegajoso y denso. El 10 % restante que no se convirtió en perlas de plástico celular es bombeado a un desvolatizador donde los residuos de estireno son vaporizados, condensados y reciclados para reutilizarlos. (Textos Científicos, 2005)

Luego de la pre-expansión del material, se continúa con la etapa de reposo intermedio y estabilización del material, el cual contiene 90 % de aire dentro de las perlas. Se pasa a la fase de secado donde se penetra aire por medio de difusión, logrando una mejor capacidad de expansión y estabilidad mecánica. (Textos Científicos, 2005)

Ilustración No. 36: Etapa estabilización: secado y acabado.

Secado y Acabado



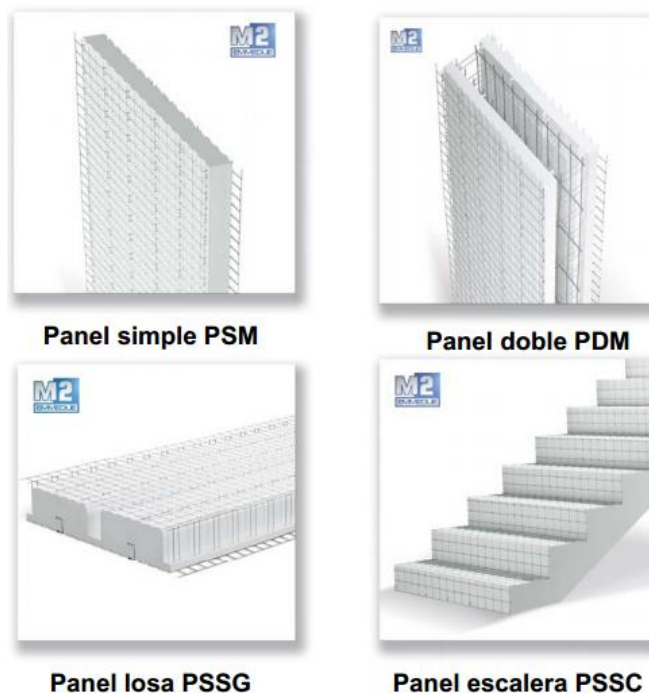
(Textos Científicos, 2005)

Las perlas se dejan al menos 24 horas en silos ventilados para así obtener la resistencia requerida y la eliminación de la humedad excesiva. Con las perlas secas y expandidas, se compactan, en el proceso de sinterización o vaciado, y se agregan a la máquina de cocción donde se somete a la acción de vapor para eliminar los espacios vacíos y lograr un bloque homogéneo y expandido. Nuevamente, los bloques se dejan secar para luego sean sometidos al corte en placas. (Textos Científicos, 2005)

En la etapa de corto y perfilado, se utiliza un pantógrafo de control número el cual corta cada uno de los bloques y les realiza el perfilado de acuerdo a los requerimientos establecidos. Consecuentemente, pasan a la etapa de cocido donde se utiliza una máquina automática para paneles especiales de doble conector para realizar el europanel. En esta fase se unen las dos o cuatro electro-mallas y una o dos planchas de poliestireno dependiendo de los requerimientos del cliente. (EMMEDUE, 2012)

Finalmente, se obtienen los paneles estructurales, de acuerdo a las especificaciones del cliente, para ser enviados a los centros requeridos.

Ilustración No. 37: Tipos de paneles estructurales.



(EMMEDUE, 2012)

3.3.7. Impacto ambiental del europanel.

3.3.7.1. Extracción de materia prima. En el caso del europanel, los dos materiales principales son el acero y el poliestireno expandido, siendo este último el más importante en temas ambientales. En el caso del hierro, aproximadamente el 5 por ciento de la corteza terrestre está ocupada por este material no renovable. En el caso de Guatemala, se cuenta con 100 mil millones de toneladas de hierro que representan el 12 por ciento de las reservas mundiales. (COPAE, 2011)

En Guatemala, las playas arenosas y los manglares son los ecosistemas más representativos y productivos ya que generan bienes y servicios ambientales como

productos maderables y no maderables, recursos pesqueros de captura directa en el manglar, miel, recursos cinegéticos (cacería), fibras de valor comercial y productos químicos y medicinales. Para la extracción de la materia prima, se pierden grandes extensiones de tierra degradando suelos y escorrentías superficiales causando pérdidas de fauna y flora. (COPAE, 2011)

En tema de minería de arenas negras, las excavaciones a profundidad modifican las relaciones físicas a nivel de subsuelo causando el fenómeno de licuación de suelos luego del abandono de la mina. Abandonar la mina con este fenómeno provoca que se acumule agua y genere enfermedades a las poblaciones cercanas por la utilización de la mina abandonada como un basurero. Así también, la explotación minera modificará las costas y ecosistemas marino costeros haciéndolos más vulnerables a eventos naturales extremos. (COPAE, 2011)

Ilustración No. 38: Playa de arena negra en Guatemala



(Jaramillo, 2012)

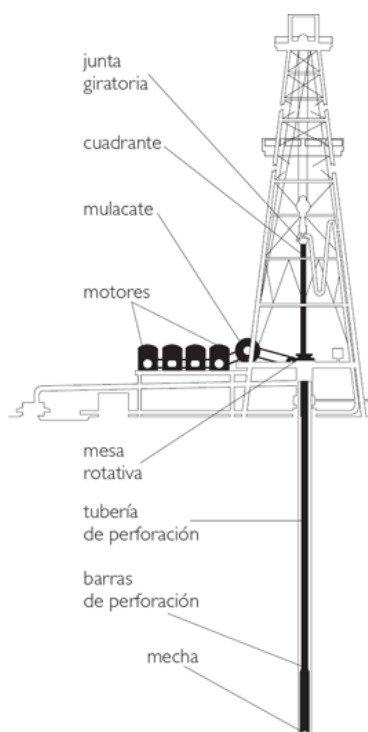
El transporte de la materia prima, desde la cuenca hasta la planta de producción, genera partículas de polvo que ponen en riesgo la salud de las personas en las comunidades cercanas ya que la inhalación de dichas partículas llega a los pulmones. (Jaramillo, 2012)

En el caso del poliestireno expandido, este material proviene del petróleo cuyo proceso de extracción es altamente contaminante. Entre los impactos negativos del proceso de extracción está la prospección sísmica (temblores artificiales), perforación del suelo y las plataformas instaladas. (Bravo, 2007)

De estos procesos, el más significativo es la perforación del suelo ya que se debe triturar el suelo a una profundidad aproximada de 6 kilómetros. El suelo tiende a ser rocoso y contiene sustancias radioactivas y contaminantes. Para el proceso de extracción se utiliza lodo, aceites, lubricantes, espumas y anticorrosivos que pueden llegar a ser contaminantes luego de perforar. (Bravo, 2007)

Las plataformas instaladas alteran la vida silvestre de las cercanías ya que se genera ruido, exceso de luz y sobrecalentamiento, afectando el apareamiento, comportamiento, alimentación y rutas de migración de muchas especies. (Bravo, 2007)

Ilustración No. 39: Plataformas marítimas de extracción de petróleo.



(Atmosferis, 2011)

3.3.7.2. Proceso de elaboración del material. Para la creación del acero es necesario utilizar grandes alto horno cuyas temperaturas alcanzan los 1400 grados centígrados emitiendo grandes cantidades de gases a la atmosfera ya que para poder mezclar el oxígeno del hierro se tiene que mezclar con gases ricos en dióxido de carbono e hidrogeno. Casi el 50 % de los desechos de producción del acero y hierro provienen del proceso de alto horno. (Estrucplan, 2003)

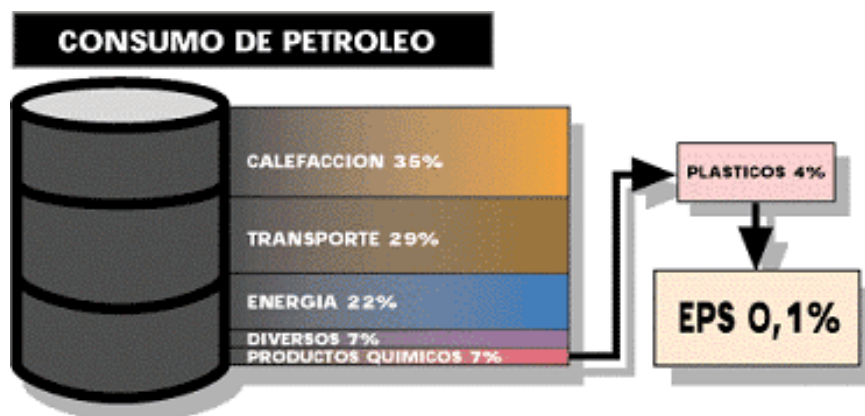
Así también, se utiliza maquinaria como acerías e instalaciones laminadoras que provoca exceso de vibraciones en el suelo y ruido en los alrededores. Las escorias de los hornos, por exceso de arena que sobra, se dejan apiladas sobre el suelo provocando generación de polvo dañino ya que puede contener cantidades considerables de metales pesados. (Estrucplan, 2012)

Los gases generados por la producción de acero son:

- Gas de alto horno con los siguientes componentes: CO, CO₂, SO₂, NO_x, H₂S, HCN, CH₄, As, Cd, Hg, Pb, Tl, Zn.
- Escoria con los componentes SiO₂, Al₂O₃, CaO, MgO
- Adicional a esto, se suma el polvo del gas rico en hierro (35%-50%), lodo de la depuración de gas, agua residual que viene de la depuración del gas con sustancias toxicas como cianuros, fenoles y amoniaco, y polvo de los colectores de las naves de fundición. (Estrucplan, 2003)

Por el otro lado, la producción del poliestireno expandido proviene del petróleo y únicamente el 4 % de la producción mundial de petróleo es utilizado para la producción de plásticos. De ese 4 por ciento, el 2.5 % es utilizado para la producción de poliestireno expandido. El proceso de producción del poliestireno expandido no daña la capa de ozono ya que no se utilizan gases de la familia de los fluoro carbonatados ni compuestos organodorado. (ANAPE, 2012)

Ilustración No. 40: Consumo de petróleo para la producción de poliestireno expandido.



(ANAPE, 2012)

El agente expansor en el poliestireno expandido es un gas natural que proviene de fuentes naturales y se descompone rápidamente en la atmósfera y no tiene elementos contaminantes orgánicos volátiles. Este gas natural no es un gas de efecto invernadero y las empresas productoras de este material son reguladas como no contaminantes de compuestos volátiles.

Estudios ambientales realizados sobre este material sugieren que el poliestireno expandido no tiene efectos perjudiciales con el agua, su ciclo de vida ahorra 500 veces la energía que se consume al momento de fabricarse y la generación de CO₂ al producir el material es en promedio un 60 % menor comparado con otros materiales constructivos típicos. Un aspecto negativo es que la degradación del poliestireno expandido puede durar alrededor de 150 años ya que no es biodegradable. (Estrucplan, 2003)

3.3.7.3. Desperdicios. En el caso del acero, en Guatemala se reutiliza el mismo ahorrando entre 60 % y 70 % de energía consumida y un 85 % de agua y aire, comparando con producir el acero desde cero. La reutilización del acero es indefinida y únicamente se degrada mediante la corrosión. (Estrucplan, 2003)

La polimerización del poliestireno expandido no es reversible, sin embargo, es 100 % reutilizable lo que lo hace un material reciclable. En el caso del sector de la construcción, el poliestireno expandido se puede reutilizar para componentes de concreto liviano, rellenos de terrenos y, después de molido, para morteros livianos y ladrillos ligeros. Así también, se puede utilizar para generar mejor aireación y drenaje en los suelos; para esto se debe moler y moldear. (ANAPE, 2012)

El poliestireno expandido tiene gran potencial de generación de energía ya que 1 kilogramo equivale a 1.3 kilogramos de combustible líquido. Este potencial de generación de energía proviene de la energía contenida en el petróleo, ya que es de allí de donde se deriva. El poliestireno expandido no libera sustancias hidrosolubles que puedan contaminar el agua subterránea ya que no es soluble en agua. (Moreno, 2007)

En el sector agrícola, el poliestireno expandido se puede reutilizar para la producción de aditivos para el suelo, mezclas de sustratos de plantas y vegetal, cultivo en situaciones difíciles y como material filtrante en tuberías de drenajes.

3.4. Madera.

En Guatemala, en lo que respecta a la madera, hay cuatro departamentos principales que se dedican a la producción de madera para la tala. Estos departamentos son: Alta Verapaz, Baja Verapaz, Chiquimula y Jalapa. En El Progreso se realiza la mayoría transformación de la madera del país, debido a la cercanía de estos departamentos productores de madera y el clima, que permite que el proceso de transformación sea más sencillo por las altas temperaturas.

Ilustración No. 41: Mapa de la República de Guatemala



Fuente: República de Guatemala, Gobierno de Guatemala

En Guatemala, actualmente, no existen normas respecto a la madera en lo que se refiere a la clasificación de esta. Se les llama trozas a la medida que se le dan a los troncos que son utilizados para realizar cortes para obtener la madera como la conocemos. Generalmente, por la falta de normas nacionales, cada empresa maneja clasificaciones internas de las trozas.

3.4.1. Pinus Maximinoi. Los árboles y especies más utilizadas en Guatemala son: el pino Oocarpa, el pino Maximinoi, el pino Caribaea y el pino Tecunumanii, siendo el pino Oocarpa el más utilizado. El pino sin tratar, tiene una durabilidad natural de un año aproximadamente. El pino tratado puede tener una durabilidad mínima de 20 años y máxima de 100 años.

El Pinus maximinoi, tiene su origen en México y Centro América. Es un árbol que puede crecer entre 25-35 metros de altura y hasta más de un metro de diámetro normal. Para poder crecer necesita aproximadamente de 600 a 2400 metros sobre el nivel del mar (msnm). Es uno de los mejores pinos, y los cuales pueden llegar a crecer a una velocidad bastante elevada en condiciones semitropicales, también se puede utilizar como leña combustible.

Estudios han demostrado que el Pinus Maximinoi, al igual que otras especies de pinos, pueden llegar almacenar 20.2 toneladas de carbono por hectárea, lo que equivale a 74.1 toneladas de CO₂ por hectárea al año. Este CO₂ es gas que sería emitido a la atmósfera.

3.4.2. INAB. Los grandes aserraderos compran toda su materia prima de aquellos proveedores que venden madera legal, lo cual únicamente puede ser certificado por el Instituto Nacional de Bosques (INAB).

El INAB es una entidad estatal, que además posee personalidad jurídica. Es parte importante del órgano de dirección y autoridad del Sector Público Agrícola en material Forestal

El INAB fue creado con el fin de hacer cumplir la ley forestal, así como cumplir distintos objetivos, entre los cuales se destaca:

- Incrementar la productividad de los bosques existentes.
- Conservar los ecosistemas forestales del país.
- Propiciar el mejoramiento del nivel de vida de las comunidades al aumentar la provisión de bienes y servicios provenientes del bosque, para satisfacer las necesidades de leña, vivienda, infraestructura rural y alimentos. (INAB, 2013)

3.4.3. Transporte. Un camión lleva a los aserraderos un total de 6,000 pie tabla y una rastra puede llevar un total de 12,000 pie tabla, en promedio. El factor de rechazo de la madera de los proveedores es en promedio menor al 1%. La manera en cómo estos aserraderos ven el rendimiento por troza es de la siguiente manera:

$$\text{Rendimiento} = \text{piesaje final} / \text{piesaje inicial}$$

Dependiendo del diámetro, largo, número de nodos y otros factores, se les paga a los proveedores (un aproximado de Q2 por pie tabla). La madera no puede estar más de 3 meses a la intemperie ya que de lo contrario la madera se pudre y es inútil utilizarla como materia prima, lo cual resulta como pérdida para el aserradero.

Ilustración No. 42: Ordenamiento de los troncos de madera.



(Fuente: propia)

Para que la madera no sufra y se le pueda dar un uso correcto, es importante detectar que esté libre de agentes de deterioro, ya que estos la pueden dañar y pueden causar que esta ya no sea aprovechada por completo. Estos agentes destructores pueden ser clasificados en distintos grupos.

3.4.4. Agentes biológicos. Se compone de diferentes tipos de hongos e insectos. Los hongos xilófagos necesitan para poder vivir, cuatro condiciones: alimento adecuado, humedad (mayor a 15%), oxígeno y una temperatura entre 23°C y 35°C. La forma más sencilla de evitar que crezcan hongos en la madera es evitar cualquiera de estas condiciones. Entre las condiciones más sencillas de evitar es cualquiera de las dos primeras. Los hongos se alimentan de celulosa por lo que puede que provoquen la pudrición de la madera, o que esta posea un color blanco en la superficie.

En cuanto a los insectos, los que pueden llegar a causar más daños son las termitas, ya que utilizan la madera como comida y como vivienda. Para evitar el ataque de las termitas, muchas personas han optado por rociar la madera con preservadores oleosolubles o hidrosolubles, los cuales son tóxicos para las polillas y termitas.

3.4.5. Agentes físicos. Se compone de acciones del medio ambiente, así como del fuego. Es importante tomar en cuenta que cada tipo de árbol necesita diferentes medidas ambientales para crecer de una manera óptima.

Los desperdicios de la madera y la "mala madera" es utilizada como leña dentro de los mismo procesos de la empresa, como lo es el secado, y los subproductos, como el aserrín, es utilizado como biomasa para otras industrias, por lo cual casi el 100% de la madera es aprovechada durante todo el proceso. Dentro del aserradero la madera se transporta de un lugar a otro por medio de tractores, en donde recorren unas distancias cortas menores de un kilómetro.

3.4.6. Transformación de la madera. El proceso de la transformación de la madera empieza cuando llega al aserradero en forma de trozas. Luego es clasificado, según cada aserradero, y es almacenado dependiendo de su calidad y clasificación interna. Se utiliza el sistema de "primero en entrar, primero en salir" para que la madera no pase mucho tiempo en el stock de aserradero, que se encuentra a la intemperie.

Ilustración No. 43: Clasificación de troncos de empresa A.



(Fuente: propia)

Después, se lleva a las máquinas cortadoras, en donde se hacen distintos cortes y se busca crear bloques de madera, que luego se transforman en tablas, y otras formas dependiendo del uso. Luego viene el proceso de secado. En una cámara de secado de unos 20 m² de superficie y 4 metros de altura, aproximadamente, pueden secarse hasta 12,000 pie tabla, los cuales llevan un aproximado de 2.6 días de secado.

Ilustración No. 44: Corte de troncos de empresa A.



(Fuente: propia)

Después de esto debe realizarse un tratamiento para asegurar la vida de la madera. Para este proceso se utiliza cobre, cromo y arsénico. Para hacer la impregnación de 15,000 pie tabla se consumen un aproximado de 3,000 litros de agua.

Por último, se vuelve a secar y se obtiene el producto final que se puede utilizar para la construcción.

Los precios por pie tabla, que maneja la empresa A son los siguientes:

Tabla No. 4: Precios por tabla de la empresa A.

a) Categoría	b) Precio
Interna	
c) Calidad A	d) Q.10.95
e) Calidad B	f) Q. 9.00
g) Calidad C	h) Q. 6.00

*Todas las calidades pueden ser utilizadas para la construcción. (Fuente: Empresa A)

3.5. Bambú.

3.5.1. Particularidades de la especie. El bambú es una planta la cual se da en distintas partes del mundo en continentes como: África, Asia, Centroamérica y Sudamérica. Su zona natural de crecimiento se encuentra alrededor de la línea del ecuador tendiendo a extenderse más hacia el sur. Los botánicos mencionan que hay más de 1300 especies de bambú alrededor de todo el mundo, aproximadamente el 32% de las especies se encuentran en los países de América. De todas estas especies las 16 que son más trascendentes pertenecen al género *Guadua*, de ellas la más importante por su resistencia a los esfuerzos físicos y mecánicos es "*Guadua angustifolia Kunth*", la cual es nativa de América.

Ilustración No. 45: Distribución de la Guada angustifolia Kunth en C.A y Sudamérica.



(Morales, 2012)

La *Guadua angustifolia* Kunth presenta el rango más grande de altitud. En Guatemala se da desde el nivel del mar hasta los 2000m sobre el nivel del mar. Además de ser bastante aceptada por su alto rango de altitud, es reconocida, ya que estas plantas son indicadores de tierras bastante fértiles. Cabe mencionar que esta especie puede ser industrializada en ciertos productos que poseen una larga vida como lo son: las viviendas, las infraestructuras públicas, puentes, muebles, entre otros objetos.

Ilustración No. 46: Guada angustofolia Kunth.



Morales, (2012)

El bambú muestra un crecimiento rápido. La especie *Guadua* puede crecer entre 12 y 13 centímetros por día en bosques desarrollados. En los primeros siete meses de vida puede alcanzar una altura de 20 y 30 centímetros y poseer un diámetro de hasta 25 centímetros dependiendo de la tierra y las condiciones climáticas. A partir del séptimo mes la velocidad del crecimiento disminuye. Cuando la planta alcanza los 6 a 8 años de edad la fotosíntesis en el tallo y sus hojas disminuyen, lo cual es de importancia para que pueda ser utilizada como material de construcción, ya que en ese momento los vasos se obstruyen y ya puede ser cortado. En algunos casos hay plantas que son taladas con anticipación, dependiendo de la capacidad y experiencia de los agricultores.

Los tallos de bambú son generalmente huecos, pero poseen una sección transversal circular. Cuando estos crecen pueden adelgazar en su diámetro y así mismo el grosor de su pared.

Es importante mencionar que el bambú es una planta que posee bastante fibra, la cual está conformada en un 50% por celulosa y hasta en un 30% de lignina, el cual es conocido mejormente por ser el pegamento de la célula. Las fibras se concentran en el extremo superior del tallo y en los bordes, de esta manera se puede afirmar que las fibras más fuertes se presentan donde la carga estática es más grande, lo cual es similar a las construcciones modernas donde el acero es reforzado.

3.5.2. Aportes ambientales. Las Guaduales representan ecosistemas, ya que a sus alrededores crecen y se desarrollan varias especies tanto florales, herbáceas, arbóreas, arbustos, entre otros. Además ofrecen protección y regulación hídrica, así como representan un refugio para la biodiversidad de distintas especies.

Se ha demostrado que una hectárea de esta especie de bambú puede llegar a almacenar hasta 30,000 litros de agua. Además es una planta captadora de CO₂, y al mismo tiempo productora de O₂ (Oxígeno).

Estudios han demostrado que durante los primeros seis años de la Guada, ésta desarrolla una potencia para poder fijar el dióxido de carbono atmosférico (CO₂), pudiendo fijar hasta 54 toneladas métricas/hectárea. Esto ha hecho que muchos agricultores intenten acceder al sistema internacional del comercio de derechos de emisión, pudiendo vender estos bonos a países en vías de desarrollo, muchos de los cuales pertenecen al protocolo de Kyoto.

Cabe mencionar, que se ha demostrado que una hectárea de Guadua puede llegar a captar 40 veces más de CO₂, de lo que una hectárea de pino podría captar durante todo un año. Esto se debe a que es una planta que crece a una velocidad elevada, y su alto nivel de biomasa. También se determinó que una hectárea de Guadua puede llegar a producir 4 veces más celulosa que una de pino en un periodo estimado de 30 años.

3.5.3. Uso en la construcción. La Guadua tiene grandes beneficios para ser utilizada en distintos tipos de construcciones, los cuales se mencionan a continuación:

- Evita la generación de contaminación
- Previene emisiones contaminantes y desperdicios
- Maneja costos menores (materia prima, consumo de energía en proceso, disposición de desechos y emisiones)
- Evita riesgos ambientales y humanos
- Puede llegar a tener una alta eficiencia dependiendo del proceso

Debido a que posee una amplia variedad de beneficios ha sido utilizado en distintos ámbitos de la construcción, en especial en países latino americanos. Se ha utilizado para construir viviendas, bodegas, puentes peatonales y vehiculares, corrales, invernaderos, entre otras estructuras.

En cuanto a la construcción de viviendas ha sido bastante aceptado por la sociedad, ya que al construir la vivienda de bambú, esta es más económica, también es sísmo resistente, fácil de construir y de manera, además que es bastante duradera. Se ha determinado que posee características iguales al acero y puede soportar el doble de esfuerzo de la comprensión del cemento, por lo cual la Guadua es considerada apta para ser utilizada para estructuras portantes.

En Colombia con una hectárea de Guadua se pudieron construir 10 casas similares, todas pequeñas para cuatro personas en un plazo de un año.

Ilustración No. 47: Guadua lista para ser utilizada en construcción.



Naranjo, (2012)

3.6. Ladrillo.

El ladrillo es conocido como uno de los elementos básicos para la construcción, es una de las piezas más fundamentales para poder levantar muros. El ladrillo básicamente es un rectángulo de arcilla cocida mezclada con otro tipo de materiales y está caracterizado por tener diferentes tipos de características y tamaños.

Ilustración No. 48: Bloques de ladrillo.



Fuente: Inspira Web, S.L.Reg

Existen diferentes tipos de ladrillo, el más habitual es conocido como macizo tipo M. Este no tiene una medida determinada, ya que el tamaño puede variar dependiendo del país donde estemos o de las necesidades que se tengan. Existe otro tipo de ladrillo macizo con una especie de hueco en una de sus caras, este sirve para ser rellenado con mortero. Ambos ladrillos pueden ser conocidos como ladrillo de depresión o cazoleta. También existen los ladrillos tipo P, estos son caracterizados por poseer perforaciones en forma de círculo o rombo en una de sus caras, estos son famosos por garantizar, a diferencia de los otros, una gran resistencia en los muros y los que más se encuentran en el mercado de este tipo son los de cara vista.

Por otro lado, existen los ladrillos de tipo H. Estos son ladrillos huecos, cuentan con varias perforaciones pasantes, dobles o simples en las caras de los costados. Estos normalmente se utilizan especialmente para aquellos tabiques que no deben de sostener grandes cargas, también son recomendados para el uso de paredes dobles, cuya función principal es mantener aislante entre ambas caras. También existe otro tipo de ladrillo bastante particular, el refractario. Este es conocido por emplearse cuando el muro necesariamente tiene que tolerar temperaturas muy altas por alguna razón determinada. Estos presentan altos contenidos de sílice y alúmina. La utilización de estos principalmente se da en hornos y chimeneas.

Los ladrillos de cara vista, mencionados anteriormente, también son conocidos como ladrillo de tipo V. El uso principal de este tipo de ladrillo es en fachadas, ya que son ladrillos que son sumamente agradables a la vista. Por otro lado, también están caracterizados y se distinguen de los demás por ser resistentes al agua, normalmente este tipos de ladrillos son los que se usan en viviendas. El proceso de manufactura de estos ladrillos se hace con maquinarias y arcillas especiales a una temperatura determinada que permite eliminar casi toda la porosidad, permitiendo así que la pieza sea mucho más densa y resistente a la compresión, en comparación a otros ladrillos.

Ilustración No. 49: Tipos de ladrillos.



Fuente: Matos Trujillo Humberto

En relación a las condiciones extremas que los ladrillos pueden soportar, se puede haber de varias clases de ladrillos, entre las cuales están los MW, estos toleran situaciones climáticas intermedias, como escarcha, nieve, helada, etc. Por otro lado están los SW, estos resisten situaciones mucho más extremas, como congelación y por último tenemos los NW, estos principalmente se utilizan para interiores, por el simple hecho de que son capaces de sobrellevar cambios drásticos de clima.

El proceso de manufactura del ladrillo es simple. El material básico del ladrillo es la arcilla, debido a que cuando se humedece se convierte en una masa que se maneja y moldea de una forma muy fácil. Para la fabricación de ladrillos, es muy importante que la arcilla tenga una consistencia plástica. La fabricación de ladrillo conlleva las siguientes etapas: Etapa de maduración, etapa de tratamiento mecánico previo, etapa de depósito de materia prima procesada, etapa de humidificación, etapa de moldeado, etapa de secado, etapa de cocción y etapa de almacenaje.

En la etapa de maduración, es cuando se tritura la arcilla, se homogeniza y se deja cierto tiempo para que obtenga una consistencia uniforme, para poder obtener ladrillos con el tamaño y la consistencia deseada. En esta etapa importante se quita terrones y otras materias orgánicas que pueda contener, para que se pueda manipular de una forma fácil.

En la etapa de tratamiento mecánico previo, la arcilla entra en la etapa de pre-elaboración, para poder purificar y refinar la arcilla, rompiendo los terrones existentes y quitando las piedras que le quitan uniformidad al material, de esta forma la arcilla se convierte en un material totalmente uniforme para su procesamiento.

En la etapa de depósito de materia prima procesada, se procede a colocar la arcilla en un silo techado, para que esta se pueda convertir en un material homogéneo, para poder ser manipulado de una forma sencilla durante todo el proceso de fabricación.

En la etapa de humidificación, la arcilla se coloca en un laminador refinado para poder entrar a la etapa de mezclador humedecedor, en esta parte la arcilla se irá humidificando para obtener una consistencia húmeda necesaria para continuar con todo el proceso.

En la etapa de moldeado, es cuando se procede a llevar la arcilla por medio de una molde perforada en forma de lo que se quiere elaborar. Para poder lograr esto el proceso se tiene que hacer con vapor caliente saturado a una temperatura de 130°C, para que el material se compacte y la humedad se vuelva más uniforme.

En la etapa de secado, se procede a eliminar el agua que el material absorbió durante la etapa del moldeado, este proceso normalmente se hace utilizando aire en el secadero, sin embargo se tiene que controlar que el mismo no sufra cambios, para evitar que el material se dañe.

En la etapa de cocción, se utilizan hornos en forma de túnel, con temperaturas extremas de 90°C a 1,000°C. En esta etapa el material que ya fue secado en el proceso anterior, se coloca por una entrada para que se someta al proceso de cocimiento y sale por otro extremo cuando ya fue completado el proceso. En este proceso, por el cambio de temperatura, se comprueba la resistencia que el material ha logrado alcanzar.

En la etapa de almacenaje, después de que el producto haya pasado por el control de calidad, se coloca en formaciones de paquetes sobre pallets, para que puedan ser trasladados de una forma más fácil. El almacenamiento es un punto bastante importante dentro del proceso de fabricación, porque tiene que ser un lugar que cumpla con ciertas características que permita proteger al producto de elementos como el agua, el sol en exceso o humedad, ya que estos elementos podrían influir en la calidad del producto.

3.7. Bloques.

El bloque de concreto es un compuesto prefabricado de cemento utilizado para la construcción de muros y paredes. Estos bloques rectangulares tienen dimensiones normalizadas (normalmente de 10x20x40, 20x20x40, 22.5x20x50). Un bloque de concreto puede tener el centro sólido o hueco; esto se debe a que los huecos reducen el peso y ofrecen mayor resistencia. La resistencia de cada bloque está basada en las normas de construcción de cada país.

Ilustración No. 50: Bloques de concreto.



Fuente: CEC y Tech

El bloque se utiliza idealmente para construcciones de toda clase de muros, ya sea estructurales, divisorios o de fachada. Tiene la ventaja de brindar un ahorro de tiempo en las construcciones, cumple con requerimientos de resistencia y durabilidad para construcción, facilita la modulación de los muros y gracias a su comportamiento térmico es adecuado para climas tropicales y cálidos. Es por esto que es altamente resistente al fuego, los insectos y el moho. Debido a estas ventajas tiene una larga duración con poco mantenimiento. Los bloques de cemento son más económicos que cemento vaciado, tienen una instalación más rápida por lo que disminuyen los costos de mano de obra y uso del equipo relacionado con la instalación.

En cuanto a su apariencia, pueden ser lisos o con una cara dividida. Un bloque con una división tiene una apariencia rugosa, la cual agrega textura a un edificio y generalmente son más costosas que los bloques lisos. Los bloques también pueden ser teñidos con colorantes y tener un acabado (puede ser bordes redondeados o bordes extendidos) para mejorar la apariencia de la construcción.

Debido a que es un material prefabricado, existen muchos tipos de bloque, por lo que a continuación se explican las más representativas.

El modelo más común es el de gafa; estos están revestidos por algún tratamiento superficial y cuentan con los huecos en la parte horizontal para no impedir totalmente la visión o el paso de aire con el exterior. Los bloques multicámara tienen la característica que sus huecos internos están compartimentados, por lo que se utilizan con mayor frecuencia en paredes de una sola hoja. Estas divisiones internas aíslan el aire en distintas cámaras, aumentando el aislamiento de la pared. Los bloques de carga son macizos y se utilizan cuando el muro tiene funciones estructurales, esto es soportar un forjado superior. El modelo de armados está diseñado para apoyar las armaduras de acero, por lo que son bloques macizos. Los bloques de cara vista son bloques, los cuales tienen una de las caras preparadas especialmente para el revestimiento. Por último se encuentran los bloques en U, que se utilizan especialmente para construcción de dinteles y encadenados sobre cimientos y coronamiento de paredes.

La variedad de los tipos de bloques se debe a su función dentro de la pared; en ciertos casos evita los cortes y preparación de piezas. Al tener piezas específicas se permite lograr un máximo de ahorro, tanto en economía como de espacio.

Ilustración No. 51: Los distintos tipos de bloques de cemento.



Fuente: Alibaba

En la construcción de un bloque se parte de una mezcla de cemento, arena, agua y agregado pétreos (por lo general se utilizan calizos, piedra partida). Esta mezcla se coloca en moldes metálicos, en donde se realiza un proceso de vibrado con máquinas vibratoras para compactar todo el material, sin embargo para una fabricación en zonas rurales la disponibilidad de estos equipos es prácticamente nula; en estos casos se utiliza la vibración manual. Comúnmente se agregan aditivos a la mezcla para modificar su resistencia, textura o color.

La calidad de los bloques depende de cada una de las etapas del proceso de fabricación, principalmente de la selección de agregados, la correcta determinación de la dosificación, un perfecto mezclado, moldeo y compactación y de un curado adecuado.

Para preparar la mezcla para el bloque se utiliza comúnmente cemento, agua, arena y piedra como se mencionó con anterioridad. Esto produce una masa de color gris claro, formando un bloque con una fina textura superficial y una gran resistencia a la compresión. Un bloque estándar tiene un peso entre 17.2-19.5 kgs. La mezcla que se usa para bloques con propósitos de construcción contiene piedra o ceniza volcánica en vez de arena, pues se obtiene una mejor resistencia, larga duración y alta resistencia a

altas temperaturas que un bloque de concreto.

La producción de bloques de concreto consiste en tres etapas principales: mezclado, moldeado y curado.

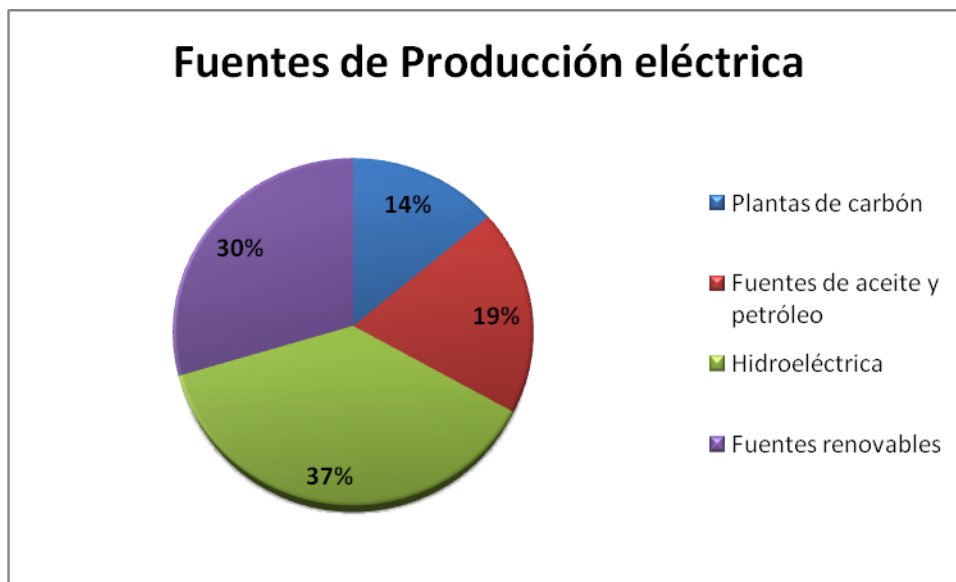
El primer paso es el mezclado, por lo que se utiliza una revolvedora industrial. Se introducen todos los materiales, dejándolos un tiempo apropiado de mezcla hasta obtener una mezcla homogénea. Después de este paso se pasa al moldeado, en donde se tiene una tarima de madera sobre la mesa vibratoria. Se carga el material sobre el molde y se inicia la vibración; se debe ir llenando los agujeros causados por la vibración. Se deba el tiempo de curado de los bloques, el tiempo óptimo es de 28 días y se sacan los bloques de los moldes.

3.8. Implementación de instalaciones especiales verdes en una casa.

3.8.1. Ahorro de energía.

3.8.1.1. Producción de energía en Guatemala. En Guatemala, la generación de energía eléctrica corresponde un 67% a recursos renovables, lo cual incluye energía eólica, geotérmica, solar, hidráulica y biomasa. Un 19% corresponde a fuentes de aceite y petróleo, y 14% corresponde a generación de energía eléctrica por medio de plantas de carbón. Tal como se puede observar en la siguiente ilustración.

Ilustración No. 52: Principales fuentes de producción eléctrica en Guatemala



Fuente: World Bank Organization 2013.(1)

En Guatemala, el 67% de la energía eléctrica generada es por medio de fuentes renovables. En el país, se incentiva la instalación de diferentes plantas de generación de energía eléctrica por medio de fuentes renovables. A pesar de que el porcentaje es alto, Guatemala tiene la capacidad de generar un porcentaje mas alto de energía eléctrica por medio de recursos renovables.

3.8.2. Acceso a energía eléctrica en Guatemala.

3.8.2.1. Hogares electrificados en Guatemala. Los hogares electrificados son aquellos que hacen uso del servicio de energía eléctrica, conectados a una red de distribución y los hogares que poseen iluminación por medio de paneles solares. El 80.5% de la población guatemalteca cuenta con acceso a electricidad.

Ilustración No. 53: Índice de cobertura eléctrica en Guatemala al 2011

Departamento	Hogares	Usuarios	ÍNDICE
ALTA VERAPAZ	202,234	72,093	35.6%
BAJA VERAPAZ	61,100	44,144	72.2%
CHIMALTENANGO	124,967	105,254	84.2%
CHIQUMULA	83,822	66,790	79.7%
EL PROGRESO	42,838	39,520	92.3%
ESCUINTLA	179,106	140,553	78.5%
GUATEMALA	824,558	800,437	97.1%
HUEHUETENANGO	205,103	176,832	86.2%
IZABAL	81,711	62,809	76.9%
JALAPA	59,871	53,489	89.3%
JUTIAPA	108,744	94,858	87.2%
PETEN	111,880	61,426	54.9%
QUETZALTENANGO	188,167	177,615	94.4%
QUICHE	170,219	123,698	72.7%
RETALHULEU	64,684	56,270	87.0%
SACATEPEQUEZ	75,421	72,990	96.8%
SAN MARCOS	198,058	175,148	88.4%
SANTA ROSA	83,350	73,970	88.7%
SOLOLA	78,716	73,009	92.7%
SUCHITEPEQUEZ	112,286	90,964	81.0%
TOTONICAPAN	92,835	84,737	91.3%
ZACAPA	60,998	54,624	89.6%

Fuente: MEM (2011).

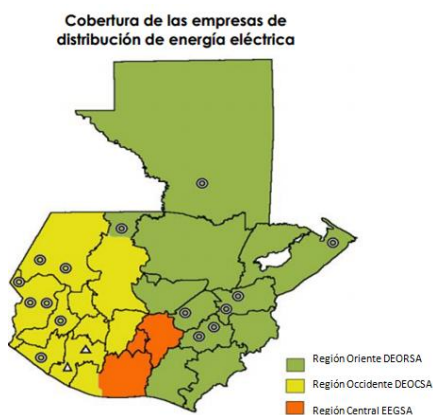
Se puede observar que Alta Verapaz cuenta con un índice de cobertura de electrificación más bajo con un 35.6%, en contraste con la ciudad de Guatemala, quien cuenta con un 97.1%. Alta Verapaz ha ido aumentando su índice de cobertura a lo largo de los años, mas ha sido un proceso muy lento. La cobertura de electrificación en el país tiene un lento desarrollo debido a la distancia que se tiene con la red instalada, la topografía de los lugares y la dispersión de las casas, lo cual sube los montos de inversión para instalar los sistemas, en algunos departamentos incluso se ha demostrado el rechazo de energía eléctrica por parte de la población. El sector residencial cuenta con un consumo de energía eléctrica aproximado del 27%, en

contraste con el sector industrial, el cual tiene un uso del 33% aproximado de la energía eléctrica.

3.8.3. Empresas eléctricas en Guatemala.

En Guatemala, los hogares que cuentan con energía eléctrica tienen como proveedor a una de las dos empresas eléctricas: EEGSA y DEOCSA-DEORSA, lo cual depende de la ubicación de la vivienda. La empresa DEOCSA-DEORSA cubre el área de oriente y occidente del país, y EEGSA cubre el área central de la República. A continuación se puede apreciar la distribución de la cobertura de energía eléctrica en Guatemala de acuerdo a la región, y el número promedio de clientes por empresa:

Ilustración No. 54: Cobertura de las empresas de distribución de energía eléctrica en Guatemala.



Fuente: CNEE (2012).

Tabla No. 5: Número de clientes y demanda por empresa eléctrica.

EMPRESA DE DISTRIBUCIÓN	NÚMERO DE CLIENTES*	DEMANDA** [MW]
DEOCSA	~910,000	329
DEORSA	~535,000	218
EEGSA	~982,000	567
TOTAL	~2.43 Millones de Usuarios	1,114

Fuente: CNEE (2012).

La empresa eléctrica de Guatemala es el proveedor de energía eléctrica en el departamento de Guatemala junto con el departamento de Sacatepéquez y Escuintla. Las tarifas con las que cuenta EEGSA son actualizadas de forma trimestral. Las tarifas correspondientes del 1 de agosto 2013 al 31 de octubre 2013 son las siguientes:

Tabla No. 6: Tarifas de EEGSA a septiembre del 2013.

Consumo mensual (kWh/mes)	Tarifa (Q / kWh/mes)
0-50	0.50
51-100	0.75
101-300	1.801288
301- en adelante	1.828037

Fuente: EEGSA (2013).

3.8.4. Energía renovable. Las energías renovables son aquellas que provienen de recursos naturales inagotables y se producen de forma continua, son auto-gestionables, es decir que se aprovechan en el mismo lugar en que se producen. Éstas no producen emisiones de CO₂e de forma directa, tampoco generan residuos de difícil tratamiento. En la década de los 70's las energías renovables fueron consideradas como una alternativa viable a la energía tradicional, sin embargo, en la actualidad las energías renovables son consideradas como una realidad más que una alternativa, por lo que ya no se considera correcto llamarles energías alternativas.

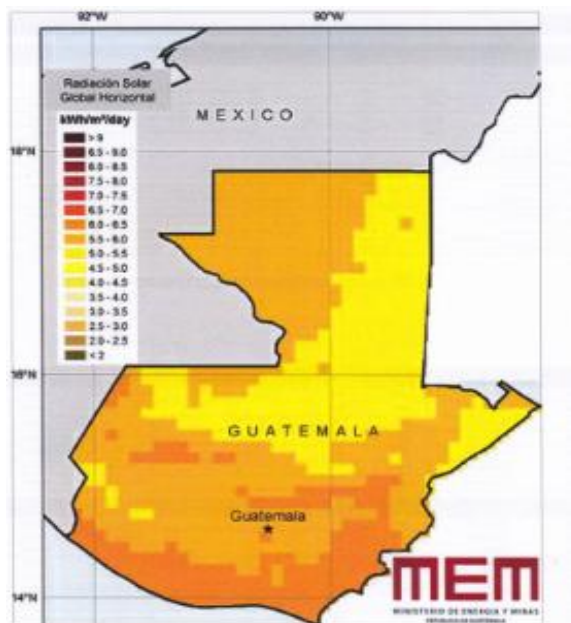
3.8.4.1. Energía solar. La energía solar es aquella obtenida directamente del Sol, por medio del aprovechamiento de la radiación solar incidente en la superficie de la Tierra. Es considerada como un tipo de energía renovable y limpia, a lo

que se le conoce como energía verde. En el escenario aplicado a una casa, la energía solar puede ser utilizada para la generación de energía eléctrica y calentamiento de agua.

3.8.4.2. Radiación solar. El Sol emite una gran cantidad de energía, en forma de radiaciones electromagnéticas, lo cual se traduce en radiación solar. La tierra recibe en su atmosfera una potencia de $1.7 \cdot 10^4$ kW, de la cual únicamente el 47% alcanza la superficie del planeta, el 30% se refleja de vuelta al espacio y el resto es absorbido por las nubes y océanos. En Guatemala, el valor de radiación solar para todo el país en promedio es de $5.3 \text{ kWh/m}^2/\text{ día}$.

El MEM publicó el siguiente mapa, en donde se puede apreciar de acuerdo a las diferentes escalas de amarillo y naranja, las diferentes cantidades de horas aprovechables de radiación solar horizontal, es decir, las cantidades de horas pico de radiación por región en el país. Es posible apreciar que el departamento de Guatemala cuenta con un promedio de 5.11 horas pico de radiación solar forma diaria.

Ilustración No. 55: Mapa de horas pico en Guatemala.



Fuente: MEM (2010).

En el mapa se puede apreciar que los departamentos de Izabal, Huehuetenango, El Quiché, Alta Verapaz y Petén cuentan con una cantidad mayoritaria de horas de radiación solar máxima en el país. El departamento de Guatemala cuenta con un aproximado de 5 a 6 horas pico de radiación solar máxima diarias, esto depende de las condiciones climáticas.

3.8.5. Tipos de energía solar. Los tipos de energía solar se clasifican en energía solar fotovoltaica, energía solar pasiva y energía solar térmica, dependiendo de la forma en que la radiación solar es capturada, convertida y distribuida como energía. La energía solar fotovoltaica utiliza paneles fotovoltaicos y colectores térmicos solares para capturar la energía. La energía solar pasiva consiste en la orientación de la casa al sol, la selección de materiales con propiedades de masa térmica favorable y el uso de materiales con propiedades de dispersión de luz. La energía solar térmica en una casa puede ser útil para el calentamiento de agua, calefacción del ambiente, refrigeración solar, cocina solar y secadores solares.

Entre sus ventajas, cabe mencionar que es un tipo de energía inagotable, con escaso impacto ambiental, no produce residuos perjudiciales para el medio ambiente, distribuida por todo el mundo, y con más intensidad en las zonas tropicales, costos muy reducidos en operación. Una vez instalada, no hay dependencia de las compañías suministradoras y su mantenimiento es sencillo.

Entre sus desventajas se puede mencionar que los paneles fotovoltaicos contienen agentes químicos peligrosos vitales para su funcionamiento, los cuales en un caso extremo pueden llegar a afectar al ecosistema, el impacto visual de los paneles es desfavorable.

Se ha establecido que la energía solar incidente como electricidad solar puede ayudar a reducir hasta 1,600 millones de toneladas de emisiones de CO₂e para el año 2030 lo cual es equivalente a las emisiones de 450 centrales térmicas de carbón. La energía solar fotovoltaica podrá suministrar electricidad a 2 tercios de la población.

3.8.6. Energía solar fotovoltaica. Proceso en el cual se convierte la energía liberada por el sol, en forma de radiación solar, directamente en energía eléctrica. Al momento en que la luz solar incide sobre la celda fotovoltaica, los fotones con suficiente energía proceden a liberar electrones, de modo que una corriente eléctrica que se extrae de la celda se transforma y adecúa para su consumo. Las celdas fotovoltaicas contienen silicio, el cual es indispensable para convertir la luz solar en electricidad.

La energía producida por los paneles solares es de corriente directa (DC), pero el sistema de electricidad residencial es de corriente alterna (AC), por lo que es necesario hacer una conversión para su uso, la conversión de corrientes se realiza por medio del

inversor, el cual recibe la corriente directa por parte del generador, convirtiéndola en corriente alterna.

3.8.6.1. Paneles solares fotovoltaicos. La cantidad de energía eléctrica que se produce durante un tiempo de referencia siendo éste por día, mes o año, por medio de un panel solar fotovoltaico, depende de tres factores principales: características climatológicas, eficiencia de los módulos fotovoltaicos utilizados, y la cantidad de radiación solar que incide sobre la superficie de los módulos fotovoltaicos, la cual depende, de la orientación e inclinación de los módulos con respecto al Sol.

Se debe garantizar la correcta orientación del módulo fotovoltaico, así como la ausencia de sombras o suciedad sobre los mismos, pues esto provoca que la energía generada sea menor, aún solo queden cubiertas pocas celdas del módulo, esto afecta la eficiencia del sistema. De igual manera es necesario que el ángulo de montaje del módulo sea lo suficientemente amplio para favorecer una circulación adecuada del agua de lluvia para que sean limpiados.

Bajo las condiciones anteriores, se ha establecido que el valor máximo para irradiación directa que puede recibir un panel fotovoltaico de forma diaria es de 1000 W/m² por un aproximado de 5.31 horas al día en la ciudad de Guatemala, a lo cual se le conoce como las horas pico de la radiación solar. La potencia entregada por los paneles fotovoltaicos cuando la radiación se encuentra en su punto máximo viene dado por la unidad de medida Watt-Pico (Wp) se encuentra asociada a la eficiencia del panel fotovoltaico.

3.8.7. Funcionamiento de celdas fotovoltaicas. Las celdas que componen los paneles solares fotovoltaicos son fabricadas con materiales semiconductores, lo cual garantiza que mientras los paneles se encuentren expuestos a la radiación solar, el proceso de generación de electricidad será continuo. La electricidad

producida corresponde a un desplazamiento de electrones. La celda fotovoltaica se compone de dos regiones: región en la que los átomos de silicio se sustituyen por átomos de fósforo, y otra región en la que una parte de los átomos de silicio se sustituyen por átomos de boro.

Cuando la luz solar entra en contacto con el silicio, ésta crea energía en forma de fotones. Los fotones transportan la energía a los átomos de silicio, lo cual lleva a la creación de cargas eléctricas. Los electrones de la zona con fósforo llegarán a los agujeros de con boro, y su movimiento crea una corriente eléctrica.

3.8.8. Instalación, forma y ensamble de paneles solares fotovoltaicos.

Las propiedades de los paneles solares varían según el fabricante, pero en su mayoría han sido diseñados y fabricados de forma cuadrada o rectangular, para el aprovechamiento máximo de la superficie y que así el espacio entre cada celda solar sea el mínimo. Esto también facilita su transporte. Para la instalación de un panel solar fotovoltaico es importante tener en cuenta la superficie de la cual se dispone, es decir que el tejado no cuente con sombras de edificios o arboles adyacentes y que éste sea capaz de resistir el peso de la estructura de los paneles solares.

3.8.9. Análisis regional. Para aprovechar la máxima radiación directa del sol, en una instalación ubicada en el hemisferio norte, la orientación óptima del panel debe ser dirigida hacia el sur, los paneles deben estar inclinados cierto número de grados con respecto a la horizontal, en dependencia a los grados de latitud de cada país o región. En la ciudad de Guatemala, la latitud es 14°. Por lo que lo recomendable para obtener un aprovechamiento máximo, es instalar los paneles solares en dirección al sur, con una inclinación de aproximadamente 14°. La correcta inclinación apoya el efecto auto-limpiante de los módulos, pues se mantendrán limpios por medio de la lluvia.

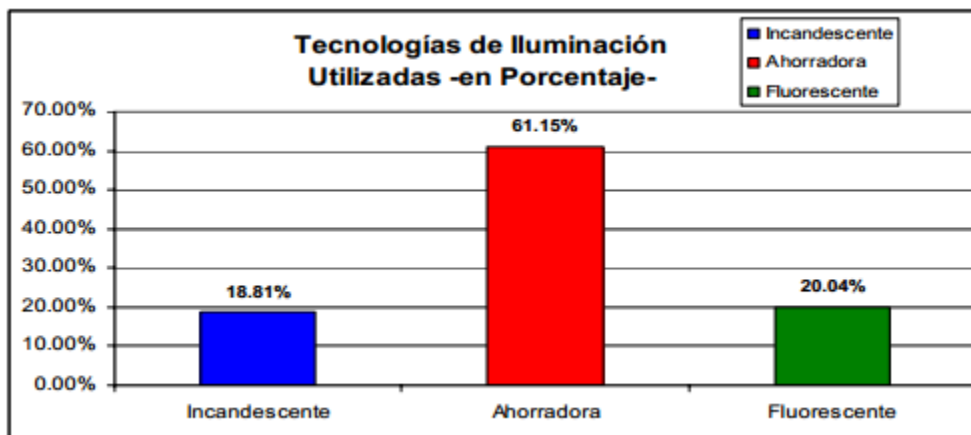
Tabla No. 7: Latitud de principales ubicaciones en Guatemala.

Ubicación	Latitud
Alto de los Cuchumatanes	15°35'N
Amatitlán	14°29'N
Antigua	14°34'N
Ayutla	14°40'N
Chiquimula	14°51'N
Coatepeque	14°46'N
Cobán	15°30'N
Cuchumatanes	15°35'N
Cuilco	15°24'N
Escuintla	14°20'N
Flores	16°59'N
Gualán	15°08'N
Guatemala	14° 37' N
Huehuetenango	15°20'N
Lago de Izabal	15°30'N
<u>Jalapa</u>	14°39'N
La Libertad	16°47'N
Mazatenango	14°35'N
Sierra de las Minas	15°09'N
Motagua	15°44'N
Paz	13°44'N
Lago de Petén Itza	16°58'N
Puerto Barrios	15°40'N
Quetzaltenango	14°50'N
Retalhuleu	14°33'N

Continuación Tabla No. 7: Latitud de principales ubicaciones en Guatemala.	
San Luis, Petén	16°14'N
Tikal	17°13'N
Uaxactún	17°25'N
Zacapa	14°59'N

3.8.10. Tipos de iluminaciones. Según resultados de encuestas realizadas por la EEGSA, el uso de tipos de bombillas en los hogares en el área central del país corresponde 61.15% a bombillas ahorradoras, 20.04% a bombillas fluorescentes, 18.21% a bombillas incandescentes.

Ilustración No. 56: Tecnologías de iluminación utilizadas.



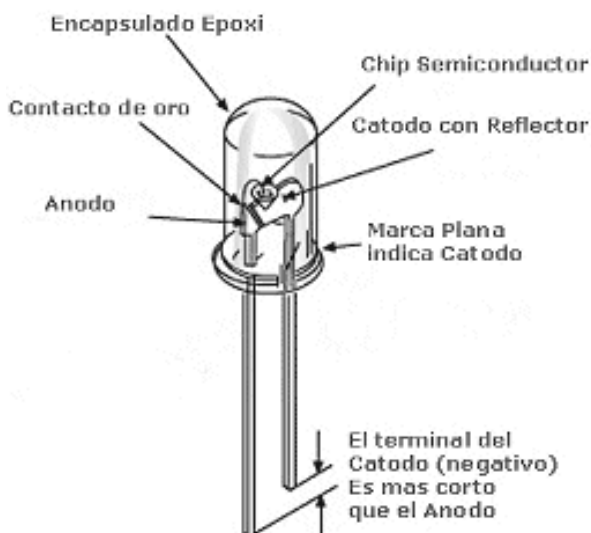
Fuente: CNEE (2013) "Informe de análisis de consumo de electricidad año 2012".

Se puede apreciar que las lámparas LED no se encuentran entre las bombillas más utilizadas en Guatemala, esto se debe a sus altos precios. Debido a que este trabajo consiste en una propuesta verde para mejorar los hogares en Guatemala, se presentan como la mejor opción las lámparas de iluminación artificial LED, presentando datos de

costo-beneficio, tanto ambiental como económico. Los cuales se podrán apreciar a lo largo del trabajo.

3.8.10.1. Iluminación LED. Las siglas “LED” significan "Diodo Emisor de Luz". Las lámparas LED son componentes semiconductores que funcionan por medio de la corriente que los atraviesa, produciendo así luz artificial. La electroluminiscencia se produce debido al diferencial de voltaje, la combinación entre electrones y protones produce la liberación de energía en forma de fotones, generando luz mucho más eficiente que la convencional ya que la conversión energética se da con menos pérdida en forma de calor, tal como ocurre con las bombillas incandescentes tradicionales.

Ilustración No. 57: Partes que conforman un LED.



Fuente: Blogspot (2009) .“Lámparas”.

3.8.10.1.1. Ventajas de su uso.

3.8.10.1.1.1. 80% más eficacia. La iluminación LED consume hasta un 80% menos electricidad que una bombilla incandescente de similares características, las bombillas incandescentes únicamente

convierten el 20% de la energía que consumen en luz. Esto significa hasta un 80% de ahorro en la factura eléctrica en cuanto a la iluminación en el hogar. Las lámparas pueden llegar a contener hasta 80 lúmenes por watt.

3.8.10.1.1.2. Bajo consumo energético. Los focos LED son altamente eficientes y pueden generar ahorros de hasta un 90% respecto a los focos comunes incandescentes, teniendo así una mejor relación costo-beneficio que el resto de bombillas.

3.8.10.1.1.3. Larga vida útil. La vida media de una lámpara LED es de 50.000 horas, frente a las 2.000 de una bombilla estándar incandescente. Esto representa aproximadamente 17 años con un consumo de 8 horas diarias. La larga vida útil de las lámparas LED se debe a que estos no contienen partes mecánicas ni filamentos.

3.8.10.1.1.4. Son ecológicas. En contraste con las bombillas comunes, los LED no contienen tungsteno, ni mercurio como la iluminación fluorescente. Los LED son reciclables, al terminar su vida útil todos los materiales que los componen son reciclables, protegiendo así al medio ambiente.

3.8.10.1.1.5. No emiten calor. Los LED no desperdician energía en el proceso de crear calor, lo cual permite instalar luz en sitios muy complejos, con poco espacio

3.8.10.1.1.6. Bajo mantenimiento. Al tener una vida larga, los productos LED no necesitan ningún mantenimiento. Esto es especialmente importante en entornos en el que es difícil o complicado cambiar bombillas o llevar a cabo mantenimiento.

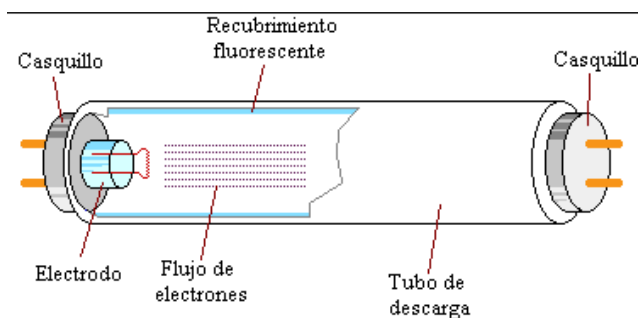
3.8.10.1.2. Desventajas de su uso.

3.8.10.1.2.1. Alto costo. Las lámparas LED tienen la peculiaridad de tener precios altos en comparación con el resto de tipos de bombillas. Los precios varían de acuerdo al diseño, y cantidad de voltios. Para el modelo propuesto de la casa de 100 m² se hará uso de bombillas LED de 3W.

3.8.10.1.2.2. Posibilidad de bajo diseño de calidad. Algunas lámparas LED que han sido fabricadas bajo diseños de estándares de calidad baja pueden presentar variaciones tales como cambio en el color de luz, y la necesidad de ser reemplazadas en un corto lapso de tiempo. Esto puede evitarse al comprar lámparas LED que cuenten con la certificación *Energy Star*, ya que para que las lámparas puedan llegar a contar con esta certificación, deben pasar por varias pruebas de: brillantez, calidad del color, pérdida de calor, eficiencia, iluminación instantánea, y ausencia de consumo de energía cuando estén apagadas.

3.8.10.2. Iluminación fluorescente CFL. Las lámparas ahorradoras de energía se denominan CFL por sus siglas “lámparas fluorescentes compactas”. Las bombillas fluorescentes utilizan un plasma caliente para producir luz ultra violeta (UV), la cual luego es transformada en luz blanca. La luminosidad emitida por una CFL depende de la superficie emisora, por lo que este tipo de lámparas aumentan su superficie doblando o enrollando el tubo de diversas formas. El vapor de mercurio existente dentro de las CFL, al ser excitado eléctricamente, emite radiación ultravioleta que al interactuar con las sustancias químicas del interior de la bombilla genera luz blanca. En comparación con las bombillas incandescentes, utilizan un rango de energía que va entre un 50%-80% menos.

Ilustración No. 58: Partes que conforman una lámpara ahorradora fluorescente.



Fuente: Asífunciona (2011) “Así funcionan las lámparas ahorradoras”.

3.8.10.2.1. Ventajas de su uso.

3.8.10.2.1.1. Eficiencia. Las CFL utilizan 75% menos energía, y producen 75% menos calor en comparación a las bombillas incandescentes tradicionales.

3.8.10.2.1.2. Tiempo de vida. El tiempo de vida promedio de una bombilla CFL es de aproximadamente 10,000 horas. Es decir tarda aproximadamente 10 veces más que una bombilla incandescente convencional en dejar de funcionar.

3.8.10.2.1.3. Precio. Los precios de las bombillas CFL varían dependiendo al diseño, voltaje y color. Pero son relativamente baratas en comparación con las bombillas LED.

3.8.10.2.2. Desventajas.

3.8.10.2.2.1. Toxicidad. Estas bombillas contienen aproximadamente 2-5 mg. de mercurio, por lo cual, al quemarse o quebrarse puede llegar a ser tóxico para las personas que se encuentren en la habitación, por lo que se recomienda abandonar el lugar por aproximadamente 15 minutos para poder luego proceder a recoger los residuos.

3.8.10.2.2.2. Reciclables. Es

necesario someter a las bombillas que ya no puedan ser utilizadas, a procesos de reciclamiento para evitar la contaminación de metales pesados en el medio ambiente. No pueden ser sometidas a procesos de reciclamiento de vidrio, sino que debe ser un proceso de reciclamiento especial para luminaria CFL, preferentemente con el fabricante.

3.8.10.2.2.3. Interferencias. Las CFL

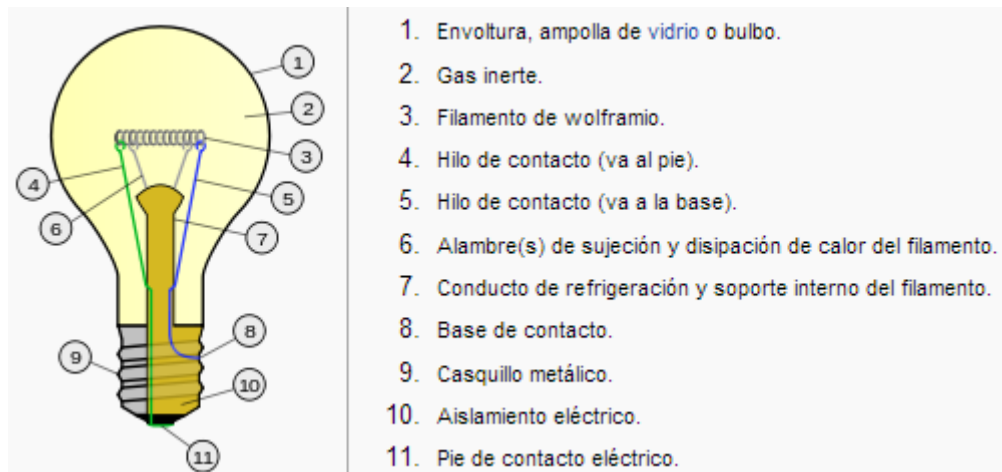
contienen un transformador con un oscilador que produce interferencias de radio y transferencias electromagnéticas. Algunos modelos interfieren con en la banda de 2.4 GHz, por lo que transfieren la cobertura de redes de internet inalámbricas. En equipos de audio, micrófonos, fuentes de alimentación y similares, pueden llegar a producir ruidos y captar señales de radioemisoras.

3.8.10.3. Iluminación incandescente. Las bombillas

incandescentes son dispositivos que crean luz artificial a través del calentamiento por medio del efecto Joule de un filamento de wolframio, mediante el paso de corriente eléctrica. Al pasar corriente por el conductor éste tiende a calentarse; el movimiento de electrones es constante, y éstos se mantienen chocando entre sí. Esos choques producen roce lo cual produce calor. Es esta la razón por la cual aproximadamente 85% de la energía eléctrica que circula por el conductor se pierde en forma de calor. El wolframio se encuentra encerrado en una ampolla de vidrio rellena con un gas inerte tal como el argón, el cual es útil para evitar que el filamento explote debido a las altas temperaturas que alcanza. La estructura de la bombilla se completa con un casquillo en el otro borde, en donde se encuentran las conexiones eléctricas, en donde se permite la conexión a los polos positivo y negativo de la toma eléctrica. Al pie de contacto eléctrico que se encuentra en el extremo del casquillo, se encuentran soldados dos alambres de cobre, de los cuales sus puntas se sueldan a los extremos del filamento dentro de la

ampolla de vidrio. En el Gráfico #7 se pueden observar las partes principales que conforman a una bombilla incandescente:

Ilustración No. 59: Partes que conforman una bombilla incandescente



Fuente: Wikipedia (2013) "Lámparas incandescentes".

3.8.10.3.1. Ventajas de su uso.

3.8.10.3.1.1. Bajo precio. Las bombillas incandescentes cuentan con los precios más bajos del mercado, estando muy por debajo de los precios de las bombillas fluorescentes y especialmente bombillas LED. El precio varía de acuerdo al voltaje y marca de la bombilla.

3.8.10.3.1.2. Luz cálida. Las bombillas incandescentes emiten un color de luz agradable para los hogares, ya que transmite tranquilidad y calidez. Por lo cual las bombillas LED y CFL han desarrollado diversos colores de luces que incluyen colores cálidos para poder suplir la necesidad de contar con luz de color cálido.

3.8.10.3.2. Desventajas de su uso.

3.8.10.3.2.1. Baja eficiencia. Las bombillas incandescentes son consideradas bastante ineficientes ya que únicamente el 15% de la energía consumida se convierte en luz, el 25% se transforma en energía calorífica y el 60% restante se convierte en radiación no perceptible, luz ultravioleta y luz infrarroja, lo cual termina convirtiéndose en calor.

3.8.10.3.2.2. Vida útil corta. Las bombillas incandescentes únicamente cuentan con 1,000 horas de vida útil. Lo cual es únicamente el 10% en comparación con la vida útil de las CFL y el 2% en comparación a la vida útil de las lámparas LED. Por lo que, a pesar de que sean más baratas en el mercado, requieren de una inversión igual o mayor a cualquier otro tipo de bombilla debido a que deben ser reemplazadas en cortos lapsos de tiempo.

3.8.10.4. Equivalencias LED, CFL e incandescentes. Se presentan las equivalencias lumínicas de cada una de las bombillas analizadas. Los datos se encuentran de forma ascendente:

Tabla No. 8: Equivalencias de bombillas LED, CFL e incandescentes.

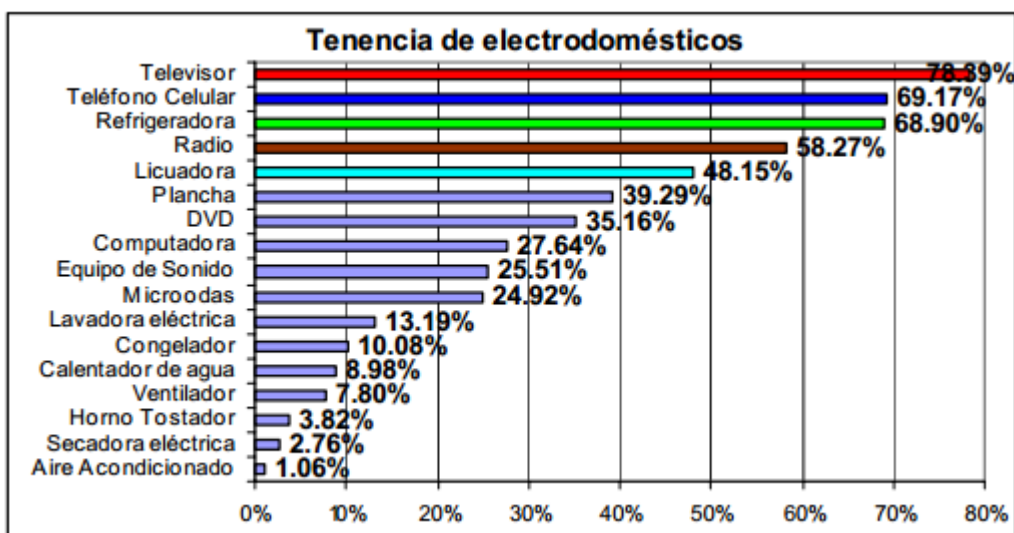
Equivalencias			
Lúmenes (lm)	LED (W)	CFL (W)	Incandescentes (W)
450	4-5	9-13	40
800	6-8	13-15	60
1100	9-13	18-25	75
1600	16-20	23-30	100
2600	25-28	30-55	150
Horas de vida	50,000	10,000	1,000

Fuente: *Energy Star* (2012) “*Energy Star Program Requirements for Integral LED Lamps*”.

3.8.11. Uso de electrodomésticos.

3.8.11.1. Tenencia de electrodomésticos en Guatemala. El uso de productos electrodomésticos corresponde a aproximadamente el 80% de la energía consumida en un hogar. La tenencia de electrodomésticos en la ciudad de Guatemala se puede apreciar en el siguiente gráfico.

Ilustración No. 60: Tenencia de electrodomésticos en Guatemala



Fuente: INDE (2011).

Cada electrodoméstico posee una potencia eléctrica asociada, cuyas unidades son los Watts (W), cuyo valor se encuentra indicado por el fabricante en la etiqueta de datos técnicos del equipo, sin embargo, existen equipos que únicamente indican la corriente eléctrica del equipo (Amperios-A) y el valor del voltaje de la operación del equipo (Voltios-V).

En donde:

- Las unidades de la potencia eléctrica se dan en Watts/Vatios (W)
- Las unidades del voltaje se dan en Voltios (V)
- Las unidades de la corriente eléctrica se dan en Amperios (A)

Al conectar un electrodoméstico a la corriente eléctrica, su consumo depende del tiempo de uso, así como de su potencia eléctrica. Para fines de este trabajo, se presentan datos de tiempo de uso medio de electrodomésticos para obtener un promedio de consumo en kilowatts por hora.

3.8.12. Certificación *Energy Star*. La certificación *Energy Star* fue creada por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, con el propósito de promover los productos eléctricos con consumo altamente eficiente de electricidad, reduciendo de esta forma la huella de carbono emitidas. Esta certificación ayuda a los consumidores a ahorrar dinero y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero mediante el etiquetado de productos de bajo consumo, elevar el nivel de eficiencia energética en la construcción de nuevas viviendas y las prácticas de gestión de energía superiores (área industrial). El nivel de ahorro atribuido a esta certificación son los ahorros logrados por encima del uso promedio de energía de los productos disponibles con anterioridad al uso de productos que estén avalados.

3.8.13. Calentadores de agua.

3.8.13.1. Calentador de agua solar térmico: calentador presurizado con tecnología de placa plana. Un calentador de agua solar de placa plana doméstico, utiliza la radiación solar para calentar el agua a ser utilizada para usos del hogar tales como la ducha, lavado de ropa, lavado de platos, etc. Un calentador de agua solar puede llegar a disminuir el consumo energético utilizado para el calentamiento del agua hasta un 100% al ser eliminado completamente el consumo de calentadores de agua de gas o eléctricos. A pesar de que Guatemala es un país que cuenta con condiciones climatológicas apropiadas para la utilización de estos paneles, su uso no está extendido debido al alto costo de inversión. En varios países desarrollados las normativas estatales ya obligan a utilizar estos sistemas en viviendas de nueva construcción.

Estos calentadores cuentan con alto nivel de eficiencia para capturar la energía solar. Dependiendo de la tecnología y materiales implementados por el fabricante, puede llegar a alcanzar eficiencias de hasta 98%. La diferencia entre el panel solar térmico y los paneles solares fotovoltaicos es que los paneles solares fotovoltaicos no se utilizan para el calentamiento de agua, sino únicamente para generar electricidad a partir de la radiación solar. El tamaño del calentador de agua solar a ser instalado en una casa depende de la cantidad de galones de agua consumida en el hogar, esto en base al número de habitantes. Los modelos para casas van desde 1,000 hasta 2,000 W.

Ilustración No. 61: Calentador de agua solar de placa plana de 150 galones.



Fuente: Cotización con empresa Enerfree (2013).

3.8.13.2. Calentador de agua eléctrico. Son unidades que se encuentran apagadas y sin consumir energía a menos que se haga uso del agua caliente. Estos contienen un sensor de flujo, el cual se activa cuando detectan circulación de agua. Están equipados con resistencias calentadoras de inmersión y no contienen gas. Pueden llegar a tener un 99% de eficiencia en cuanto a la cantidad de energía consumida y aplicada al agua. Estos pueden instalarse en lugares cerrados ya que no requieren de ventilación. Para la correcta selección de la potencia de un calentador de agua eléctrico es necesario conocer la cantidad de agua que se requiere a calentar, más

que todo en base al número de habitantes de la casa. Los modelos de pueden ir de 8,000 a 22,000 W.

Ilustración No. 62: Calentador de agua eléctrico,

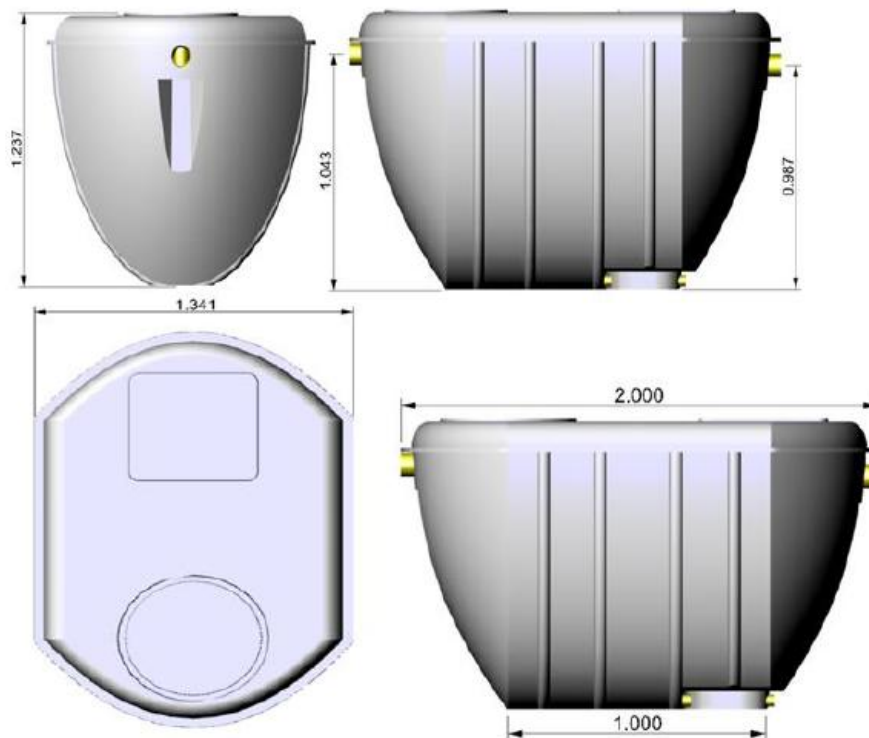


Fuente: Wikipedia (2013) “Calentador de agua”.

3.8.14. Plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas.

3.8.14.1. Planta de tratamiento anaeróbica. Consiste en un procedimiento con ausencia de oxígeno. Este proceso descompone las aguas residuales que entran en dióxido de carbono y metano, eliminando los residuos que puedan crear un impacto ambiental. Las aguas residuales que entran a la planta, entran en contacto con el medio bacteriológico en donde se realiza la liberación de los gases mencionados anteriormente. Este tratamiento no requiere de una bomba de aire, por lo cual es una de las plantas de tratamiento utilizadas con mayor frecuencia. Las aguas previamente tratadas por tratamiento anaeróbico pueden ser reutilizadas para irrigación, lavado de autos, lavado de ropa, entre otras actividades que no requieran uso de agua potable. Puede llegar a alcanzar hasta el 80% de limpieza. A continuación, se presenta el dimensionamiento adecuado de la planta de tratamiento anaeróbica propuesta.

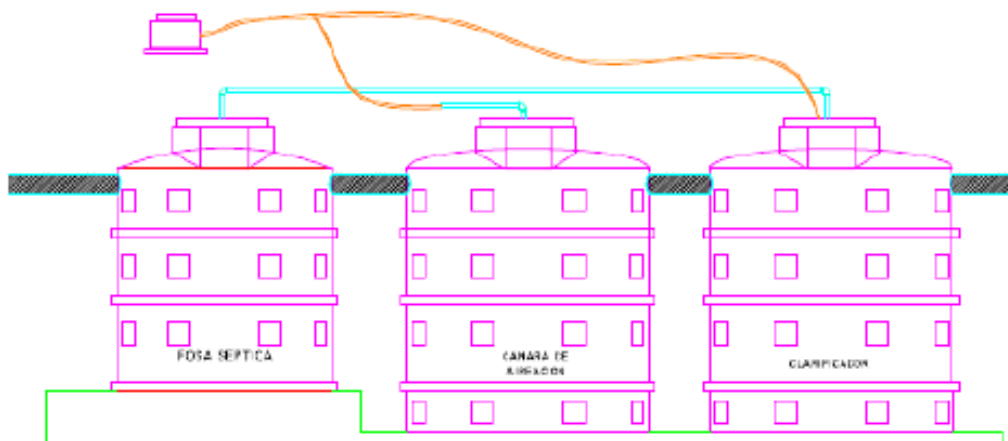
Ilustración No. 63: Planta de tratamiento de aguas residuales anaeróbica



Fuente: Cotización Hydrotecnia (2013).

3.8.14.2. Planta de tratamiento aeróbica. Consiste en un sistema de tratamiento en el cual el lodo activado es continuamente reciclado y puesto en contacto con la materia orgánica presente en el agua desechada, en presencia de oxígeno molecular por medio de la introducción de oxígeno a través de difusores de aire comprimido. Puede llegar a alcanzar hasta el 95% de limpieza. A continuación se presenta un diagrama para ilustrar la planta de tratamiento de aguas aeróbica.

Ilustración No. 64: Diagrama de planta de tratamiento de aguas residuales aeróbica.



Fuente: Cotización Hidrotecnia (2013).

3.9. Ahorro de agua.

3.9.1. Disponibilidad del agua. El agua es una sustancia esencial para la sobrevivencia de toda forma conocida de vida, formada por 2 átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno. Aproximadamente 71% de la superficie de la tierra está conformada por agua, pero la mayor parte de ésta es oceánica. Aproximadamente solo el 3% de toda el agua en el planeta es agua dulce y en su mayor parte no se encuentra disponible para su consumo, debido al difícil acceso para su obtención. Aproximadamente 0.5-1% es agua dulce con un fácil acceso, siendo ésta el agua en los lagos, ríos y agua a poca profundidad de la superficie, de donde pueda extraerse el agua sin mayor dificultad. Estas aguas pueden considerarse como un recurso renovable, ya que se regenera en las temporadas de lluvia, sin embargo, es necesario tener en cuenta que su disponibilidad no es ilimitada. Se estima que aproximadamente el 70% del consumo global de agua es utilizado para la agricultura, 20% es consumido por el sector industrial, y 10% por usos domésticos.

3.9.2. Huella hídrica de Guatemala. La huella hídrica es un índice del volumen total de agua dulce utilizada para la producción de bienes o servicios, consumido por país, individuo, o empresa. El uso del agua se mide por medio del volumen de agua consumida, evaporada o contaminada por unidad de tiempo por individuos. La huella hídrica es un indicador geográfico explícito, que muestra volúmenes de uso, contaminación de agua y sus ubicaciones. Sin embargo, la huella hídrica no proporciona información sobre cómo el agua consumida afecta positiva o negativamente a los recursos locales de agua, los ecosistemas y/o los medios de subsistencia. Guatemala cuenta con una huella hídrica de 983 m³/año *per cápita*, en comparación con el promedio global de huella hídrica, en donde se consume 1,385 m³/año *per cápita*. Los países que cuentan con los más altos índices de huellas hídricas nacionales son los países con más altos niveles de desarrollo y actividad industrial tales como Estados Unidos. Es importante señalar que el reciclaje de aguas residuales es especialmente adecuado para regiones con recursos hídricos limitados en relación con la demanda existente. En Guatemala, el acceso al agua se limita a áreas y regiones exclusivas.

3.9.3. Tarifas de agua empleadas en Guatemala. Empagua es la empresa encargada de proveer agua al sector municipal. La cantidad de dinero que se gasta por el uso de agua en una residencia depende del rango de consumo. Se han establecido cinco rangos de consumo:

- De 1 a 20 m³.
- De 21 a 40 m³.
- De 41 a 60 m³.
- De 61 120 m³.
- De 121 m³ en adelante.

Los consumidores situados en un rango bajo cuentan con los costos más bajos, en tanto que quienes se sitúan en un rango alto tienen un costo más alto. Entre más alto es el rango, mayor es el precio por m³ de agua. De lo anterior se deduce que las residencias que son más cuidadosas en el uso del agua tienen un costo más bajo y que los usuarios que desperdician el agua tienen un costo más alto.

El valor total que el consumidor paga por el agua tiene, además del componente variable determinado por el rango de consumo, otros dos componentes: el valor del alcantarillado, y el costo fijo. El valor del alcantarillado es un valor proporcional del 20 % sobre el costo del agua y el costo fijo, de Q 16. Esto explica por qué, aunque no se consuma agua, siempre hay un costo. En la Tabla #9 se presenta el rango de consumos con sus respectivas tarifas, cargos por alcantarillado y costo fijo, es importante tener en cuenta que estos datos no incluyen el IVA:

Tabla No. 9: Tarifas de consumo EMPAGUA.

Rango de consumo por metro cúbico	Precio del metro cúbico (Sin IVA)	Alcantarillado sobre total de consumo	Cargo Fijo (Sin IVA)
1 a 20	Q 1.12	20%	Q 16.00
21 a 40	Q 1.76	20%	Q 16.00
41 a 60	Q 2.24	20%	Q 16.00
61 a 120	Q 4.48	20%	Q 16.00
121 a más	Q 5.60	20%	Q 16.00

Fuente: Datos proveídos por EMPAGUA (2013).

3.9.4. Contaminación de agua por uso doméstico. Dentro de las contaminaciones generadas por una casa, se encuentran las aguas residuales producidas por el uso doméstico, la cual se divide en aguas negras y aguas grises. Las aguas negras contienen un alto índice de materia orgánica y sólidos, la cual precisa oxígeno, convirtiéndose así en un agente desoxigenador del agua cuando entran en descomposición.

Los principales agentes contaminantes de aguas grises son: detergentes, productos de limpieza, jabones, grasas, disolventes, pinturas, aerosoles, tierra, polvo. Éstas se descomponen a un ritmo mucho más rápido que las aguas negras. Al ser almacenadas en un corto lapso de tiempo tanto como 24 horas, las bacterias presentes consumen todo el oxígeno y las aguas grises se convierten en anaeróbicas. Después de este punto, se convierten en aguas negras, generando malos olores, representando un peligro para la salud.

En promedio, por habitante-día la contaminación en el agua de una casa es la siguiente:

- 90g de sólidos en suspensión (TSS)
- 60g de DBO5
- 120g de COD
- 15g de nitrógeno total
- 4g de fosforo total

3.9.5. Aguas grises. Las aguas grises son aquéllas que han sido alteradas por la actividad humana. Son las aguas residuales de una casa, con la excepción de aquéllas aguas generadas por los inodoros. Por lo general, el 75% de las aguas residuales domésticas son aguas grises, producto del uso de la cocina, lavaplatos, lavamanos, lavadoras de ropa, pilas, agua de bañeras y duchas, que en general contienen residuos de detergentes, grasas, disolventes entre otros. Aunque esta agua contenga grasas, partículas de comida, cabellos y otras impurezas, aún puede ser adecuada su reutilización, para dos propósitos principales: reducir la cantidad de agua necesitada para suplir el uso de agua en una casa convencional y reducir la cantidad de agua que ingresa a las alcantarillas y sistemas sépticos. Las aguas grises contienen hidrocarburos, fosfatos, clorados, y otros químicos contaminantes que limitan el tratamiento para que el agua sea potable. Sin embargo, también contienen potasio lo cual es beneficioso para su reuso.

3.9.6. Aguas negras. Las aguas negras provenientes del uso doméstico son aquellas que son desechadas como producto del uso del inodoro. Se componen 99.99% de agua, y en su mayoría contienen materia tal como sólidos en suspensión. Éstas tienen la presencia de una alta población de microorganismos patógenos entre los cuales se puede mencionar las bacterias *Escherichia Coli*, las cuales suelen estar en el intestino del ser humano; éstas bacterias sirven como un indicador de contaminación fecal. Aparte de microorganismos patógenos, en las aguas negras domésticas también se encuentran microorganismos no patógenos, los cuales son útiles para la descomposición de la materia orgánica. Se estima que 25% del agua desechada en una casa son aguas negras.

3.9.6.1. Reutilización de aguas negras previamente tratadas. Las aguas negras de una casa pueden ser sometidas a tratamientos para su reutilización en diferentes actividades dentro de la casa, como lo es la irrigación, lavado de autos, lavado de ropa, entre otros. Las aguas negras previamente tratadas pueden ser utilizadas después de ser sometidas a un tratamiento biológico. Ya que al ser sometidas a un tratamiento, contienen nutrientes, los cuales aumentan significativamente el rendimiento de las plantas y ayudan a la reducción de costos de fertilizantes y agua potable. También contienen diferentes proporciones de nutrientes útiles para la irrigación tales como el nitrógeno, fósforo, potasio, zinc, boro y azufre.

3.9.7. Requerimientos de agua potable para su uso en una casa. En promedio, un habitante de una casa consume aproximadamente de 220 L de agua de forma diaria. La calidad de agua necesaria para llevar a cabo diversos procesos de uso diario doméstico, se clasifica en agua potable y no potable. Esta clasificación es importante para poder mantener un equilibrio del uso del agua y de los recursos hídricos. No toda el agua utilizada en procesos domésticos necesita ser potable. El optar

por un sistema que reutilice las aguas grises para procesos que no requieren de agua potable, puede ser una alternativa de ahorro de dinero, y de consumo de agua.

Ilustración No. 65: Requerimientos de agua potable en una casa.



Fuente: Master-cim (2009) “¿Cómo podemos contribuir a proteger el medio ambiente?”.

El 56% del agua utilizada en una casa convencional no requiere de agua potable; lo cual señala el hecho que se puede llegar a ahorrar hasta un 56% del agua potable consumida en una casa al ser aprovechada por medio de la reutilización de aguas residuales.

3.9.8. Tratamiento de aguas residuales. A nivel global, el desarrollo, las actividades humanas domésticas e industriales, dependen de los recursos hídricos. La variedad de los usos induce una serie de impactos distintos en la calidad del agua. Por lo cual, en los últimos años se ha implementado sistemas para controlar la contaminación provocada por aguas residuales, por medio de plantas de tratamiento, que remuevan los agentes contaminantes que imposibiliten su reuso. Para esto, el nivel de tratamiento requerido es en función de la capacidad de auto purificación natural de las aguas. El objetivo del tratamiento de las aguas residuales domésticas, es producir aguas no potables pero capaces de ser reutilizables para diversos procesos en el hogar tales como irrigación de plantas, lavado de ropa, agua para inodoros, lavado de carros, etc.

El tratamiento de aguas residuales doméstico requiere de dos sistemas hidráulicos independientes, lo cual es importante planificar desde el momento de construcción de la vivienda para no incurrir en gastos extra. Los dos sistemas hidráulicos consisten en un sistema de drenaje para aguas tratadas y otro sistema para agua potable. Para el sistema hidráulico de aguas grises es esencial implementar un depósito de recogida de agua en base al número de personas que habitarán la vivienda.

3.9.9. Indicadores de calidad. Los indicadores más importantes con los que se cuentan para medir la calidad del agua son la demanda biológica de oxígeno (DBO5), la demanda química de oxígeno (DQO) y sólidos en suspensión (TSS). Esto es aplicable al medir estos factores en el tratamiento de las aguas residuales de entrada y en el agua luego de haber sufrido el tratamiento. DBO se mide de una forma estandarizada de 5 días, de ahí la proveniencia del nombre DBO5. Los nutrientes que las aguas residuales contienen se caracterizan por mediciones de fósforo, nitrógeno y amoníaco. La relación media de DCO/DBO en las aguas residuales domésticas debe ir en un rango de 1.5-2.5. Los valores que deben respetarse en el agua que sale de un sistema de purificación en un tratamiento de 24 horas, son los siguientes:

- DBO5 30 mg O₂ /L
- DCO 125 mg O₂ /L

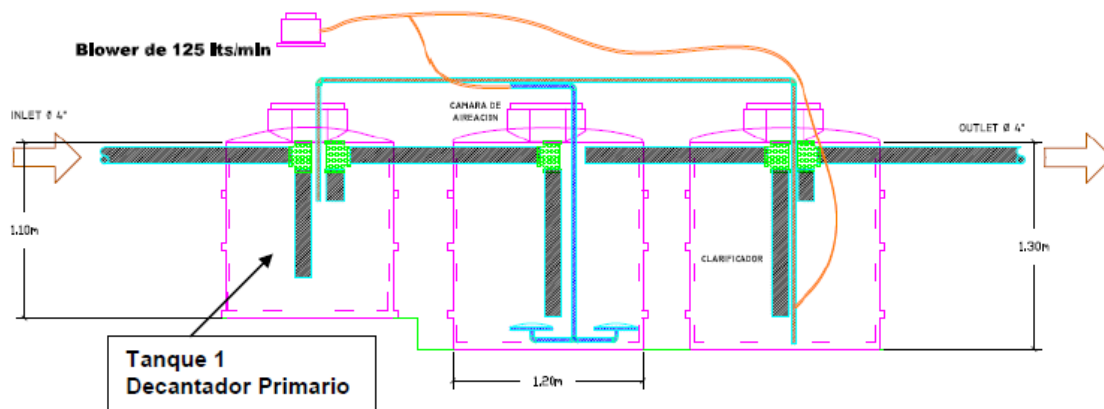
3.9.10. Planta de tratamiento de aguas residuales aeróbica. En este proceso las bacterias aeróbicas, las cuales se encuentran en un tanque al que se le introduce aire, transforman la materia orgánica contaminante (DBO) presente en el agua residual en H₂O y CO₂, formándose en el proceso una nueva masa de microorganismos llamada lodo activado. El lodo activado se encuentra relacionado al ciclo normal de cada lote de agua que es tratado. El tiempo promedio en que los lodos activados permanecen dentro del tanque de aireación, es suficiente para éstos se

estabilicen de mejor manera, con la consecuente ventaja para el manejo posterior de los mismos.

El tratamiento biológico aerobio presenta como ventajas la no generación de malos olores y buena calidad de efluentes bajo condiciones adecuadas de operación. Los productos básicos de la reacción aerobia son dióxido de carbono, agua y nuevos microorganismos que cautivos en el sistema siguen contribuyendo en la remoción de los contaminantes. Este proceso consiste en cuatro etapas primarias:

3.9.10.1. Etapa 1 (Tratamiento primario). Consiste en una tubería de entrada y un decantador primario encargado de remover sólidos gruesos, plásticos, arenas, etc., como también captura las grasas para así remover el material flotante de menor densidad que se encuentre en el agua residual. Los sólidos en suspensión se mantienen en la parte inferior de del tanque y son pre tratados mediante un proceso anaerobio, con el objetivo de reducir la carga contaminante a ser depurada.

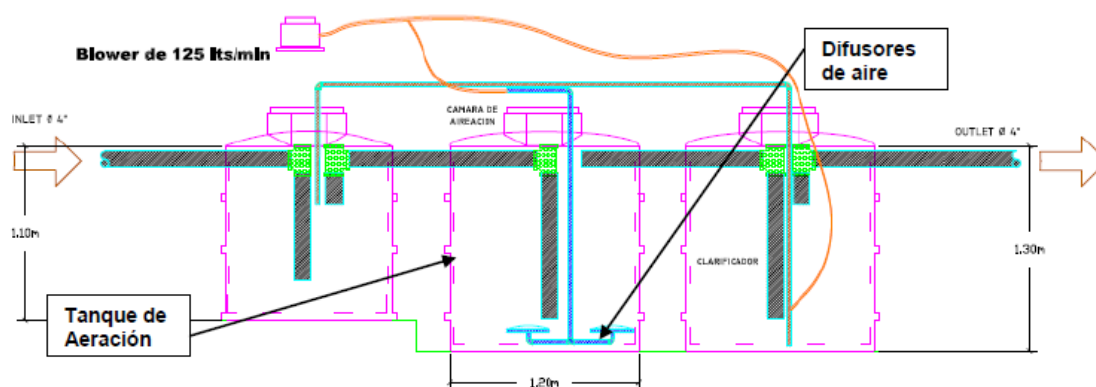
Ilustración No. 66: Etapa 1 de tratamiento de aerobia de aguas residuales.



Fuente: Cotización Hidrotecnia Guatemala

3.9.10.2. Etapa 2 (Tratamiento en tanque de aeración). Por medio de un tubo sumergible, las aguas pre tratadas llegan al fondo del tanque de aeración. La contaminación residual se degrada por las bacterias heterótrofas de tipo aerobia, alimentada por oxígeno eyectado de forma difusa por medio de un compresor, este se conecta a unos difusores de aire de burbuja ubicados en la parte inferior del Tanque de Aeración.

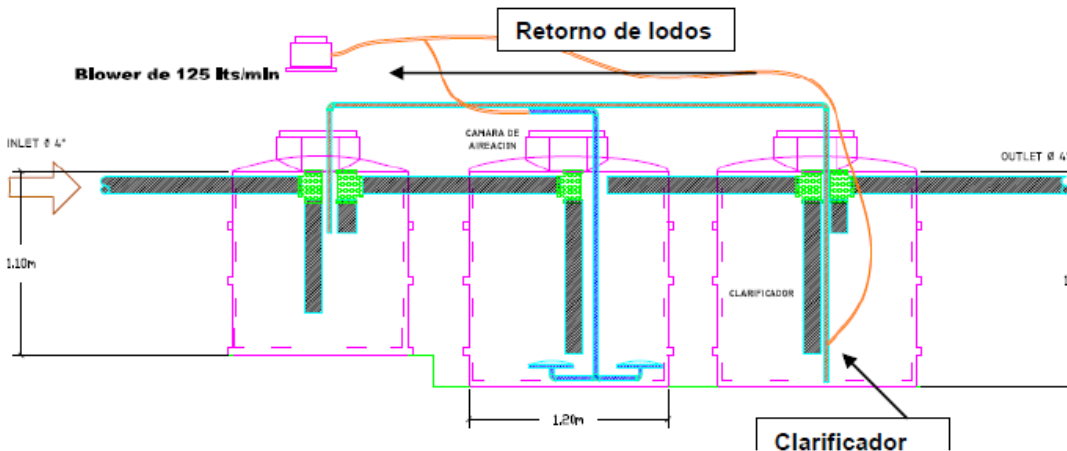
Ilustración No. 67: Etapa 1 de tratamiento de aerobia de aguas residuales.



Fuente: Cotización Hidrotecnia Guatemala

3.9.10.3. Etapa 3 (Tratamiento en tanque clarificador). Los lodos activos sobrantes se concentran en la parte inferior del mismo. El sistema de recirculación aspira los lodos del fondo y por medio del Skimmer se captura la nata que se forma en la parte superior del tanque, estos los lodos se devuelven a al Tanque primario, como tanque de homogenización.

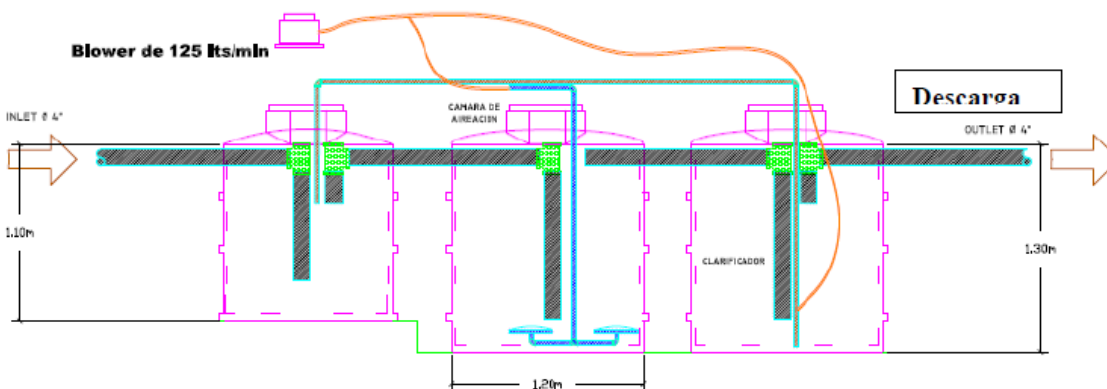
Ilustración No. 68: Etapa 3 de tratamiento de aerobia de aguas residuales.



Fuente: Cotización Hidrotecnia Guatemala

3.9.10.4. Etapa 4. El agua clara sale de la planta por gravedad. Un dispositivo de seguridad impide que cuerpos flotantes se introduzcan en el medio receptor. En esta tapa, el agua se encuentra libre de olor y color y es capaz de utilizarse para usos domésticos que no requieran de agua potable tal como irrigación, uso de inodoros, etc.

Ilustración No. 69: Etapa 4 de tratamiento de aerobia de aguas residuales.



Fuente: Cotización Hidrotecnia Guatemala

3.9.11. Beneficios del tratamiento de aguas residuales domésticas.

- 56% reducción de demanda de agua potable, es decir, 56% del agua utilizada puede ser generada por una planta de tratamiento de aguas residuales adecuada.
- Las aguas tratadas pueden ser reutilizadas para la irrigación en los jardines, y esto conlleva ventajas ya que el agua residual tratada contiene nutrientes tales como nitrógeno, fósforo y potasio, los cuales aportan nutrientes a las plantas y a la tierra.
- Reducción de CH_4 por parte de las aguas residuales desechadas en una casa, lo cual ayuda a la reducción de la huella de carbono, lo que lo convierte en una acción ambientalmente responsable.
- El agua requerida para el uso de inodoros, lo cual representa un 25% del consumo, puede ser sustituida por aguas residuales tratadas.

4. RESULTADOS

4.1. Impacto ambiental del uso de madera y bambú.

En ambos casos se determinó la huella de carbono a través de tablas especializadas de construcción, enfocadas en la huella de carbono (véase anexos), para que los resultados fuesen representativos y lo más cercano a la realidad, tomando en cuenta no solo la huella de carbono de los materiales, si no del transporte de los mismos y el transporte de los trabajadores.

De la siguiente tabla, se hicieron los cálculos de la emisión de CO₂ tanto para los materiales a utilizar, como el transporte de las personas involucradas en la construcción de una casa de madera. Esto es con el fin de tomar en cuenta todas aquellas fuentes, primarias como secundarias de emisión de CO₂.

Tabla No. 10: (Emisiones de CO₂ para la madera)

Material	Unidades (m ³)	Emisión de CO ₂ (kg de CO ₂ por unidad)	Emisión de CO ₂ (en kg)
Madera	1008.54	1.73	1744.8
Hierro	0.1233	3020	2906.0
Plywood	0.9439	450	94.0
Concreto	2.7	740	3727.0
Bloque	0.3520	60	24.0
		Total	8,495.77

* A excepción de la madera, que está calculada sobre kilogramos en base al volumen y la densidad del pino Maximinoi, todos los demás materiales fueron calculados utilizando el volumen de estos.

(Enviroment Agency, 2007)

Continuación - Tabla No. 10: (Emisiones de CO₂ para la madera)

Transporte	Kilómetros	Kg de CO ₂ por tipo de transporte/litros)	# de viajes	Emisión de CO ₂ (en kg)
Flete	25	2.61	5	41.17
Supervisor	20	2.38	48	216.22
Albañil	25	2.61	8	1.65
Ayudante de albañil	25	2.61	8	1.65
Carpinteros	25	2.61	14	5.76
Ayudante de carpintero	25	2.61	14	2.88
Total				269.33 kg de CO₂

(Oficina Catalana del Canvi Climàtic, 2011)

Huella de CO ₂ total	8,765.10 kg de CO ₂
---------------------------------	--------------------------------

La suma de los procesos principales para la construcción de la casa proporcionada, da una huella de carbono global 8,765.10 kg de CO₂. Este es analizado con profundidad en disminución de huella de carbono, página 29.

La forma como se calculó la huella de carbono de la madera fue utilizando una calculadora de CO₂, hecha por *Enviroment Agency*, que tiene la información específica de materiales de construcción, las densidades de los materiales y la cantidad de CO₂ que se emite por tonelada métrica de los mismos. Además también toma en cuenta el transporte de los mismos. Para todos los materiales se calculó 20 kilómetros de distancia en el transporte hacia el lugar de construcción. En la Tabla No. 11 se realizó el mismo análisis de CO₂ para el bambú.

Tabla No. 11: (Emisiones de CO₂ para el bambú)

Material	Unidades (m ³)	Emisión de CO ₂ (kg de CO ₂ por tonelada	Emisión de CO ₂ (en kg)
Bambú	76.00	-2.68	-203.7
Hierro	0.2016	3020	4752.0
Madera	2.83	1.73	4.90
Concreto	2.592	740	3578.0
Cernido	0.8530	60	2956.0
		Total	11,087.22

* A excepción del bambú, que está calculado sobre un metro lineal de la especie Guagua, todos los demás materiales fueron calculados utilizando el volumen de éstos. En esta tabla el bambú es medido en metros lineales, no en metros cúbicos.

(Enviroment Agency, 2007)

Transporte	Kilómetros	Emisión de CO ₂ (kg de CO ₂ por tipo de transporte/litros)	# de viajes	Emisión de CO ₂ (en kg)
Flete	25	2.61	5	41.17
Supervisor	20	2.38	30	135.14
Albañiles	25	2.61	15	6.17
Ayudantes de albañil	25	2.61	15	6.17
			Total	188.65

(Oficina Catalana del Canvi Climàtic, 2011)

Huella de CO ₂ total	11,275.88 kg de CO ₂
---------------------------------	---------------------------------

La suma de los procesos principales para la construcción de la casa proporcionada, da una huella de carbono global de 11,275.88 kg de CO₂. Realizando un análisis comparativo, directamente en las huellas de carbono totales, vemos que esta es 28.65% mayor que la de la madera.

4.1.1. Disminución de huella de carbono.

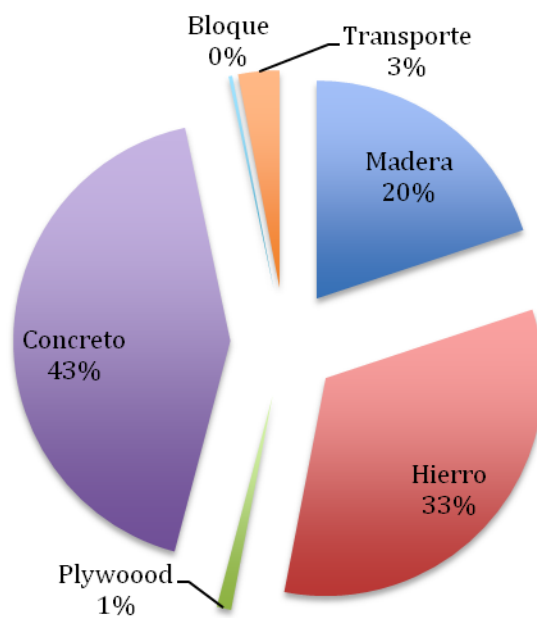
Tabla No. 12: (Disminución de CO₂ de la madera)

Material	Aportación porcentual de CO ₂
Madera	19.91%
Hierro	33.15%
Plywood	1.07%
Concreto	42.52%
Bloque	0.27%
Transporte	3.07%

(Tabla propia)

Ilustración No. 70: (Disminución de CO₂ de la madera).

Aportación porcentual de CO₂ de la madera



(Gráfica propia)

Analizando la tabla y gráfica de aportación de CO₂ de la madera, podemos observar que más del 42.52% del impacto ambiental, respecto a la huella de carbono proviene del uso de concreto. El concreto en este caso, se utiliza para la cimentación de la casa.

Por lo tanto se podría reducir hasta 3.73 toneladas de CO₂ si se pudiese realizar otro tipo de cimentación más sencilla que no involucre concreto (tomando en cuenta que el diseño de la casa es sencillo), o pensar en hacer la casa de un único nivel para que este material pueda ser prácticamente erradicado, y con él, una gran parte de la emisión total de huella de carbono.

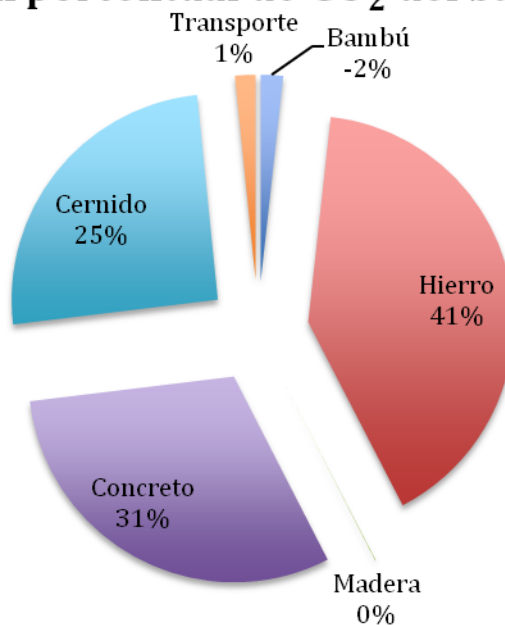
Tabla No. 13: (Disminución de CO₂ del bambú).

Material	Aportación porcentual de CO ₂
Bambú	-1.81%
Hierro	42.14%
Madera	0.04%
Concreto	31.73%
Cernido	26.22%
Transporte	1.67%

(Fuente propia)

Ilustración No.71: (Disminución de CO₂ del bambú).

Aportación porcentual de CO₂ del bambú



(Gráfica propia)

La aportación de CO₂ que proviene del uso de hierro es la más significativa, con un impacto de materiales global, de más del 42.14%. Además interesantemente, el bambú posee una huella de carbono positiva, es decir, fija más CO₂ en su ciclo de vida, que el que aporta como material de construcción, considerando la maquinaria y el transporte hacia la capital de las áreas de Escuintla, lugar de siembra en Guatemala.

El hierro se utiliza de para la el soporte de las estructuras de la casa, además de otros puntos y acabados de la casa.

4.2. Análisis financiero del uso de madera y bambú.

El análisis financiero del uso de la madera y el bambú se enfoca en dos puntos, realizar un análisis de costo beneficio respecto a las emisiones de CO₂, y crear una guía sencilla y fácil de entender acerca de cómo llevar un control de costos y gastos básicos para la construcción de estas viviendas. Determinar cuáles son las variables más sensibles de los costos también una prioridad en este segmento.

4.2.1. Madera. Las clasificaciones de las unidades básicas de medición son de gran importancia para llevar un adecuado control de inventario y cálculo de costos directos e indirectos respecto a los materiales que se utilizan dentro de la construcción.

Los costos de la madera, varían según la calidad de la misma, aunque su uso en la construcción no varía mucho según su calidad. Para los cálculos de los materiales se calculó el volumen de cada material, y luego según la tabla de densidades y emisión de CO₂ de cada material, se multiplicó el factor de emisión por el número de unidades y el transporte también fue tomado en cuenta.

Tabla No. 14: (Costos presentes de madera y unidades de cada material).

Material	Unidad	# de unidades	Costo (por unidad)
Madera	pie tabla	82.68	Q10.95
Varillas roscadas	unidad	30.00	Q20.00
Angulares 2"x2"x1/8"	Perfil	60.00	Q175.00
Angulares 3"x3"x1/8"	Perfil	15.00	Q250.00
Plywood	unidad	25.00	Q125.00
Lamina	unidad	11.00	Q92.35
Pernos	Unidad	71.00	Q9.38
Varillas #3	Unidad	17.00	Q27.22
Concreto	Metro cúbico	2.70	Q1,088.08
Bloque	Unidad	50.00	Q4.22

(Listado de precios de empresa B, 2013)

Tabla No. 15: (Costos totales de la madera).

Material	Totales	Porcentaje
Madera	Q10,174.02	51.25%
Varillas roscadas	Q600.00	3.02%
Angulares	Q60.33	0.30%
Plywood	Q3,125.00	15.74%
Lamina	Q1,015.85	5.12%
Pernos	Q665.98	3.35%
Varillas	Q1,062.74	5.35%
Concreto	Q2,937.82	14.80%
Bloque	Q211.00	1.06%

(Fuente propia)

Total	Q19,852.73
-------	------------

De forma parecida la clasificación de mano de obra es importante para poder tomar mejores decisiones, en conjunto con la información que nos puede dar la clasificación de costos directos e indirectos, para establecer márgenes deseados y hacer un sistema de precios adecuado.

Tabla No. 16: (Clasificación de los trabajadores).

Trabajador	Totales	Porcentaje	Tipo de mano de obra
Supervisor	Q1,860.27	20.52%	Mano de obra indirecta
Albañil	Q1,317.65	14.54%	Mano de obra directa
Ayudante de albañil	Q922.35	10.18%	Mano de obra directa
Carpinteros	Q3,360.00	37.07%	Mano de obra directa
Prestaciones	Q1,603.71	17.69%	Gastos laborales

Total	Q9,063.98
-------	-----------

Los sueldos asignados fueron calculados de acuerdo al trabajo por día, tomando en cuenta un pago variable del supervisor de 10%, Q100 para los albañiles al día, Q70 para los ayudantes de albañil y Q560 al día para los dos carpinteros y su ayudante. La clasificación de mano de obra se realizó bajo el criterio de participación directa en la realización de la obra. Esto permite identificar aquella mano de obra indispensable para trabajar, de la que no lo puede ser en dado momento.

Otros gastos que están asociados a la construcción de esta vivienda y, en general con muchas otras fueron:

Tabla No. 17: (Gastos presentes en la construcción con madera).

Gasto	Totales	Porcentaje
Licencia municipalidad	Q893.37	28.49%
Andamios y materiales	Q992.64	31.65%
Transporte (flete)	Q1,250.00	39.86%
Total	Q3,092.83	

(Fuente propia)

Asumiendo un gasto aproximado de 4.5% sobre el valor del inmueble en concepto de pago de licencia hacia la municipalidad correspondiente, 5% de gasto para andamios y otras herramientas y materiales básicos para la construcción y un máximo de 5 viajes en flete para el transporte de materiales, desechos de construcción y otros, a un precio estimado de Q12.5 por kilómetro. La sumatoria de todos los costos y gastos dan un gran total de:

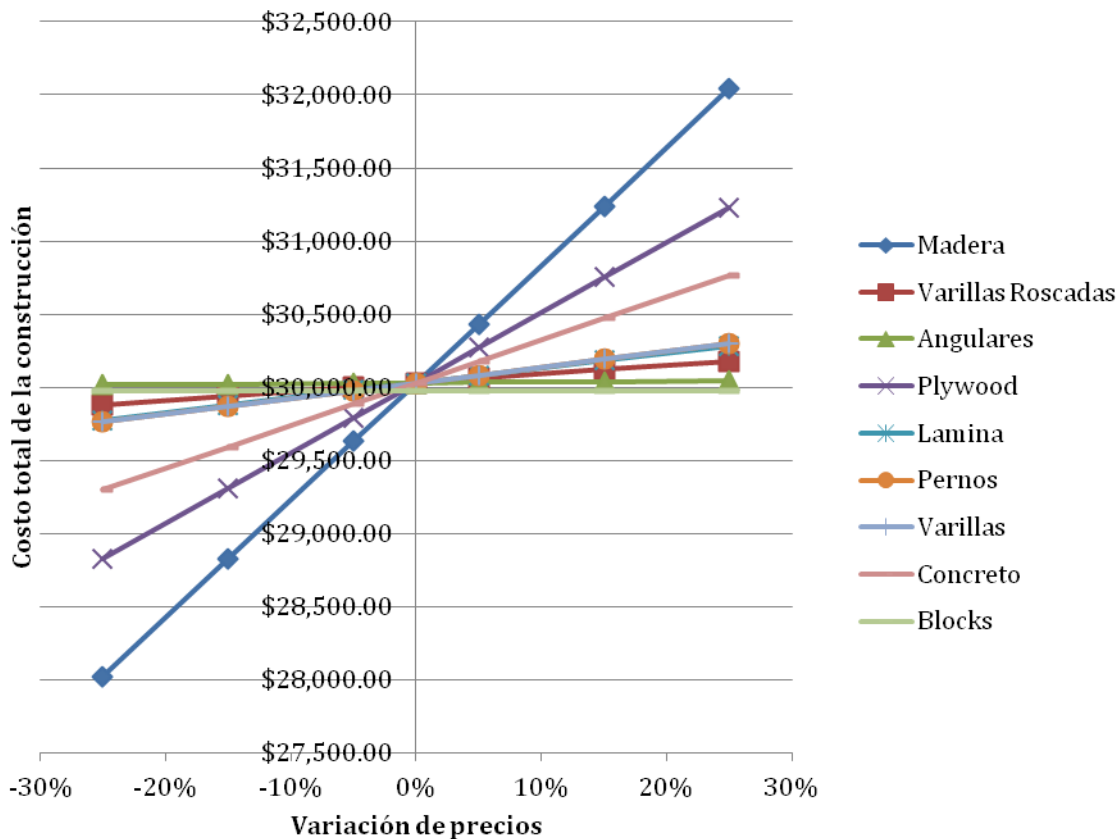
Sumatoria de Costos y Gastos	Q30,683.97
------------------------------	------------

(Fuente propia)

Estos son los costos y gastos necesarios para realizar la construcción de la vivienda planteada de 45.6 m², utilizando la madera como el material principal.

4.2.1.1. Análisis de sensibilidad, madera. Para el análisis de sensibilidad se pretende demostrar numéricamente, cuales son los materiales más sensibles al cambio de precios del mercado, por medio de distintos escenarios que contemplan no solo los materiales, si no los demás gastos también. Esto permitirá identificar aquellos materiales que son más importantes de negociar y de controlar los precios de los mismos, por medio de contratos forward por ejemplo.

Ilustración No. 72: (Análisis de sensibilidad para la madera).



(Gráfica propia)

Del análisis de sensibilidad se logra identificar tres variables sobresalientes y sensibles a los cambios de los precios, la madera, el Plywood y el concreto. Estos son los materiales más importantes a controlar y negociar precios establecidos que no afecten ni eleven innecesariamente la estructura de costos establecida antes de iniciar el proyecto.

4.2.2. Bambú. Las clasificaciones de las unidades básicas de medición son de gran importancia para llevar un adecuado control de inventario y cálculo de costos directos e indirectos respecto a los materiales que se utilizan dentro de la construcción.

Tabla No. 18: (Costos presentes por el bambú).

Material	Unidad	# de unidades	Costo (por unidad)
Bambú d = 10 cm	Metro lineal	44.00	Q60.00
Bambú d = 12 cm	Metro lineal	21.00	Q75.00
Bambú d = 15 cm	Metro lineal	3.00	Q90.00
Bambú d = 18 cm	Metro lineal	8.00	Q105.00
Madera calidad media	Pie tabla	13.12	Q9.00
Barras enroscadas d = 3/8"	Tres metros	190.00	Q20.00
Varillas # 3	Unidad	27.22	Q27.22
Lamina de techo (81 cm x 12')	Unidad	11.00	Q92.35
Pernos	Unidad	70.00	Q9.38
Concreto m ³ (280 kg/cm ²)	Metro cúbico	1.58	Q1,164.24
Concreto m ³ (210 kg/cm ²)	Metro cúbico	1.01	Q1,088.08
	Metro		
Esterilla y acabados m ²	cuadrado	170.60	Q91.70

(Listado de precios de empresa B, 2013)

Tabla No. 19: (Costos totales de bambú).

Material	Totales	Porcentaje
Bambú	Q18,220.50	44.67%
Barras roscadas	Q475.00	1.16%
Laminas de techo	Q1,015.85	2.49%
Pernos	Q656.60	1.61%
Esterilla, malla y cernido	Q15,644.02	38.36%
Madera	Q118.08	0.29%
Varillas	Q1,714.86	4.20%
Concreto	Q2,940.94	7.21%

(Fuente propia).

Total	Q40,785.85
-------	------------

(Fuente propia).

De forma parecida la clasificación de mano de obra es importante para poder tomar mejores decisiones, en conjunto con la información que nos puede dar la clasificación de costos directos e indirectos, para establecer márgenes deseados y hacer un sistema de precios adecuado.

Tabla No. 20: (Clasificación de los trabajadores).

Trabajador	Totales	Porcentaje	Tipo de mano de obra
Supervisor	Q3,853.49	40.13%	Mano de obra indirecta
Albañiles (2)	Q3,000.00	31.24%	Mano de obra directa
Ayudantes de albañil (2)	Q1,050.00	10.93%	Mano de obra directa
Prestaciones	Q1,698.99	17.69%	Gastos laborales

Total	Q9,602.47
-------	-----------

(Fuente propia).

Los sueldos asignados fueron calculados en base a trabajo por día, tomando en cuenta un pago variable del supervisor de 10%, Q100 para los albañiles al día, Q70 para los ayudantes de albañil. La clasificación de mano de obra se realizó bajo el criterio de participación directa en la realización de la obra. Esto permite identificar aquella mano de obra indispensable para trabajar, de la que no lo puede ser en dado momento. Otros gastos que están asociados a la construcción de esta vivienda, son:

Tabla No. 21: (Gastos presentes en la construcción de bambú).

Gasto	Totales	Porcentaje
Licencia municipalidad	Q1,835.36	35.81%
Andamios y materiales	Q2,039.29	39.79%
Transporte (flete)	Q1,250.00	24.39%

Sumatoria de costos y gastos	Q5,124.66
------------------------------	-----------

(Fuente propia).

Asumiendo un gasto aproximado de 4.5% sobre el valor del inmueble en concepto de pago de licencia hacia la municipalidad correspondiente, 5% de gasto para andamios y otras herramientas y materiales básicos para la construcción y un máximo de 5 viajes en flete para el transporte de materiales, desechos de construcción y otros, a un precio estimado de Q12.5 el kilómetro. La sumatoria de todos los costos y gastos dan un gran total de:

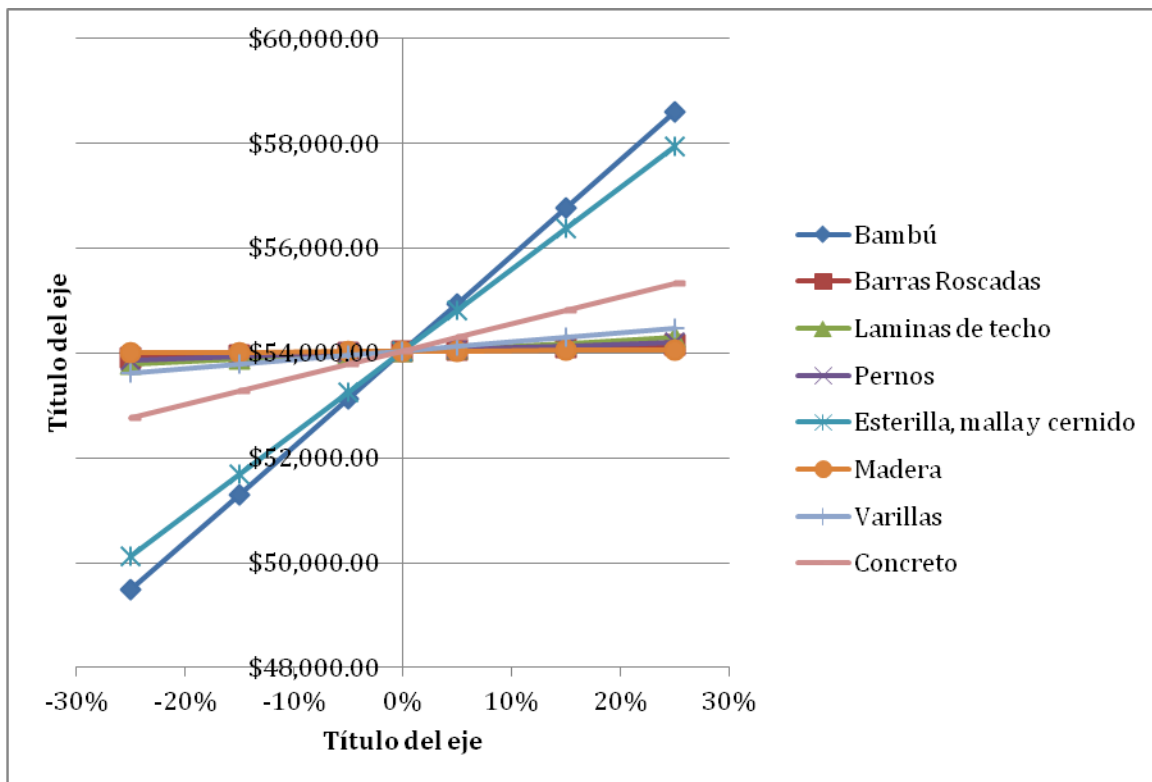
Sumatoria de costos y gastos	Q53,048.13
------------------------------	------------

(Fuente propia).

Comparado esta sumatoria con el gran total de madera, este es casi 80% más alto que la sumatoria de costos y gastos, lo cual es bastante significativo.

4.2.2.1. Análisis de sensibilidad, bambú.

Ilustración No. 73: (Análisis de sensibilidad para el bambú).



Del análisis de sensibilidad se logra identificar tres variables sobresalientes y sensibles a los cambios de los precios, el bambú, el cernido y el concreto. Estos son los materiales más importantes a controlar y negociar precios establecidos que no afecten ni eleven innecesariamente la estructura de costos establecida antes de iniciar el proyecto.

Es interesante notar que en ambos casos el orden de sensibilidad para ambos materiales fue el mismo, el material principal (madera y bambú), el cubrimiento o relleno (plywood y cernido), y el concreto de para la cimentación.

4.3. Ladrillo.

4.3.1. Costos.

Tabla No. 22: (Precio de los materiales).

Descripción	Unidad	Precio
Ladrillo Supertabique		
11x19x39	unidad	Q4.07
Acero. Varilla No. 2	quintales	Q368.28
Acero. Varilla No. 3	quintales	Q368.28
Acero. Varilla No. 4	quintales	Q368.28
Concreto	m3	Q1,084.16

Fuente: propia

Tabla No. 23: (Materiales a utilizar).

Descripción	cantidad
Ladrillo Supertabique	
11x19x39	1,469
Acero. Varilla No. 2	2
Acero. Varilla No. 3	12
Acero. Varilla No. 4	9
Concreto	11

Fuente: propia.

Tabla No. 24: (Costo total materiales).

Descripción	Precio
Ladrillo Supertabique	
11x19x39	Q5,979.42
Acero. Varilla No. 2	Q858.09
Acero. Varilla No. 3	Q4,419.36
Acero. Varilla No. 4	Q3,185.64
Concreto	Q11,654.72
Total	Q26,097.23

Fuente: propia

Tabla No. 25: (Costo mano de obra).

Actividad	Trabajador	Total hrs.	Total días	Costo/día	Costo total
Trazo, excavación, instalaciones bajo piso	Albañil	12.45	1.56	Q100.00	Q 155.68
	Ayudante	11.55	1.44	Q70.00	Q 101.08
Relleno de zanjas	Albañil	1.23	0.15	Q100.00	Q 15.43
	Ayudante	1.23	0.15	Q70.00	Q 10.80
Armado losa de cimentación	Albañil	5.70	0.71	Q100.00	Q 71.25
	Ayudante	4.56	0.57	Q70.00	Q 39.90
Encofrado + Fundición losa de cimentación	Albañil	3.65	0.46	Q100.00	Q 45.60
	Ayudante	2.85	0.36	Q70.00	Q 24.94
Levantado muro de mampostería nivel 1	Albañil	51.41	6.43	Q100.00	Q 642.60
	Ayudante	17.14	2.14	Q70.00	Q 149.94
Resanado de muros nivel 1	Albañil	5.71	0.71	Q100.00	Q 71.40
	Ayudante	11.42	1.43	Q70.00	Q 99.96
Armado losa de entrepiso	Albañil	4.56	0.57	Q100.00	Q 57.00
	Ayudante	3.08	0.38	Q70.00	Q 26.93

Continuación - Tabla No. 25: (Costo mano de obra).					
Encofrado + fundición losa de entrepiso	Albañil	9.58	1.20	Q100.00	Q 119.70
	Ayudante	6.04	0.76	Q70.00	Q 52.87
Levantado muro de mampostería nivel 2	Albañil	49.10	6.14	Q100.00	Q 613.80
	Ayudante	16.37	2.05	Q70.00	Q 143.22
Resanado de muros nivel 1	Albañil	5.46	0.68	Q100.00	Q 68.20
	Ayudante	10.91	1.36	Q70.00	Q 95.48
Armado losa de techo	Albañil	4.56	0.57	Q100.00	Q 57.00
	Ayudante	3.08	0.38	Q70.00	Q 26.93
Encofrado + Fundición losa de techo	Albañil	9.58	1.20	Q100.00	Q 119.70
	Ayudante	6.04	0.76	Q70.00	Q 52.87
Obra civil complementaria	Albañil	22.80	2.85	Q100.00	Q 285.00
	Ayudante	45.60	5.70	Q70.00	Q 399.00
Total			40.71		Q 3,546.28

Fuente: propia

Tabla No. 26: (Gastos % sobre costo total).

Descripción	Cantidad
Supervisor	12.2%
Andamios y materiales	5.0%
Licencia	
Municipalidad	4.5%
Transporte	3.0%

Fuente: propia

Tabla No. 27: (Costo materiales + mano de obra).

Descripción	Cantidad
Materiales	Q26,097.23
Mano de obra directa	Q4,308.74
Total	Q30,405.97

Fuente: propia

Tabla No. 28: (Gastos).

Descripción	Cantidad
Supervisor	Q3,694.33
Andamios y materiales	Q1,520.30
Licencia Municipalidad	Q1,368.27
Transporte	Q912.18
Total	Q7,495.07

Fuente: propia

Tabla No. 29: (Costos directos + gastos).

Descripción	Cantidad
Costos directos	Q30,405.97
Gastos	Q7,495.07
Total	Q37,901.04

Fuente: propia

4.4. Bloque.

4.4.1. Costos.

Tabla No. 30: (Precio de los materiales).

Descripción	Unidad	Precio
Bloques de concreto	unidad	Q4.22
Acero. Varilla No. 2	quintales	Q368.28
Acero. Varilla No. 3	quintales	Q368.28
Acero. Varilla No. 4	quintales	Q368.28
Acero. Varilla No. 5	quintales	Q368.28
Concreto	m3	Q1,084.16

Fuente: propia

Tabla No. 31: (Materiales a utilizar).

Descripción	Cantidad
Bloques de concreto	1,469
Acero. Varilla No. 2	1.51
Acero. Varilla No. 3	23.26
Acero. Varilla No. 4	4.42
Acero. Varilla No. 5	1.68
Concreto	12

Fuente: propia

Tabla No. 32: (Costo total materiales).

Descripción	Precio
Bloques de concreto	Q6,194.03
Acero. Varilla No. 2	Q556.84
Acero. Varilla No. 3	Q8,567.67
Acero. Varilla No. 4	Q1,627.81
Acero. Varilla No. 5	Q618.71
Concreto	Q13,133.24
Total	Q30,698.30

Fuente: propia

Tabla No. 33: (Costo mano de obra).

Actividad	Trabajador	Total hrs.	Total días	Costo/día	Costo total
Trazo, excavación, instalaciones	Albañil	12.45	1.56	Q121.50	Q 189.15
bajo piso	Ayudante	11.55	1.44	Q85.05	Q 122.81
Relleno de zanjas	Albañil	1.23	0.15	Q121.50	Q 18.75
	Ayudante	1.23	0.15	Q85.05	Q 13.13
Armado losa de cimentación	Albañil	5.70	0.71	Q121.50	Q 86.57
	Ayudante	4.56	0.57	Q85.05	Q 48.48
Encofrado + fundición losa de cimentación	Albañil	3.65	0.46	Q121.50	Q 55.40
	Ayudante	2.85	0.36	Q85.05	Q 30.30
Levantado muro de mampostería nivel 1	Albañil	51.41	6.43	Q121.50	Q 780.76
	Ayudante	17.14	2.14	Q85.05	Q 182.18
Resanado de muros nivel 1	Albañil	5.71	0.71	Q121.50	Q 86.75
	Ayudante	11.42	1.43	Q85.05	Q 121.45
Armado losa de entrepiso	Albañil	4.56	0.57	Q121.50	Q 69.26
	Ayudante	3.08	0.38	Q85.05	Q 32.72
Encofrado + fundición losa de entrepiso	Albañil	9.58	1.20	Q121.50	Q 145.44
	Ayudante	6.04	0.76	Q85.05	Q 64.23

Continuación - Tabla No. 33: (Costo mano de obra).

Levantado muro de mampostería nivel 2	Albañil	49.10	6.14	Q121.50	Q 745.77
	Ayudante	16.37	2.05	Q85.05	Q 174.01
Resanado de muros nivel 1	Albañil	5.46	0.68	Q121.50	Q 82.86
	Ayudante	10.91	1.36	Q85.05	Q 116.01
Armado losa de techo	Albañil	4.56	0.57	Q121.50	Q 69.26
	Ayudante	3.08	0.38	Q85.05	Q 32.72
Encofrado + Fundición losa de techo	Albañil	9.58	1.20	Q121.50	Q 145.44
	Ayudante	6.04	0.76	Q85.05	Q 64.23
Obra civil complementaria	Albañil	22.80	2.85	Q121.50	Q 346.28
	Ayudante	45.60	5.70	Q85.05	Q 484.79
Total			40.71		Q 4,308.74

Fuente: propia

Tabla No. 34: (Gastos % sobre costo total).

Descripción	Cantidad
Supervisor	12.2%
Andamios y materiales	5.0%
Licencia	
Municipalidad	4.5%
Transporte	3.0%

Fuente: propia

Tabla No. 35: (Costo materiales + mano de obra).

Descripción	Cantidad
Materiales	Q30,698.30
Mano de obra directa	Q4,308.74
Total	Q35,007.04

Fuente: propia

Tabla No. 36: (Gastos)

Descripción	Cantidad
Supervisor	Q4,253.36
Andamios y materiales	Q1,750.35
Licencia Municipalidad	Q1,575.32
Transporte	Q1,050.21
Total	Q8,629.23

Fuente: propia

Tabla No. 37: (Costos directos + gastos).

Descripción	Cantidad
Costos directos	Q35,007.04
Gastos	Q8,629.23
Total	Q43,636.27

Fuente: propia.

4.5. Huella de carbono: ladrillo y bloque.

Para poder medir la huella de carbono se utilizó una calculadora proporcionada por el Asesor de Mega Proyecto (Tabla en anexos), con esta teníamos que ingresar las cantidades de materiales a utilizar en la construcción, el transporte también se tuvo que tomar en cuenta.

4.5.1. Huella de carbono ladrillo.

Tabla No. 38: (Huella de carbono).

Descripción	Emisión de CO2 (Ton)	%
Ladrillo Supertabique		
11x19x39	2.4	19.7%
Acero	3.4	27.9%
Concreto	6.29	51.6%
Arena	0.05	
Piedrín	1.19	
Cemento	5.05	
Transporte	0.1	0.8%
Total	12.2	100%

Fuente: propia

4.5.2. Huella de carbono bloques de concreto.

Tabla No. 39: (Huella de carbono).

Descripción	Emisión de CO2 (Ton)	%
Bloques de concreto	1.04	7.9%
Acero	4.5	34.3%
Concreto	7.08	54.0%
Arena	0.05	
Piedrín	1.34	
Cemento	5.69	
Transporte	0.5	3.8%
Total	13.12	100.0%

Fuente: propia

4.6. Comparación de resultados: ladrillo y bloque.

4.6.1. Costos.

Tabla No. 40: (Comparación costos ladrillo vs. bloque).

Descripción	Ladrillo Costo	Block Costo
Costos		
Directos	Q30,405.97	Q35,007.04
Gastos	Q7,495.07	Q8,629.23
Total	Q37,901.04	Q43,636.27

Fuente: propia

Tabla No. 41: (Comparación costos materiales directos ladrillo vs. bloque).

Descripción	Ladrillo		Bloque	
	Unidad	Precio	Unidad	Precio
Bloques de Concreto	unidad	Q4.07	unidad	Q4.22
Acero. Varilla No. 2	quintales	Q368.28	quintales	Q368.28
Acero. Varilla No. 3	quintales	Q368.28	quintales	Q368.28
Acero. Varilla No. 4	quintales	Q368.28	quintales	Q368.28
Acero. Varilla No. 5	quintales	Q-	quintales	Q368.28
Concreto	m3	Q1,084.16	m3	Q1,084.16

Fuente: propia

Desde el punto de vista económico, el material más viable para la construcción de la vivienda es el ladrillo. Al construir la vivienda con el ladrillo se tendría un ahorro aproximado, respecto al bloque, de 13%. Este ahorro se dio, por una parte, porque el precio de la unidad de ladrillo es Q.15 más barato que la unidad de bloque, por otra parte, se obtiene un ahorro debido a que para la construcción de la vivienda utilizando ladrillo, no es necesario utilizar Varilla de Acero No. 5 y como los costos directos son menores, los gastos, que están directamente relacionados a los costos directos, también se vieron afectados.

4.6.2. Huella de carbono.

Tabla No. 42: (Comparación huella de carbono, materiales).

Construcción	Ladrillo	Block
Emisión CO2(Ton)	12.19	13.12

Fuente: propia.

Desde el punto de vista ambiental, se puede decir que el material más viable para lograr una construcción más amigable con el ambiente es el ladrillo. Se puede observar que la construcción que emite menos dióxido de carbono (CO₂) se da cuando se construye con ladrillo. El ladrillo en comparación al bloque emite menos dióxido de carbono en un 7%.

4.7. Huella de carbono: concreto.

4.7.1. Generalidades. El cálculo de huella de carbono para el concreto se realizó para 1 m³ del mismo. Para poder realizar 1 m³ de concreto se definió que se necesitaría de:

- 0.7 m³ de arena
- 0.7 m³ de pedrín o grava de 1/2"
- 9 sacos de cemento portland, 0.3477 m³.

Fue necesario encontrar cuántos metros cúbicos equivalían 9 sacos de cemento tipo portland. Con la fórmula de densidad:

$$Densidad = \frac{masa}{volumen}$$

Podemos despejar el volumen y encontrar los metros cúbicos equivalentes. Sabemos que la densidad del cemento portland es de 1.1 g/cm³ y que cada saco de cemento contiene 42.50 kg.

$$Volumen = \frac{masa}{densidad} = \frac{42.50 \text{ kg}}{1.1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}} \times \frac{1000 \text{ g}}{\text{kg}} \times 0.000001 \frac{\text{m}^3}{\text{cm}^3}$$

$$Volumen = 0.03863 \text{ m}^3 \text{ por saco}$$

Debido a esto, 9 sacos de cemento portland equivalen a 0.3477 m³.

Es importante aclarar que no se está tomando en cuenta el agua de la mezcla ya que se considera que no existe dicho proceso de elaboración y que genere emisiones de CO₂.

4.7.2. Cálculo de toneladas de CO₂e por 1 m³. Para este cálculo de la huella de carbono, se utilizó una tabla especializada para la industria de la construcción, la cual considera para su cálculo, la huella de carbono del proceso de elaboración del material y el transporte del material (marítimo, aéreo o terrestre). Para obtener cuántas toneladas de CO₂e emite un material, se debe multiplicar el factor de toneladas de CO₂e por tonelada de material, por la cantidad de toneladas del material.

Tabla No. 43: Materiales y sus unidades de conversión.

Material de construcción	Unidad de conversión o densidad	Ton. CO ₂ e por ton. de material	Cantidad (toneladas)	Distancia entre fuente de oferta y obra (km.)	Modo de transporte
Arena	1.2 ton/m ³	0.005	0.84	52	Terrestre
Piedrín o grava	2.0 ton/m ³	0.079	1.40	52	Terrestre
Cemento: General	1.86 ton/m ³	0.74	0.64	52	Terrestre

(EnvironmentAgency, 2007)

Tabla No. 44: Toneladas de CO₂e emitidas por 1 m³ de concreto.

Material	Huella de carbono (toneladas CO ₂ e)		
	Implícita	Transporte	Sumatoria
Arena	0.004	0.005	0.009
Piedrín o grava	0.111	0.008	0.119
Cemento: General	0.479	0.004	0.482
1 m3 Concreto	0.594	0.017	0.61

(EnvironmentAgency, 2007)

Para que todos los materiales tuvieran la misma participación en el cálculo, se asumió que el cemento, arena y piedrín serían transportados desde Sanarate, El Progreso (Planta de San Miguel) hacia la Ciudad de Guatemala, 52 kilómetros de distancia. Cabe destacar, que el cemento es la materia prima con mayor huella de carbono mientras que la arena es casi despreciable.

4.8. Europanel.

4.8.1. Generalidades. Se consideraron las dimensiones del panel estructural de Guatemala que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla No. 45: Dimensiones del panel estructural de Guatemala.

Largo:	2.44 metros
Ancho:	1.22 metros
Espesor del panel:	0.075 metros
Espesor de Monoport:	0.055 metros
Acero galvanizado:	2.7 mm. Con 7.5 cm de espaciado longitudinal y 6.5 cm de espaciado transversal.

(Monolit, 2008)

En esta ocasión se calculará la huella de carbono de una plancha de europanel, por lo que se necesitará de:

- 1 planchas de poliestireno expandido: **0.1637 m³**

$$\begin{aligned} \text{Volumen 1 plancha} &= 2.44 \text{ m} \times 1.22 \text{ m} \times 0.055 \text{ m} \\ &= 0.1637 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- 2 rellenos de concreto: **0.1488 m³**

$$\begin{aligned} \text{Volumen 1 relleno} &= 2.44 \text{ m} \times 1.22 \text{ m} \times 0.025 \text{ m} \\ &= 0.0744 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- 2 mallas de 16 varillas longitudinales y 38 varillas transversales: **0.001073 m³**

$$\begin{aligned} \text{No. de varillas long} &= \frac{\text{ancho del panel}}{\text{espaciado longitudinal}} \\ &= \frac{1.22\text{m}}{0.075\text{m}} \cong 16 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{No. de varillas transv.} &= \frac{\text{alto del panel}}{\text{espaciado transversal}} \\ &= \frac{2.44\text{m}}{0.065\text{m}} \cong 38 \end{aligned}$$

Sabemos que el volumen de un cilindro es:

$$V = \pi \times r^2 \times h$$

Por lo tanto, el volumen total de acero sería de:

$$V = (\pi \times r^2 \times h_{long}) + \pi \times r^2 \times h_{transv})$$

$$V = (\pi \times 0.00135^2 \times 2.44)16$$

$$+(\pi \times 0.00135^2 \times 1.44)38$$

$$V = 0.00053 \text{ m}^3$$

4.8.2. Cálculo de toneladas de CO₂e por 1 panel estructural.

Tabla No. 46: Materiales y sus unidades de conversión.

Material de construcción	Unidad de conversión o densidad	Ton. CO ₂ e por ton. de material	Cantidad (toneladas)	Distancia entre fuente de oferta y obra (km.)	Modo de transporte
Acero galvanizado	7.8 ton/m ³	1.54	0.008 3	52	Terrestre
Poliestireno expandido	1.05 ton/m ³	3.29	0.171 9	52	Terrestre

(EnvironmentAgency, 2007)

Tabla No. 47: Toneladas de CO₂e emitidas por 1 panel estructural.

Material	Huella de carbono (toneladas CO ₂ e)		
	Implícita	Transporte	Sumatoria
Acero galvanizado	0.013	0.000	0.013
Poliestireno Expandido	0.566	0.001	0.567
Concreto	0.088	0.002	0.091
1 Europanel	0.667	0.003	0.67

(EnvironmentAgency, 2007)

Como ya se había calculado la huella de carbono del concreto, en la Tabla No. 47 únicamente se calculó la huella de carbono equivalente para los 0.1488 m³ de concreto que se utilizarían en el europanel. Así también, se asumió que el acero galvanizado y el poliestireno expandido serían transportados desde Sanarate, El Progreso, hacia la Ciudad de Guatemala.

Es importante notar que el poliestireno expandido es el material que más contribuye a la huella de carbono del europanel. Esto confirma que el proceso de extracción del petróleo, de donde proviene el poliestireno expandido, impacta fuertemente en el medio ambiente y emite mayor cantidad de gases de efecto invernadero que los otros materiales.

4.8.3. Casa modelo.

4.8.3.1. Dimensiones de la casa modelo. Los planos de la casa modelo se puede encontrar en:

- Anexo No. 2: Vista de planta del segundo nivel.
- Anexo No.3: Vista de planta del primer nivel.
- Anexo No. 4: Vista de sección frontal.
- Anexo No. 5: Vista de sección lateral.

4.8.3.2. Concreto. Para el cálculo de la huella de carbono de la casa modelo se tomará en cuenta todos los materiales que las constituyen, no sólo el concreto, y se tomará en cuenta la emisión de CO₂e de los trabajadores por motivo de transporte. En la siguiente tabla se detalla las emisiones de CO₂e por cada material de construcción.

Tabla No. 48: Emisiones de CO₂e por materiales de construcción para casa modelo de concreto.

Material	Unidades (m³)	Ton. de CO₂ por unidad	Emisión de CO₂ en ton.
Concreto	18.0	0.61	10.98
Varilla enroscada	0.0009	7.8	0.00702
Varillas No. 3	0.0287	7.8	0.22386
Varilla No. 4	0.0343	7.8	0.26754
Angulares 2"x2"x1/8"	0.0015	7.8	0.0117
Angulares 3"x3"x1/8"	0.0006	7.8	0.00468
Pernos	0.0004	7.8	0.00312
Total			11.49

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla se puede observar que el impacto de huella de carbono de un carro privado es mayor que utilizar el transporte público, que en este caso es un bus.

Tabla No. 49: Emisión de CO₂e por transporte de trabajadores.

Transporte	Kilómetros	CO₂e (g/km)	Emisión de CO₂ en ton.
Flete	25	249.78	0.0062
Supervisor	25	201.49	0.0050
Albañil	25	201.49	0.0044
Ayudante de albañil	25	201.49	0.0044
Otros	15	201.49	0.0044
Total			0.0157

Fuente: Elaboración propia.

Se tiene proyectado que la construcción de la casa modelo tardaría aproximadamente 35 días. El desglose de las tareas con los días de duración se presenta más adelante, en la etapa de costo de mano de obra.

Tabla No. 50: Total de emisión de CO₂e por construcción con concreto.

Rubro	Ton. De CO ₂	Repeticiones	Total de Emisión de CO ₂
Materiales	11.49	1	11.49
Transporte	0.0157	35 días	0.5495
Total			12.03

Fuente: propia.

De las dos tablas anteriores, se puede extraer que el gran total de emisiones de CO₂e para la casa modelo construida con concreto es de 12.03. En el caso del transporte, se consideró que únicamente el supervisor estaría llegando en vehículo propio, mientras que los demás en bus público.

Es importante destacar que el concreto es el material con mayor huella de carbono entre la lista de materiales para la casa modelo. Esto se debe principalmente por el uso y combustión de los altos hornos en los procesos de secado y calcinación y la tala de árboles en las canteras. Cualitativamente, el polvo de las canteras y del proceso de elaboración ocasiona problemas de salud a los trabajadores.

4.8.4. Europanel. Para el cálculo de la huella de carbono de la casa modelo construida con europanel, se tomará en cuenta todos los materiales que las constituyen y se tomará en cuenta la emisión de CO₂e de los trabajadores por motivo de transporte hacia el lugar de trabajo.

Tabla No. 51: Emisiones de CO₂e por materiales de construcción para casa modelo de europanel.

Material	Unidades (m³)	Ton. de CO₂e por unidad	Emisión de CO₂ en ton.
Europanel	16.281	0.67	10.90
Varilla enroscada	0.0009	7.8	0.00702
Madera	1.70	0.00173	0.002941
Varillas No. 3	0.0287	7.8	0.22386
Angulares 2"x2"x1/8"	0.0015	7.8	0.0117
Angulares 3"x3"x1/8"	0.0006	7.8	0.00468
Pernos	0.0004	7.8	0.00312
Total			11.18

Fuente: propia.

Tabla No. 52: Emisión de CO₂e por transporte de trabajadores.

Transporte	Kilómetros	CO₂e (g/km)	Emisión de CO₂ en ton.
Flete	25	249.78	0.0062
Supervisor	25	201.49	0.0050
Albañil	25	201.49	0.0044
Ayudante de albañil	25	201.49	0.0044
Otros	15	201.49	0.0044
Total			0.0157

Fuente: propia.

Tabla No. 53: Total de emisión de CO₂e por construcción con europanel

Rubro	Ton. De CO₂	Repeticiones	Total de emisión de CO₂
Materiales	49.09	1	11.18
Transporte	0.0157	20 días	0.314
Total			11.49

Fuente: propia.

4.8.5. Costos.

4.8.5.1. Concreto. Como primer punto, se calculó el costo por metro cubico de concreto, siendo el cemento el material con costo más elevado. Con el costo por metro cúbico del concreto, se facilita cuantificar el costo de la casa modelo pero es necesario obtener el costo por metro cuadrado para poder comparar con el europanel.

Tabla No. 54: Costo por metro cúbico y cuadrado de concreto.

Material	Costo por m ³	Cantidad requerida	Costo
Arena de río	Q 95.00	0.7 m ³	Q 66.50
Piedrín ½" comercial	Q 195.00	0.7 m ³	Q 136.50
Cemento de 42.50 kg, UGC 4000 PSI,	Q 72.50	0.3477 m ³	Q 652.50
Varillas de acero	Q 48, 878.50	0.009554 m ³	Q 467.00
		Total m³	Q 1,322.59
		Total m²	Q 132.25

Fuente: propia.

Como se había mencionado anteriormente, se determinó que el concreto que se utilizaría en la construcción de la casa modelo tendría 0.7 m³ de arena, 0.7 m³ de piedrín o grava y 9 sacos de cemento portland, que equivalen a 0.3477 m³. Esta dosificación de materiales constituiría 1 metro cúbico de concreto.

En el caso del acero, se asumió que era necesarios 75 kg por m³ de concreto, con una densidad de 7,850 kg/m³, por lo que se calculó la cantidad requerida de la siguiente forma.

$$V = \frac{\text{masa}}{\text{densidad}} = \frac{75 \text{ kg}}{7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = \mathbf{0.009554 \text{ m}^3}$$

Posteriormente, se calculó el costo por 1 kg de acero, cotizando que 45 kg de acero comercial cuesta Q 280.00.

$$V = \frac{\text{masa}}{\text{densidad}} = \frac{1 \text{ kg}}{7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.0001273 \text{ m}^3$$

Si 0.0001273 m³ de acero cuesta Q 6.22, por regla de tres, se encuentra que 1 m³ de acero cuesta Q 48, 878.50.

Ahora bien, para poder comparar costos con el europanel, es necesario hacerlo en m². Así que, si asumimos un grosor de 0.10 m, se obtendrá un costo por m² de concreto de Q 132.25.

4.8.5.2. Europanel. Como se mencionó anteriormente, en el caso del europanel, lo más correcto era obtener el costo por 1 m² ya que no sería apropiado obtenerlo por 1 m³, pues no se emplea de esa forma.

Tabla No. 55: Costo por metro cuadrado de europanel.

Material	Costo por unidad	Cantidad requerida	Costo
Plancha de europanel de 2.44x1.22x0.075m	Q 245.00	1 m2	Q 82.30
Concreto con 0.05 m de espesor.	Q 855.50	0.1488 m3	Q 127.30
		Total	Q 209.60

Fuente: propia.

En el caso de una plancha de europanel, se sabe que ésta tiene 2.98 m², por lo que se dividió el precio de una plancha de europanel entre las dimensiones del europanel (2.44m x 1.22m) y se obtuvo que 1 m² equivalía a Q 82.30. En el caso del concreto equivalente con un espesor de 0.05 m, no se tomó en cuenta el costo del acero ya que el concreto en el europanel únicamente se utiliza como repello y el acero ya va adicionado en el europanel.

4.8.6. Casa modelo.

4.8.6.1. Concreto. Para el concreto, se determinó que se utilizaría 18.00 m³ de concreto fundido dividido de la siguiente manera:

- 2 muros de 4.00x2.50x0.10m
- 2 muros de 5.70x2.50x0.10m
- 2 losas de 4.00x5.70x0.10m
- Entrepiso de 4.00x5.70x0.10m
- Y 6.31 m³ de cimientos

Tabla No. 56: Cantidad de materiales de construcción y sus costos.

Material	Unidad	Unidades	Costo por unidad
Concreto	m ³	18.0	Q 855.50
Varilla enroscada	Unitaria	30	Q 20.00
Varillas No. 3	Unitaria	17	Q 27.22
Varilla No. 4	Unitaria	20	Q 32.00
Angulares 2"x2"x1/8"	Perfil	60	Q 175.00
Angulares 3"x3"x1/8"	Perfil	15	Q 250.00
Pernos	Unidad	71	Q 9.38

Fuente: propia.

Con estos datos, se clasifica los costos como costo indirecto si es menor al 5% de los costos totales, y como costo directo si está por arriba del 5%. Esta clasificación nos va a permitir dirigir nuestro enfoque hacia los materiales que representan mayor peso monetario y tener más control con esos materiales.

Tabla No. 57: Costos totales de una construcción de concreto y su clasificación de costos.

Material	Total	Peso monetario	Tipo de costo
Concreto	Q 15,399.00	48.09%	Directo
Varilla enroscada	Q 600.00	1.87%	Indirecto
Varillas No. 3	Q 462.75	1.44%	Indirecto
Varilla No. 4	Q 640.00	1.99%	Indirecto
Angulares 2"x2"x1/8"	Q 10,500.00	32.79%	Directo
Angulares 3"x3"x1/8"	Q 3,750.00	11.71%	Directo
Pernos	Q 665.98	2.08%	Indirecto
TOTAL	Q 32,017.73		

Fuente: propia.

Los costos de mano de obra que se desglosa a continuación corresponde para 3.5 m³, aproximadamente:

- Armado de refuerzos: 4 días. 1 albañil y 1 ayudante (Q 680.00)
- Colocación de formaleta: 2 días. Grupo de 6 personas (Q 840.00)
- Colocación de armado: 2 días. 1 albañil y 1 ayudante (Q 340.00)
- Fundición: 1 día. Grupo de 5 personas (Q 500.00)

De acuerdo con los datos anteriores, se proyectan los siguientes costos de mano de obra para la casa modelo de 18 m³. Se estima que la construcción tardará 35 días de inicio a fin.

Tabla No. 58: Costo y clasificación de trabajadores.

Trabajador	Total	Peso monetario	Tipo de costo mano de obra
Supervisor	Q 5,250.00	35.78%	Directo
Albañil	Q 3,500.00	23.85%	Directo
Ayudante de albañil	Q 2,450.00	16.69%	Directo
Otros costos	Q 875.00	5.96%	Indirecta
IGGS (4.83%)	Q 583.22	3.97%	Indirecta
Bono 14	Q 1,006.25	6.85%	Directo
Aguinaldo	Q 1,006.25	6.85%	Directo
TOTAL	Q 14,670.75		

Fuente: propia.

Los sueldos de los colaboradores fueron calculados por día de trabajo, asignando Q 150.00 para el supervisor, Q 100.00 para el albañil y Q 70.00 para el ayudante de albañil. Se dejó Q 875 para costos imprevistos durante la obra.

Así también, es importante tomar en cuenta los gastos que implica construir. Entre ellos está el permiso municipal sería de 4.5% sobre el valor de la obra completa, la planificación y supervisión de la obra un 10% y costos indirectos incluyendo andamios y madera serían un 5%.

Tabla No. 59: Gastos administrativos en la construcción.

Gasto	Total	Porcentaje
Licencia Municipal	Q 1,440.75	23.07%
Planificación y supervisión	Q 3,201.70	51.28%
Andamios y materiales	Q 1,600.85	25.64%
TOTAL	Q 6,243.30	

Fuente: propia.

A continuación, se muestra la Tabla No. 60 como un resumen de costos y gastos necesarios para la construcción de la casa modelo con concreto.

Tabla No. 60: Sumatoria de costos y gastos.

Costo/Gasto	Total	Porcentaje
Costo de materiales	Q 32,017.73	60.48%
Mano de obra	Q 14,670.75	27.71%
Gastos administrativos	Q 6,243.30	11.79%
TOTAL	Q 52,931.78	

Fuente: propia.

Es importante aclarar que en este caso no se utilizó el costo por m² del concreto ya que estábamos asumiendo que eran necesarios 75 kg de acero por m³ y asumir ese dato fue únicamente para fines de fácil cálculo de pre-presupuesto. Para la casa modelo, se detalló la cantidad de acero necesario y el costo individual por pieza para tener mayor exactitud en costos.

4.8.6.2. Europanel. Para el europanel, se determinó que se utilizaría 16.28 m³ o 130.24 m², considerando que tiene un espesor de 0.125 m (0.075 m del panel más 0.05 m del concreto), de europanel y que estaría dividido de la siguiente manera:

- 8.5 planchas para el techo
- 64.50 planchas para muros

Tabla No. 61: Cantidad de materiales de construcción y sus costos.

Material	Unidad	Unidades	Costo por unidad
Europanel	m ²	130.24	Q 209.60
Varilla enroscada	Unitaria	30	Q 20.00
Varillas No. 3	Unitaria	17	Q 27.22
Madera	Pie tablar	45	Q 9.00
Angulares 2"x2"x1/8"	Perfil	60	Q 175.00
Angulares 3"x3"x1/8"	Perfil	15	Q 250.00
Pernos	Unidad	71	Q 9.38

Fuente: propia.

Clasificando costo indirecto si es menor al 5% de los costos totales, y el resto se clasifica como costo directo. Es importante aclarar que el precio de metro cúbico de europanel ya tiene incluido el costo de concreto con un espesor de 2.5 cm en cada lado del europanel.

Tabla No. 62: Costos totales de una construcción de europanel y su clasificación de costos.

Material	Total	Peso monetario	Tipo de costo
Europanel	Q 27, 220.16	62.75%	Directo
Varilla enroscada	Q 600.00	1.38%	Indirecto
Varillas No. 3	Q 462.75	1.06%	Indirecto
Madera	Q 405.00	0.31%	Indirecto
Angulares 2"x2"x1/8"	Q 10,500.00	24.27%	Directo
Angulares 3"x3"x1/8"	Q 3,750.00	8.66%	Directo
Pernos	Q 665.98	1.53%	Indirecto
TOTAL	Q 43,603.89		

Fuente: propia.

Se proyectan los siguientes costos de mano de obra para la casa modelo de 16.28 m³. Se estima que la construcción tardará 15 días de inicio a fin.

Tabla No. 63: Costo y clasificación de trabajadores.

Trabajador	Total	Peso monetario	Tipo de costo mano de obra
Supervisor	Q 2,250.00	35.78%	Directo
Albañil	Q 1,500.00	23.85%	Directo
Ayudante de albañil	Q 1,050.00	16.69%	Directo
Otros costos	Q 475.00	5.96%	Indirecta
IGGS (4.83%)	Q 231.84	3.97%	Indirecta
Bono 14	Q 400.00	6.85%	Directo
Aguinaldo	Q 400.00	6.85%	Directo
TOTAL	Q 6,306.8		

Fuente: propia.

Los sueldos de los colaboradores fueron calculados por día de trabajo, asignando Q 150.00 para el supervisor, Q 100.00 para el albañil y Q 70.00 para el ayudante de albañil. Se dejó Q 475 para costos imprevistos durante la obra.

A continuación, los gastos que implica construir, como el permiso municipal sería de 4.5% sobre el valor de la obra completa, la planificación y supervisión de la obra un 10% y costos indirectos incluyendo andamios y madera serían un 5%.

Tabla No. 64: Gastos administrativos en la construcción.

Gasto	Total	Porcentaje
Licencia Municipal	Q 1,958.70	23.07%
Planificación y supervisión	Q 4,353.00	51.28%
Andamios y materiales	Q 2,176.50	25.64%
TOTAL	Q 8,488.20	

Fuente: propia.

A continuación, se muestra la Tabla No. 65 como un resumen de costos y gastos necesarios para la construcción de la casa modelo con concreto.

Tabla No. 65: Sumatoria de costos y gastos.

Costo/Gasto	Total	Porcentaje
Costo de materiales	Q 43,603.89	81.72%
Mano de obra	Q 6,306.80	11.91%
Gastos administrativos	Q 8,488.20	15.76%
TOTAL	Q 58,398.89	

Fuente: propia.

4.8.7. Concreto vs. Europanel En la siguiente tabla comparativa, se muestra las diferencias en costo y huella de carbono de cada uno de los materiales de construcción.

Tabla No. 66: Comparación entre los sistemas constructivos: concreto fundido y europanel.

Sistema constructivo	Emisiones de CO₂ Ton.	Costo de materiales	Costo de M.O.	Gastos administrativos
Concreto	12.03	Q 32,017.73	Q 14,670.75	Q 6,243.30
Europanel	49.40	Q 43,603.89	Q 6,306.80	Q 8,488.20

Fuente: propia.

Tabla No. 67: Comparación entre los sistemas constructivos: concreto fundido y europanel; continuación.

Sistema constructivo	Emisiones de CO₂ Ton.	Total de Egresos
Concreto	12.03	Q 52,931.78
Europanel	11.49	Q 58,398.89
% de variación	4.70%	10.32%

Fuente: propia.

Según los cálculos realizados se puede observar que el material de construcción que tiene un mejor costo es el concreto pero su huella de carbono es un 4.70% mayor. En el concreto, el cemento es la materia prima que tiene mayor participación en cuanto a huella de carbono con 0.47 toneladas de CO₂e por cada 382.50 kg producidos. Se puede concluir que por cada tonelada de cemento que se produce, se emiten 1.22 toneladas de CO₂e a la atmósfera. Este dato es sumamente alarmante ya que actualmente la empresa líder en la industria de cemento en Guatemala, produce más de 3 millones de toneladas de cemento al año únicamente en una planta. Adicional a esto,

se le debe sumar el impacto ambiental cualitativo, donde el polvo y el ruido son los mayores problemas.

El polvo generado en las canteras de materia prima para la elaboración del cemento es la causa principal de problemas de salud en los trabajadores y comunidades del alrededor. Este problema se considera en la parte cualitativa del impacto ambiental del concreto ya que no se puede cuantificar en la huella de carbono.

En el caso del europanel, aún está muy atrás del concreto en cuanto a innovaciones se refiere y por ende, su costo es un 10.32% mayor al europanel. Sin embargo, según lo analizado, el europanel es el material de construcción con menor impacto ambiental en cuanto a la emisión de CO₂. Adicional a esto, este material de construcción tiene la ventaja de que el poliestireno expandido puede ser 100% reutilizado, como por ejemplo, para combustible o drenajes, y en el caso del acero, en Guatemala se reutiliza el mismo ahorrando entre 60 % y 70 % de energía consumida y un 85 % de agua y aire, comparando con producir el acero desde cero. Esta es una cualidad muy importante ya que en el caso del concreto, aún están en fase de desarrollo de proyecto para reutilizar el concreto en la producción de concreto fresco.

Ya que no se puede incluir la parte del impacto ambiental cualitativa en la huella de carbono, es importante considerarlo para decidir que material de construcción es más amigable con el medio ambiente. Como se mencionaba con anterioridad, el polvo generado en las canteras de extracción de materia prima del cemento, son las causantes de problemas respiratorios en los trabajadores de las canteras y de las comunidades en el alrededor; este factor tiene un alto impacto ambiental.

Ya que vivimos en un mundo demandante y con escasos recursos, importante crear la cultura de tomar en cuenta el impacto ambiental que se tiene en la industria

constructiva y no únicamente los costos de construcción. Idealmente, es encontrar el material de construcción que minimice costos y huella de carbono.

4.9. Implementación de instalaciones especiales verdes en casa de 100 m²

4.9.1. Salidas de luz de escenario propuesto. Se cuenta con el modelo de una casa de 100 m², de la cual se presentan planos en los anexos. Se ha tomado bajo consideración que cada una de las salidas de iluminación de la casa, varía según el área de estar. Por lo cual se procedió a realizar mediciones aproximadas de horas de utilización por día, ver Tabla #72.

Tabla No. 68: Salidas de iluminación de casa 100 m²

área de estar	Número de bombillas	Horas de consumo	Total horas de consumo
Cuarto principal	2	4	8
Cuarto secundario	2	4	8
Baño	1	3	3
Sala	2	4	8
Comedor/Cocina	2	4	8
Lavandería	1	1	1
Jardín	2	2	4
Frente de la casa	1	5	5
	Número total de salidas de luz	Promedio horas de consumo:	Total horas de consumo
	13	3	45

Fuente: propia.

4.9.2. Comparación en consumo de bombillas. De acuerdo con el número de salidas de luz y al número promedio de horas de consumo total de bombillas al día estimado anteriormente, se presenta la variación en costos de cada una de las bombillas a continuación.

Tabla No. 69: Variación de costos en consumo de lámparas LED, CFL e incandescentes.

Cantidad	Lámpara	Potencia equivalente (W)	Tiempo total de consumo diario	kWh/mes	Tarifa	Costo mensual	Costo anual	Variación costos anuales vs LED
13	Lámpara LED	5	45	6.75	1.828	Q12.34	Q148.07	
13	Lámpara CFL	9	45	12.15	1.828	Q22.21	Q266.52	80%
13	Lámpara incandescentes	40	45	54.00	1.828	Q98.71	Q1,184.54	700%

Fuente: propia.

Se puede observar que el uso de lámparas ahorradoras CFL consume 80% más que el uso de lámparas LED, y el uso de lámparas incandescentes consume 700% más que el uso de lámparas LED.

4.9.3. Comparación en consumo de calentadores de agua. Se presentan los consumos promedios de cada uno de los calentadores estudiados para el escenario propuesto.

Tabla No. 70: Variación de costos en consumo de calentadores de agua solar vs. calentador de agua eléctrico

	inversión	Potencia (W)	tiempo de consumo diario (horas)	kwh/diario	kwh/mes	Gasto mensual según tarifa	Diferencia de gastos mensuales	Diferencia de gastos anuales
Calentador de agua solar	Q10,304.00	1000	0.50	0.5	15	Q27.02	Q202.64	Q2,431.62
Calentador de agua eléctrico	Q2,500.00	8500	0.50	4.25	128	Q229.65		

Fuente: propia.

La diferencia en los gastos de energía eléctrica, por el uso de calentador de agua solar en vez de un calentador de agua eléctrico es de Q202.64 de forma mensual y Q2,431.61 de forma anual.

4.9.4. Comparación en consumo de plantas de tratamiento de aguas residuales. Se presenta a continuación, la comparación de consumos eléctricos entre una planta de tratamiento aeróbica versus una planta de tratamiento anaeróbica.

Tabla No. 71: Comparación en consumos eléctricos de plantas de tratamiento aeróbica versus anaeróbica.

Planta de tratamiento de aguas residuales	Inversión inicial	Potencia (W)	Tiempo de consumo diario (horas)	kWh/mes	Costo mensual	Costo anual	Diferencia costos anuales
Aeróbica	Q34,930.00	115	15	51.75	Q93.21	Q1,118.55	Q(1,118.55)
Anaeróbica	Q10,320.00	0	24	0	0	0	

Debido a que la planta de tratamiento de aguas residuales aeróbica cuenta con difusores de aire que inyectan oxígeno, lo cual es esencial para el proceso de tratamiento de las aguas residuales, ésta tiene un consumo eléctrico de aproximadamente Q1,118.55 de forma anual. En comparación con la planta de tratamiento anaeróbica, la cual no cuenta con ningún tipo de consumo eléctrico.

4.9.4.1. Escenario A. Se estiman los consumos promedios de una casa de 100 m² con tres habitantes, ubicada en la Ciudad de Guatemala. La vivienda cuenta con electrodomésticos avalados por la certificación *Energy Star*, bombillas de luz LED, un calentador de agua solar térmico apto para el uso regular de tres personas, y una planta de tratamiento de aguas residuales anaeróbica.

Tabla No. 72: Escenario A.

Energy Star	Equipo	Marca	Número de equipos	Potencia (Watts) En uso	Horas de uso diario	kWh/mes	kWh/año
NO	Bombillas LED	DIMERIZABLE 'LUXLITE'	13	5	45.00	6.75	81.00
SI	Televisor LED 50"	Samsung Series 6400 Certificación ENERGY STAR	1	62	3.00	5.58	66.96
SI	DVD	Panasonic - DMP-BD79. Certificación ENERGY STAR	1	5.9	1.50	0.40	4.81
NO	Equipo de sonido	genérico	1	200	1.00	6.00	72.00
NO	Horno de microondas	genérico	1	800	0.50	12.00	144.00
NO	Cafetera	genérico	1	800	0.50	12.00	144.00
NO	Estufa eléctrica	genérico	1	1200	0.75	27.00	324.00
NO	Tostadora de pan	genérico	1	1200	0.08	3.00	36.00
SI	Refrigeradora	General Electric. 28.6 pies cúbicos con doble puerta y dispensador de agua y hielo GFE29HSDSS. Certificación ENERGY STAR	1	200	9.00	54.00	648.00
SI	Lavadora de ropa	Whirlpool WFL98HEB. Certificación ENERGY STAR	1	550	0.86	14.14	169.71
NO	Secadora de ropa	genérico	1	2000	0.50	30.00	360.00
NO	Licuadora de alimentos	genérico	1	450	0.17	2.25	27.00
NO	Plancha eléctrica	genérico	1	1000	0.50	15.00	180.00
NO	Teléfono inalámbrico	genérico	2	25	1.00	1.50	18.00
SI	Purificador de aire	Blueair - EC010. ENERGY STAR	2	35	7.00	14.70	176.40
SI	Laptop	Toshiba Satellite C855-S5346. Certificación ENERGY STAR	2	125	2.00	15.00	180.00
NO	Router ASLD/wifi	genérico	1	12	24.00	8.64	103.68
NO	Horno eléctrico	genérico	1	1200	0.43	15.43	185.14
NO	Cargador teléfono móvil	genérico	3	4.83	3.00	2.03	24.34
NO	Calentador de agua solar	Thermosolution	1	1000	0.50	15.00	180.00
NO	Planta de tratamiento de aguas residuales	HyPac-2	1	0		0.00	0.00
	Total consumos eléctricos					260.42	3125.05

Fuente: propia.

Tabla No. 73: Detalle de costos Escenario A.

Tarifa aplicable (Q/kWh)	Q1.801200
Energía (Sin IVA)	Q469.07
Cargo fijo por cliente	Q9.86
Total cargo (Sin IVA)	Q478.93
IVA	Q57.47
Total cargo (Con IVA)	Q536.40
Tasa municipal (13%)	Q69.73
IVA tasa municipal	Q8.37
Total gasto del mes promedio	Q614.50

Fuente: propia.

El consumo total promedio para el escenario A es de aproximadamente 261 kWh/mes, con un costo total de consumo de energía mensual de Q614.50.

4.9.4.2. Escenario B. Se presentan consumos promedios de una casa de 100 m² con tres habitantes, ubicada en la ciudad de Guatemala. En este escenario se utilizan bombillas ahorradoras CFL con la equivalencia de intensidad lumínica de las bombillas LED empleadas en el escenario A. Se presentan consumos de electrodomésticos genéricos promedio, sin la certificación *Energy Star*, y se hace uso de un calentador de agua eléctrico marca TITAN:

Tabla No. 74: Escenario B.

Equipo	Número de equipos	Potencia (Watts) En uso	Horas de uso diario	kWh/mes	kWh/año
Bombillas fluorescentes	13	9	45.00	12.15	145.80
Televisor plasma 50"	1	200	3.00	18.19	218.27
DVD	1	150	1.50	6.75	81.00
Equipo de sonido	1	200	1.00	6.00	72.00
Horno de microondas	1	800	0.50	12.00	144.00
Cafetera	1	800	0.50	12.00	144.00
Estufa eléctrica	1	1200	0.75	27.00	324.00
Tostadora de pan	1	1200	0.08	3.00	36.00
Refrigeradora	1	300	9.00	81.00	972.00
Lavadora de ropa	1	600	0.86	15.43	185.14
Secadora de ropa	1	2000	0.50	30.00	360.00
Licuada de alimentos	1	450	0.17	2.25	27.00
Plancha eléctrica	1	1000	0.50	15.00	180.00
Teléfono inalámbrico	2	25	1.00	1.50	18.00
Laptop	2	230	2.00	27.60	331.20
Router ASLD/wifi	1	12	24.00	8.64	103.68
Horno eléctrico	1	1200	0.43	15.43	185.14
Cargador teléfono móvil	3	4.83	3.00	2.03	24.34
Calentador de agua	1	8500	0.50	127.50	1530.00
Total consumos Eléctricos				423.46	5081.58

Fuente: propia.

Tabla No. 75: Detalle de costos escenario B

Detalle de Costos	
Consumo total promedio kWh/mes	423.46
Tarifa aplicable (Q/kWh)	Q1.8280
Energía (Sin IVA)	Q774.09
Cargo fijo por cliente	Q9.86
Total cargo (Sin IVA)	Q783.95
IVA	Q94.07
Total cargo (Con IVA)	Q878.03
Tasa municipal (13%)	Q114.14
IVA tasa municipal	Q13.70
Total gasto del mes promedio	Q1,005.87

Fuente: propia.

El consumo total promedio previsto para el escenario bajo las condiciones previamente establecidas, es de aproximadamente 242kWh/mes, con un gasto promedio total de Q1,005.87.

4.9.4.3. Escenario C. Se presentan los consumos promedios de una casa de 100 m² que cuenta con tres habitantes, ubicada en la ciudad de Guatemala. Se utilizan bombillas incandescentes de la intensidad lumínica equivalente a los escenarios A y B. Se hace uso de electrodomésticos genéricos. Por último, se utiliza un calentador de agua eléctrico marca TITAN.

Tabla No. 76: Escenario C.

Equipo	Marca	Número de equipos	Potencia (Watts) En uso	Horas de uso diario	kWh/mes	kWh/año
Bombillas incandescentes	genérico	13	40	45.00	54.00	648.00
Televisor plasma 50"	Samsung	1	200	3.00	18.19	218.27
DVD	genérico	1	150	1.50	6.75	81.00
Equipo de sonido	genérico	1	200	1.00	6.00	72.00
Horno de microondas	genérico	1	800	0.50	12.00	144.00
Cafetera	genérico	1	800	0.50	12.00	144.00
Estufa eléctrica	genérico	1	1200	0.75	27.00	324.00
Tostadora de pan	genérico	1	1200	0.08	3.00	36.00
Refrigeradora	genérico	1	300	9.00	81.00	972.00
Lavadora de ropa	genérico	1	600	0.86	15.43	185.14
Secadora de ropa	genérico	1	2000	0.50	30.00	360.00
Licuadora de alimentos	genérico	1	450	0.17	2.25	27.00
Plancha eléctrica	genérico	1	1000	0.50	15.00	180.00
Teléfono inalámbrico	genérico	2	25	1.00	1.50	18.00
Laptop	genérico	2	230	2.00	27.60	331.20
Router ASLD/wifi	genérico	1	12	24.00	8.64	103.68
Horno eléctrico	genérico	1	1200	0.43	15.43	185.14
Cargador teléfono móvil	genérico	3	4.83	3.00	2.03	24.34
Calentador de agua	Titán L-85 laser instantáneo	1	8500	0.50	127.50	1530.00
Total consumos eléctricos					465.31	5583.78

Fuente: propia.

Tabla No. 77: Detalle de costos escenario C.

Detalle de costos	
Consumo total promedio kWh/mes	465.31
Tarifa aplicable (Q/kWh)	Q1.8280
Energía (Sin IVA)	Q850.60
Cargo fijo por cliente	Q9.86
Total cargo (Sin IVA)	Q860.46
IVA	Q103.25
Total cargo (Con IVA)	Q963.71
Tasa municipal (13%)	Q125.28
IVA tasa municipal	Q15.03
Total gasto del mes promedio	Q1,104.03

Fuente: propia.

En el escenario C, se obtuvo un consumo total de energía eléctrica de aproximadamente 466 kWh/mes, con un consumo total ascendiente a Q1,104.03.

4.9.5. Comparación en consumos eléctricos escenarios

A, B y C. En la Tabla No. 77 se presentan consumos estimados de cada uno de los escenarios proyectados y los costos de energía eléctrica que cada uno representa. El escenario A cuenta con instalaciones especiales verdes eficientes en cuanto al ahorro de energía. Se realiza una comparación de los gastos de cada escenario versus el escenario A.

Tabla No.78: Resumen de consumos escenarios A, B y C.

Escenario	Consumo eléctrico (Kwh/mes)	Tarifa EEGSA	Costo	Diferencia costos		% diferencia a Escenario A
Escenario A	260.42	Q 1.8012	Q 614.50			
Escenario B	423.46	Q 1.8280	Q 1,005.87	Entre A y B	Q 391.37	64%
Escenario C	465.31	Q 1.8280	Q 1,104.03	Entre A y C	Q 489.53	80%

Fuente: propia.

4.9.6. Adaptación de un panel solar fotovoltaico. Se cotizó un panel solar que cubriera la demanda kWh/mes estimado del escenario A, con las características que se presentan a continuación:

Tabla No. 79: Características de paneles solares cotizados.

Dimension por panel	2.25	m ²
Número de paneles	7	paneles
Inversión inicial/ 9 paneles solares	Q38,878	
Precio por panel	Q5,554	
Ocupación de área	15.75	m ²
Gasto eléctrico mensual promedio escenario A	Q614.50	
Demanda eléctrica mensual promedio escenario A	260	KWH/mes
Potencia de panel solar	0.240	KW

Fuente: Cotización con empresa *Green-Greenventing Energy*. (2013).

De acuerdo a la cantidad de horas pico que se obtienen en la ciudad de Guatemala a lo largo del año en promedio, es decir, 5.11 horas de forma diaria (36), el número de paneles solares y la potencia del panel solar, se obtiene que el ahorro en energía eléctrica es de 268 kWh/mes. Por medio de este dato, se obtiene el siguiente ahorro económico:

Tabla No. 80: Ahorro económico por paneles solares.

Ahorro económico	
Ahorro kWh/mes	268
Tarifa aplicable	Q1.80
Energía sin IVA	Q482.04
Cargo fijo por cliente	Q9.86
Total cargo (Sin IVA)	Q491.90
IVA	Q59.03
Total cargo (Con IVA)	Q550.93
Tasa municipal (13%)	Q71.62
IVA tasa municipal	Q8.59
Total ahorro	Q631.15

Fuente: propia.

4.9.7. Análisis financiero. Para la elaboración de los diferentes análisis financieros, se utilizó la TMAR obtenida por medio de datos proveídos por Banguat.

Tabla No. 81: TMAR utilizada.

Tasa de inflación	3.33%
Tasa de interés líder Banguat	5.25%
TMAR	8.75%

Fuente: Banguat (2013)

4.9.7.1. Análisis de rentabilidad de calentadores de agua. Haciendo uso de la TMAR: 8.75% en base a la tasa de inflación en Guatemala y la tasa líder del Banco de Guatemala, se realizaron los cálculos de valor presente neto y TIR que se presentarán a continuación.

Tabla No. 82: VPN y TIR de inversión en calentador de agua solar versus calentador de agua eléctrico.

Año	Calentador de agua solar	Calentador de agua eléctrico
0	-Q10,304.00	-Q2,500.00
1	Q2,431.62	-Q229.65
2	Q2,431.62	-Q229.65
3	Q2,431.62	-Q229.65
4	Q2,431.62	-Q229.65
5	Q2,431.62	-Q229.65
6	Q2,431.62	-Q229.65
7	Q2,431.62	-Q229.65
8	Q2,431.62	-Q229.65
9	Q2,431.62	-Q229.65
10	Q2,431.62	-Q229.65
VPN	Q 5,474.51	Q (3,990.19)
TIR	20%	

Fuente: propia.

El Valor Actual Neto del calentador de agua es positivo lo cual indica que es una inversión rentable de acuerdo los ahorros que se generan de forma anual en comparación con el calentador de agua eléctrico. En cambio, el calentador de agua eléctrico tiene un valor presente neto negativo, lo cual indica la baja rentabilidad de la adquisición de éste. La TIR del calentador solar es 20%, la cual está muy por encima de la TMAR, lo cual también indica que es una inversión rentable.

4.9.7.2. Análisis de rentabilidad de bombillas. A

continuación, se presentan los precios aproximados en el mercado guatemalteco de cada una de las bombillas estudiadas.

Tabla No. 83: Características de bombillas LED, CFL e incandescentes.

Lámpara	Potencia equivalente (W)	Precio en el mercado
Lámpara LED	5	Q42.75
Lámpara CFL	9	Q23.75
Lámpara incandescentes	40	Q5.00

Fuente: Cotización Celasa (2013).

Se presenta un análisis financiero de la inversión en los tres distintos tipos de bombillas: LED, CFL e incandescente; teniendo en cuenta que para el escenario propuesto se hace uso de 13 bombillas.

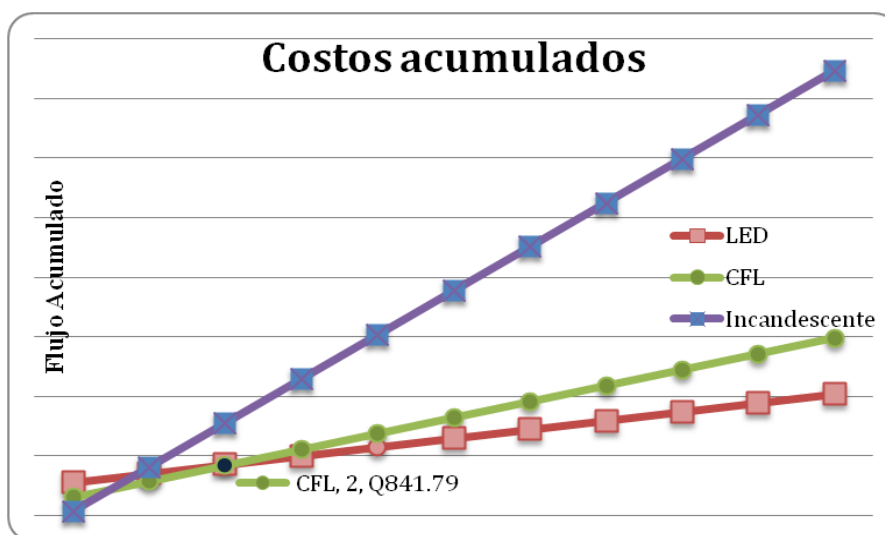
Tabla No. 84: VPN de inversión bombillas LED, CFL e incandescentes.

Año		LED	CFL	Incandescente
0	Inversión	-Q555.75	-308.75	-Q65.00
1	costo	-Q148.07	-Q266.52	-Q1,184.54
2	costo	-Q148.07	-Q266.52	-Q1,184.54
3	costo	-Q148.07	-Q266.52	-Q1,184.54
4	costo	-Q148.07	-Q266.52	-Q1,184.54
5	costo	-Q148.07	-Q266.52	-Q1,184.54
6	costo	-Q148.07	-Q266.52	-Q1,184.54
7	costo	-Q148.07	-Q266.52	-Q1,184.54
8	costo	-Q148.07	-Q266.52	-Q1,184.54
9	costo	-Q148.07	-Q266.52	-Q1,184.54
10	costo	-Q148.07	-Q266.52	-Q1,184.54
Valor presente neto		Q(1,516.55)	Q(2,038.18)	Q (7,751.37)

Fuente: propia.

Las lámparas LED presentan el Valor Presente Neto menos negativo de las tres opciones proyectadas, por lo que se puede establecer que ésta es la opción más rentable para ahorro de costos de energía eléctrica. Se presentan los flujos acumulados de cada alternativa en un plazo de 10 años.

Ilustración No.74: Gráfica de costos acumulados de las diferentes bombillas.



Fuente: propia.

Las bombillas ahorradoras CFL y las bombillas LED presentan costos más bajos que las bombillas incandescentes. Entre el año 2 y el año 3, se recupera la inversión inicial realizada en las bombillas LED y CFL, sin embargo, la tendencia de los costos por los siguientes 8 años, señala que las bombillas LED permanecen con costos inferiores a las bombillas CFL, por lo que es una inversión más rentable.

4.9.7.3. Análisis de rentabilidad de la implementación de paneles solares. Se obtuvo el Valor Presente Neto (VPN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) a 10 años del panel solar propuesto para el escenario A, según la inversión inicial y los ahorros que el panel solar generaría en los siguientes 10 años.

Tabla No. 85: VPN paneles solares.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	HOY	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Flujo de efectivo	-Q38.878.00	Q7,374.01	Q7,374.01	Q7,374.01	Q7,374.01	Q7,374.01	Q7,374.01	Q7,374.01	Q7,374.01	Q7,374.01	Q7,374.01
Valor presente	-Q38.878.00	Q6,780.40	Q6,234.57	Q5,732.69	Q5,271.20	Q4,846.87	Q4,456.69	Q4,097.93	Q3,768.04	Q3,464.71	Q3,185.80
VPN	Q8,960.90										

Fuente: propia.

Tabla No. 86: TIR paneles solares.

Año	Energía solar
0	-Q38,878.00
1	Q7,374.01
2	Q7,374.01
3	Q7,374.01
4	Q7,374.01
5	Q7,374.01
6	Q7,374.01
7	Q7,374.01
8	Q7,374.01
9	Q7,374.01
10	Q7,374.01
TIR	14%

Fuente: propia.

El Valor Presente Neto es positivo, lo cual indica que es una inversión rentable, debido a los ahorros que ésta genera. La TIR obtenida es 14%. Debido a que $TIR > TMAR$, sí vale la pena implementar un panel solar en este escenario. El tiempo de retorno de inversión es aproximadamente 5-6 años.

4.9.8. Análisis financiero. Se realizó la comparación entre un escenario con las diferentes plantas de tratamiento de aguas residuales previamente definidas versus el escenario de una casa sin planta de tratamiento de aguas residuales, es decir, en donde se hace uso de agua potable para toda actividad doméstica.

Tabla No. 87: Comparación costos de consumo de agua con planta de tratamiento versus sin planta de tratamiento de aguas residuales.

	Consumo mensual (m³)	Tarifa aplicable	Total consumo mensual	Total consumo anual
Sin planta de tratamiento	19.8	Q1.76	Q64.76	Q777.07
Con planta de tratamiento	11.09	Q1.12	Q34.61	Q415.33

Fuente: propia.

De acuerdo a las tarifas aplicables en base a los consumos de agua potable mensual establecidos previamente, se presentan los ahorros en consumo de agua por la instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales.

Tabla No. 88: Ahorro en costos por consumo de aguas tratadas.

Ahorro en consumos	
Mensual	Q30.15
Anual	Q361.74

Fuente: propia.

4.9.8.1. Planta de tratamiento de aguas residuales

aeróbica. Se procedió a realizar un análisis del Valor Presente Neto (VPN) y de la Tasa Interna de Retorno (TIR) a 10 años de la planta de tratamiento aeróbica propuesta, con los siguientes resultados:

Tabla No. 89: VPN de inversión en planta de tratamiento de aguas residuales doméstica aeróbica.

Año	Inversión	Mantenimiento	Ahorro en consumo de agua potable de forma anual	Costo anual	Flujo
0	-Q34,930.33	Q0.00	Q0.00		-Q34,930.33
1	Q0.00	-Q200.00	Q361.74	Q161.74	Q161.74
2	Q0.00	-Q200.00	Q361.74	Q161.74	Q161.74
3	Q0.00	-Q200.00	Q361.74	Q161.74	Q161.74
4	Q0.00	-Q200.00	Q361.74	Q161.74	Q161.74
5	Q0.00	-Q200.00	Q361.74	Q161.74	Q161.74
6	Q0.00	-Q200.00	Q361.74	Q161.74	Q161.74
7	Q0.00	-Q200.00	Q361.74	Q161.74	Q161.74
8	Q0.00	-Q200.00	Q361.74	Q161.74	Q161.74
9	Q0.00	-Q200.00	Q361.74	Q161.74	Q161.74
10	Q0.00	-Q200.00	Q361.74	Q161.74	Q161.74
Valor Presente Neto					Q(34,911.85)

Fuente: propia.

En este proyecto no es posible obtener una TIR, ya que resulta mucho más caro adquirir y mantener el equipo de la planta de tratamiento de aguas residuales que continuar con el sistema de aguas convencional. De igual manera, se puede notar que el VPN es negativo, lo cual indica que es una inversión no rentable, esto debido a que el precio de inversión es muy alto en comparación a los consumos de agua de una casa de tres habitantes.

Sin embargo, a pesar de que es un proyecto sin retorno a la inversión, es una opción viable para ahorrar agua, ya que se pueden llegar a ahorrar hasta 133 m³ de agua de forma anual representando un beneficio medioambiental significativo.

4.9.8.2. Planta de tratamiento de aguas residuales anaeróbica. Se realizó un análisis financiero de rentabilidad de la planta de tratamiento de aguas residuales anaeróbica.

Tabla No. 90: VPN de planta de tratamiento de aguas residuales anaeróbica.

Año	Inversión	Mantenimiento	Ahorro en consumo de agua potable de forma anual	Costo anual	Flujo
0	-Q10,320.00	Q0.00	Q0.00		Q10,320.00
1	Q0.00	Q2,224.00	Q361.74	Q1,862.26	-Q1,862.26
2	Q0.00	Q2,224.00	Q361.74	Q1,862.26	-Q1,862.26
3	Q0.00	Q2,224.00	Q361.74	Q1,862.26	-Q1,862.26
4	Q0.00	Q2,224.00	Q361.74	Q1,862.26	-Q1,862.26
5	Q0.00	Q2,224.00	Q361.74	Q1,862.26	-Q1,862.26
6	Q0.00	Q2,224.00	Q361.74	Q1,862.26	-Q1,862.26
7	Q0.00	Q2,224.00	Q361.74	Q1,862.26	-Q1,862.26
8	Q0.00	Q2,224.00	Q361.74	Q1,862.26	-Q1,862.26
9	Q0.00	Q2,224.00	Q361.74	Q1,862.26	-Q1,862.26
10	Q0.00	Q2,224.00	Q361.74	Q1,862.26	-Q1,862.26
		Valor Presente Neto		(10,532.83)	

Fuente: propia.

Mediante la inversión inicial, costos de mantenimiento, y ahorros en consumo de agua, se obtuvo un valor presente neto de -Q10, 532.83.

4.9.8.2.1. Análisis de rentabilidad de plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas aeróbica y anaeróbica.

Tabla No. 91: Comparación VPN planta de tratamiento aeróbica versus planta de tratamiento anaeróbica.

Flujo de efectivo planta aeróbica	Flujo de efectivo planta anaeróbica
-Q34,930.33	Q10,320.00
Q161.74	Q1,862.26
Q161.74	Q1,862.26
Q161.74	Q1,862.26
Q161.74	Q1,862.26
Q161.74	Q1,862.26
Q161.74	Q1,862.26
Q161.74	Q1,862.26
Q161.74	Q1,862.26
Q161.74	Q1,862.26
Q161.74	Q1,862.26
Q161.74	Q1,862.26
VPN:	
Q (34,911.85)	Q (10,532.83)

Fuente: propia.

En ambas plantas de tratamiento de aguas residuales se obtuvieron valores presentes netos negativos, sin embargo, el Valor Presente Neto de la planta de tratamiento anaeróbica tiene un valor de $-Q10,532.83$, el cual es menos negativo que el Valor Presente Neto de la planta de tratamiento aeróbica, siendo de $-Q34,911.85$. Dato que indica que la inversión en una planta de tratamiento anaeróbica es más rentable.

4.9.9. Escenario: Casa de 100 m². Los escenarios que se presentan a continuación son los mismos escenarios presentados en la sección de energía. De acuerdo a los kWh/anuales consumidos, se estima el número de toneladas métricas de CO₂ equivalentes y el número de Kilogramos de CO₂ equivalentes que se emitirían en cada escenario, por la generación de energía por parte de la empresa eléctrica.

4.9.9.1. Escenario A. Las condiciones de este escenario se plantean bajo las instalaciones especiales verdes, las cuales fueron previamente analizadas, y de los cuales se concluyeron que requieren de menos energía eléctrica y su impacto medio ambiental es bajo en comparación a los demás. Entre ellas se encuentran las bombillas LED, el calentador de agua solar y los electrodomésticos avalados por la certificación *Energy Star*.

Tabla No. 92: Huella de carbono de escenario A.

Energy Star	Equipo	kWh/mes	kWh/año	Toneladas métricas CO2/año	Kg. CO2/año
NO	Bombillas LED	6.75	81.00	0.048	47.81
SÍ	Televisor LED 50"	5.58	66.96	0.040	39.52
SÍ	DVD	0.40	4.81	0.003	2.84
NO	Equipo de sonido	6.00	72.00	0.042	42.50
NO	Horno de microondas	12.00	144.00	0.085	85.00
NO	Cafetera	12.00	144.00	0.085	85.00
NO	Estufa eléctrica	27.00	324.00	0.191	191.25
NO	Tostadora de pan	3.00	36.00	0.021	21.25
SÍ	Refrigeradora	54.00	648.00	0.382	382.50
SÍ	Lavadora de ropa	14.14	169.71	0.100	100.18
NO	Secadora de ropa	30.00	360.00	0.212	212.50
NO	Licuada de alimentos	2.25	27.00	0.016	15.94
NO	Plancha eléctrica	15.00	180.00	0.106	106.25
NO	Teléfono inalámbrico	1.50	18.00	0.011	10.62
SÍ	Purificador de aire	14.70	176.40	0.104	104.12
SÍ	Laptop	15.00	180.00	0.106	106.25
NO	Router ASLD/wifi	8.64	103.68	0.061	61.20
NO	Horno eléctrico	15.43	185.14	0.109	109.28
NO	Cargador teléfono móvil	2.03	24.34	0.014	14.37
NO	Calentador de agua solar	30.00	360.00	0.212	212.50
	Totales	275.42	3305.05	1.951	1950.87

Fuente: propia.

La emisión total de toneladas métricas de CO₂e, en éste escenario de forma anual, es de 1.95.

4.9.9.1.1. Escenario A con paneles solares. Se presenta una variación del escenario A, en donde se establecen las mismas condiciones del escenario original, sin embargo, se agrega la instalación de paneles de energía solar.

Tabla No. 93: Huella de carbono escenario A con paneles solares.

Huella de carbono de paneles solares escenario A	
kWh/anuales	3,125.05
Factor: kg. CO ₂ e / kWh	0.04
Kg. CO ₂ e panel	125.0018537
Toneladas métricas CO ₂ e indirectas por uso de panel	0.125001854

Fuente: propia.

Bajo estas condiciones, únicamente se cuantifica la huella de carbono de la fabricación de los paneles solares necesarios. Se puede notar que por medio de la instalación de los paneles solares, la emisión anual se reduce a 0.125 toneladas métricas de CO₂e de forma indirecta.

4.9.9.2. Escenario B. El siguiente escenario presenta electrodomésticos sin la certificación *Energy Star*, hace uso de bombillas CFL y utiliza el calentador de agua eléctrico.

Tabla No. 94: Huella de carbono escenario B

Equipo	kWh/mes	kWh/año	Toneladas métricas CO2/año	Kg. CO2/año
Bombillas fluorescentes	12.15	145.80	0.086	86.06
Televisor plasma 50"	18.19	218.27	0.129	128.84
DVD	6.75	81.00	0.048	47.81
Equipo de sonido	6.00	72.00	0.042	42.50
Horno de microondas	12.00	144.00	0.085	85.00
Cafetera	12.00	144.00	0.085	85.00
Estufa eléctrica	27.00	324.00	0.191	191.25
Tostadora de pan	3.00	36.00	0.021	21.25
Refrigeradora	81.00	972.00	0.574	573.74
Lavadora de ropa	15.43	185.14	0.109	109.28
Secadora de ropa	30.00	360.00	0.212	212.50
Licuada de alimentos	2.25	27.00	0.016	15.94
Plancha eléctrica	15.00	180.00	0.106	106.25
Teléfono inalámbrico	1.50	18.00	0.011	10.62
Laptop	27.60	331.20	0.195	195.50
Router ASLD/wifi	8.64	103.68	0.061	61.20
Horno eléctrico	15.43	185.14	0.109	109.28
Cargador teléfono móvil	2.03	24.34	0.014	14.37
Calentador de agua	255.00	3060.00	1.806	1806.23
Totales	550.96	6611.58	3.90	3902.62

Fuente: propia.

La emisión total de toneladas métricas de CO₂e, en éste escenario de forma anual, es de aproximadamente 4.

4.9.9.3. Escenario C. Este escenario presenta las mismas condiciones que el escenario B con la variación de que se utilizan bombillas incandescentes en vez de bombillas ahorradoras CFL.

Tabla No. 95: Huella de carbono escenario C.

Equipo	kWh/mes	kWh/año	Toneladas métricas CO₂/año	Kg. CO₂/año
Bombillas incandescentes	33.75	405.00	0.239	239.06
Televisor plasma 50"	18.19	218.27	0.129	128.84
DVD	6.75	81.00	0.048	47.81
Equipo de sonido	6.00	72.00	0.042	42.50
Horno de microondas	12.00	144.00	0.085	85.00
Cafetera	12.00	144.00	0.085	85.00
Estufa eléctrica	27.00	324.00	0.191	191.25
Tostadora de pan	3.00	36.00	0.021	21.25
Refrigeradora	81.00	972.00	0.574	573.74
Lavadora de ropa	15.43	185.14	0.109	109.28
Secadora de ropa	30.00	360.00	0.212	212.50
Licuada de alimentos	2.25	27.00	0.016	15.94
Plancha eléctrica	15.00	180.00	0.106	106.25
Teléfono inalámbrico	1.50	18.00	0.011	10.62
Laptop	27.60	331.20	0.195	195.50
Router ASLD/wifi	8.64	103.68	0.061	61.20
Horno eléctrico	15.43	185.14	0.109	109.28
Cargador teléfono móvil	2.03	24.34	0.014	14.37
Calentador de agua	255.00	3060.00	1.806	1806.23
Totales	572.56	6870.78	4.06	4055.62

Fuente: propia.

En este escenario, la emisión de CO₂e de forma anual es de 4.05 toneladas métricas.

4.9.10. Compensación de huella de carbono emitida por medio de árboles. De acuerdo a los resultados de cada escenario, se presentan los siguientes resultados en donde se refleja el número de árboles que son necesarios para compensar la cantidad de toneladas métricas de CO₂e emitidas.

Tabla No. 96: Compensación de huella de carbono por medio de árboles.

Escenario	Toneladas métricas CO ₂ e emitidas/año	kWh/año	Número de árboles necesarios para compensar consumo
A	1.84	3125.05	47
A con paneles solares	0.13	0.00	3
B	3.00	5081.58	77
C	3.30	5583.78	85

Fuente: propia.

El escenario A necesita de 50 árboles para la compensación de huella de carbono emitida debido al consumo eléctrico. Si al escenario A se le agregan paneles solares, haría uso de energía eléctrica generada por un recurso renovable, a lo cual se le atribuye la emisión de huella de carbono indirecta, por la fabricación de los paneles solares, siendo el resultado de la necesidad de tres árboles para compensar la huella de carbono emitida. Para los escenarios B y C se necesitan 77 y 85 árboles respectivamente. Lo cual es aproximadamente el doble de lo que se necesita para el escenario A. Con esto se puede ilustrar el bajo impacto ambiental que genera el acudir a instalaciones especiales verdes en una casa en Guatemala.

4.9.11. Costos totales. Al haber evaluado las diferentes instalaciones especiales verdes en cuanto a sus costos y emisiones de huella de carbono, se realizó una comparación de costo total de inversión inicial de una casa verde versus una casa con tecnologías y sistemas tradicionales.

Tabla No.97: Costo total de inversión inicial escenario con tecnologías especiales verdes

Escenario con tecnologías especiales verdes		
<i>Certificación Energy Star</i>	Aparato	Precio
Sí	TV LED 50"	Q 10,100.00
Sí	DVD	Q 329.00
Sí	Refrigeradora 14 ft.	Q 9,999.00
Sí	Lavadora 48 lb.	Q 6,599.00
Sí	Laptop	Q 5,100.00
no	Estufa eléctrica	Q 5,299.00
no	equipo de sonido	Q 1,149.00
no	microondas	Q 479.00
no	cafetera	Q 129.00
no	tostadora de pan	Q 99.00
no	secadora de ropa	Q 3,499.00
no	licuadora	Q 240.00
no	plancha	Q 249.00
no	telefono inalámbrico	Q 439.00
no	horno eléctrico	Q 939.00
no	calentador de agua solar	Q 10,304.00
no	Bombillas LED	Q 555.75
no	Paneles solares	Q 49,980.00
no	Planta de tratamiento de aguas residuales aerobia	Q 34,930.00
Costos totales		Q 140,417.75

Fuente: propia.

Tabla No.98: Costo total de inversión inicial escenario con tecnologías tradicionales

Escenario tecnologías tradicionales		
Certificación Energy Star	Aparato	Precio
no	TV plasma 50"	Q 6,500.00
no	DVD	Q 199.00
no	Refrigeradora 14 ft.	Q 5,099.00
no	Lavadora 48 lb.	Q 4,999.00
no	Laptop	Q 3,490.00
no	Estufa eléctrica	Q 5,299.00
no	equipo de sonido	Q 1,149.00
no	microondas	Q 479.00
no	cafetera	Q 129.00
no	tostadora de pan	Q 99.00
no	secadora de ropa	Q 3,499.00
no	licuadora	Q 240.00
no	plancha	Q 249.00
no	telefono inalámbrico	Q 439.00
no	horno eléctrico	Q 939.00
no	calentador de agua eléctrico titán	Q 2,500.00
no	Bombillas incandescentes	Q 65.00
Costos Totales		Q35,373.00

Fuente: propia.

Se puede apreciar la diferencia de costos de inversión inicial de una casa que cuente con tecnologías verdes y una casa que cuente con tecnologías tradicionales. Sin embargo, es importante notar el bajo impacto ambiental y el largo tiempo de vida que las instalaciones especiales verdes aportan.

4.10. Emisión total de CO₂ por material de construcción.

Tabla No. 99: Emisión total de CO₂ por material en kilogramos

Madera	Bambú	Concreto	Bloque	Europanel	Ladrillo
8,765.10 kg	11,275.88 kg	12,047 kg	13,120 kg	11,467 kg	12,189 kg

Fuente: propia

4.10.1. Desglose de CO₂ por material de construcción.

Tabla No. 100: Análisis porcentual de CO₂

Tipo de material	Madera	Bambú	Concreto	Bloque	Europanel	Ladrillo
Material de análisis	19.91%	-1.81%	91.14%	7.9%	95.02%	19.7%
Hierro	33.15%	42.14%	4.3%	34.30%	2.18%	27.9%
Transporte	3.07%	1.67%	4.56	3.80%	2.74%	0.8%
Concreto	42.52%	31.73%	(Material de análisis)	54.00%	(Incluido en el 1er rubro)	51.6%
Madera	(Material de análisis)	0.04%	----	----	0.03%	----
Cernido (Esterilla y malla)	----	26.22%	----	----	----	----
Plywood	1.07%	----	----	----	----	----
Bloque	0.27%	----	----	(Material de análisis)	----	----

Fuente: propia

4.11. Costos totales de materiales de construcción.

Tabla No. 101: Costos totales por material, de menor a mayor

Madera	Bambú	Concreto	Bloque	Europanel	Ladrillo
Q30,683.97	Q54,039.09	Q53,048.13	Q43,636.27	Q58,398.89	Q37,901.04

Fuente: propia

5. DISCUSIÓN

La diversidad de materiales utilizados para el análisis ambiental y de costos dio, como era de esperarse, distintos resultados los cuales se analizaron y compararon a partir de las tablas # 97, 98 y 101. A continuación, se discutirán los resultados más significativos y relevantes para la investigación.

La construcción de la vivienda a partir del europanel, es significativamente más cara, por $\cong 90.32\%$, respecto al uso de la madera, como material principal de la construcción, con un total de Q58, 398.89 para la casa analizada de 45.6 m². También es importante mencionar que las construcciones, realizadas con europanel y bambú, las dos construcciones más costosas, también son las construcciones más sencillas de realizar por la facilidad del uso de estos.

El bloque como material principal de construcción, tiene el impacto mayor en el ambiente, en términos de huella de carbono, aproximadamente por 4.35 toneladas de diferencia, 50% más respecto al impacto de la madera, que posee la menor huella de carbono, en el total de kg de CO₂ emitidos.

El bambú también es el único de todos los materiales principales de construcción que posee una huella de carbono positiva, es decir su captación de CO₂ a lo largo de su ciclo de vida, es mayor a la aportación global del mismo utilizado como material de construcción, tomando en cuenta su manejo y transporte desde el lugar de origen hasta el lugar de consumo (capital).

La casa construida de madera es la mejor opción, entre los materiales analizados, debido a que no solo posee el menor de todos los costos totales (Q30, 683.97), sino el impacto de la huella de carbono global, que abarca el uso de este material, junto a los materiales secundarios y, el transporte de los materiales y el personal de la obra, es el menor de todos con un total de 8,765.10 kg de CO₂.

El uso de concreto en la construcción de todos los materiales (excluyendo las construcciones de concreto y europanel) representa \cong 44.96% en promedio del total de CO₂ emitido durante la misma. El uso del hierro en la construcción representa \cong 24% en promedio del total de CO₂ emitido durante una construcción.

Por esto podemos decir que la reducción del uso concreto y el hierro en todas las construcciones, excepto el de concreto, son fuentes significativas y relevantes en la disminución de CO₂.

Otro aspecto interesante, fue que se esperaba que el transporte fuera una fuente significativa de emisión de CO₂, cuando en realidad su aporte global promedio fue apenas un 2.78% del total de emisiones.

En cuanto al análisis de la implementación de instalaciones especiales verdes en una casa de dimensiones de 100 m², en la sección de ahorro de energía, se evaluó la rentabilidad de lámparas LED, calentador de agua solar, electrodomésticos *Energy Star* y paneles solares. Se realizó un análisis financiero sobre la inversión de bombillas LED versus CFL e incandescentes, con base en sus precios en el mercado y consumo según sus potencias equivalentes. Las bombillas LED cuentan con el costo de inversión inicial más alto, sin embargo, es la opción más rentable de las tres opciones debido a que cuenta con el VPN más bajo de los tres.

Se realizó un análisis financiero de los calentadores de agua solar y eléctrico. De acuerdo a las inversiones iniciales correspondientes y los consumos generados delimitados al escenario de la casa de 100 m² el calentador de agua solar es la opción con inversión inicial más alta y más rentable, con un tiempo de retorno de inversión de aproximadamente tres años según los ahorros que genera.

Se evaluó la rentabilidad de la instalación de paneles solares, en donde la inversión inicial es alta, pero ya que cubre la demanda completa de energía eléctrica, la inversión tiene un tiempo de retorno de 5 a 6 años.

En la sección de ahorro de agua, se evaluó la rentabilidad de dos diferentes plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas: anaeróbica y aeróbica. Con base en las inversiones iniciales y los ahorros generados de demanda de agua potable, la planta de tratamiento aeróbica cuenta con un costo de inversión inicial más bajo y, por lo tanto, es la opción más rentable.

La implementación de las diferentes instalaciones especiales verdes: electrodomésticos *Energy Star*, lámparas LED, calentador de agua solar, planta de tratamiento de aguas residuales aeróbica y paneles solares representa una alta inversión en comparación a un escenario que cuente con tecnologías y sistemas tradicionales, sin embargo, se puede apreciar el bajo impacto ambiental que esto representa, por medio de la cantidad de árboles necesarios para la compensación de huella de carbono emitida.

6. CONCLUSIONES

- La construcción de la vivienda a partir del bambú, es significativamente más cara, por \cong 80%, comparada con la construcción a partir de la madera.
- El bambú tiene un impacto mayor en el ambiente, en términos de huella de carbono, \cong por casi tres toneladas de diferencia, 42.14% respecto al impacto de la madera.
- El bambú también es el único de ambos materiales que posee una huella de carbono positiva, es decir su captación de CO₂ a lo largo de su ciclo de vida, es mayor a la aportación global del mismo como materiales de construcción, tomando en cuenta su manejo y transporte desde el lugar de origen hasta el lugar de consumo (capital).
- La casa construida de madera es la mejor opción, entre los materiales de madera y bambú, debido a sus costos menores y el impacto de la huella de carbono menor que presenta sobre la madera.
- El uso de concreto en la construcción de madera representa \cong 43% total de CO₂ emitido durante la misma. El uso del hierro en la construcción de bambú \cong 43% y \cong 64% del total de CO₂ emitido durante una construcción, para madera y bambú respectivamente.
- El concreto de la construcción y el hierro de la construcción de bambú, son fuentes de disminución de CO₂.
- Se determinó que la huella de carbono que emiten las construcciones de la vivienda con ladrillo y bloque de concreto es 12.19 toneladas y 13.12 toneladas respectivamente. Utilizando el bloque de concreto la construcción es 7% menos amigable con el medio ambiente.
- La construcción de la casa utilizando el bloque es 14% más cara en comparación del ladrillo, el costo de construir con bloque es Q43, 636.27 y con ladrillo es Q37, 901.04.

- Los procesos de elaboración del concreto y europanel tienen el defecto de utilizar sistemas de combustión, como los altos hornos o desechos industriales como las llantas, que generan grandes cantidades de gases de efecto invernadero.
- La huella de carbono de 1 metro cúbico de concreto y de europanel, es de 0.61 toneladas de dióxido de carbono y 0.671 toneladas de dióxido de carbono, respectivamente.
- Comparando el europanel y el concreto, se puede afirmar que durante el proceso de obtención, elaboración y transporte, el concreto tiene una menor huella de carbono.
- Debido a que el europanel utiliza acero, concreto y poliestireno expandido, el cual proviene del petróleo, la huella de carbono es 25 por ciento más alta.
- Independientemente del material de construcción, la obtención de sus materias primas proviene de canteras, las cuales ya se no podrán utilizar para cultivar al terminar los años de extracción.
- La utilización de acero en el europanel provoca exceso de combustión en los hornos, lo cual aumenta la huella de carbono del material.
- Las energías renovables constituyen un apoyo a la reducción del calentamiento global debido a sus bajas emisiones indirectas de CO₂e, en comparación con la generación de energía eléctrica a base de combustibles fósiles.
- Los electrodomésticos avalados con la certificación *Energy Star* representan bajos costos de consumo energético y por ende, un apoyo a la reducción de la emisión indirecta de CO₂e.
- El uso de bombillas LED en el hogar, genera menor huella de carbono indirecta, y un 80% menos en consumos en comparación con las bombillas CFL y 700% menos en consumo en comparación con las bombillas incandescentes. Lo cual la convierte en una opción de inversión rentable.

- El uso de un calentador de agua solar es más rentable y representa mayores ahorros en costos de energía que un calentador de agua eléctrico. Éste también representa una menor emisión de huella de carbono indirecta.
- La instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales anaeróbica es más rentable que la instalación de una planta de aguas residuales aeróbica, esto debido a los ahorros en costo de consumo de agua en comparación a las inversiones iniciales correspondientes.
- La instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales es una alternativa ecológicamente responsable para la reducción de la emisión del gas de efecto invernadero, CH₄.
- Invertir en instalaciones especiales verdes en una casa reduce significativamente el gasto en consumo energético, la huella de carbono emitida, y aumenta la salud y bienestar de sus habitantes. Esto se ve reflejado en la cantidad de árboles necesarios para compensar la huella de carbono emitida.

7. RECOMENDACIONES

- Se recomienda investigar acerca del uso de materiales alternativos, y la combinación de los mismos, para la cimentación de las casas modelo para reducir parte del 43% de la huella de carbono, que es aportado por el concreto.
- Realizar construcciones de bambú cerca del lugar de siembra, ayudaría a reducir costes y emisión de CO₂ de transporte.
- Si se lograra realizar alianzas estratégicas con las empresas productoras y distribuidoras de estos materiales de construcción, se podría llevar a cabo un estudio a profundidad, de facilidad acceso a información, beneficiándose con la certificación de la ISO 14067.
- Se recomienda investigar si existe algún tipo de material que pueda sustituir el uso del acero, ya que este representa el mayor impacto negativo respecto a la emisión de dióxido de carbono. Del total de las emisiones del material elegido para la construcción de la vivienda, el ladrillo, representa un 49%.
- Se recomienda buscar proveedores de materiales lo más cercano a la construcción, para poder tener un impacto menos negativo en el ambiente, por el transporte. Y hacer alianza estratégica con ellos, para poder llevar a cabo más construcciones verdes, con información más exacta.
- Para conocer el impacto ambiental neto de cada material de construcción, sería importante conocer que procesos se llevan a cabo para contrarrestar la emisión de CO₂ (siembra de árboles, reciclaje, etc.)
- Medir el impacto ambiental en base al uso de energía necesaria para producir cada material de construcción.
- Determinar que material de construcción tiene mayores probabilidades de escasearse en el futuro cercano (corto o mediano plazo).
- Realizar un análisis comparativo, entre Guatemala y un país europeo, del modo de extracción de materias primas y procesos de elaboración de cada material de construcción y sugerir mejoras.

- Invertir en lámparas LED a pesar de sus altos precios en el mercado, pues el uso de estas lámparas representan un alto ahorro en consumo, y tiempo de vida más larga, en comparación con las lámparas CFL e incandescente.
- Invertir en un calentador de agua solar de placa plana doméstico enés de un calentador de agua eléctrico, pues el tiempo de retorno de inversión es menor a tres años debido a los ahorros anuales que éste genera, y los ahorros en consumo energético que genera son significativos.
- Para evitar incurrir en gastos de energía eléctrica, se recomienda invertir en la instalación de paneles solares que cubran la demanda energética mensual de la casa, a pesar de que la inversión inicial sea alta, el tiempo de retorno de inversión es de 5-6 años, y el tiempo de vida de paneles solares es de aproximadamente 20 años.
- No es recomendable invertir en una planta de tratamiento de aguas residuales aeróbica, ya que el monto de inversión y mantenimiento de la planta de tratamiento es demasiado alto en comparación con los ahorros de agua que ésta generaría. Sin embargo es una opción viable para aquéllas personas que deseen apoyar la economía azul, y reducir su huella de carbono por el bajo nivel de aguas residuales desechadas que ésta genera.
- Se recomienda hacer uso de electrodomésticos que cuenten con la certificación *Energy Star*: calentador de agua solar, lámparas LED, planta de tratamiento de aguas anaeróbica y paneles solares, para conformar una casa autosostenible que emita una baja huella de carbono en comparación con casas que no cuentan con estas instalaciones especiales verdes, y en la cual sus habitantes gocen de una vida sana.

8. BIBLIOGRAFÍA

Celasa (2013) Cotización de bombillas LED, CFL e incandescentes.

Conferencia “Edificación sustentable en Latinoamérica” impartida el 07 de Junio del 2013 por personal del GGBC.

EEGSA. 2013. Tarifa de costos de energía eléctrica.

EMPAGUA. Datos obtenidos por llamada telefónica.

Enerfree (2013). Cotización de calentador de agua solar 40 galones.

Herrera Rodríguez, Jaime A. 1984. *Preservación de Maderas por Métodos Sencillos y de Bajo Costo*. 4 Página.

Magro González, José (2006) *Cálculo y verificación de la huella de carbono. Acciones de reducción de emisiones*. AENOR

Morales, María del Pilar (2012) *Los Guadales*. Grupo BioDinámico, S.A. Documento Privado.

Morales, María del Pilar (2012) *Origen y Morfología del Bambú*. Grupo BioDinámico, S.A. Documento Privado.

Naranjo, Luís Guillermo (2012) *Silvicultura de la Guadua*. Grupo BioDinámico, S.A. Documento Privado.

Naranjo, Luís Guillermo (2012) *Valores agregados de la Guadua*. Grupo BioDinámico, S.A. Documento Privado.

OSE (Observatorio de la Sostenibilidad en España) (2008), *Enfoques metodológicos para el cálculo de la huella de carbono*. Universidad de Alcalá.

Salazar, R. 1997. *Pinus Maximinoi H.E. Moore*. Nota técnica sobre manejo de semillas forestales Número 15. CATIE, Costa Rica. 2 Página.

Velásquez, Luis. (2013). *Manejo de desperdicios en Cementos Progreso*. Entrevista vía correo electrónico.

Ximhai, Ra. (2011) *Biomasa aérea, posibles emisiones de CO₂ después de un incendio*. *Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo*.

Sitios de Internet

Alaobragente. (Octubre 2012). *Proceso de elaboración del concreto*. Perú. Recuperado el 13 de octubre del 2013, de www.alaobragente.com/2012/10/proceso-de-elaboracion-del-concreto/

Alexander, S. (2009) "Lámparas"
<http://alexanderso.blogspot.com/2009/09/lamparas.html> . Con acceso en el año 2013.

ANAPE. (2012). *Asociación nacional que agrupa a la industria española de poliestireno expandido*. Recuperado el 15 de octubre de 2013, de http://www.anape.es/envasar_pf.htm

Anónimo. Fecha desconocida. *Tema 7. Las rocas*. Fresno. España. Recuperado el 12 de octubre del 2013, de http://fresno.pntic.mec.es/msap0005/1eso/T07-Geosfera/tema_7_rocas.htm

Archila, Patricia. (2004). *Métodos para construcción de vivienda, utilizando materiales tecnológicos actuales: electropanel, tabla yeso, fibrocemento y fibroyeso*. Guatemala. Universidad San Carlos de Guatemala; Facultad de Ingeniería; Escuela de Ingeniería Civil. Extraído el 23 de mayo de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2429_C.pdf

Arredondo, F. (1972). *Estudio de materiales: V.-Hormigones*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento.

Asociación Nacional de Fabricantes de Cal - Anfacal. (2007). *Proceso de explotación y trituración de piedra caliza*. Distrito Federal, México. Recuperado el 13 de octubre del 2013, de <http://anfagal.org/pages/proceso-productivo-de-la-cal.php>

Atmosferis. (2011). *Petróleo, perforación de pozos*. Recuperado el 15 de octubre del 2013, de <http://www.atmosferis.com/petroleo-perforacion-de-pozos/>

Atmospheric science data center, sponsored by NASA. South America 10-year Average Insulation kWh/m² (2013). <https://earthdata.nasa.gov/data/data-centers/larc-asdc>. Con acceso en el año 2013.

Beach, Emily. *Tipos de bloques de concreto*. http://www.ehowenespanol.com/tipos-bloques-concreto-sobre_85095/ [14.07.2013]

BSI (British Standards) (2008) *Guide to PAS 2050, How to assess the carbon footprint of goods and services*. Recuperado de internet [26/08/13] en: http://aggie-horticulture.tamu.edu/faculty/hall/publications/PAS2050_Guide.pdf

Borman, Juan. (Julio de 2012). *Evaluación del uso de sistemas constructivos, basados en electropanel de poliestireno expandidos, ondulado y reforzado con electromalla de acero galvanizado y reticulado*. Facultad de Ingeniería; Ingeniería Civil; Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado el 14 de octubre del 2013, de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3416_C.pdf

Carbon Trust. *Guide to PAS 2050. How to assess the carbon footprint of goods and services*. <http://www.bsigroup.es/upload/standards/PAS2050-Guide.pdf> [17.07.2013]

CECyTech. *Manual de elaboración de bloques de concreto*. <http://www.cecotech.edu.mx/Pdf/manualbloques.pdf> [14.07.2013]

Cementos Progreso. (2013). *Desarrollo Sostenible*. Recuperado el 23 de julio del 2013, de <http://www.cempro.com/desarrollo-sostenible>

Cementos Progreso. (2013). *Responsabilidad Ambiental*. Recuperado el 26 de julio del 2013, de <http://www.cempro.com/desarrollo-sostenible/gestion-ambiental/cambio-climatico>

Cementos Progresos. (2013). *Planta San Miguel*. Recuperado el 16 de agosto del 2013 de, <http://www.cempro.com/cementos-progreso/plantas-de-produccion/planta-san-miguel>

Cementosargos. (11 de noviembre de 2011). *Cementos Argos Estrada*. Recuperado el 14 de octubre del 2013, de <http://pifcementosargosestrada.blogspot.com/2011/09/marco-conceptal.html>

Cemex. (2011). *Huella de carbono: metodología Cemex para su cálculo*. México. Construyendo el Futuro. Extraído el 5 de mayo del 2013 de http://www.cemex.es/ds/files/CO2FootprintTool_FolletoExplicativoHerramienta_2011jan.pdf.

CERIGUA(2012) "IPCC: las emisiones de CO2 de los países ricos aumentaron un 64%" http://cerigua.org/1520/index.php?option=com_content&view=article&id=8879%3Aipcc-las-emisiones-de-co2-de-los-paises-ricos-aumentaron-un-64-&Itemid=10. Con acceso en el año 2013.

Chicol, Andrés. *La huella de carbono: el rastro que dejamos los seres humanos en el planeta*. <http://www.cgpl.org.gt/tags/huella-de-carbono> [21.09.2013]

CMC, Aida. (3 de junio de 2012). *Poliestireno*. Recuperado el 14 de octubre del 2013, de <http://aidatr.blogspot.com/2012/06/ejercicio-2-tema8-ej2.html>

CNEE (2012) "Proceso de planificación y licitaciones de compra de potencia y energía en Guatemala" <http://www.cnee.gob.gt/xhtml/prensa/Eventos/Platts,%20junio-2012/Carmen%20Urizar,%20Platts,%20junio-2012.pdf> . Con acceso en el año 2013.

CNEE (2013) "Informe de análisis de consumo de electricidad año 2012" <http://www.cnee.gob.gt/EficienciaEnergetica/Docs/Informe%20de%20Análisis%20del%20Consumo%20de%20Electricidad.pdf>. Con acceso en el año 2013.

CONEVYT. (2013). *Materiales y herramientas: concreto*. Recuperado el 25 de julio del 2013 de, http://www.conevyt.org.mx/educhamba/guias_emprendizaje/MATE_HERRAM.pdf

COPAE. (11 de septiembre de 2011). *No a la mina*. Recuperado el 30 de julio del 2013, de <http://www.noalamina.org/mineria-latinoamerica/mineria-guatemala/extraccion-de-hierro-destruccion-ambiental-y-social-de-la-costa-sur>

Cruz Azul. (2005). *Elaboración del cemento*. México. Recuperado el 13 de octubre del 2013, de http://www.cruzazul.com.mx/productos/elab_03.html

Cruzat, Raimundo. (2012). *La huella de carbono, en concreto....* Chile. El Post: Nuevos Mapas de la Realidad. Extraído el 24 de abril del 2013 de www.elpost.cl/web/temas/ciudad/1150-la-huella-de-carbono-en-concreto.html.

Ecología Verde. (24 de julio del 2009). *El cemento debe reducir su impacto ambiental*. Recuperado el 14 de octubre del 2013, de <http://www.ecologiaverde.com/el-cemento-debe-reducir-su-impacto-ambiental/>

Egan, Don. (20 de agosto de 2012). *Cambios en tus alrededores*. Recuperado el 14 de octubre del 2013, de <http://donegan.wordpress.com/2012/08/20/changing-your-landscape/>

El Banco Mundial. *Datos Guatemala, indicadores del desarrollo mundial*. <http://datos.bancomundial.org/pais/guatemala> [21.09.2013]

EMMEDUE. (2012). *Sistema constructivo emmedue: especificaciones técnicas*. Italia. Recuperado el 14 de octubre del 2013, de http://es.mdue.it/files/2012/06/Especificaciones_tecnicas.pdf

Enciclopedia Océano. (2002). *Metalurgia*. Enciclopedia temática estudiantil. Recuperado el 14 de octubre de 2013, de http://html.rincondelvago.com/metalurgia_7.html

Energy Star (2013) "Save energy at home"

http://www.energystar.gov/index.cfm?c=products.pr_save_energy_at_home&s=footer.
Con acceso en el año 2013.

Energystar (2011). "Energy Star program requirements for integral LED lamps"

http://www.energystar.gov/ia/partners/product_specs/program_reqs/Integral_LED_Lamps_Program_Requirements.pdf. Con acceso en el año 2013.

Environmental protection agency (2013). "A student's guide to global climate change".

<http://www.epa.gov/climatestudents/basics/today/greenhouse-gases.html>. Con acceso en el año 2013.

Estrucplan. (2 de febrero de 2003). *Impactos de las industrias del hierro y acero: altos hornos y emisiones gaseosas*. Recuperado el 15 de octubre de 2013, de

<http://www.estrucplan.com.ar/producciones/entrega.asp?identrega=146>

Estrucplan. (2012). *Impactos ambientales y actividades productivas: cemento*.

Recuperado el 14 de octubre del 2013, de

<http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/imprimir.asp?IdEntrega=258>

Facultad de Ciencias Forestales. *¿Qué es la huella de carbono?*

http://www.uach.cl/procarbono/huella_de_carbono.html#uno [05.09.2013]

Food and agriculture association (2012) "No hay crisis mundial de agua, pero muchos países en vías de desarrollo tendrán que hacer frente a la escasez de recursos hídricos"

<http://www.fao.org/spanish/newsroom/news/2003/15254-es.html>. Con acceso en el año 2013.

Fundación CEMA. (2013). *Producción sostenible del cemento: La recuperación de residuos como combustibles y materias primas alternativas en la industria cementera*.

Recuperado el 18 de agosto del 2013, de

<http://www.fundacioncema.org/Uploads/docs/ProduccionSostenibleCemento.pdf>

García, J. (2013) "Así funcionan las lámparas ahorradoras CFL"

http://www.asifunciona.com/electronica/af_cfl/af_cfl_4.html. Con acceso en el año 2013.

Gómez, Alfonso. (Agosto de 2001). *Descripción del proceso de la planta de coque*.

Recuperado el 14 de octubre del 2013, de <http://www.trituradoras-machacadora.mx/blog/triturador-de-coque-proceso-de-la-planta-de-coque-trituracion-de-coque.html>

Green-Greenventing energy (2013). Cotización de paneles solares.

Griem, D.W. (1 de enero del 2006). *Esquistos*. Geovirtual2cl, Universidad de Atacama. Recuperado el 13 de octubre del 2013, de <http://www.geovirtual2.cl/geologiageneral/museo1.htm>

Guerrero, L. (2013) "Energía solar fotovoltaica" <http://vidaverde.about.com/od/Tecnologia-y-arquitectura/a/La-Energia-Solar-Fotovoltaica.htm>. Con acceso en el año 2013.

Hidrotécnia. 2013. Cotización de planta de tratamiento de aguas residuales domésticas. Guía de instalación y mantenimiento. <http://inmaco.com.gt/index.php/en/> [03.09.2013]

<http://www.um.edu.ar/catedras/claroline/backends/download.php?url=L0FwdW50ZX MgZGUgQ2xhc2UvVU5JREFEXzctVEVNQV8yLnBkZg%3D%3D&cidReset=true&cidReq=73> [20.09.2013]

Hydroambiente (2013). Cotización de planta de tratamiento de aguas residuales anaeróbica.

Infoacero. (2000). *Extracción del mineral de hierro (Fe)*. Chile. Recuperado el 14 de octubre del 2013, de <http://www.infoacero.cl/procesos/mina.htm>
Inspira Web, S.L.Reg. *Cómo se fabrican los ladrillos*. <http://ladrillos.es/como-se-fabrican-los-ladrillos/> [14.07.2013]

Inspira Web, S.L.Reg. *Tipos de ladrillos y sus propiedades*. <http://ladrillos.es/tipos-de-ladrillos-y-sus-propiedades/> [14.07.2013]

Inter-Environment Wallonie (2007) "Des techniques extensives d'épuration des eaux uses domestiques" http://www.iewonline.be/IMG/pdf/Epuration_simple.pdf. Con acceso en el año 2013.

ICONTEC. (2007). *Métodos de Ensayo para Determinar las Propiedades Físicas y Mecánicas del Bambú*. Recuperado de internet en: [26/08/13]
<http://es.scribd.com/doc/94197342/NTC-5525-Propiedades-Fisico-Mecanicas-Bambu>

INAB (Instituto Nacional de Bosques). *Acerca de Nosotros*. <http://www.inab.gob.gt> [12/08/13]

Inmobiliaria Terzetto. (2011). *Propiedades Físicas y Mecánicas de la Madera*. Recuperado de internet en: <http://terzettoinmobiliaria.com/2011/09/16/propiedades-fisicas-y-mecanicas-de-la-madera/>

Japan's Central Research Institute of the Electric Power Industry (1999)
<http://www.uic.com.au/nip57.htm>. Con acceso en el año 2013.

Jaramillo, Andrés. (23 de septiembre de 2012). *Una minera quiere la arena de Mompiche*. ElComercio.com. Recuperada el 15 de octubre del 2013, de
http://www.elcomercio.com/pais/minera-quiere-arena-Mompiche_0_778722182.html

King, Hobart. 2008. *Piedra caliza: ¿Qué es la piedra caliza y cómo es utilizada?*
 Geoscience news and information. Recuperado el 13 de octubre del 2013, de
<http://geology.com/rocks/limestone.shtml>

Liming. (1 de enero del 2001). *Trituradoras de piedra*. Recuperado el 13 de octubre del 2013, de <http://www.trituradoras-de-piedra.org/soluciones/trituradoras-de-piedra-ciclo-de-produccion.html>

Machinery, F.C. (14 de Enero de 2004). *Trituradores de rocas*. Recuperado el 17 de agosto del 2013, de <http://trituradores-de-roca.com/Trituradora-de-Roca/Trituradoras-de-Basalto.html>

Maltez, Julio. (09 de diciembre del 2009). *Diseño del sistema estructural m-2 de Eme-Due*. Recuperado el 2 de agosto del 2013, de
http://www.mdue.pe/doc2/DISENO_DEL_SISTEMA_ESTRUCTURAL_EMMEDUE.pdf

Maps of world (2013) "Latitud y longitud de Guatemala"
<http://espanol.mapsofworld.com/continentes/centro-america/guatemala/latitud-y-longitud-de-guatemala.html>. Con acceso en el año 2013.

Martínez, Nueria. (18 de septiembre del 2012). *Construcción con Paneles Estructurales de Poliestireno Expandido*. Recuperado el 17 de agosto del 2013, de
<http://repositorio.bib.upct.es/dspace/bitstream/10317/3076/1/tfg62.pdf>

Master-cim (2009) "Como podemos contribuir a proteger el medio ambiente?"
<http://mastercim.com.mx/espacioverde.html>. Con acceso en el año 2013.

MEM (2011) "Índice de cobertura eléctrica" <http://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2012/06/Cobertura-Eléctrica-2011.pdf> . Con acceso en el año 2013.

MEM (2012). "Guía del subsector eléctrico y de las energías renovables"
http://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2012/04/Gu%C3%ADa-del-Inversionista_20121.pdf . Con acceso en el año 2013.

MEM (2013). "Las energías renovables" <http://www.mem.gob.gt/viceministerio-del-area-energetica-2/energias-renovables/recursos-energeticos-renovables/>. Con acceso en el año 2013.

Meza, Rolando. (2006). *El poliestireno expandido*. Recuperado el 4 de agosto del 2013 de, <http://mundocivil.blogspot.com/2006/04/el-poliestireno-expandido.html>

Molina, Juan Ignacio. *Efecto invernadero*.
http://www.profesorenlinea.cl/Ciencias/Efecto_invernadero.htm [14.07.2013]

Monarch Controls. (2013). *Excavadora hidráulica de fractura de la roca*. India. Recuperado el 13 de octubre del 2013, de <http://spanish.alibaba.com/product-tp/hydraulic-excavator-rock-breaking-hammer-is-used-in-quarry-for-breaking-rocks-136877259.html>

Monolit. (2008). *Panel monolit*. Guatemala. Recuperado el 14 de octubre del 2013, de http://www.grupomonolit.com/index_empresa.htm

Moreno, R.C. (29 de junio de 2007). *Materiales y tecnología de la construcción*. Recuperado el 15 de octubre del 2013, de <http://red.fau.ucv.ve:8080/myct/stories/3319/>

Mtaterre(2013) “L'énergie solaire pour produire de l'électricité”
<http://www.mtaterre.fr/dossier-mois/archives/chap/597/L-energie-solaire-pour-produire-de-l-electricite> Con acceso en el año 2013.

Muniguate (2013) “El precio del agua depende del rango del consumo”
<http://www.muniguate.com/index.php/empagua/25-temas/1714-consumoservicioagua>
Con acceso en el año 2013.

Oficina Catalana del Canvi Climàtic (2011) *Guía Práctica para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)*. Recuperado de internet en [12/08/13]:
http://www20.gencat.cat/docs/canviclimatic/Home/Politiques/Politiques%20catalanes/La%20mitigacio%20del%20canvi%20climatic/Guia%20de%20calcul%20demissions%20de%20CO2/110301_Guia%20practica%20calcul%20emissions_rev_ES.pdf

Ojominero. (23 de diciembre del 2011). *Las falsedades de Aratirí*. Observatorio Minero del Uruguay. Recuperado el 14 de octubre del 2013, de <http://www.observatorio-minero-del-uruguay.com/2011/12/las-falsedades-de-aratiri/>

Ordóñez, Urbano. (2010). *Tecnología de los metales I y II*. Edición Pueblo y Educación. Recuperado el 14 de octubre del 2013, de <http://www.ecured.cu/index.php/Coque>

Org.CO2 Consulting. *Huella de carbono, generalidades*.
<http://www.huellacarbono.es/apartado/general/huella-de-carbono.html> [06.08.2013]

Osorio, Jesús. (07 de septiembre del 2010). *Historia del concreto y del cemento*. Recuperado el 13 de octubre del 2013, de <http://360gradosblog.com/index.php/historia-del-concreto/>

PaleoArgentina. (2000). *Los combustibles fósiles: el petróleo*. Argentina. Recuperado el 14 de octubre de 2013, de

<http://www.grupopaleo.com.ar/paleoargentina/combustibles.htm>

Pon, David. *Evaluando el impacto climático del consumo: la huella de carbono*.

http://www.minuartia.com/data/publicacions/sost/3108091108_0901sosthuellacarbonoconamaespminuartia.pdf [05.09.2013]

Prado, V. (2012). *El Sector inmobiliario y su potencia de reducción*. Recuperado de internet en: <http://www.co2mgmt.com/2012/01/18/el-sector-inmobiliario-y-su-potencial-de-reduccion/>

Prado, V. (2012). *Huella de carbono (parte I)*. Recuperado de internet en:

<http://www.co2mgmt.com/2012/01/19/la-huella-de-carbono...-parte-i/>

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y la Secretaría sobre el Cambio Climático (UNFCCC). *Cambio climático*.

<http://www.parquesnacionales.gov.co/PNN/portel/libreria/php/decide.php?patron=01.3207> [20.09.2013]

Progreso. 2013. *Historia*. Guatemala. Recuperado el 13 de octubre del 2013, de

<http://progreso.com/site/quienes-somos/historia/>

Pulido, Antonio. (24 de enero de 2009). *Partes de un alto horno: Tecnología Industrial*.

Recuperado el 14 de octubre del 2013, de

<http://aprendemostecnologia.org/2009/01/24/partes-de-un-horno-alto-tecnologia-industrial/>

Raynaud, D. *et.al. Dióxido de*

carbono. <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/DioxiCar.htm> [10.08.2013]

Renovables, Energía Limpia. *Construcciones verdes*.

<http://www.slideshare.net/cheloche/construcciones-verdes> [05.07.2013]

Repsol. *Edificios verdes*. http://www.repsol.com/es_es/energia-inteligente/desarrollo-sostenible/energia-compartida/edificios-verdes.aspx [05.07.2013]

Rodríguez, Amy. (2009). *La piedra caliza como fundente en la fabricación de acero*.

Recuperado el 14 de octubre del 2013, de

http://www.ehow.com/info_8764923_limestone-flux-steel-making.html

Santa Bárbara, materiales. *Bloques de cemento*.

http://www.santabarbaram.com/Lista_reg.asp?seccion=165 [05.09.2013]

Schneider, H; Samaniego, J. (Noviembre del 2009). *La huella de carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios*. CEPAL. Recuperado el 13 de octubre del 2013, de http://www.cepal.org/publicaciones/xml/5/38285/LCW.298_2.pdf

Tangient. (2013). *Producción y transporte de energía eléctrica: centrales térmicas*.

Recuperado el 14 de octubre del 2013, de

<http://producciondecorriente.wikispaces.com/centrales+t%C3%A9rmicas>

Teske, S.(2013) “Emisiones de dióxido de carbono”

[http://www.greenpeace.org/espana/es/news/2010/November/la-energ-a-solar-puede-dar-ele/\)20Fuente%20sobre%202/3%20poblacion%20:%20Greenpeace/](http://www.greenpeace.org/espana/es/news/2010/November/la-energ-a-solar-puede-dar-ele/)20Fuente%20sobre%202/3%20poblacion%20:%20Greenpeace/). Con acceso en el año 2013.

TextosCientificos. (22 de octubre del 2005). *Producción de poliestireno expandido*.

Recuperado el 14 de octubre del 2013, de

<http://www.textoscientificos.com/polimeros/polietireno/produccion>.

The World Bank (2012) “Emisiones de CO2 (toneladas métricas *per cápita*)”

<http://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.CO2E.PC>. Con acceso en el año 2013.

The World Bank Organization (2012) “Other greenhouse gas emissions, HFC, PFC and SF6 (thousand metric tons of CO2 equivalent)” . Con acceso en el año 2013.

Trading Economics. *CO2 emissions (metric tons per capita) in Guatemala*.

<http://www.tradingeconomics.com/guatemala/co2-emissions-metric-tons-per-capita-wb-data.html> [20.09.2013]

Trateco. (2010). *Proceso de extracción de la grava de río*. Recuperado el 13 de octubre del 2013, de <http://www.trateco.net/proceso.html>

Twenergy. *Consecuencias del efecto invernadero*.

<http://twenergy.com/contaminacion/consecuencias-del-efecto-invernadero-609> [14.07.2013]

United States environmental protection agency (2013) “Carbon footprint calculations and references” <http://www.epa.gov/cleanenergy/energy-resources/refs.html>. Con acceso en el año 2013.

Universe Today (2010). “What is solar energy”

<http://www.universetoday.com/73693/what-is-solar-energy/#ixzz2b3s1kOwr>. Con acceso en el año 2013.

Vázquez, Hugo. (11 de mayo del 2012). *Fiebre del oro pone en jaque a América Latina*. Argentina. Recuperado el 14 de octubre del 2013, de <http://www.diariolatarde.net/11.05.12c.html>

Velásquez, Martín. (Noviembre de 2011). *Evolución de la industria del concreto en Guatemala*. Facultad de Ingeniería; Ingeniería Civil; Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado el 13 de octubre del 2013, de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3328_C.pdf

Water footprint organization (2013) "National wáter footprints"
http://www.waterfootprint.org/index.php?page=cal/waterfootprintcalculator_national.
Con acceso en el año 2013.

Wikipedia (2013) "Calentador de agua"
http://es.wikipedia.org/wiki/Calentador_de_agua. Con acceso en el año 2013.

Wikipedia (2013) "Lámparas incandescentes"
http://es.wikipedia.org/wiki/Lámpara_incandescente . Con acceso en el año 2013.

World Bank Organization (2013) "Guatemala development Indicators: Electricity production, sources and access" <http://wdi.worldbank.org/table/3.7> . Con acceso en el año 2013.

World Resources Institute (2011). <http://cait.wri.org/cait.php>. Con acceso en el año 2013.

Zambrana, David. (1 de diciembre del 2010). *Estudio de valorización energética de la "fracción resto" del ecovertedero de Zaragoza*. Zaragoza, España. Recuperado el 13 de octubre del 2013, de http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S1683-07892010000200002&script=sci_arttext

9. GLOSARIO

1. Medio ambiente: sistema formado por elementos, ya sea naturales o artificiales, los cuales están relacionados entre sí y son modificados por la acción humana.
2. Durabilidad: probabilidad o hecho de que un tema u objeto materiales funcione a lo largo de las expectativas de un cliente, quiere decir tener una vida útil esperada.
3. Recurso energético: toda aquella sustancia, de la cual se puede obtener energía (utilizarla como fuente de energía).
4. Impacto ambiental: efecto causado por la actividad humana sobre el medio ambiente, es la modificación en esta debido a factores humanos.
5. Eficiencia: capacidad de lograr un fin por medio de los mejores medios posibles, aprovechas esos medios al máximo.
6. Energía renovable: energía obtenida por medios naturales inagotables.
7. Huella de carbono: totalidad de gases de efecto invernadero emitidos por efecto directo o indirecto de un individuo, evento, proyecto u organización.
8. Arcilla: suelo sedimentado constituido por agregados de silicatos de aluminio hidratados.
9. Tabique: pared delgada que sirve para separar estancias dentro de un edificio.
10. Refinamiento: proceso de purificación de una sustancia química.
11. Purificación: eliminación de impurezas o imperfecciones de alguna sustancia.
12. Resistencia: capacidad de un material para soportar o aguantar condiciones y/o esfuerzos aplicadas hacia este sin afectar sus características.
13. Pétreos: material proveniente de la piedra o roca.
14. Tiempo de curación: tiempo necesario para reposar un material para que cambie características específicas.
15. Gas de efecto invernadero: gas, cuya presencia en la atmósfera contribuye al efecto invernadero.
16. Efecto invernadero: fenómeno por el cual ciertos gases en la atmósfera retienen parte de la energía emitida por el suelo tras un calentamiento por radiación solar, provocando un aumento a la temperatura de la tierra.

17. Ciclo de vida: proceso desde el origen de un producto, material, persona, etc., hasta el fin de su vida útil, ya sea que este se pueda reciclar o reutilizar comienza nuevamente el proceso.
18. Emisiones: fluidos gaseosos, puros o con sólidos en suspensión que se arrojan o echan al medio ambiente.
19. Dióxido de carbono: gas denso, incoloro y poco reactivo; contaminante para el medio ambiente.
20. Antracita: carbón mineral.
21. Absorción: proceso por el cual sustancias penetran de forma activa o pasiva en otro objeto, en otras palabras es la retención de una sustancia por las moléculas de otra, ya sea en estado líquido o gaseoso.
22. Combustibles fósiles: procedente de biomasa obtenida hace millones de años, la cual ha sufrido procesos de transformación; compuestos orgánicos mineralizados (hidrocarburos).
23. Ambiente: Aire o atmósfera
24. Bambú: Planta que proviene de la familia de las Gramíneas, se origina en la India. Posee tallos leñosos que pueden alcanzar los 20m de altura, poseen hojas grandes de color verde claro, y con flores. Es bastante utilizado en la construcción de casa y en la fabricación de muebles, su corteza también puede servir para fabricar papel.
25. Carbono: Elemento químico de número atómico 6. Es bastante abundante en la naturaleza, se presenta en los seres vivos, en lo mineral e incluso de la atmósfera. Constituye la base de la química orgánica, se conoce con el símbolo "C".
26. Contaminación: acción y efecto de contaminar.
27. Contaminar: Alterar nocivamente la pureza o las condiciones normales de una cosa o un medio por agentes físicos o químicos.
28. Costo: Cantidad que se da o que se paga por algo.
29. Gas: Fluido que puede expandirse de manera indefinida, que se caracteriza por tener una baja densidad, como el aire.

30. GEI: Gases de Efecto Invernadero
31. Inmobiliario: Empresa o sociedad que se dedica a construir, arrendar, vender y administrar viviendas.
32. Kilogramo: Unidad de masa del Sistema Internacional, equivalente a la de un cilindro de platino-iridio conservado en la Oficina Internacional de Pesos y Medidas de París, y aproximadamente igual a la masa de 1,000 centímetros cúbicos de agua a la temperatura de su máxima densidad, cuatro grados centígrados. (Símb. kg).
33. Madera: Parte sólida de los árboles cubierta por la corteza
34. Tronco: Tallo fuerte y macizo de los árboles y arbustos.
35. Vivienda: Lugar cerrado y cubierto construido para ser habitado por personas

10. ANEXOS

Anexo No. 1: Tabla de factores de conversión de los materiales de construcción.

Environment Agency

This sheet is a source of information, showing the background calculations involved in the tool.
It also allows users to override the default values of the tool, where they have more accurate information
 When the tonnage of a material is entered in the Construction Input sheet, it is multiplied by the "tCO₂e/t" figure for that material, to calculate the carbon footprint.
 The "tCO₂e/t" figure is stored here, and can be over-riden by entering a new figure in the "Own data for tCO₂e/t material" column.
 The material density figure is presented on the Construction Input sheet, to help user calculate the tonnage of their materials.
 The material density figure, and the units involved, can be over-riden in this sheet by entering a new figure in the "Own data: density of material" column

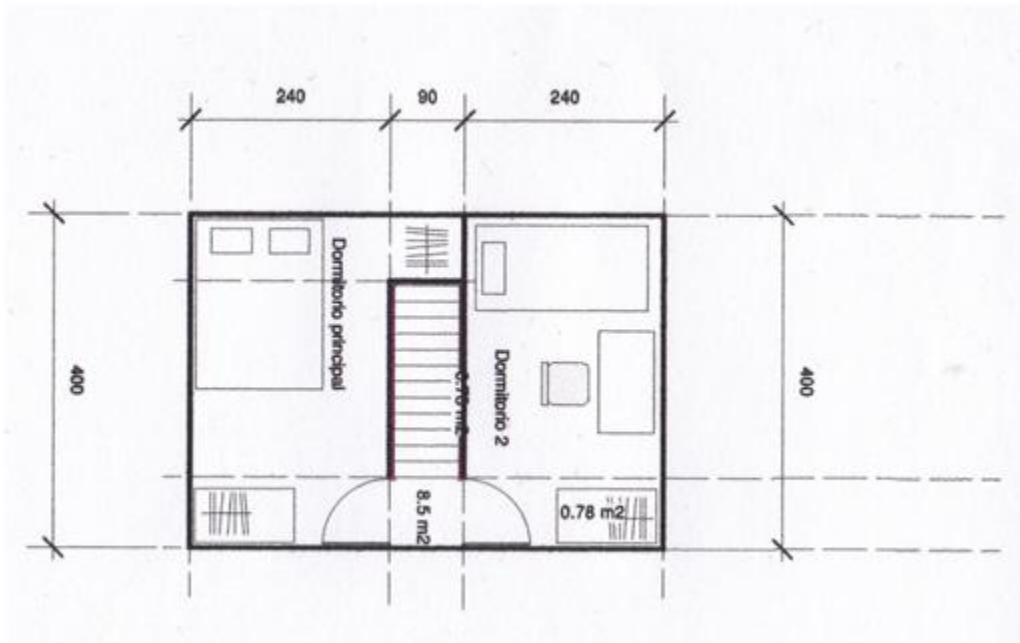
© Environment Agency copyright and/or database right 2007. All rights reserved.

Category	Specific material	Own data: density of material	Base data: density of material	Own data for tCO ₂ e/t material	Base data: tCO ₂ e/t material	Boundaries	Source ref.
Quarried Material	Quarried aggregate	tonnes/m ³	2.0 tonnes/m ³		0.005	cradle to gate	3
	Recycled aggregate	tonnes/m ³	2.0 tonnes/m ³		0.005	cradle to gate	3
	Marine aggregate	tonnes/m ³	2.0 tonnes/m ³		0.008	cradle to gate	3
	Asphalt, 4% (bitumen) binder content (by mass)	tonnes/m ³	1.7 tonnes/m ³		0.066	cradle to gate	1
	Asphalt, 5% (bitumen) binder content	tonnes/m ³	1.7 tonnes/m ³		0.071	cradle to gate	1
	Asphalt, 6% (bitumen) binder content	tonnes/m ³	1.7 tonnes/m ³		0.076	cradle to gate	1
	Asphalt, 7% (bitumen) binder content	tonnes/m ³	1.7 tonnes/m ³		0.081	cradle to gate	1
	Asphalt, 8% (bitumen) binder content	tonnes/m ³	1.7 tonnes/m ³		0.086	cradle to gate	1
	Bitumen	tonnes/m ³	2.4 tonnes/m ³		0.49	cradle to gate	1
	Bricks	tonnes/m ³	1.9 tonnes/m ³		0.24	cradle to gate	1
	Clay, general (simple baked products)	tonnes/m ³	1.9 tonnes/m ³		0.24	cradle to gate	1
	Clay tile	tonnes/m ³	1.9 tonnes/m ³		0.48	cradle to gate	1
	Vitrified clay pipe DN 100 & DN 150	tonnes/m ³	2.4 tonnes/m ³		0.46	cradle to gate	1
	Vitrified clay pipe DN 200 & DN 300	tonnes/m ³	2.4 tonnes/m ³		0.50	cradle to gate	1
	Vitrified clay pipe DN 500	tonnes/m ³	2.4 tonnes/m ³		0.55	cradle to gate	1
	Ceramics: general	tonnes/m ³	2.4 tonnes/m ³		0.7	cradle to gate	1
	Ceramics: Tiles and Cladding Panels	tonnes/m ³	1.9 tonnes/m ³		0.78	cradle to gate	1
	Sand	tonnes/m ³	2.24 tonnes/m ³		0.0051	cradle to gate	1
	Lime	tonnes/m ³	1.2 tonnes/m ³		0.78	cradle to gate	1
	Soil - general / rammed soil	tonnes/m ³	1.7 tonnes/m ³		0.024	cradle to gate	1

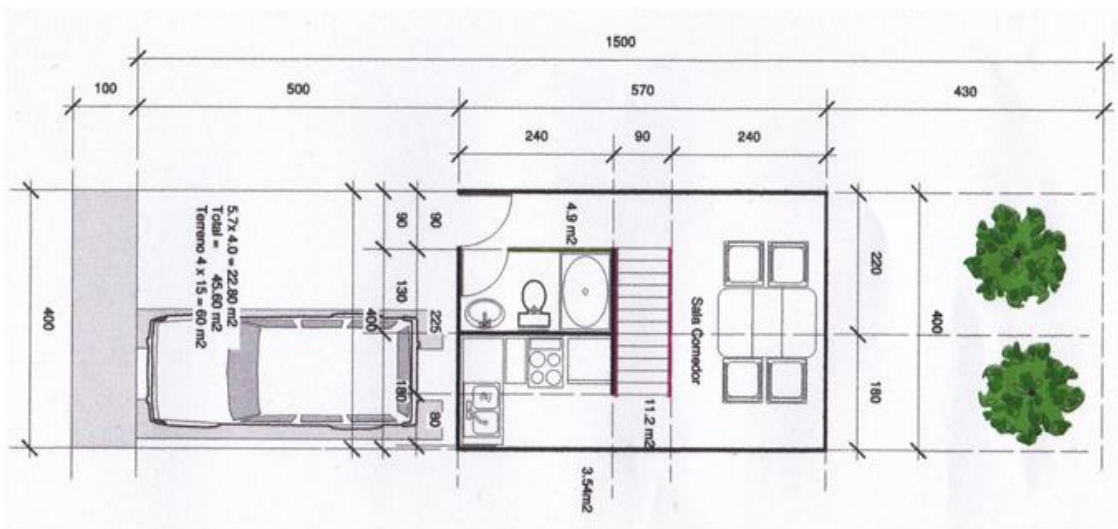
User guide | Project information | Construction input | Report | **Material Input** | Data | References | User calculations | Further guidance | Personnel travel

Fuente: http://www.environment-agency.gov.uk/static/documents/Business/Copy_of_Carbon_calculator_v3_2.xls

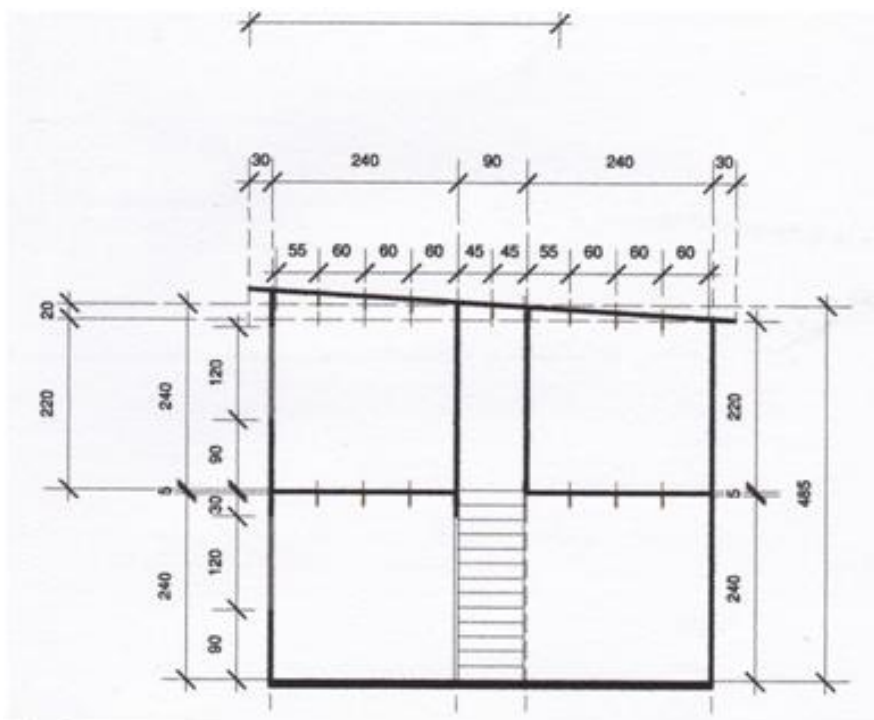
Anexo No. 2: Casa modelo. Vista de planta del segundo nivel.



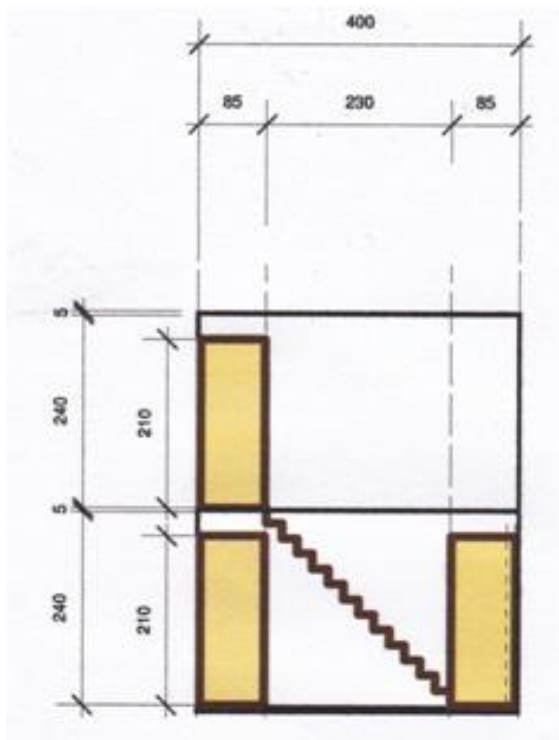
Anexo No.3: Casa modelo. Vista de planta del primer nivel.



Anexo No. 4: Casa modelo. Sección frontal.



Anexo No. 5: Casa modelo. Sección lateral.



Anexo No. 6: Tabla de precios hierro

HIERRO		G40					
Varilla	Precio	v 20' / q	Precio2	v 30' / c	Precio3	v 40' / c	
No.2 (6.4mm)	Q 9.38	31.000					
No.3 (9.5mm)	Q 27.22	13.530	Q 40.83	9.019	Q 54.48	6.760	
No.4 (12.7mm)	Q 48.33	7.620	Q 72.48	5.081	Q 96.66	3.810	
No.5 (16mm)	Q 75.47	4.880	Q 113.18	3.254	Q 150.94	2.440	
No.6 (19.1mm)	Q 108.64	3.390	Q 163.03	2.259	Q 217.92	1.690	
No.7	Q 147.91	2.490	Q 221.86	1.660	Q 294.63	1.250	
No.8 (25.4mm)	Q 196.95	1.870	Q 294.63	1.250	Q 391.80	0.940	
No.10	Q 312.11	1.180	Q 467.97	0.787	Q 623.16	0.591	
No.11	Q 383.63	0.960	Q 575.45	0.640	Q 767.27	0.480	
No.9	Q 254.53	1.53	Q 381.30	1.02	Q 507.48	0.77	

Varilla	Precio	varilla 20' /	Precio2	varilla 30' /	Precio3	varilla 40' /
No.2 (6.4mm)	Q 9.38	31.000				
No.3 (9.5mm)	Q 27.22	13.530	Q 40.83	9.019	Q 54.48	6.760
No.4 (12.7mm)	Q 48.33	7.620	Q 72.48	5.081	Q 96.66	3.810
No.5 (16mm)	Q 75.47	4.880	Q 113.18	3.254	Q 150.94	2.440
No.6 (19.1mm)	Q 108.64	3.390	Q 163.03	2.259	Q 217.92	1.690
No.7	Q 147.91	2.490	Q 221.86	1.660	Q 294.63	1.250
No.8 (25.4mm)	Q 196.95	1.870	Q 294.63	1.250	Q 391.80	0.940
No.9	Q 241.50	1.525	Q 361.60	1.019	Q 481.11	0.766
No.10	Q 312.11	1.180	Q 467.97	0.787	Q 623.16	0.591
No.11	Q 383.63	0.960	Q 575.45	0.640	Q 767.27	0.480

	PU	v/qq	qq	
No.2 6m G60	Q 10.50			
No.3 6m G60	Q 27.28	13.500	Q 368.28	
No.4 6m G60	Q 48.42	7.606	Q 368.28	0.56
No.5 6m G60	Q 75.61	4.871	Q 368.30	0.64
No.6 6m G60	Q 108.90	3.382	Q 368.30	0.69
No.8 6m G60	Q 193.53	1.903	Q 368.29	0.56
			Q 368.29	

Anexo No. 7: Tabla de precios concreto


Familia	Concreto	Código	Guatemala	Guatemala
Concretos Convencionales	CONCRETO CONVENCIONAL 1501	CON.1501	Q 994.28	Q 954.51
	CONCRETO CONVENCIONAL 1503	CON.1503	Q 946.40	Q 908.54
	CONCRETO CONVENCIONAL 2001	CON.2001	Q 1,037.68	Q 996.17
	CONCRETO CONVENCIONAL 2003	CON.2003	Q 1,000.16	Q 960.15
	CONCRETO CONVENCIONAL 2501	CON.2501	Q 1,081.64	Q 1,038.37
	CONCRETO CONVENCIONAL 2503	CON.2503	Q 1,100.40	Q 1,056.38
	CONCRETO CONVENCIONAL 3001	CON.3001	Q 1,124.76	Q 1,079.77
	CONCRETO CONVENCIONAL 3003	CON.3003	Q 1,088.08	Q 1,044.56
	CONCRETO CONVENCIONAL 3501	CON.3501	Q 1,159.76	Q 1,113.37
	CONCRETO CONVENCIONAL 3503	CON.3503	Q 1,132.32	Q 1,087.03
	CONCRETO CONVENCIONAL 4001	CON.4001	Q 1,203.16	Q 1,155.03
	CONCRETO CONVENCIONAL 4003	CON.4003	Q 1,164.24	Q 1,117.67
	CONCRETO CONVENCIONAL 4501	CON.4501	Q 1,246.84	Q 1,196.97
	CONCRETO CONVENCIONAL 4503	CON.4503	Q 1,207.92	Q 1,159.60
	CONCRETO CONVENCIONAL 5001	CON.5001	Q 1,290.80	Q 1,239.17
	CONCRETO CONVENCIONAL 5003	CON.5003	Q 1,251.32	Q 1,201.27
	Concretos Convencionales de Bajo Asentamiento	CONCRETO BAJO ASENTAMIENTO 1501	CONB1501	Q 974.40
CONCRETO BAJO ASENTAMIENTO 1503		CONB1503	Q 933.52	Q 896.18
CONCRETO BAJO ASENTAMIENTO 2001		CONB2001	Q 1,017.52	Q 976.82
CONCRETO BAJO ASENTAMIENTO 2003		CONB2003	Q 987.56	Q 948.06
CONCRETO BAJO ASENTAMIENTO 2005		CONB2005	Q 976.92	Q 937.84
CONCRETO BAJO ASENTAMIENTO 2501		CONB2501	Q 1,060.64	Q 1,018.21
CONCRETO BAJO ASENTAMIENTO 2503		CONB2503	Q 1,052.52	Q 1,010.42
CONCRETO BAJO ASENTAMIENTO 2505		CONB2505	Q 1,021.72	Q 980.85
CONCRETO BAJO ASENTAMIENTO 3001		CONB3001	Q 1,107.12	Q 1,062.84
CONCRETO BAJO ASENTAMIENTO 3003		CONB3003	Q 1,075.48	Q 1,032.46
CONCRETO BAJO ASENTAMIENTO 3005		CONB3005	Q 1,064.56	Q 1,021.98
CONCRETO BAJO ASENTAMIENTO 3501		CONB3501	Q 1,139.60	Q 1,094.02
CONCRETO BAJO ASENTAMIENTO 3503		CONB3503	Q 1,127.56	Q 1,082.46
CONCRETO BAJO ASENTAMIENTO 3505		CONB3505	Q 1,109.36	Q 1,064.99
CONCRETO BAJO ASENTAMIENTO 4001		CONB4001	Q 1,182.72	Q 1,135.41
CONCRETO BAJO ASENTAMIENTO 4003		CONB4003	Q 1,154.44	Q 1,108.26
CONCRETO BAJO ASENTAMIENTO 4005		CONB4005	Q 1,142.12	Q 1,096.44
CONCRETO BAJO ASENTAMIENTO 4501		CONB4501	Q 1,226.68	Q 1,177.61
CONCRETO BAJO ASENTAMIENTO 4503		CONB4503	Q 1,204.28	Q 1,156.11
CONCRETO BAJO ASENTAMIENTO 4505		CONB4505	Q 1,186.08	Q 1,138.64
CONCRETO BAJO ASENTAMIENTO 5001	CONB5001	Q 1,270.36	Q 1,219.55	
CONCRETO BAJO ASENTAMIENTO 5003	CONB5003	Q 1,230.04	Q 1,180.84	
CONCRETO BAJO ASENTAMIENTO 5005	CONB5005	Q 1,211.84	Q 1,163.37	


Continuación - Anexo No. 7: Tabla de precios concreto

	CONCRETO FLUIDO 2003	CONF2003	Q 1,011.92	Q 971.44
	CONCRETO FLUIDO 2503	CONF2503	Q 1,056.44	Q 1,014.18
	CONCRETO FLUIDO 3001	CONF3001	Q 1,148.56	Q 1,102.62
	CONCRETO FLUIDO 3003	CONF3003	Q 1,100.40	Q 1,056.38
	CONCRETO FLUIDO 3501	CONF3501	Q 1,184.12	Q 1,136.76
	CONCRETO FLUIDO 3503	CONF3503	Q 1,150.52	Q 1,104.50
	CONCRETO FLUIDO 4001	CONF4001	Q 1,228.36	Q 1,179.23
	CONCRETO FLUIDO 4003	CONF4003	Q 1,188.88	Q 1,141.32
	CONCRETO FLUIDO 4501	CONF4501	Q 1,272.04	Q 1,221.16
	CONCRETO FLUIDO 4503	CONF4503	Q 1,232.84	Q 1,183.53
	CONCRETO FLUIDO 5001	CONF5001	Q 1,350.72	Q 1,296.69
	CONCRETO FLUIDO 5003	CONF5003	Q 1,276.80	Q 1,225.73
Morteros	SABIETA CORDON 3003	CONA3003	Q 1,146.88	Q 1,101.00
	SABIETA CORDON 4003	CONA4003	Q 1,254.12	Q 1,203.96
	RELLENO FLUIDO TIPO BASE	CONR0160	Q 845.04	Q 811.24
Concretos Para Vivienda en Serie	CONCRETO ESP VIVIENDA EN SERIE 24h.	CONM0004	Q 1,041.04	Q 999.40
	CONCRETO VIVIENDA EN SERIE 3001	CONC3001	Q 1,131.48	Q 1,086.22
	CONCRETO VIVIENDA EN SERIE 3003	CONC3003	Q 1,084.16	Q 1,040.79
	CONCRETO VIVIENDA EN SERIE 4001	CONC4001	Q 1,201.20	Q 1,153.15
Concretos de Baja Permeabilidad	CONCRETO DE BAJA PERMEABILIDAD	COBP3001	Q 1,185.24	Q 1,137.83
	CONCRETO DE BAJA PERMEABILIDAD	COBP3003	Q 1,149.40	Q 1,103.42
	CONCRETO DE BAJA PERMEABILIDAD	COBP3503	Q 1,175.72	Q 1,128.69
	CONCRETO DE BAJA PERMEABILIDAD	COBP4001	Q 1,279.88	Q 1,228.68
	CONCRETO DE BAJA PERMEABILIDAD	COBP4003	Q 1,237.60	Q 1,188.10
Concretos de Alta Resistencia	CONCRETO ALTA RESISTENCIA 6001	CONJ6001	Q 1,427.16	Q 1,370.07
	CONCRETO ALTA RESISTENCIA 6003	CONJ6003	Q 1,384.88	Q 1,329.48
	CONCRETO ALTA RESISTENCIA 7001	CONJ7001	Q 1,511.72	Q 1,451.25
	CONCRETO ALTA RESISTENCIA 7003	CONJ7003	Q 1,468.32	Q 1,409.59
Concretos Residenciales x Uso	CONCRETO RES P/LOSAS	CONXUS01	Q -	Q -
	CONCRETO RES P/TERRAZAS Y TECHOS	CONXUS02	Q -	Q -
	CONCRETO RES P/PISOS	CONXUS03	Q -	Q -
	CONCRETO RES P/CIMIENTO	CONXUS04	Q -	Q -
	CONCRETO RES P/BANQUETAS Y BORDILLOS	CONXUS05	Q -	Q -


Anexo No. 8: Tabla de precios bloques

BLOCK RUSTICO DE 19					
Producto	Descripción	Resistencia	Medidas cm.	Unidades m2	Precio
R-1950	Block Rústico	50 Kg/cm ²	19x19x39	12.5	Q 5.51
R-1950C	Block Rústico Color	50 Kg/cm ²	19x19x39	12.5	Q 8.44
RE-1950	Block Rústico Esquina	50 Kg/cm ²	19x19x39	12.5	Q 5.97
RE-1950C	Block Rústico Esquina Color	50 Kg/cm ²	19x19x39	12.5	Q 9.37
RM-1950	Block Rústico Mitad	50 Kg/cm ²	19x19x19	25	Q 2.88
RM-1950C	Block Rústico Mitad Color	50 Kg/cm ²	19x19x19	25	Q 4.63
R-1970	Block Rústico	70 Kg/cm ²	19x19x39	12.5	Q 5.92
R-1970C	Block Rústico Color	70 Kg/cm ²	19x19x39	12.5	Q 8.86
RE-1970	Block Rústico Esquina	70 Kg/cm ²	19x19x39	12.5	Q 6.18
RE-1970C	Block Rústico Esquina Color	70 Kg/cm ²	19x19x39	12.5	Q 9.68
RM-1970	Block Rústico Mitad	70 Kg/cm ²	19x19x19	25	Q 3.08
RM-1970C	Block Rústico Mitad Color	70 Kg/cm ²	19x19x19	25	Q 4.89

BLOCK DE 9 CM TABIQUE						
	Código	Descripción	Resistencia	Medidas cm.	Unidades m2	ESPEC.
	B-925	Tabique concreto liviano	25 Kg/cm ²	9x19x39	12.5	Q 1.95
	B-935	Tabique concreto liviano	35 Kg/cm ²	9x19x39	12.5	Q 2.05
	B-950	Tabique concreto	50 Kg/cm ²	9x19x39	12.5	Q 2.26
	B-970	Tabique estructural	70 Kg/cm ²	9x19x39	12.5	Q 2.52

BLOCK TAMAÑO 14						
	Producto	Descripción	Resistencia	Medidas cm.	Unidades m2	Precio
	B-Liso 1425	Block Liso Concreto Liviano	25 Kg/cm ²	14x19x39	12.5	Q 2.65
	B-Liso 1435	Block Liso concreto liviano	35 Kg/cm ²	14x19x39	12.5	Q 2.72
	B-Liso 1435	Block Liso Pared Gruesa concreto liviano	35 Kg/cm ²	14x19x39	12.5	Q 2.88
	B-Arista 1435	Block concreto liviano Arista	35 Kg/cm ²	14x19x39	12.5	Q 2.88
	B-Liso 1450	Block Liso concreto liviano	50 Kg/cm ²	14x19x39	12.5	Q 2.98
	B-Liso 1450	Block Liso Pared Gruesa concreto liviano	50 Kg/cm ²	14x19x39	12.5	Q 3.13
	B-Arista 1450	Block concreto	50 Kg/cm ²	14x19x39	12.5	Q 3.13
	B-Liso 1470	Block Liso Pared Gruesa estructural	70 Kg/cm ²	14x19x39	12.5	Q 3.44
	B-Arista 1470	Block estructural	70 Kg/cm ²	14x19x39	12.5	Q 3.44

BLOCK MITAD DE 14 CM						
	Código	Descripción	Resistencia	Medidas cm.	Unidades m2	ESPEC.
	BM-1425	Block mitad liviano	25 Kg/cm ²	14x19x19.5	25	Q 1.38
	BM-1435	Block Mitad liviano	35 Kg/cm ²	14x19x19.5	25	Q 1.48
	BM-1450	Block Mitad concreto	50 Kg/cm ²	14x19x19.5	25	Q 1.69
	BM-1470	Block Mitad estructural	70 Kg/cm ²	14x19x19.5	25	Q 1.85

BLOCK "U" DE 14 CM Solera						
	Código	Descripción	Resistencia	Medidas cm.	Unidades m2	ESPEC.
	U-1425	Block "U" concreto liviano	25 Kg/cm ²	14x19x39	12.5	Q 2.93
	U-1435	Block "U" pineada concreto liviano	35 Kg/cm ²	14x19x39	12.5	Q 2.98
	U-1435	Block "U" concreto liviano	35 Kg/cm ²	14x19x39	12.5	Q 2.98
	U-1450	Block "U" concreto	50 Kg/cm ²	14x19x39	12.5	Q 3.13
U-1470	Block "U" estructural	70 Kg/cm ²	14x19x39	12.5	Q 3.49	

Continuación - Anexo No. 8: Tabla de precios bloques

BLOCK L DE 14					
Producto	Descripción	Resistencia	Medidas cm.	Unidades m2	Precio
L-1425	Block "L" concreto liviano	25Kg/cm ²	14x19x39		Q 3.24
L-1435	Block "L" concreto liviano	35 Kg/cm ²	14x19x39		Q 3.65
L-1450	Block "L" concreto	50 Kg/cm ²	14x19x39		Q 4.06
L-1470	Block "L" estructural	70 Kg/cm ²	14x19x39		Q 4.47

BLOCK DE 19 CM Entero					
Código	Descripción	Resistencia	Medidas cm.	Unidades m2	ESPEC.
B- Liso 1925	Block Liso concreto liviano	25 Kg/cm ²	19X19X39	12.5	Q 3.29
B-Liso 1935	Block Liso concreto liviano	35 Kg/cm ²	19X19X39	12.5	Q 3.49
B-1935	Block concreto liviano	35 Kg/cm ²	19X19X39	12.5	Q 3.75
B-1950	Block concreto	50 Kg/cm ²	19X19X39	12.5	Q 4.22
B-1970	Block estructural	70 Kg/cm ²	19X19X39	12.5	Q 4.53

BLOCK MITAD DE 19 CM					
Código	Descripción	Resistencia	Medidas cm.	Unidades m2	ESPEC.
BM-1925	Block mitad liviano	25 Kg/cm ²	19X19X19.5	25	Q 1.74
BM-1935	Block Mitad concreto liviano	35 Kg/cm ²	19X19X19.5	25	Q 1.90
BM-1950	Block Mitad concreto	50 Kg/cm ²	19X19X19.5	25	Q 2.21
BM-1970	Block Mitad estructural	70 Kg/cm ²	19X19X19.5	25	Q 2.36

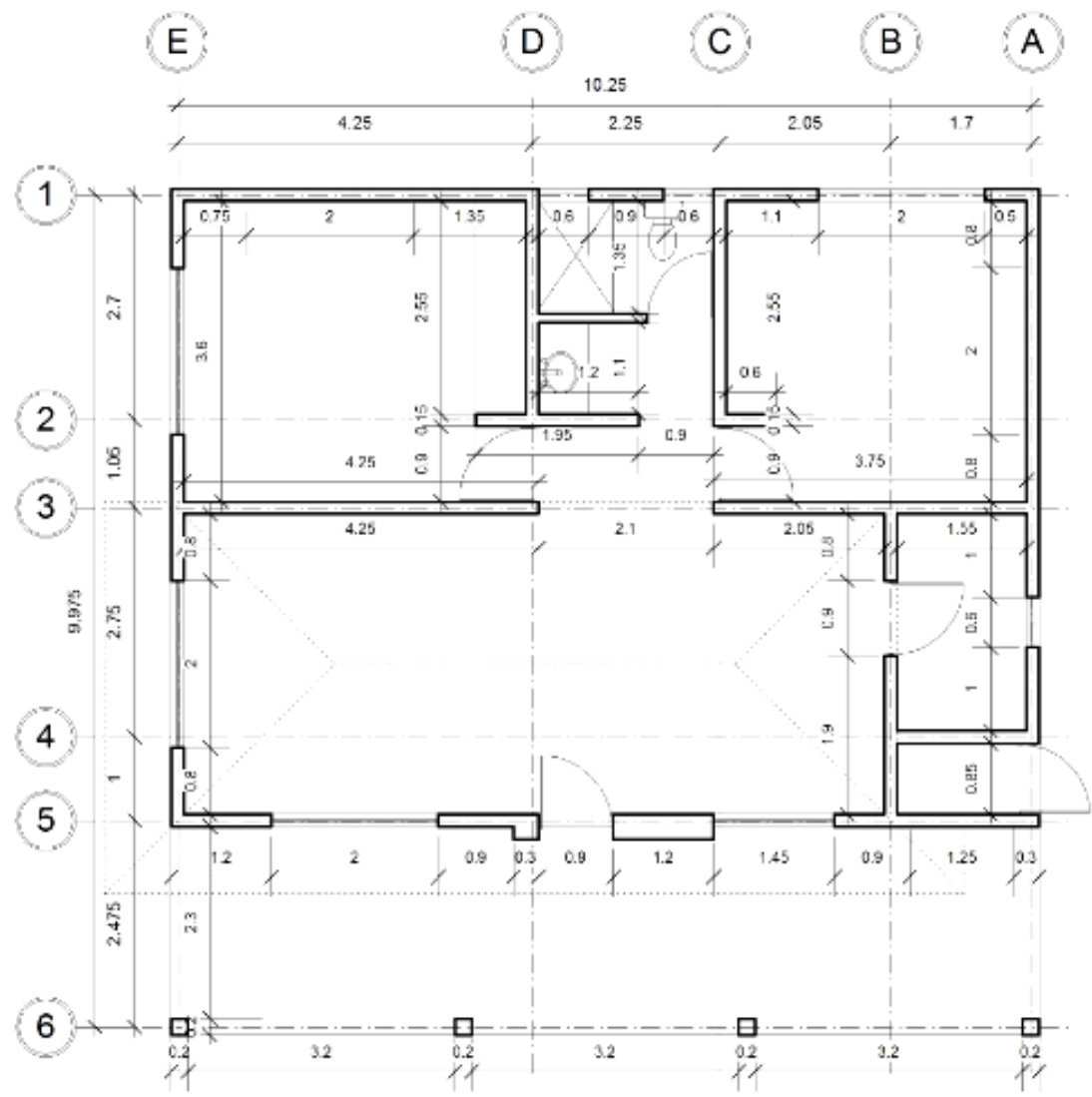
BLOCK "U" DE 19 CM Solera					
Código	Descripción	Resistencia	Medidas cm.	Unidades m2	ESPEC.
U-1925	Block "U" concreto liviano	25Kg/cm ²	19X19X39	12.5	Q 4.01
U-1935	Block "U" concreto liviano	35 Kg/cm ²	19X19X39	12.5	Q 4.06
U-1950	Block "U" concreto	50 Kg/cm ²	19X19X39	12.5	Q 4.22
U-1970	Block "U" estructural	70 Kg/cm ²	19X19X39	12.5	Q 4.32

BOVEDILLA					
Producto	Descripción	Resistencia	Medidas cm.	Unidades m2	Precio
B-14	Bovedilla		14.5x19x52	8	Q 4.06

MORTEROS Y CONCRETO					
Producto	Descripción	Resistencia	Medidas cm.	Unidades m2	Precio
MgrisCE-30Kg	Bolsa Mortero Gris Tipo "S" CE-30Kg				Q 16.43
MCE-30Kg	Bolsa Mortero Color Tipo "S" CE-30Kg				Q 24.74
MCE-30Kg	Bolsa Concreto 3,000 PSI CE-30Kg				Q 13.80
MCE-30KgC	Bolsa Concreto 4,000 PSI CE-30Kg				Q 15.04
MCE-30KgC	Grout Para Mamposteria Reforzada CE-30 Kg				Q 15.45

BORDILLOS					
Producto	Descripción	Resistencia	Medidas cm.	Unidades m2	Precio
BC210	Bordillo de Concreto	210Kg/cm ²	1mt.X30X15	1	Q 35.05
BC210	Bordillo de Concreto Color	210Kg/cm ²	1mt.X30X15	1	Q 39.18
BC210	Bordillo de Concreto Mitad	210Kg/cm ²	50X30X15	2	Q 17.53

Anexo No. 9: Plano de casa 100 m² utilizada para escenarios de implementación de instalaciones especiales verdes. 1 planta.



Anexo No. 10: Tabla de densidades y factores de conversiones de CO₂, para bloques

Concrete blocks	Block - 8MPa Compressive Strength	1.05 tonnes/m ³	0.06
	Block - 10 Mpa Compressive Strength	1.15 tonnes/m ³	0.08
	Block - 12 Mpa Compressive Strength	1.25 tonnes/m ³	0.09
	Block - 13 Mpa Compressive Strength	1.35 tonnes/m ³	0.11
	Autoclaved Aerated Blocks (AACs)	0.8 tonnes/m ³	0.31

Anexo No. 11: Muestra de listado de precios de la empresa B

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO O SERVICIO	UNIDAD	PU
Piedrín 1/2"	m ³	Q 160.00
Arena de río	m ³	Q 95.00
Cemento UCG	unidad	Q 59.50
Hierro No.2 de 20' GC	qq	Q 241.55
Hierro No.3 de 20' G40	qq	Q 333.40
Hierro No.4 de 20' G40	qq	Q 318.15
Tipo liviano de 14 x 19 x 39 cms.	unidad	Q 3.10

Anexo No. 12: Cuantificación del material, bambú

Techo		
Bambú		
# de elementos	diámetro (cm)	longitud (cm)
7	10	415
3	15	610
Barras roscadas		
# de elementos	diámetro (in)	
21	3/8	
Lámina de techo		
# de elementos	tamaño	
11	81cm x 12'	
Pernos para lámina		
# de elementos		
70		

Anexo No. 13: Tabla de densidades y factores de conversiones de CO₂, para concreto

Cements (do not enter cement used in concretes and mortars – that is calculated in those sections)	Portland Slag Cement, CEM II/B-S (21% GGBS)	1.5 tonnes/m ³	0.74
	Blastfurnace Cement, CEM III/A (65% GGBS)	1.5 tonnes/m ³	0.36
	Blastfurnace Cement, CEM III/A (50.5% GGBS)	1.5 tonnes/m ³	0.48
	Blastfurnace Cement, CEM III/A (36% GGBS)	1.5 tonnes/m ³	0.61
	Blastfurnace Cement, CEM III/B (80% GGBS)	1.5 tonnes/m ³	0.23
	Blastfurnace Cement, CEM III/B (73% GGBS)	1.5 tonnes/m ³	0.29
	Blastfurnace Cement, CEM III/B (66% GGBS)	1.5 tonnes/m ³	0.34
	Pozzolanic (Siliceous Fly Ash) Cement, CEM IV/B-V (55% GGBS)	1.5 tonnes/m ³	0.42
	Pozzolanic (Siliceous Fly Ash) Cement, CEM IV/B-V (45.5% GGBS)	1.5 tonnes/m ³	0.51
	Pozzolanic (Siliceous Fly Ash) Cement, CEM IV/B-V (36% GGBS)	1.5 tonnes/m ³	0.59
	Cement: General	1.86 tonnes/m ³	0.74
	6-20% Fly Ash (CEM II/A-V)	1.5 tonnes/m ³	0.83
	21-35% Fly Ash (CEM II/B-V)	1.5 tonnes/m ³	0.69
	21-35% GGBS (CEM II/B-S)	1.5 tonnes/m ³	0.71

Anexo No. 14: Tabla factores de conversión de CO₂), para transporte terrestre

A. Litros de combustible (diésel o gasolina) consumidos	
DATOS DISPONIBLES	METODOLOGÍA DEL CÁLCULO Y FACTOR DE EMISIÓN
Consumo de combustible (litros diésel o gasolina)	<p>Cálculo de las emisiones de CO₂ a partir de los factores de emisión siguientes:¹⁴</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gasolina 95 o 98: 2,38 kg de CO₂/litro • Diésel: 2,61 kg de CO₂/litro • Bioetanol: 2,38 kg de CO₂/litro - % bioetanol¹⁵ Si utilizamos bioetanol 5, el combustible tiene un 5 % de bioetanol (y un 95 % de gasolina 95) y las emisiones asociadas son de 2,38 – (0,05 x 2,38) = 2,26 kg de CO₂/litro • Biodiésel: 2,61 kg de CO₂/litro - % biodiésel¹⁶ Si utilizamos biodiésel-30, significa que tiene un 30 % de biodiésel (y un 70 % de diésel) y las emisiones asociadas son = 2,61 – (0,3 x 2,61) = 1,83 kg de CO₂ /litro

Anexo No. 15: Tabla de densidades y factores de conversiones de CO₂, para plywood

Timber	Timber: general	0.5 tonnes/m ³
	Glue laminated timber	0.5 tonnes/m ³
	Hardboard	26.0 kg/m ² *20mm
	MDF	14 kg/m ² *20mm
	Oriented Strand Board (OSB)	1 tonnes/m ³
	Particle Board	6 kg/m ² *20mm
	Plywood	11 kg/m ² *20mm
	Reclaimed timber	1 tonnes/m ³
	Sawn Hardwood	0.6 tonnes/m ³
	Sawn Softwood	0.5 tonnes/m ³

Anexo 17: Tabla de densidades y factores de conversiones de CO₂, para acabados

Finishings, coatings & adhesives	Paint: general	1.225 tonnes/m ³
	Waterborne paint	1.25 tonnes/m ³
	Solventborne paint	1.2 tonnes/m ³
	Epoxide resin	1.19 tonnes/m ³

Anexo No. 18: Tabla de memorias de cálculos del análisis de sensibilidad

	-25%	-15%	-5%	0%	5%	15%	25%
Bambú	Q49,483.97	Q51,306.02	Q53,128.07	Q54,039.09	Q54,950.12	Q56,772.17	Q58,594.22
Barras Roscadas	Q53,920.34	Q53,967.84	Q54,015.34	Q54,039.09	Q54,062.84	Q54,110.34	Q54,157.84
Láminas de techo	Q53,785.13	Q53,886.71	Q53,988.30	Q54,039.09	Q54,089.88	Q54,191.47	Q54,293.05
Pernos	Q53,874.94	Q53,940.60	Q54,006.26	Q54,039.09	Q54,071.92	Q54,137.58	Q54,203.24
Esterilla, malla y cernido	Q50,128.09	Q51,692.49	Q53,256.89	Q54,039.09	Q54,821.29	Q56,385.69	Q57,950.10
Madera	Q54,009.57	Q54,021.38	Q54,033.19	Q54,039.09	Q54,045.00	Q54,056.80	Q54,068.61
Varillas	Q53,610.38	Q53,781.86	Q53,953.35	Q54,039.09	Q54,124.83	Q54,296.32	Q54,467.81
Concreto	Q52,757.93	Q53,270.39	Q53,782.86	Q54,039.09	Q54,295.32	Q54,807.79	Q55,320.26

Anexo No. 19: Memoria de cálculos del volumen de materiales, para madera

base (pulg)	altura (pulg)	Largo (m)	pulg ³	Pies tablares
2	2	1.2	188.98	1.31
4	8	2.5	3149.61	21.87
12	0.75	2.4	850.39	5.91
2	4	2	629.92	4.37
6	10	2.4	5669.29	39.37
2	3	2.4	566.93	3.94
3	3	2.4	850.39	5.91

Anexo No. 20: Cronograma de actividades de la construcción de la casa de madera y costo de mano de obra

No.	Descripcion	Duracion	Trabajadores	Costo de Mano de obra	Total
1	Nivelacion Terreno	0.5	Albañil y ayudante	Q280.00	Q140.00
2	Excavacion	1	Albañil y ayudante	Q280.00	Q280.00
3	Colocacion de Refuerzo Cimiento Corrido	1	Albañil y ayudante	Q280.00	Q280.00
4	Fundicion de Cimiento Corrido	3	Albañil y ayudante	Q280.00	Q840.00
5	Levantado de Block	1	Albañil y ayudante	Q280.00	Q280.00
6	Fundicion de Solera de Humedad	1.5	Albañil y ayudante	Q280.00	Q420.00
7	Transporte de piezas	1	Pago de Flete (por km)	Q12.00	Q240.00
8	Colocacion y Armado de Paneles	4	2 Carpinteros y ayudante	Q560.00	Q2,240.00
9	Transporte de paneles	1	Pago de Flete	Q12.00	Q240.00
10	Montaje de Panel 1er nivel	1	2 Carpinteros y ayudante	Q560.00	Q560.00
11	Montaje de Entrepiso	4	2 Carpinteros y ayudante	Q560.00	Q2,240.00
12	Montaje de Panel 2do nivel	2	2 Carpinteros y ayudante	Q560.00	Q1,120.00
13	Montaje estructura de techo	2	2 Carpinteros y ayudante	Q560.00	Q1,120.00
14	Colocacion de Lamina	1	2 Carpinteros y ayudante	Q560.00	Q560.00
		24		Total	Q10,560.00