

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA

FACULTAD DE INGENIERÍA CULIACÁN

**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE LA
CONSTRUCCIÓN**



**“PREDICCIÓN Y COMPARACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DE DOS
SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL EN
SINALOA: ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN.

PRESENTA:

ALFONSO MIRSHA ARAGÓN AYALA

DIRECTOR:

DR. RAMÓN CORRAL HIGUERA

CODIRECTOR DE TESIS:

DR. JOSÉ MANUEL GÓMEZ SOBERÓN

Culiacán de Rosales, Sinaloa. Agosto de 2019



UAS- Dirección General de Bibliotecas

Repositorio Institucional

Restricciones de uso

Todo el material contenido en la presente tesis está protegido por la Ley Federal de Derechos de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

Queda prohibido la reproducción parcial o total de esta tesis. El uso de imágenes, tablas, gráficas, texto y demás material que sea objeto de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente correctamente mencionando al o los autores del presente estudio empírico. Cualquier uso distinto, como el lucro, reproducción, edición o modificación sin autorización expresa de quienes gozan de la propiedad intelectual, será perseguido y sancionado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor.



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir Igual, 4.0 Internacional.

AGRADECIMIENTOS.

Gracias a dios por permitirme tener y disfrutar a mi familia, por apoyarme en el camino y término de este proyecto; gracias a la vida porque cada día me demuestra lo justa y hermosa que puede llegar a ser. Gracias a mi esposa e hijo por brindarme la posibilidad de completar este proyecto de crecimiento personal y de desarrollo profesional, por creer en mí y permitirme disfrutar la vida en su compañía.

Alicia, por tu apoyo incondicional fuiste el ingrediente perfecto para alcanzar esta merecida victoria en la vida, y juntos lograr un éxito más.

El camino hasta aquí no ha sido sencillo, pero gracias al apoyo de mis compañeros y amigos de maestría con sus aportes, lograron que lo complicado de alcanzar esta meta se haya notado menos. Les agradezco y hago presente mi gran afecto hacia ustedes Luisa, Genaro, Eduardo, Luis, Jesús, Erick, Adam, Eliseo y sobre todo a Karin y Brando con quienes conviví de manera permanente y que juntos compartimos tiempo, esfuerzo y dedicación para lograr alcanzar esta meta, hago presente mi gran afecto hacia ustedes y sus familias.

DEDICATORIA.

Mi tesis la dedico con todo cariño a mi esposa quien me brindó todo su apoyo y por creer en mi capacidad y con sus palabras de aliento no me deja caer y me impulsa a seguir adelante, y aunque hemos pasado momentos difíciles siempre ha estado brindándome todo su amor, permanente cariño y comprensión.

A mi pequeño hijo Iker por ser mi fuente de motivación para poder superarme cada día y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor.

A mis padres, quienes durante este tiempo con sus palabras de aliento y apoyo siempre me educaron para que sea perseverante y cumpla con mis ideales.

A todos mis compañeros que, sin esperar nada a cambio, compartieron su conocimiento, alegrías, tristezas y frustraciones y sobre todo a esa persona que durante estos dos años estuvo a mi lado apoyándome e impulsándome para lograr que este sueño se haga realidad.

Gracias a todos.

RESUMEN.

En esta investigación se desarrolla un Análisis del Ciclo de Vida (ACV), el cual se utiliza para evaluar las cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad, identificando y cuantificando el uso de materia y energía, así como los residuos generados.

Se evalúan dos tipos de sistemas constructivos distintos para lo cual utilizaremos la metodología ISO 14040:1998, siendo los seleccionados para este proceso los construidos a base de block huecos de concreto y de ladrillo macizo artesanal. El estudio evalúa el comportamiento ambiental de dos prototipos seleccionados y representativos de la vivienda de interés social en Culiacán, considerando desde la extracción de los materiales hasta la etapa de construcción (de la cuna a la puerta).

Por lo tanto, el objetivo de esta investigación se centra en el estudio del impacto que los materiales más utilizados en la construcción tienen en el medio ambiente de acuerdo con la forma en que son aplicados en los dos sistemas constructivos a evaluar, usando el análisis de ciclo de vida, de tal manera que al final los datos generados puedan ser aplicados a las viviendas de interés social en el estado de Sinaloa.

Como resultado se identificará cuál de los dos sistemas constructivos produce un impacto ambiental mayor.

Recordando que hoy solo hay un camino que es el uso razonable de los recursos y la reducción del impacto ambiental de los materiales usados en nuestros procesos.

Palabras clave: Análisis de Ciclo de Vida, Inventario de Ciclo de Vida, construcción sostenible, normativa ACV, emisiones de CO₂eq, Vivienda de interés social Sinaloa.

ABSTRACT.

In this research, a Life Cycle Analysis (LCA) is developed, which is used to evaluate the environmental burdens associated with a product, process or activity, identifying and quantifying the use of matter and energy, as well as the waste generated.

Two types of different construction systems are evaluated, for which we will use the ISO 14040: 1998 methodology, the ones selected for this process being those based on concrete hollow blocks and solid brick. The study evaluates the environmental behavior of two prototypes selected and representative of the housing of social interest in Culiacán, considering from the extraction of the materials until the construction stage (from the cradle to the door).

Therefore, the objective of this research focuses on the study of the impact that the materials most used in construction have on the environment according to how they are applied in the two constructive systems to be evaluated, using the life cycle analysis, so that in the end the generated data can be applied to social housing in the state of Sinaloa.

As a result, it will be known which of the two constructive systems produces a greater environmental impact.

Remembering that today there is only one way, that is the reasonable use of resources and reduction of the environmental impact of the materials used in our processes.

Key words: Life Cycle Analysis, Life Cycle Inventory, sustainable construction, ACV regulations, CO₂eq emissions, Sinaloa social interest housing.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Presentación	1
1.2 Análisis Situacional	3
1.2.1 Situación actual de la vivienda de interés social en México.....	3
1.2.2 Análisis de la vivienda de interés social en Sinaloa.	10
1.2.3 Ubicación organizacional.	15
1.3 Definición del problema seleccionado.....	19
1.4 Descripción del problema.....	21
2. FUNDAMENTO TEORICO	23
2.1. Marco histórico y contextual.....	23
2.2 Estado del Arte.	24
2.3. Marco teórico	30
2.3.1 Análisis del Ciclo de Vida.....	30
2.3.2. Etapas del Análisis de Ciclo de Vida.....	31
2.3.3. Herramientas actuales de Ciclo de Vida.	32
2.3.3.1. Sima Pro.....	34
2.3.3.2. Athena.....	34
2.3.3.3. OpenLCA.....	35
2.3.3.3. Umberto LCA	37
2.3.4. Materiales de construcción convencionales.	38
2.4. Marco Legal.....	51
2.4.1. Normas aplicables.....	90
2.4.2. En el estado de Sinaloa	90

3. PROYECTO DE INTERVENCIÓN	92
3.2. Objetivos Específicos.	92
3.3 Justificación.....	93
3.4. Metodología.....	93
3.4.1. Definición de modelos representativos.....	95
3.4.3. Análisis de Inventario del Ciclo de Vida (ICV).....	102
3.4.4. Evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV).....	104
3.4.5. Interpretación de los resultados y comparación de los dos modelos. ..	108
3.4.6. Análisis de costos de cada sistema constructivo.	112
3.4.7. Comparativa global integrando todos los parámetros.....	112
3.5 Análisis de Resultados.	112
3.5.1. Definición de alcance y objetivo del estudio.	113
3.5.2. Análisis del Inventario de ciclo de vida (ICV).....	119
3.5.2.1. Recopilación de datos.	120
3.6 Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (EICV)	136
3.6.1 Selección de categorías de impacto, indicadores de categoría y modelos de caracterización.	137
3.6.2 Asignación de resultados del ICV	138
3.6.3 Resultados de Caracterización.	138
3.6.4 Resultados de la Evaluación de Impacto de Ciclo de Vida (EICV)	138
3.6.4.1 Interpretación de los resultados.....	151
3.6.5 Análisis del costo de los dos prototipos.....	154
4. ESTRATEGIAS DE IMPLEMENTACIÓN.....	165
4.1 Plan de acción.	165
4.1.1 Implementación de la metodología en INFONAVIT.....	166

1. Aspecto Organizacional.....	167
4.2 Estrategias de venta del proyecto.....	170
4.3 Estrategias de vinculación.....	171
5. ADMINISTRACION DEL PROYECTO.....	172
5.1 Cronograma de actividades.....	172
5.2 Recursos.....	173
5.3 Presupuesto.....	174
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	176
6.1 Generales.....	176
6.2 ACV del proyecto.....	177
GLOSARIO.....	179
REFERENCIAS.....	182
SIGLAS Y ACRÓNIMOS.....	190
ANEXOS.....	192

LISTA DE IMÁGENES.

Imagen 1, Fuente: Countrymeters. Revisión en http://countrymeters.info/es/World (04 junio 2018).	4
Imagen 2. Fuente: El Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas. Revisión en https://esa.un.org/unpd/wpp/ (4 de junio de 2018). .	5
Imagen 3. Fuente: WWF México, 8 agosto de 2016. Revisión en http://www.wwf.org.mx/?275254/Transcurridos- apenas-ocho-meses-de-2016-y-ya-gastamos-el-presupuesto-ecologico-del-anio# (1 de junio 2018).....	15
Imagen 4. Créditos formalizados al cierre de junio 2018. Fuente: http://portal.infonavit.org.mx/	19

LISTA DE GRÁFICAS.

Gráfica 1. Población mundial de 1951 al 2018. Fuente: Countrymeters. Revisión en http://countrymeters.info/es/World (04 junio 2018).	4
Gráfica 2. Población de México de 1951 al 2018. Fuente: Countrymeters. Revisión en http://countrymeters.info/es/World (04 junio 2018).	5
Gráfica 3. Población total en Sinaloa 1900-2015. Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, Censo de población 1900-2010 y encuesta intercensal 2015.....	6
Gráfica 4. Fuente: Reporteros de Los Angeles Times, 6 noviembre 2017. Revisión en http://www.latimes.com/projects/la-me-mexico-housing-es/ (1 de junio 2018)	7
Gráfica 5. Fuente: WWF México, 2016. Revisión en http://www.wwf.org.mx/?275254/Transcurridos- apenas-ocho-meses-de-2016-y-ya-gastamos-el-presupuesto-ecologico-del-anio# (1 de junio 2018).....	13
Gráfica 6. Fuente: WWF México, 8 agosto de 2016. Revisión en http://www.wwf.org.mx/?275254/Transcurridos- apenas-ocho-meses-de-2016-y-ya-gastamos-el-presupuesto-ecologico-del-anio# (1 de junio 2018).....	13
Gráfica 7. Fuente: Elaboración propia con datos del Consejo para el Desarrollo de Sinaloa, CODESIN, Unidad de Análisis Económico, 2016, L.E. Ermes Medina Cázares.	21
Gráfica 8. Comparativa del consumo energético para las variables estudiadas. .	140
Gráfica 9. Emisión de CO ₂	141
Gráfica 10. Consumo de agua total por piezas de muro de cada sistema.	141

Gráfica 11. Resultados ACV por etapas de la vivienda de tabique.....	143
Gráfica 12. Resultados ACV por etapas de la vivienda de block.	145
Gráfica 13. Resultados ACV comparativa entre los sistemas constructivos.	146

LISTA DE TABLAS.

Tabla 1. Demanda de vivienda por entidad federativa, 2012. Fuente: INEGI Consenso 2015.....	11
Tabla 2. Empresas y personal ocupado en el sector de la construcción. Fuente. INEGI Consenso 2015.....	12
Tabla 3. Fuente: Elaboración propia con datos de tesis doctoral Ignacio Zabalza Bribián, 2011 Principales aplicaciones informáticas para ACV.....	33
Tabla 4. Clasificación del cemento.	39
Tabla 5. Valores característicos y límites máximos tolerables de sales e impurezas. Fuente: NMX-C-122-1982, Industria de la construcción - agua para concreto, Norma Mexicana, Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.	42
Tabla 6. Mezclas de mortero según su utilización. Fuente: Fernando González Maza, 2012.	44
Tabla 7. Tipos de block disponibles en México. Fuente: Fernando González Maza, 2012.	44
Tabla 8. Fuente: Rafael Oropeza Monterrubio, cambio climático, México, 2012....	56
Tabla 9. Desarrollo del objetivo del estudio de ACV.....	95
Tabla 10. Elaboración propia. Fuente: Fernando González Maza, 2012.....	97
Tabla 11. Elaboración propia, Fuente: Fernando González Maza, 2012.	101
Tabla 12. Indicadores de las diferentes categorías de impacto. Elaboración propia. Fuente: NMX-SAA-14044-IMNC-2008.....	107
Tabla 13. Elaboración propia, Lista de materiales que se consideran en el Análisis de ciclo de vida (ACV).	114
Tabla 14. Componentes de muros a evaluar.	115
Tabla 15. Cantidades de materiales por tipo de muro para 1m ² . Elaboración propia.	117
Tabla 16. Tipos y fuentes de datos. Elaboración propia.	118
Tabla 17. Elaboración propia.....	120

Tabla 18. Elaboración propia.....	121
Tabla 19. Materia prima requerida para la producción de 1ton de acero.....	124
Tabla 20. Inventario para ladrillo.....	126
Tabla 21. Elaboración propia.....	129
Tabla 22. Inventario de la extracción de los agregados pétreos	130
Tabla 23. Inventario Vigueta alma abierta.....	131
Tabla 24., Inventario Bovedilla.....	133
Tabla 25 Acarreo de materiales, elaboración propia.....	136
Tabla 26 Categorías de impacto, elaboración propia.....	138
Tabla 27 Categoría de impacto analizada en el ACV.....	139
Tabla 28 Resultados ACV.....	140
Tabla 29 Resultados ACV por etapas vivienda tabique.....	142
Tabla 30 Resultados ACV por etapas vivienda block.....	144
Tabla 31 Elaboración propia. Equipamiento vivienda tabique.....	148
Tabla 32 Elaboración propia. Equipamiento vivienda block.....	148
Tabla 33 Elaboración propia. Consumos mensuales vivienda tabique. Anexo 7 .	149
Tabla 34 Elaboración propia. Consumos mensuales vivienda block. Anexo 7	149
Tabla 35 Recursos con que cuenta verificadora estudiada.....	167
Tabla 36 Necesidades mínimas para aplicación.....	168
Tabla 37 Cronograma de actividades del proyecto de intervención.....	172
Tabla 38 Cronograma de actividades para realizar implementación.....	173
Tabla 39 Recursos para implementación del proyecto.....	173
Tabla 40 Presupuesto para desarrollar el proyecto.....	174
Tabla 41 Presupuesto para implementar el proyecto.....	175

LISTA DE FIGURAS.

Figura 1. Ciclo de Vida del Cemento de la cuna a la puerta con las principales fuentes de emisiones de CO2. Fuente: CARDIM DE CARVALHO, Arnaldo Filho (2001) p. 64.....	39
Figura 2. Proceso de producción de la cal de la cuna a la puerta. Fuente: Fernando González Maza, 2012.	40
Figura 3. Tipos de morteros de acuerdo con su composición. Fuente: Fernando González Maza, 2012.	43
Figura 4. Ciclo de vida de un prefabricado de concreto. Fuente: Fernando González Maza, 2012.	45
Figura 5. Proceso de producción de block industrial. Fuente: Fernando González Maza, 2012.	46
Figura 6. Suelos convenientes para la fabricación de ladrillos. Fuente: Fernando González Maza, 2012.	47
Figura 7. Proceso de producción de ladrillo artesanal. Fuente: Fernando González Maza, 2012.	50
Figura 8. Esquema del Análisis de Ciclo de Vida. Fuente: Elaboración propia con datos de NMX-SAA-14040-IMNC-2008.	94
Figura 9. Elaboración propia. Fuente: Fernando González Maza, 2012.....	97
Figura 10. Procedimientos simplificados para el análisis del inventario. Fuente: Fernando González Maza, 2012.....	102
Figura 11. Desarrollo de la evaluación de impacto, elementos obligatorios. Elaboración propia, Fuente: Norma ISO 14044.....	104
Figura 12. Relaciones entre los elementos en la fase de interpretación con otras fases del ACV, Fuente: Fernando González Maza, 2012.....	110
Figura 13. Acabado en junta, Fuente: G. Franco Moreno (1991).....	115
Figura 14. Modelo de un block y un tabique rojo. Elaboración propia.	116
Figura 15. Límites del sistema. Elaboración propia.	118
Figura 16. Proceso de fabricación vigueta, elaboración propia.	133
Figura 17. Proceso fabricación de ladrillo, elaboración propia.....	134
Figura 18. Proceso de fabricación de bovedilla y block, elaboración propia.	134
Figura 19. Proceso de fabricación de cemento, elaboración propia.	135

Figura 20. Proceso de fabricación de acero, elaboración propia.....	135
Figura 21. Elaboración propia, proceso productivo usado en software para vivienda de block.	150
Figura 22. Elaboración propia, proceso productivo usado en software para vivienda de tabique.	150
Figura 23. Organigrama de Unidad Técnica de Supervisión y Valuación S.C.	167

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Presentación

En las últimas décadas a nivel internacional y en el ámbito nacional se ha vuelto más evidente la preocupación por el medio ambiente, tomando mucha más fuerza un término que para nosotros en el país hace veinte años no tenía la importancia que tiene hoy en día. Este es el tema de la “sustentabilidad”.

A principios de la década de los 70, un grupo del *Massachusetts Institute of Technology*, liderado por el profesor Dennis Meadows, puso ya en evidencia la relación existente entre el crecimiento económico y el deterioro ecológico (1).

En la actualidad, el uso racional y eficiente de la energía, así como de los recursos naturales constituye una prioridad indiscutible y necesaria, no solo en el ámbito regional o nacional, sino también a escala mundial (2).

Dicho lo anterior, resulta claro que existe una necesidad de realizar investigaciones para establecer las afectaciones producidas por la construcción con el fin de establecer parámetros que nos muestren un punto de comparación, y recordar que los materiales de construcción consumen grandes cantidades de energía y producen una cantidad considerable de contaminantes al medio ambiente.

La construcción es una de las actividades humanas más devastadoras desde el punto de vista medioambiental. Consume el 60% de las materias primas de la litosfera, el 12% del agua, y produce el 50% de las emisiones de CO₂, teniendo en cuenta la fabricación de los materiales y el uso.

Lo anterior resulta un problema serio ya que la construcción es una necesidad de la humanidad a nivel mundial y México no es su excepción. Muchas de las economías emergentes dependen de la construcción para moverse, representando para el caso

de México un 5.9% del producto interno bruto en el año 2015, según lo indican datos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (3).

Es imprescindible la búsqueda de alternativas constructivas más eficientes, económicas y adecuadas desde el punto de vista ambiental, para lograr el objetivo del desarrollo sustentable y con ello mejorar la calidad de vida de los habitantes (4).

Dicho lo anterior, la construcción requiere reinventarse y producir un cambio de paradigma en el modo de proyectar y construir sus viviendas; transformando la manera lineal en que los materiales se utilizan actualmente, para llevarlo a un ciclo más adecuado para mitigar el daño medioambiental de reutilización, reciclado y devolución de los recursos, siguiendo los principios de la ecología industrial (5).

Mediante el Análisis de Ciclo de vida (ACV o LCA por sus siglas en inglés) se nos permite evaluar las cargas ambientales asociadas a los procesos constructivos de las viviendas de block y viviendas de tabique de interés social en el estado de Sinaloa, de tal forma que nos permite analizar y evaluar con exactitud los impactos ambientales derivados desde la extracción de materia prima, la producción de los materiales, así como la construcción hasta su etapa de estructuración, teniendo como entradas las materias primas más significativas que componen cada uno de los sistemas constructivos a evaluar.

Las categorías de impacto ambiental consideradas dentro de este estudio comprenden la de calentamiento global y la destrucción de la capa de ozono.

Todos los datos obtenidos importantes para cuantificar el impacto al medio ambiente y contribuir de esta manera a dar claridad a los desarrolladores de vivienda, quienes por su parte se verán beneficiados, ya que este dato podrán utilizarlo como estrategia de venta, considerando que en la actualidad se tiene más exigencia al momento de adquirir una vivienda.

Además, al tener estos resultados será más fácil crear conciencia en la sociedad y en el mercado de producción de vivienda hacia la protección del entorno.

Según datos del INEGI, el 90.1% del total de las viviendas en Sinaloa son de concreto, ladrillo, block, piedra o cantera. Estos materiales tienen un gran impacto en su producción y representan una fuerte cantidad del dióxido de carbono (CO₂) producido a nivel mundial. Según fuentes del banco mundial, para el año 2013 las emisiones de CO₂ en México alcanzaron las 3,949 toneladas métricas per cápita.

1.2 Análisis Situacional

1.2.1 Situación actual de la vivienda de interés social en México.

En la actualidad, la relación entre la humanidad y el medio ambiente ha ido tomando mayor fuerza. El problema actual a nivel internacional es que no se ha dado el equilibrio entre los sectores productivos y el medio ambiente, teniendo como resultado consecuencias irreversibles en determinados casos.

La problemática radica en que la proliferación de complejos habitacionales abriga intereses que se colocan por encima del análisis de efectos negativos que estos conllevan, por lo que el tema de la sustentabilidad se debilita y con ello se evidencia la falta de interés y concientización de todos los sectores involucrados.

También es importante resaltar el hecho de que tenemos un incremento acelerado de población mundial que nos lleva a consumir una cantidad más grande de productos y servicios para subsistir, todo esto llevándonos a una sobreexplotación y degradación del medio ambiente impactando de manera general a todo el mundo.

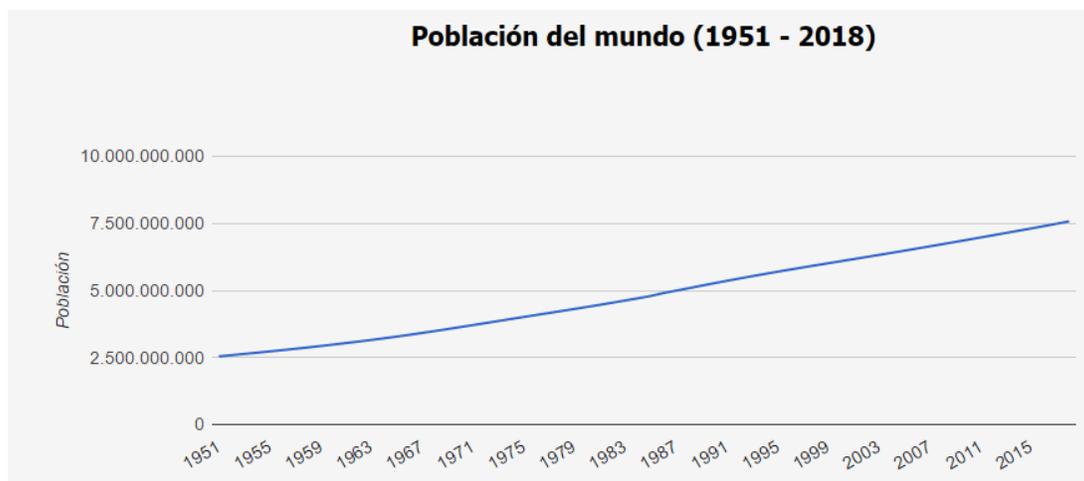
El crecimiento, según muestra la gráfica 1 se dio apenas a inicios del siglo pasado, en donde hoy contamos con 7,615,872,616 habitantes a nivel mundial según consta en la imagen 1.

Reloj de la población mundial

04-06-2018 18:30:01

7 615 871 922	Población actual
3 841 505 460	Población masculina actual (50.4%)
3 774 366 461	Población femenina actual (49.6%)
64 071 036	Nacimientos este año
319 196	Nacimientos hoy
25 150 500	Muertes este año
125 298	Muertes hoy
0	La migración neta este año
0	La migración neta hoy
38 920 537	Crecimiento poblacional este año
193 899	Crecimiento poblacional hoy

Imagen 1, Fuente: Countrymeters. Revisión en <http://countrymeters.info/es/World> (04 junio 2018).



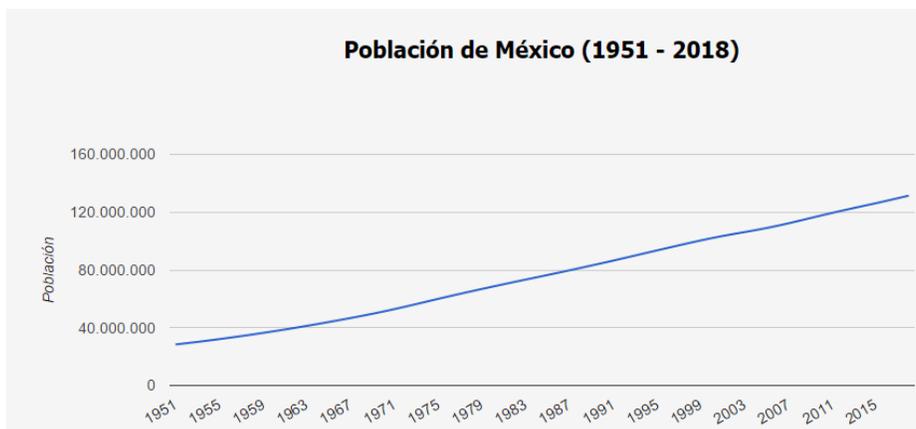
Gráfica 1. Población mundial de 1951 al 2018. Fuente: Countrymeters. Revisión en <http://countrymeters.info/es/World> (04 junio 2018).

México, al igual que el resto del mundo, se enfrenta a un gran problema de deterioro ambiental y sobre explotación de sus recursos naturales.

El crecimiento desmedido que presenta actualmente el país ronda los 132,214,388 millones de habitantes según consta en la imagen 2 y la gráfica 2.

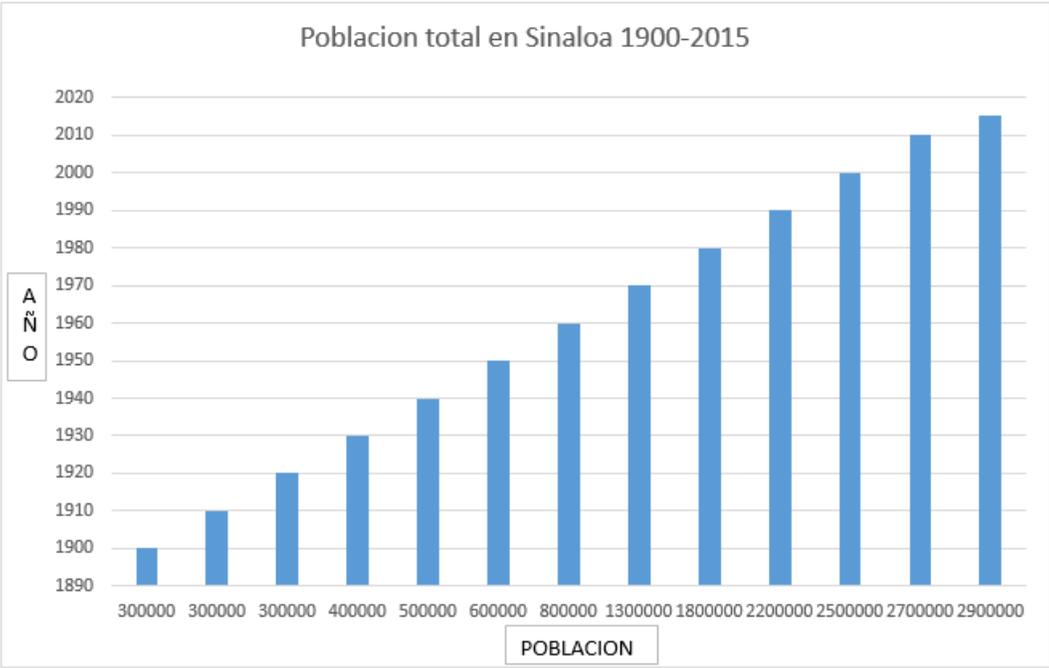
Reloj de población de México	
04-06-2018 18:48:33	
132 214 391	Población actual
65 203 894	Población masculina actual (49.3%)
67 010 497	Población femenina actual (50.7%)
1 075 016	Nacimientos este año
5 445	Nacimientos hoy
265 271	Muertes este año
1 344	Muertes hoy
-47 370	La migración neta este año
-240	La migración neta hoy
762 375	Crecimiento poblacional este año
3 861	Crecimiento poblacional hoy

Imagen 2. Fuente: El Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas. Revisión en <https://esa.un.org/unpd/wpp/> (4 de junio de 2018).



Gráfica 2. Población de México de 1951 al 2018. Fuente: Countrymeters. Revisión en <http://countrymeters.info/es/World> (04 junio 2018).

Por otra parte, y de acuerdo con censos de población realizados por INEGI, se puede cotejar el crecimiento poblacional que ha tenido el estado de Sinaloa a partir del año 1930, lo que nos lleva a contabilizar una población total de 2,977,104 como se demuestra en la gráfica 3, generada con datos obtenidos de la encuesta intercensal del 2015.



Gráfica 3. Población total en Sinaloa 1900-2015. Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, Censo de población 1900-2010 y encuesta intercensal 2015.

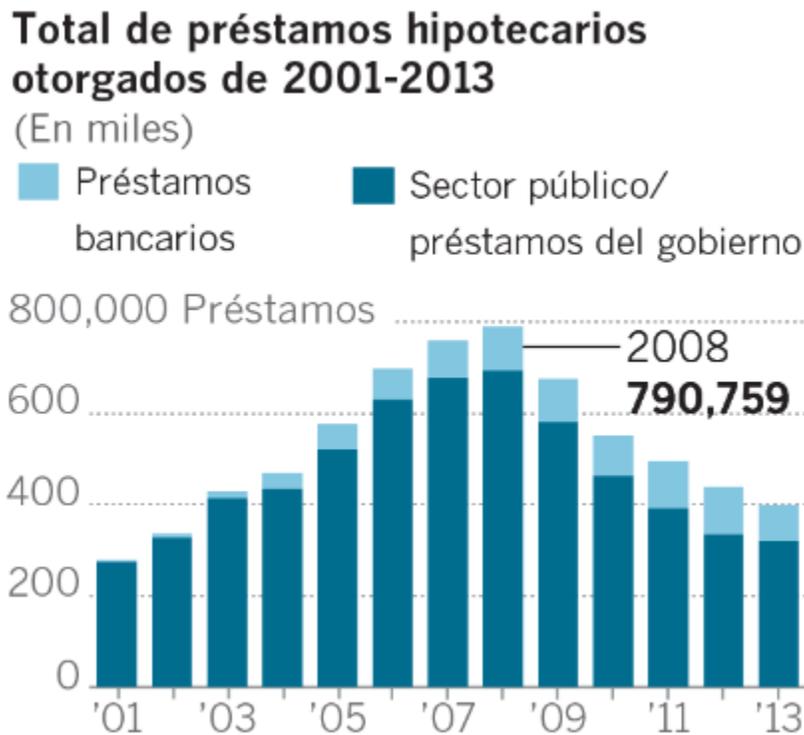
La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos menciona, en el párrafo séptimo del artículo 4, que “Toda familia tiene derecho a disfrutar de vivienda digna y decorosa. La ley establecerá los instrumentos y apoyos necesarios a fin de alcanzar tal objetivo”, asignando con ello a la vivienda la calidad de derecho humano.

Hablemos ahora de que existe una demanda progresiva junto con el crecimiento poblacional de vivienda, siendo la cantidad más alta las viviendas de interés social. En México existen actualmente 13,362,970 millones de viviendas de interés social

en el país (3); y casi ninguna de ellas ha sido diseñada con un enfoque sustentable desde su construcción, uso y posterior demolición.

Es importante considerar que, por lo general, quienes solicitan este tipo de viviendas son empleados afiliados al Seguro Social, trabajadores independientes o de oficios no regularizados, por lo que sus ingresos son bajos o irregulares y este es el único tipo de vivienda al que tienen acceso, además de la autoconstrucción, para la que necesitarían ser propietarios de un terreno, y la vivienda irregular, la cual les traería más problemas legales que beneficios.

Es por todo lo anterior que la cantidad de créditos asignados por gobierno superan con creces los créditos bancarios, tal y como podemos revisar en la gráfica 4.



Gráfica 4. Fuente: Reporteros de Los Angeles Times, 6 noviembre 2017. Revisión en <http://www.latimes.com/projects/la-me-mexico-housing-es/> (1 de junio 2018)

El problema mayor viene dado en que el grueso de la población que habita una vivienda con estas características no percibe ingresos suficientes para el

mantenimiento de sus viviendas, ya que esto representa un gasto extra, el cual no les es posible afrontar.

La vida útil de estas viviendas se ve reducida, teniendo como consecuencia un impacto negativo al medio ambiente, aunque no existe un dato certero que arroje un veredicto, lo cierto es que cada vez es mayor el deterioro en las viviendas de interés social, cuyo examen minucioso sale de los alcances de esta investigación. Lo que vuelve a este punto una futura línea de investigación.

Pero el problema no termina ahí; muchas de las desarrolladoras de vivienda a nivel nacional presentan problemas constructivos que afectan a la vivienda de interés social en México.

Algunos de los problemas son:

- Deficiencias de proyecto.
- Uso de materiales de baja calidad.
- Falta de regulaciones por parte de los organismos que financian este tipo de viviendas.
- Personal no capacitado para los procesos, mano de obra deficiente.

Por lo que de acuerdo al informe de la Comisión Mundial Sobre Medio Ambiente y el Desarrollo (WCED, por sus siglas en inglés), presentado en 1987 a la Asamblea General de las Naciones Unidas, incluida en el llamado informe Brundtland, la definición de “desarrollo sustentable”, que con mayor frecuencia se refiere:

“Donde hay desarrollo sustentable es donde se establece que la vida humana puede continuar indefinidamente en el planeta para mantener tres dimensiones fundamentales: que la gente pueda progresar (dimensión económica), que las culturas se pueden desarrollar (dimensión social) y que las actividades respeten los límites con el fin de no destruir la diversidad y la vida de los sistemas (dimensión ecológica)”.

La velocidad con que está creciendo la población en el México vuelve la vivienda de interés social en un producto atractivo para los nuevos compradores de vivienda en país, por lo que es esencial voltear la mirada a este rubro sin perder de enfoque la sustentabilidad que propone la planificación, diseño, mantenimiento, construcción, demolición, selección de los materiales de construcción, ciclo de vida de los materiales y los principales impactos ambientales (4).

El proceso de urbanización en Sinaloa se ha caracterizado por impulsar un modelo de desarrollo económico en función de sus actividades productivas.

Para el caso del municipio de Culiacán, la construcción de la presa Sanalona, la fábrica de azúcar La Aurora y la estación del ferrocarril Sud-Pacífico fueron de tal impacto que motivaron la inmigración de obreros y campesinos. Esto atrajo un mayor número de migrantes que tratan de establecerse en este municipio y buscan un espacio habitable para su residencia.

Esto trajo como efecto el auge de las invasiones en la década de los 1960 y principios de la década de 1970, el plan de desarrollo a finales de la década de 1970 y la proliferación de fraccionamientos, que se justifican en el déficit de vivienda que ocasionaban los asentamientos irregulares.

Hacia el mismo periodo se promueve la Ley de Fomento de la Vivienda Popular de Interés Social del Estado de Sinaloa de 1971. A la par se establece la Ley para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental de 1971.

Con todos estos acontecimientos ocurridos en la última parte del siglo podemos inferir que -de manera contradictoria- se promueve el consumo del suelo, lo que trae una proliferación de fraccionamientos y por otro lado se formula la legislación para controlar la contaminación ambiental.

Esta dinámica urbana se manifiesta en todo el país y a nivel internacional con lo que se provoca un caos urbano y un gran deterioro ecológico.

1.2.2 Análisis de la vivienda de interés social en Sinaloa.

La vivienda es una de las necesidades básicas del ser humano en torno a la cual se llevan a cabo una gran cantidad de actividades cotidianas. Por eso, para garantizar la calidad de vida se necesita, además de considerar la cantidad de personas que tienen una vivienda, considerar los materiales de los cuales está constituida, la ubicación geográfica, así como la disponibilidad de infraestructura.

La Sociedad Hipotecaria Federal (SHF) estimó que para el año 2012 la demanda potencial de vivienda sería mayor a la registrada en 2011 (6), y dichas estimaciones se muestran en la Tabla 1. Las características de las familias que constituyen esta demanda son clasificadas por la SHF de la siguiente manera:

a) 52.3% de la demanda se distribuirá en localidades urbanas, 31.6% en zonas rurales y 16.1% se localizará en zonas en transición (de rurales a urbanas).

b) El 36.5% de la demanda está constituido por familias que tienen subcuenta de vivienda (en Infonavit o Fovissste), mientras que las familias sin afiliación ascienden a 63.5%.

c) Los hogares que están pagando una hipoteca y los que tienen un ingreso disponible insuficiente (ingreso monetario del hogar menos los gastos que realizan las familias en alimento, vestido, transporte, educación y energía), no son considerados en la adquisición de vivienda nueva o usada; esto porque los primeros sí pueden demandar mejoramientos mientras que los segundos tienen ingreso negativo, por lo que no tienen capacidad de endeudamiento para adquirir una vivienda.

DEMANDA DE VIVIENDA POR ENTIDAD FEDERATIVA, 2012					
ENTIDAD FEDERATIVA	DEMANDA DE VIVIENDAS	PORCENTAJE	ENTIDAD FEDERATIVA	DEMANDA DE VIVIENDAS	PORCENTAJE
Estado de México	113.298	32.30%	Coahuila	25.728	15.70%
Veracruz	107.668		San Luis Potosí	20.211	
Distrito Federal	64.545		Hidalgo	19.29	
Chiapas	60.574		Durango	18.125	
Baja California	55.304	32.20%	Morelos	15.839	
Chihuahua	55.088		Sinaloa	15.813	
Oaxaca	50.657		Zacatecas	14.572	
Jalisco	50.55		Querétaro	14.386	
Puebla	45.224		Quintana Roo	12.882	
Michoacán	45.205		Campeche	11.598	

Tabla 1. Demanda de vivienda por entidad federativa, 2012. Fuente: INEGI Consenso 2015.

SECTOR DE LA CONSTRUCCION:

En el mercado de la vivienda interactúan tanto la demanda como la oferta; esta última juega un papel central en el sector de la construcción que está constituido por el conjunto de actividades orientadas a la edificación de inmuebles habitacionales y no habitacionales; a la construcción de obras de ingeniería civil y obra pesada; así como por trabajos especializados vinculados a la construcción.

Hasta el primer trimestre de 2012 existían alrededor de 20 mil empresas de la industria de la construcción según el INEGI. En la Tabla 2 se muestra la distribución de empresas por entidad federativa.

EMPRESAS Y PERSONAL OCUPADO EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN					
ESTADO	CONSTRUCCION 1 (UNIDADES ECONOMICAS)	PERSONAL OCUPADO 2	ESTADO	CONSTRUCCION 1 (UNIDADES ECONOMICAS)	PERSONAL OCUPADO 2
Aguascalientes	355	9.047	Morelos	259	5.751
Baja California	609	14.942	Nayarit	276	6.119
Baja California Sur	216	1.885	Nuevo León	1358	49.39
Campeche	357	12.18	Oaxaca	442	6.506
Coahuila	684	23.154	Puebla	598	11.06
Colima	276	6.524	Querétaro	419	14.721
Chiapas	631	13.824	Quintana Roo	333	9.145
Chihuahua	629	14.343	San Luis Potosí	544	8.904
Distrito Federal	1913	127.426	Sinaloa	702	29.238

Tabla 2. Empresas y personal ocupado en el sector de la construcción. Fuente. INEGI Consenso 2015.

Por todo lo expuesto anteriormente es importante poner atención que la demanda de vivienda a cubrirse en los próximos años sea con características sustentables y lograr así mitigar el impacto medioambiental de la región y del país.

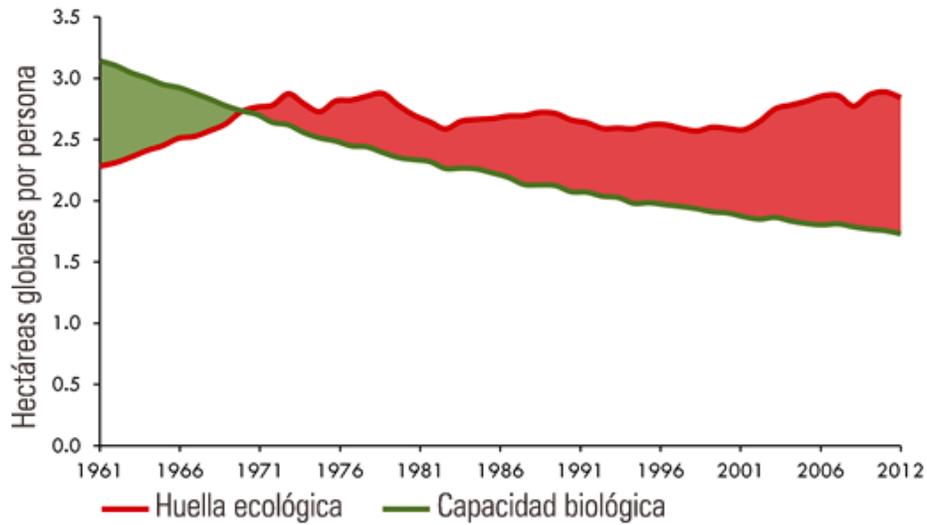
Debido a este crecimiento desmedido es que a nivel mundial se ha presentado como uno de los principales indicadores de sustentabilidad la huella ecológica, siendo ésta diseñada inicialmente por William Ress y Malthis Wackernagel a mediados de los noventas, ésta nos permite conocer el grado de impacto que se ha ejercido sobre el ambiente (7).

La huella ecológica se expresa en hectáreas globales, esto se refiere a la productividad igual a la media mundial necesaria para asimilar el impacto de las actividades de un modo de vida determinado (7).

Existe una organización internacional, la cual describe el funcionamiento de este indicador, que consiste principalmente en medir la demanda y la oferta de la naturaleza; hablamos de la *Global Footprint Network*.

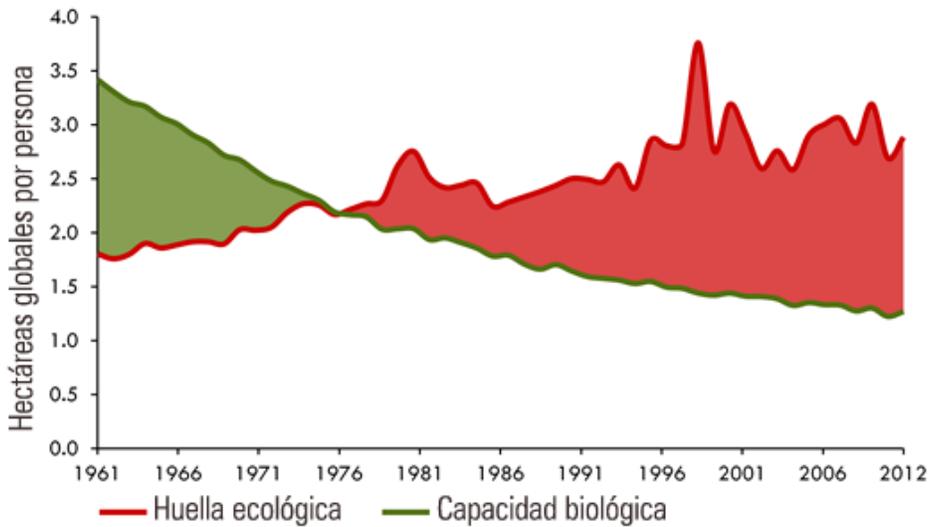
Según datos de esta organización desde los años 70's el planeta se encuentra en un exceso ecológico lo que ha llevado a la humanidad a necesitar en promedio 1.6 veces la tierra para proveer los recursos que son demandados, lo que representa que la tierra necesita un año y seis meses para regenerar lo que la humanidad utiliza en un año, como se muestra en la gráfica 5 (8).

HUELLA ECOLÓGICA MUNDIAL



Gráfica 5. Fuente: WWF México, 2016. Revisión en <http://www.wwf.org.mx/?275254/Transcurridos- apenas-ocho-meses-de-2016-y-ya-gastamos-el-presupuesto-ecologico-del-anio#> (1 de junio 2018).

HUELLA ECOLÓGICA DE MÉXICO



Gráfica 6. Fuente: WWF México, 8 agosto de 2016. Revisión en <http://www.wwf.org.mx/?275254/Transcurridos- apenas-ocho-meses-de-2016-y-ya-gastamos-el-presupuesto-ecologico-del-anio#> (1 de junio 2018).

El siguiente es un artículo publicado por la WWF que nos muestra la manera en la que la huella ecológica está influyendo en nuestro mundo (9).

De acuerdo con la organización internacional de investigación *Global Footprint Network*, organización socia de WWF en el análisis de la huella ecológica, el 8 de agosto es el Día del Exceso de la Tierra, la fecha en que la demanda anual de la humanidad sobre la naturaleza excede lo que la Tierra puede regenerar en este año.

Desde los años 70 México inició su propio sobregiro de recursos y actualmente es un país con deuda ecológica, como se muestra en la gráfica 6.

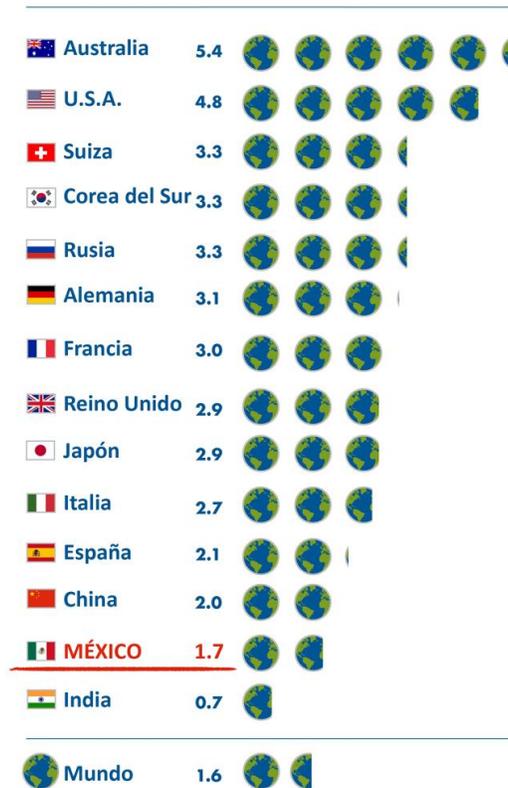
A medida que la población mundial crece y el consumo aumenta, estamos emitiendo más dióxido de carbono a la atmósfera que lo que nuestros océanos y bosques pueden absorber, y estamos agotando las pesquerías y los bosques más rápido de lo que pueden reproducirse y crecer.

Las emisiones de CO₂ son el causante más importante del exceso ecológico, con una huella de carbono que representa el 60% de la demanda mundial sobre la naturaleza.

En el año 2000, el Día del Exceso de la Tierra cayó a finales de septiembre. Un exceso ecológico solo es posible por un tiempo limitado hasta que los ecosistemas comienzan a degradarse y posiblemente colapsen (imagen 3).

El Día de Exceso de la Tierra sirve como un recordatorio de las acciones que debemos tomar inmediatamente a nivel individual, regional y global para respetar los límites del planeta y lograr la sustentabilidad y la resiliencia para todos.

Cuántos planetas necesitaríamos si la humanidad viviera como...



Global Footprint Network 2016

Imagen 3. Fuente: WWF México, 8 agosto de 2016. Revisión en <http://www.wwf.org.mx/?275254/Transcurridos- apenas-ocho-meses-de-2016-y-ya-gastamos-el-presupuesto-ecologico-del-ano#> (1 de junio 2018).

1.2.3 Ubicación organizacional.

El Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT) es una institución tripartita en México, que cuenta con la participación del sector de los trabajadores, el sector empresarial y el gobierno. Su función principal es proporcionar a los trabajadores créditos hipotecarios y no hipotecarios relacionados con la vivienda.

El Instituto fue fundado el 21 de abril de 1972 al promulgarse la Ley del Infonavit (1) por el entonces presidente Luis Echeverría Álvarez y en sus 46 años de existencia (a 2018) ha otorgado más de 10 millones de créditos hipotecarios.

Son varias leyes y decretos los que influyen en el funcionamiento y las facultades del Instituto. Entre otras, se encuentran el Artículo 123 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, la Ley Federal del Trabajo y la Ley del Infonavit. En esta última “se establecieron como objetivos administrar los recursos del Fondo Nacional de la Vivienda y conceder créditos baratos y suficientes a los trabajadores para:

1. Adquirir en propiedad habitaciones cómodas e higiénicas.
2. La construcción, reparación, ampliación o mejoramiento de sus habitaciones.
3. El pago de pasivos contraídos por los conceptos anteriores.

Tipos de créditos otorgados por la institución: (10)

- **Crédito Infonavit**, crédito hipotecario que otorga el Infonavit si se está interesado en comprar vivienda nueva o usada, construir en terreno propio, reparar, ampliar o mejorar tu casa o pagar una hipoteca que ya se tenga con otra entidad financiera. El monto máximo de crédito es de \$1,712,717.76.
- **Infonavit Total**, crédito hipotecario que otorga el Infonavit, en coparticipación con una entidad financiera, a través del cual se puede disponer de la capacidad máxima de crédito (monto máximo de \$1,955,291.52) si se está interesado en comprar una vivienda nueva o usada de cualquier valor.
- **Cofinavit**, crédito hipotecario que otorga el Infonavit en colaboración con una entidad financiera para obtener un monto de crédito mayor al sumar el crédito que da el Infonavit y el crédito de la entidad financiera de elección. En este caso, el monto máximo de crédito es de \$441,043.20. Una vez que se termina de pagar

el crédito del Infonavit, las aportaciones patronales se destinan al pago del crédito con la otra institución financiera.

- **Cofinavit Ingresos Adicionales**, crédito hipotecario que otorga el Infonavit en colaboración con una entidad financiera, ante la cual se pueden comprobar otros ingresos adicionales al ingreso formal como propinas o comisiones que permiten obtener un monto mayor de crédito para adquirir una vivienda nueva o usada de cualquier valor. Una parte del crédito la otorga el Infonavit tomando en cuenta el salario y la otra parte la entidad financiera considerando las propinas o comisiones. El monto máximo de crédito es de \$418,991.04.
- **Tu 2.º Crédito Infonavit**, crédito hipotecario para derechohabientes que ya ejercieron un primer crédito. Es otorgado por el Infonavit en coparticipación con otra entidad financiera, la tasa de interés es fija y el monto máximo es de hasta \$1,943,040.32.
- **Apoyo Infonavit**, crédito hipotecario que otorga una institución financiera si se está interesado en comprar una vivienda nueva o usada o construir en un terreno propio. Cabe mencionar que el monto máximo de crédito lo determina la entidad financiera. Las aportaciones patronales subsecuentes se usarán para amortizar el crédito; el saldo de subcuenta de vivienda queda como garantía de pago, en caso de desempleo.
- **Crédito Seguro**, programa en conjunto con el Banco del Ahorro Nacional y Servicios Financieros (Bansefi), con el que podrás ahorrar de manera mensual una cantidad de dinero y al terminar podrás inscribir tu solicitud para obtener un crédito Infonavit; el monto que ahorres se sumará a tu crédito Infonavit. Desde el principio podrás saber el monto que necesitas ahorrar para obtener tu crédito. Tendrás que ahorrar de 5 a 15 por ciento del monto de crédito que puedes

obtener, dependiendo de los puntos que tengas y el plazo que elijas para pagar tu crédito. Para este producto de crédito el monto máximo es de \$1,712,717.76.

- **Mejoravit**, crédito otorgado a quien está interesado en mejorar o reparar la vivienda, pintar, impermeabilizar, cambiar los muebles de cocina o baño o hacer mejoras; adquirir equipo que se necesite (el titular o algún familiar) con discapacidad para ampliar la seguridad y capacidad de desplazamiento en la casa. Cabe mencionar que el crédito Mejoravit se reactivó en el 2016, con un monto de crédito desde \$3,552.67 hasta \$54,885.38. Además, gracias al otorgamiento de una tarjeta, en la cual se depositan los recursos y se usa en comercios autorizados para realizar las compras, se reduce significativamente la posibilidad de fraudes o mal uso de dichos recursos.
- **Cambiavit**, programa de Infonavit, lanzado en mayo de 2018, dirigido a acreditados que cuentan con un producto vigente y que, por diversos factores de movilidad, fuente de empleo o crecimiento familiar, requieren cambiar o ampliar su inmueble actual. Cambiavit cuenta con los productos: “Cambia de Casa” y “Mejora o Amplía”.



Créditos formalizados por tipo de vivienda al cierre de junio de 2018

ENTIDAD	VIVIENDA NUEVA				VIVIENDA USADA			MEJORAVIT	TOTAL
	TRADICIONAL	EN COFINANCIAMIENTO	APOYO INFONAVIT	SUMA	TRADICIONAL	EN COFINANCIAMIENTO	SUMA		
Aguascalientes	1,863	392	49	2,304	1,318	187	1,505	1,150	4,959
Baja California	2,113	510	49	2,672	4,896	421	5,317	4,860	12,849
Baja California Sur	487	136	8	631	632	86	718	1,552	2,901
Campeche	50	22	2	74	406	53	459	1,190	1,723
Coahuila	3,796	776	71	4,643	3,784	472	4,256	4,496	13,395
Colima	1,164	130	11	1,305	586	84	670	199	2,174
Chiapas	552	64	4	620	2,918	93	3,011	1,969	5,600
Chihuahua	2,240	649	151	3,040	5,751	557	6,308	8,083	17,431
Ciudad de México	265	1,620	255	2,140	4,836	1,076	5,912	4,926	12,978
Durango	1,060	73	11	1,144	1,586	113	1,699	2,935	5,778
Guanajuato	4,617	1,133	112	5,862	3,025	329	3,354	1,390	10,606
Guerrero	454	67	4	525	619	63	682	543	1,750
Hidalgo	3,540	327	9	3,876	700	94	794	439	5,109

Sinaloa	2,064	452	31	2,547	2,336	221	2,557	1,914	7,018
Sonora	2,266	396	48	2,710	3,127	324	3,451	2,734	8,895
Tabasco	580	69	6	655	868	79	947	2,038	3,640
Tamaulipas	4,063	233	34	4,330	4,436	344	4,780	3,771	12,881
Tlaxcala	365	41	1	407	427	31	458	558	1,423
Veracruz	2,905	431	43	3,379	3,422	319	3,741	1,983	9,103
Yucatán	2,851	568	52	3,471	837	134	971	2,710	7,152
Zacatecas	525	95	2	622	321	42	363	1,153	2,138
SUMA	81,853	17,676	2,135	101,664	68,127	8,725	76,852	74,617	253,133

Responsable de la información: Gerencia de Planeación Estratégica

Fecha de última actualización o revisión: 04/07/2018

Imagen 4. Créditos formalizados al cierre de junio 2018. Fuente: <http://portal.infonavit.org.mx/>

Según datos de la imagen anterior los datos para Sinaloa a junio del 2018 respecto al cierre de viviendas es el siguiente:



Vivienda nueva					
Entidad	Tradicional	En cofinanciamiento	Apoyo Infonavit	Suma	
Sinaloa	2061	452	31	2547	
Vivienda usada					
Tradicional		En cofinanciamiento	Suma	Mejoravit	Total
2336		221	2557	1914	7018

Tabla con datos expuestos en la imagen 4.

1.3 Definición del problema seleccionado

Actualmente se vive un ambiente generalizado de sobreexplotación de recursos, aumento de población y como consecuencia se presenta una necesidad más grande de vivienda de interés social. En este caso, nuestro país México se encuentra en una fase de cambio constante, haciendo de la investigación una prioridad, nos enfrentamos pues a nuevos desafíos debido a recursos cada vez más limitados

obligándonos a la aplicación de nuevas tecnologías que logren una diferenciación en el mercado.

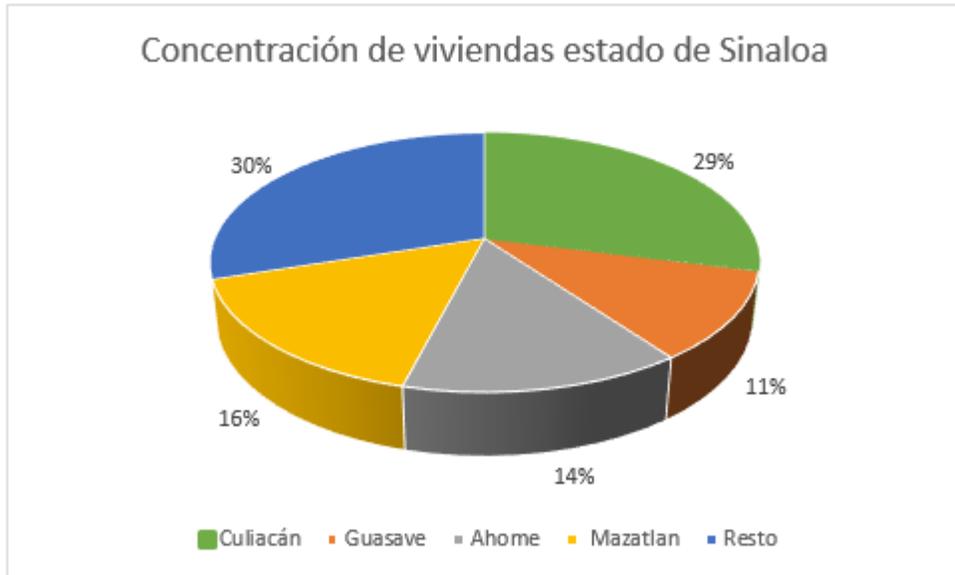
Lo que nos lleva voltear a un mercado de nuevos materiales y nuevos procesos de bajo impacto energético y de bajo impacto en producción de emisiones, en este caso identificamos que los principales gases que provocan el efecto invernadero son: el dióxido de carbono (CO₂), el óxido nitroso (N₂O) y en menor escala el metano (CH₄).

“A nivel mundial, el ramo de la construcción aporta aproximadamente el 10% en la emisión de dichos gases hacia el medio ambiente, siendo el cemento el que aporta mayor cantidad de todos los materiales utilizados”.

En las últimas décadas el tema humanidad y medio ambiente ha ido cobrando mayor fuerza a nivel mundial y México no es la excepción, aunque el país cuenta con muy poca información. Es clara entonces la importancia de más investigaciones que permitan generar una base sólida para atender el sector productivo de la vivienda de interés social que nos permita asegurar un equilibrio entre este y el medio ambiente.

Por ejemplo, según el censo de población y vivienda de INEGI en el año 2010. Sinaloa contaba con 575 mil viviendas en las cuales viven en promedio 4 personas por vivienda.

Solo 4 municipios, Culiacán (29.0%), Mazatlán (16.3%), Ahome (14.3%) y Guasave (10.6%), concentran el 70.3% del total de las viviendas en el estado (Gráfica 7).



Gráfica 7. Fuente: Elaboración propia con datos del Consejo para el Desarrollo de Sinaloa, CODESIN, Unidad de Análisis Económico, 2016, L.E. Ermes Medina Cázares.

1.4 Descripción del problema

Esta investigación se centra en identificar de mejor manera la elección de los insumos para un sistema constructivo con el fin de no comprometer el medio para futuras generaciones, dejando entonces un lugar que cuente al menos con las mismas características que tenemos hoy en día con lo cual se asegure que los recursos y calidad de vida no se vean afectados.

Esto forma parte de un plan a nivel mundial en el cual México tiene firmados distintos tratados y acuerdos en materia ambiental que para el caso de Sinaloa es ya una realidad.

Con base en lo mencionado, se obtiene que la mayor necesidad de vivienda de interés social y el mejoramiento de estas se encuentra en Culiacán, debido a que este municipio representa casi la tercera parte del total de viviendas en la entidad según consta en la gráfica 7 publicada en el año 2010 por INEGI.

Es importante destacar el cuidado del medio ambiente evaluando la utilización de materiales de construcción que en su ciclo de vida sean de baja emisión de contaminantes.

Este proyecto de intervención muestra la importancia en la selección de los insumos utilizados en la edificación de los dos sistemas constructivos tanto de block como de tabique, encausando el problema del lado ambiental, con el fin de encontrar la alternativa de menor impacto ambiental utilizando la metodología del Análisis de Ciclo de Vida (ACV).

2. FUNDAMENTO TEORICO

2.1. Marco histórico y contextual

Los primeros estudios de ACV datan de finales de los años 60 y principios de los 70. EL primer estudio de ACV denominado “*Resources and Environmental Profile Analysis (REPA)*” fue realizado en 1969 por el *Midwest Research Institute* comparando el impacto ambiental de distintos envases de Coca-Cola.

Durante la década de los 70, destacan las publicaciones de Robert G. Hunt y William E. Franklin, describiendo la metodología REPA y proporcionando datos de inventario de distintos productos. En lo que respecta a la edificación, en 1982 se publicó un estudio que -utilizando un diagrama de flujo input/output (11)- realizó una aproximación al ciclo de vida de la edificación, remarcando el agotamiento de los recursos naturales causado por este sector. Así mismo, en la década de los 80 surge la teoría termo económica del coste energético (12) como un modo de integrar los costes energéticos del ciclo de vida y los costes medioambientales, valorando estos últimos en unidades energéticas de un modo más objetivo.

Fue hasta la década de los 90 en que la metodología del ACV se desarrolló nuevamente. Fue precisamente la SETAC quien en 1993 estableció la primera definición de ACV, según la cual, el ACV es “*un proceso objetivo para evaluar cargas ambientales asociada a un producto, proceso o actividad identificando y cuantificando el uso de materia y energía y los vertidos al entorno; para determinar su impacto en el medioambiente y evaluar y poner en práctica estrategias de mejora medioambiental*”.

En la actualidad, la metodología general de ACV está totalmente estandarizada en las normas ISO vigentes.

2.2 Estado del Arte.

Las formas de explotación y utilización de los recursos, no solo ha traído daños irreversibles, también ha impactado de manera desfavorable la calidad de vida de las sociedades.

Así pues, la naturaleza es sometida de una manera arrasadora, sin contemplaciones y sin poder lograr mecanismos que garanticen su renovación, a una sobreexplotación del suelo urbano.

En medio de todo este escenario de caos surgen de manera paralela distintas acciones encaminadas al desarrollo sustentable en el mundo.

Encontramos entonces una preocupación generalizada por el crecimiento demográfico en todas las regiones del país, al mismo tiempo que los gobiernos se enfocan en establecer normas de edificación y comportamiento que nos conduzcan a lograr una mejor calidad de vida.

Mientras tanto a la par de estrategias de regularización en el crecimiento urbano y mitigación de daños medioambientales, se debe sensibilizar al ciudadano y establecer normas para el buen funcionamiento que garanticen pues el desarrollo sustentable.

A principios del siglo XX, se desarrollaron congresos y publicaciones que provocan discusión a nivel internacional de los problemas relacionados con el medio ambiente.

Enfocándose en ese momento en la sobreexplotación de los recursos naturales provenientes de la industria.

Hacia la mitad del siglo XX podemos encontrar publicaciones como: *La primavera Silenciosa*, de Rachel Carson (1962), principalmente enfocada a los daños

ecológicos de la industria, *Los Límites del Crecimiento de Meadows et al. (1972)* enfocado a la concientización ambiental.

Este último es un informe encargado por el club de Roma, un foro interestatal empresarial, donde por primera vez se traza un sombrío escenario de colapso mundial como consecuencia de la sobrepoblación, el exceso de producción industrial y la polución (13).

En 1972 se advierten los primeros indicios de esta nueva visión con el concepto de desarrollo sostenible, en la celebración de la primera reunión mundial sobre el medio ambiente llamada Conferencia sobre el medio humano celebrada en Estocolmo.

En 1981, el gobierno de los Estados Unidos publica el informe Global 2000 (13), en el que se reproducen las preocupaciones básicas del informe Meadows. En este documento se hace énfasis en la responsabilidad obligada de todas las partes involucradas de reconocer las limitantes de cada zona geográfica.

Es por todo esto que en la década de 1980 el paradigma de la sustentabilidad de Enkerlin menciona:

La idea de desarrollo sostenible fue planeada primero por la Unión Internacional para la conservación de la naturaleza (IUCN), en 1980, cuando se dio a conocer la estrategia mundial de conservación, la cual puntualizaba la sostenibilidad en términos ecológicos, pero con muy poco énfasis en el desarrollo económico, por lo que fue tachada de anti desarrollista. Esta estrategia contemplaba tres prioridades: el mantenimiento de los procesos ecológicos, el uso sostenible de los recursos y el mantenimiento de la diversidad genética.

Para el año 1983 la Organización de las Naciones Unidas estableció la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, liderada por la señora Gro Harlem Brundland, quien fuera primer ministro ambiental en Suecia. El grupo de trabajo mejor conocido como la comisión Brundland, inicio diversos estudios, debates y

audiencias públicas en los cinco continentes durante casi tres años, los cuales culminaron en abril de 1987.

En el reporte Brundland (1987), se definió el concepto de desarrollo sostenible como:

El desarrollo que satisface las necesidades del presente, sin comprometer la capacidad para que las futuras generaciones puedan satisfacer sus propias necesidades (14).

Posteriormente se celebra la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo (UNCED) también conocida como “cumbre la tierra”, realizada del 3 al 14 de junio de 1992, en Rio de Janeiro, Brasil. Se conoció como Rio-92 y en ella estuvieron 175 países.

Esta fue además la primera reunión internacional de magnitud realizada después del final de la guerra fría, entre sus aportaciones más importantes podemos resaltar el consenso de la definición de desarrollo sostenible que años atrás (1987), se había presentado en el informe Brundland.

En esta también se aprobó el programa 21, “Programa de Acción para el Desarrollo Sostenible” o Agenda 21.

Agenda 21 ha sido una gran aportación de la conferencia Cumbre de la Tierra, ya que sus recomendaciones e indicadores, tienen en cuenta las cuestiones relacionadas con la salud, la vivienda, la contaminación del aire, la gestión de los mares, bosques y montañas, la gestión de los recursos hídricos y el saneamiento.

Hoy en día el Programa 21 sigue siendo referencia para la aplicación del desarrollo sostenible.

En 1994 se elabora la carta de Aalborg, aprobada en la conferencia europea sobre ciudades sostenibles, organizada por el consejo internacional de iniciativas

ambientales locales (ICLEI). Donde se establecen acciones enfocadas a mejorar el nivel de vida, procurando no rebasar la capacidad transmisora de la naturaleza.

La Conferencia de Rio fue también testigo de la aprobación de la Convención sobre el cambio climático, que afirma la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero que condujo a la firma en 1997 del Protocolo de Kioto.

La depredación ecológica inicia con la actividad industrial y posteriormente se intensifica con la producción inmobiliaria. El crecimiento desregulado, la invasión y sobreexplotación de los recursos naturales, o han sido ni de cerca la solución para la estabilidad económica de las sociedades.

Gottdiener and Hutchinson lo señalan de la siguiente manera:

Las sociedades de todo el mundo siempre han puesto el crecimiento económico por encima de los problemas ambientales. En lugares como China, Brasil y las secciones de Europa, los impactos relacionados con la salud de la industrialización ni siquiera se habían reconocido públicamente hasta hace muy poco, tal es el caso de la contaminación de las aguas residuales de Shanghái. Durante muchos siglos han mantenido una firme creencia en la idea de progreso. En la actualidad, este supuesto, que está en la ideología central de desarrollo, ha sido puesto en duda por algunas personas conscientes del medio ambiente (15).

La construcción produce impactos en el medioambiente a lo largo de todas las etapas de su vida útil, comenzando por la extracción de las materias primas y su transporte.

El tema de sustentabilidad en la actividad constructiva ha sido estudiado desde hace varias décadas (4). Un ejemplo es el impacto ambiental de las estructuras de concreto reforzado (16).

En México ha sido muy poco el trabajo de investigación y las normas aplicables son de carácter opcional. Lo que ya es una realidad es que la construcción sustentable trae consigo ahorros económicos, energéticos y bajo impacto ambiental.

Hay que recordar que un adecuado manejo de materiales (durables y de bajo impacto ambiental) y un correcto seguimiento de los procesos constructivos darán lugar a construcciones durables y seguras con el mínimo de daño medioambiental. Por caso contrario una construcción mal diseñada y construida tendrá una vida útil menor y por lo tanto su afectación al medio ambiente será mayor.

A nivel mundial existen muchos estudios y publicaciones que abordan el tema del impacto ambiental en los procesos de fabricación de los materiales, siendo el cemento uno de los que más impacto en su producción tiene con respecto a las emisiones de dióxido de carbono (CO₂). Algunos de los trabajos que se consideran representativos han sido publicados por (Li, 2003) y (Naik, 2005) (17; 18).

Dichas investigaciones establecen que antes de hacer cualquier construcción, es necesario evaluar el impacto ambiental de los materiales, y se asegura que el uso de cementos mezclados y aditivos químicos debe incrementarse para lograr la sustentabilidad de la industria del cemento y del concreto.

Otras investigaciones hacen mención del reciclado y reutilización de materiales (19), propone la utilización de productos de demolición en la fabricación de bloques para su uso en construcciones de mampostería.

Tenemos el caso de la publicación que hace referencia al tema: "Evaluación del impacto ambiental de diferentes sistemas constructivos industrializados comparado con un sistema constructivo convencional", en el cual se hace un análisis del impacto ambiental de diferentes sistemas industrializados utilizados en la construcción de viviendas en Catalunya (20).

Por otra parte, en Estados Unidos se han desarrollado trabajos con base en el análisis de ciclo de vida para determinar el impacto ambiental de tipologías de

vivienda, sobre todo de madera, utilizadas en ese país, y los resultados se comparan para varias regiones geográficas considerando los diversos procesos constructivos (21).

Después de la destrucción llega el momento de reflexionar. A medida que el nivel de conciencia sobre estos temas del medio ambiente aumenta en todo el mundo, tal vez las políticas de desarrollo económico tiendan a cambiar de rumbo.

Países donde se dio un gran auge industrial y crecimiento económico, presentan hoy en día grandes dificultades debido a la sobreexplotación de materias primas, a la desaceleración económica, sobrepoblación y grandes problemas urbanos.

La problemática urbana que enfrentan las ciudades en la actualidad conduce al encarecimiento en general de la vida cotidiana por lo que resulta necesario evaluar el impacto económico, ecológico, social y cultural, que se han manifestado en los recientes desarrollos de vivienda todo esto con resultados desfavorables en la calidad de vida de las personas.

El más beneficiado tras todo esto seguro es el inversionista, pues hasta ahora no lo ha sido el comprador de la vivienda.

Como lo comenta Lefebvre: *Las relaciones económicas y las relaciones de poder no podían ser separadas, aunque ello representara la decadencia de las ciudades* (22).

En este sentido, la UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la ciencia y la cultura) elabora un documento para presentarlo en la cumbre mundial de Johannesburgo y reconoce a la cultura como el cuarto pilar de la sustentabilidad. En su artículo denominado “La diversidad Cultural, patrimonio común de la humanidad”.

El uso de combustibles fósiles y tecnologías industriales, el cambio de uso de suelo y la destrucción de las áreas forestales están provocando un aumento en la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmosfera.

En este sentido, México ha suscrito cerca de 100 acuerdos internacionales relacionados con el medio ambiente y desarrollo sustentable.

En el Plan Nacional de Desarrollo se señala que, de continuar con la misma dinámica en la producción de gases efecto invernadero, para el año 2100, la concentración de CO² en la atmosfera podría generar una variación de la temperatura entre 1.1 y 6.4 °C. Y entre los posibles daños tenemos variación en la temperatura de los océanos, desaparición de glaciares, elevación del nivel del mar, mayor evaporación de agua entre otros (23).

México es uno de los países que firmó el protocolo de Kioto y que ha generado proyectos bajo el mecanismo de desarrollo limpio. Entre estos, y es parte del programa de Hipoteca Verde.

Los efectos del crecimiento acelerado, la sobreexplotación de la superficie terrestre y cuerpos de agua, solo han logrado la acumulación del capital en los grupos de poder y del inversionista, pero no han garantizado un desarrollo económico sólido.

La cultura de la sustentabilidad se desarrolla en la medida que la persona reconoce la importancia de la conservación del medio ambiente.

2.3. Marco teórico

2.3.1 Análisis del Ciclo de Vida

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) constituye una de las más importantes metodologías de evaluación medioambiental, según la comisión europea (24), el ACV proporciona el mejor marco actualmente disponible para evaluar impactos ambientales de los productos.

Hay que tener en cuenta que la metodología del ACV fue desarrollada principalmente para el diseño de productos de bajo impacto medioambiental. En este sentido las viviendas representan un tipo de “producto” especial ya que su vida útil es muy larga, y son susceptibles de ser modificadas de acuerdo con las necesidades de quien las adquiere.

La norma ISO en su serie 14044:2006 describe los requisitos y directrices para desarrollar un ACV (25), en donde se señala lo siguiente:

- Identificación de oportunidades para mejorar el desempeño ambiental de productos.
- Permite la aportación de información a quienes toman las decisiones.
- La selección de los indicadores de desempeño ambiental.

Muchas de las investigaciones que se encuentran publicadas en las revistas científicas más importantes a nivel internacional, aunque con resultados útiles no son aplicables a México, debido a las características que vuelven a cada país un ente con condiciones muy distintas de otro.

2.3.2. Etapas del Análisis de Ciclo de Vida.

La creciente conciencia respecto de la importancia de la protección ambiental, y los posibles impactos asociados con los productos¹, tanto manufacturados como consumidos, han aumentado el interés por el desarrollo de métodos para comprender mejor y tratar esos impactos. Una de las técnicas desarrolladas en este sentido es el ACV.

El ACV trata los aspectos e impactos ambientales potenciales (por ejemplo, la utilización de recursos y las consecuencias ambientales de las emisiones y vertidos) a lo largo de todo el ciclo de vida de un producto desde la adquisición de la materia prima, pasando por la producción, utilización, tratamiento final, reciclado, hasta su disposición final (es decir, de la cuna a la tumba) (25).

Hay cuatro fases en un estudio de ACV:

- a) la fase de definición del objetivo y el alcance,
- b) la fase de análisis del inventario,
- c) la fase de evaluación del impacto ambiental, y
- d) la fase de interpretación.

Las cuales se definen de la siguiente manera:

- El alcance de un Análisis de Ciclo de Vida.
- La fase de análisis de inventario de ciclo de vida (ICV).
- La fase de evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV).
- Y la interpretación del ciclo de vida.

2.3.3. Herramientas actuales de Ciclo de Vida.

Debido a la gran cantidad de datos que hay que manejar para realizar un ACV, es recomendable poder disponer de herramientas informáticas que permitan afrontar de forma eficiente un estudio de ACV.

Es necesario tomar en cuenta varios puntos para seleccionar el programa más adecuado, como lo son el número de bases de datos que incorpora, calidad, facilidad de manejo, la posibilidad de poder utilizar distintos métodos de evaluación de impactos entre otros.

En la tabla 3 se presentan y analizan las principales aplicaciones existentes tanto de uso general como de uso específico.

Debido a que no son las únicas y actualmente están en desarrollo algunas más, el usuario define cual se adapta mejor a su análisis.

PROGRAMA	COMPAÑÍA DESARROLLADORA	CONTACTO	COMENTARIOS
Boustead	Boustead Consulting (Reino Unido)	boustead-consulting.com	Herramienta muy completa indicada para realizar estudios de ACV dentro de la
Eco-it	Pré Consultants (Países Bajos)	www.pre.nl	Especialmente indicado para diseñadores de productos y envases. Utiliza el
Ecopro	Sinum AG- Eco Performance Systems (Suiza)	www.sinum.com	Permite la realización sencilla de ciclos de vida del producto. Utiliza la base de
EcSCAN	TNO Industrial Technology (Países Bajos)	www.ind.tno.nl	Puede utilizarse por encargados y técnicos responsables de implementación del
Euklid	Fraunhofer- Institut (Alemania)	www.ivv.fhg.de	Programa orientado a estudios de ACV de
KCL Eco	Finnish Pulp and Paper Research Institute (Finlandia)	www.lck.fi/eco	Presenta una interfaz gráfica muy completa. Posee los indicadores Ecoindicador 95 y DAIA 98 y destaca por sus
LCAit	Chalmers Industriteknik (Países Bajos)	ekologik.cit.chalmers.se	Su aplicación principal es en el sector de envases y
Miet	Universidad de Leiden (Países Bajos)	enuniv.nl/cml/ssp/	Trabaja con MS Excel y se basa en datos ambientales de
GaBi	Universidad de Stuttgart (Alemania)	www.gabi-software.com	Además de las posibilidades convencionales de ACV, este programa permite asociar costes a los flujos y realizar
Pems	Pira International (Reino Unido)	www.piranet.com	Puede ser utilizado tanto por principiantes como por expertos en la materia. Su
SimaPro	Pré Consultants (Países Bajos)	www.pre.nl	Permite realizar ACVs completos métodos de evaluación de impactos. Presenta completas y variadas bases de datos.
Team	Ecobian (Francia)	www.ecobilan.com	Herramienta muy completa, flexible y potente aunque algo más compleja de utilizar. Permite introducir
Wisard	Pricewaterhouse (Francia)	www.pwcglobal.com	Indicado para análisis del impacto económico y medioambiental de residuos
Umberto	Ifeu-Institut (Alemania)	www.umberto.de	Ofrece datos de gran calidad y resultados transparentes. Las librerías de datos son completas y flexibles. Indicado para realizar ecobalances empresariales.

Tabla 3. Fuente: Elaboración propia con datos de tesis doctoral Ignacio Zabalza Bribián, 2011 Principales aplicaciones informáticas para ACV.

2.3.3.1. Sima Pro

El software SimaPro (26) es una herramienta para realizar estudios de Análisis del Ciclo de Vida (ACV), que permite realizar Estudios de:

- Huella de Carbono.
- Huella de Agua y Huella Hídrica.
- Declaración Ambiental de Producto.
- Huella Ambiental de la Unión Europea.
- Ecodiseño, etc.

SimaPro incorpora las bases de datos más importantes, como Ecoinvent, ILCD, Agrifootprint, etc. Además, permite crear bases de datos propias (creadas por el usuario).

SimaPro permite utilizar las metodologías de evaluación de impacto más importantes y actualizadas, como: ILCD 2011 Midpoint+, CML – IA baseline, ReCiPe 2016, IPCC 2013 y Traci 2.1.

Con esta herramienta se facilita el análisis y la representación gráfica de ciclos de vida complejos, de un modo sistemático y transparente.

2.3.3.2. Athena

En América del Norte, el Estimador de Impacto ATHENA (27) para edificios es la única herramienta de software que evalúa edificios y conjuntos completos basados en evaluación del ciclo de vida reconocida internacionalmente (LCA) metodología.

Usando el Estimador, arquitectos, ingenieros y otros pueden evaluar fácilmente y comparar las implicaciones ambientales de industrial, institucional, comercial y residencial diseños, tanto para edificios nuevos como para renovaciones importantes.

Donde sea relevante, el software también distingue entre las instalaciones ocupadas por el propietario y las de alquiler.

El Estimador pone el medio ambiente en igualdad de condiciones con otros criterios de diseño más tradicionales en la etapa conceptual de un proyecto. Incorpora el de Atenea propias bases de datos ampliamente aclamadas, que cubren más más del 90% de los sistemas estructurales y de sobre típicamente usado en edificios residenciales y comerciales.

También simula más de 1000 ensamblajes diferentes combinaciones y es capaz de modelar el 95% de construcción de stock en América del Norte.

El Estimador toma en cuenta el impacto del medio ambiente en:

- Fabricación de materiales, incluido el recurso extracción y contenido reciclado.
- Transporte relacionado.
- Construcción en el sitio.
- Variación regional en el uso de energía, transporte y otros factores.
- Tipo de construcción y vida útil supuesta.
- Efectos de mantenimiento, reparación y reemplazo.
- Demolición y eliminación.
- Emisiones de energía de funcionamiento y efectos de pre-combustión.

Aunque el Estimador no incluye una operación capacidad de simulación energética, permite a los usuarios ingrese los resultados de una simulación para calcular el ciclo de combustible se carga y los factoriza en el Resultados totales.

2.3.3.3. OpenLCA

OpenLCA, una herramienta “profesional”, software libre, gratuito y multiplataforma para realizar completos análisis del ciclo de vida de un producto desarrollada por los alemanes GreenDelta (28).

Se lleva desarrollando desde 2006, por lo que es un software joven y con mucho futuro por delante.

Como características reseñables tenemos:

- Es Software Libre, con licencia MPL (*Mozilla Public License*), cumple completamente con la definición de software de código abierto de la *Open Source Initiative* (OSI) y con las cuatro libertades del software libre enunciadas por la *Free Software Foundation* (FSF), es decir, puedes usar el programa para cualquier propósito, estudiar cómo funciona y modificarlo para adaptarlo a tus necesidades, puedes distribuir copias del programa y puedes mejorar el programa y hacer públicas esas mejoras a los demás, de modo que toda la comunidad se beneficie.
- Es gratuito, no requiere un pago por licencia de uso.
- Es multiplataforma, la aplicación funciona en Windows, MacOS y Linux. No requiere estar conectado a internet.
- Está orientado a realizar Análisis del Ciclo de vida de un producto y de la huella de carbono y del agua, pero además da la posibilidad de desarrollar, entre otras posibilidades, modelos económicos.
- Es un sistema modular al que se le pueden añadir complementos para ampliar sus características.
- Dispone de la selección más amplia de bases de datos disponibles: Básicamente, cualquier base de datos en formato de datos EcoSpold o ILCD se puede importar y utilizar en OpenLCA. Hay muchas bases de datos gratuitas disponibles, pero también ofrecen las bases de datos no libres GaBi y Ecoinvent, bajo pago por licencia de uso.
- Esto es en la actualidad la selección más amplia de datos disponible en cualquier software de LCA, en todo el mundo.

- Tiene interesantes características de compatibilidad con otros programas, ya que dispone de una extensión que permite exportar e importar análisis entre las más importantes y usadas aplicaciones del sector.
- El proyecto está apoyado por el 7º Programa Marco de la Unión Europea, estando integrado en el proyecto Prosuite.

2.3.3.3. Umberto LCA

Software de evaluación del ciclo de vida

Con Umberto LCA +, puedes crear fácil y cómodamente:

- Evaluaciones del ciclo de vida
- Huella de carbono
- Costo del ciclo de vida
- EPDs

Evaluaciones del ciclo de vida con análisis de costo integrado

Umberto LCA + es el software LCA con el análisis de costo integrado más extenso, para el cálculo de Costo del Ciclo de Vida. Esto le permite crear diferentes escenarios con respecto a las tendencias tecnológicas, legales, de mercado, de precio y de demanda en términos de costos y criterios ambientales.

Cálculo de huellas de carbono

Con Umberto Efficiency +, no solo encontrará potenciales para el material y la eficiencia energética, sino también para la reducción de las emisiones de CO2. La base de datos de GWP integrada (ecoinvent 2.2 entre otros) pone los datos del potencial de calentamiento global a su alcance al estar disponibles de manera instantánea dentro de nuestro software. También existe la posibilidad de utilizar los últimos datos de ecoinvent 3.2 GWP. Como resultado, puede calcular rápida y fácilmente su huella de carbono.

2.3.4. Materiales de construcción convencionales.

Se le llaman materiales de construcción convencionales, a todos aquellas materias primas o elementos fabricados con ellas utilizados ampliamente en la industria de la construcción actual. De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) entre los materiales más utilizados en la industria de la construcción en México están el acero, el hierro, el cemento, la arena, la cal, la madera y el aluminio entre otros.

Estos materiales están ampliamente difundidos y se usan en la mayoría de los proyectos para edificación a lo largo del país. Solo en 1998 se consumieron 24.48 millones de metros cúbicos de arena, 22.63 de grava, 6.03 de concreto, 4.8 millones de toneladas de cemento, 1,169.2 millones de piezas de ladrillo y 401.6 de block; cantidad suficiente para que a cada mexicano le tocan alrededor de 12 y 4 piezas respectivamente de cada material¹.

Si bien la lista de materiales es extensa, siguiendo los objetivos y el alcance de la investigación, el estudio se enfoca en los materiales y componentes que conforman los cerramientos o muros del producto de construcción más utilizados en México; el cemento, la cal, la arena y el agua; que forman los morteros, y los bloques de concreto (block), la investigación también comprende el estudio del ladrillo (tabique rojo recocido) y finalmente el yeso (29).

2.3.4.1. Cemento

También conocido como cemento portland debido a la patente de este en Yorkshire, Inglaterra en 1824. “Es un producto artificial resultante de calcinar hasta un principio de fusión mezclas rigurosamente homogéneas de caliza y arcilla, obteniéndose un cuerpo llamado clínker, constituido por silicatos y aluminatos anhidros, el cual hay que pulverizar junto con el yeso, en proporción menor de 3 por 100, para retrasar el fraguado. Fig. 1.

CUNA 1 kg de Cemento Portland = 355 g de CO₂ → PUERTA

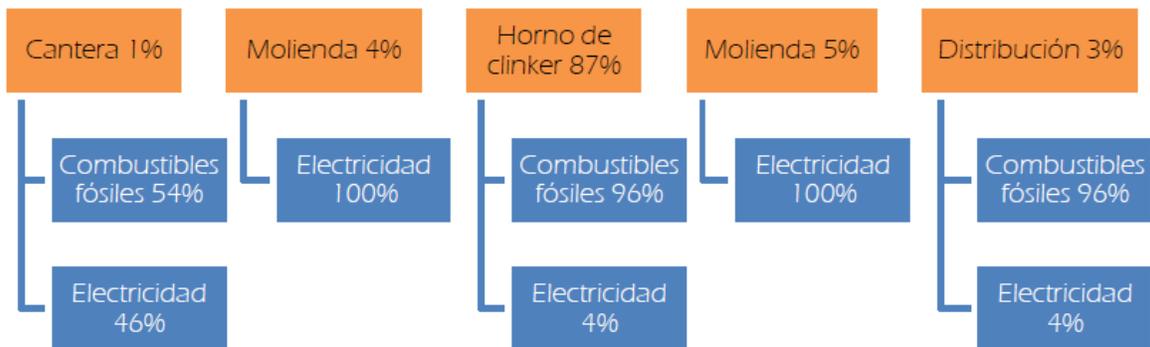


Figura 1. Ciclo de Vida del Cemento de la cuna a la puerta con las principales fuentes de emisiones de CO₂.
Fuente: CARDIM DE CARVALHO, Arnaldo Filho (2001) p. 64

El cemento es un material de gran importancia y fundamental en el mundo de la construcción. Los materiales analizados en este trabajo, a excepción del ladrillo y el yeso, requieren del cemento como componente básico para su elaboración.

El cemento en México se puede clasificar de acuerdo con su resistencia, a su composición, a características especiales o a su utilización tabla 4.

Clasificación	Tipos	Definición
Resistencia	Normal (a 28 días)	20: 204 – 408 kg _f /cm ²
		30: 306 – 510 kg _f /cm ²
		40: > 408 kg _f /cm ²
	Inicial o temprana (a 3 días)	30R: > 204 kg _f /cm ²
Composición	Cemento portland ordinario	Cemento común
	Cemento portland puzolánico	Contiene óxido de calcio libre que agregado con sílices se obtiene más resistencia
	Cemento portland compuesto	
Características especiales	RS	Resistente a sulfatos
	BRA	Baja reactividad de álcali agregado
	BCH	Bajo calor de hidratación
	B	Blanco
Utilización	Cemento portland ordinario	Construcciones en general; zapatas, trabes ...
	Cemento portland puzolánico	Obras sobre suelos salinos y agresivos
	Cemento portland compuesto	Para alcantarillados
	Mortero	Juntas y aplanados. NO estructural

Tabla 4. Clasificación del cemento.

2.3.4.2. Cal

Es un producto resultante de la descomposición por el calor de las rocas calizas (cal viva).

“Cuando se le añade agua, se produce una reacción con abundante desprendimiento de calor y un aumento de volumen. Este proceso es conocido como apagado. La cal viva en terrón debe apagarse antes de usarla. Generalmente, la cal se apaga en fábrica y se sirve en forma de polvo ensacado (cal apagada).” (30)

La cal apagada en pasta tiene la propiedad de endurecerse lentamente en el aire, enlazando los cuerpos sólidos, por lo cual se emplea como aglomerante. Este endurecimiento se le llama fraguado y es debido a la desecación por evaporación del agua con la que se forma la pasta (29). Fig. 2

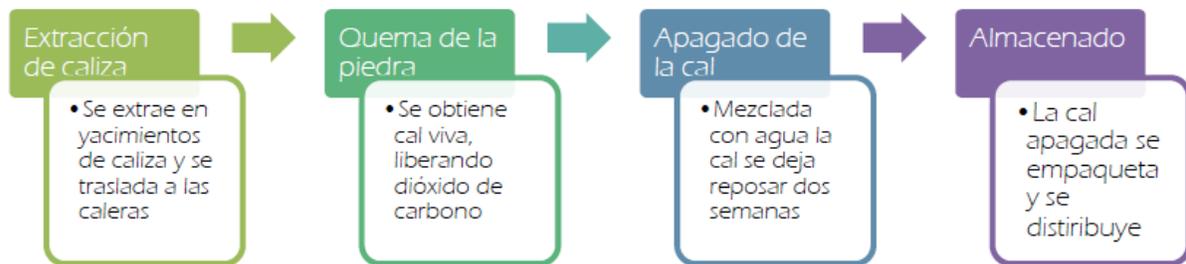


Figura 2. Proceso de producción de la cal de la cuna a la puerta. Fuente: Fernando González Maza, 2012.

De acuerdo con Smith (1976) existen varios tipos distintos de cal:

- Cal de piedra gris: se obtiene de calizas grisáceas las cuales son semihidráulicas se usan en morteros de cal o morteros bastardos de cal y cemento.
- Cal hidráulica: proviene de calizas que contienen cierta cantidad de arcilla, fragua completamente bajo el agua; es utilizada en morteros, pero no debe mezclarse con cemento.

- Cal magnésica: obtenida de calizas dolomíticas, no es hidráulica pero generalmente es más resistente que la cal blanca. Puede constituir un aglomerante para mortero sin la necesidad del cemento, pero es propensa a sulfatos en condiciones de humedad elevada y cuando los ladrillos contengan una cantidad importante de los mismos.

“México es el sexto productor de cal a escala mundial, con una aportación anual estimada en 6.5 millones de toneladas (31).”

2.3.4.3. La Arena

Se le conoce como arena a las partículas del suelo que tienen un diámetro entre los 0.05 y los 2.00mm. A las partículas menores a este diámetro se les llama limo y a las mayores gravas.

La arena es un agregado fino de uso extendido y frecuente en la construcción, en virtud de su composición, tendrá diferentes características (31):

- Cuando la arena está constituida por partículas pequeñas de rocas trituradas, en especial cuando se trata de rocas silíceas, su uso frecuente será para la elaboración de mortero y concreto.
- Cuando es gruesa se utiliza con gravilla para la fabricación del concreto para pisos.
- Si es fina, el uso más común es para los trabajos generales de construcción o albañilería, y trabajos de mampostería.

El principal componente de la arena es el dióxido de silicio (SiO_2), y su origen es muy variado; puede extraerse de los ríos o lagos, en algunas ocasiones se encuentra en los depósitos volcánicos, o puede provenir a partir de roca triturada por medios mecánicos. En general, la propiedad fundamental de la arena proviene de su capacidad para reducir las fisuras que aparecen en la mezcla al endurecerse.

2.3.4.4. El Agua

Es otro de los elementos fundamentales en la formación de los diferentes componentes del producto de construcción. Las mejores aguas que pueden emplearse son las de lluvia, río, manantial o pozo; que no muestren exceso de sales puesto que además de retardar el fraguado suelen dar efervescencia, entre otras condiciones a tomar en cuenta (Tabla 5).

La cantidad de agua añadida a una mezcla tiene un efecto considerable en la resistencia del concreto y por ende de todos los materiales elaborados con él. La relación agua/cemento se expresa como una fracción decimal del peso de cemento, por ejemplo, una relación del 0.5 significa que por cada 50 kg de cemento se utilizan 25 litros de agua (31).

Impurezas	Cementos ricos en calcio	Cementos sulfato - resistentes
Sólidos en suspensión		
– En aguas naturales	2 000	2 000
– En aguas recicladas	50 000	35 000
Cloruros (Cl) ⁺		
– Concreto preesforzado	400 ^{****}	600 ^{****}
– Concretos reforzados ^{**}	700 ^{****}	1 000 ^{****}
Sulfatos (SO ₄) [*]	3 000	3 500
Magnesio (Mg ⁺⁺) [*]	100	150
Carbonatos (CO ₃)	600	600
Dióxido de carbono disuelto	5	3
Alcalis totales (Na ⁺)	300	450
Total de impurezas	3 500	4 000
Grasas o aceites	0	0
Materia orgánica	150 ^{***}	150 ^{***}
Valor de PH	>6	>6.5

* Las aguas que excedan los límites enlistados podrán emplearse si se demuestra que la concentración calculada de estos compuestos en el agua total de la mezcla, incluyendo el agua de absorción de los agregados u otros orígenes no excede dichos límites.

** En ambientes húmedos o en contacto con metales como el aluminio, fierro galvanizado...

*** El agua se puede usar siempre y cuando las arenas que se empleen en el concreto de materia orgánica cuya coloración sea inferior a 2 de acuerdo con el método de la NOM-C-88.

**** Cuando se use cloruro de calcio (CaCl₂) como aditivo acelerante, la cantidad de éste debe tomarse en cuenta para no exceder el límite de cloruros de esta tabla.

Tabla 5. Valores característicos y límites máximos tolerables de sales e impurezas. Fuente: NMX-C-122-1982, Industria de la construcción - agua para concreto, Norma Mexicana, Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.

2.3.4.5. Los morteros

Los morteros son una mezcla de arena, cemento, cal y agua, todo en diferentes proporciones dependiendo de las características deseadas. Su función principal es de fungir como elemento aglutinante en las uniones (juntas) entre ladrillos o bloques de concreto y como acabado en recubrimientos de muros construidos con los materiales anteriormente mencionados. Los morteros se pueden clasificar de acuerdo con su composición o a su función (Fig. 3).

De acuerdo con Smith S. (1976) los morteros se clasifican según las proporciones de los diferentes componentes, los materiales con los que estén trabajando y su utilización (Tabla 6).



Figura 3. Tipos de morteros de acuerdo con su composición. Fuente: Fernando González Maza, 2012.

Proporciones	Materiales	Utilización
1:3	Cal hidráulica – arena	Tabiques y particiones,
1:3:10 - 12	Cemento portland – cal – arena	ladrillos de arcilla, de mortero
1:7	Cemento – arena	de cal y de cemento (alta
1:8	Cemento portland – arena – plastificante	contracción al secar)
1:2	Cal hidráulica – arena	Ladrillos protegidos entre
1:2	Cemento portland – cal – arena	aleros y en contacto directo
1:6	Cemento – arena	con el terreno, lugares con
1:7 - 8	Cemento portland – arena – plastificante	heladas solo en interiores
1:1:5 - 6	Cemento portland – cal – arena	Ladrillos en contacto con
1:4½	Cemento – arena	terreno en condiciones de
1:5 - 6	Cemento portland – arena – plastificante	severa exposición
1:½:4 - 4½	Cemento portland – cal – arena	Ladrillo de arcilla*
1:0 - ¼:3	Cemento portland – cal – arena	Ingeniería pesada

* En contacto con terreno en condiciones de severa exposición

Tabla 6. Mezclas de mortero según su utilización. Fuente: Fernando González Maza, 2012.

Es importante considerar las especificaciones C 270 de la Sociedad Americana para pruebas y Materiales (32) (ASTM por sus siglas en inglés) y elegir el mortero más adecuado a las necesidades particulares (IMCYC 1983).

2.3.4.6. El Block

“El block es una pieza hueca grande de concreto que se utiliza como material de la construcción para la elaboración de muros y que está sujeto a las funciones y cualidades que dichos muros vayan a desempeñar.” (33) Según sus necesidades, en México existen tres principales tipos de block (Tabla 7).

Tipos	Medidas	Usos principales
No. 4	40 – 10 – 20*	Muros internos y/o divisorios, divisiones de closets y baños
No. 6	40 – 15 – 20*	Paredes internas, muros divisorios, bardas pequeñas y ligeras pueden ser de usos estructural
No. 8	40 – 20 – 20*	Bardas altas o grandes de uso estructural

* Soga – tizón – grueso en centímetros

Tabla 7. Tipos de block disponibles en México. Fuente: Fernando González Maza, 2012.

El block es utilizado ampliamente en la construcción, desde viviendas de interés social hasta edificaciones comerciales e industriales. De acuerdo con la Norma Mexicana NMX-C- 441-ONNCCE-2005, la composición del block puede variar en mezclas de grava – cemento, arena – cemento, barro extruido, arcilla cocida, etc. A pesar de ello, el block más común es el elaborado de concreto (mezcla de grava – arena – cemento) por lo que su ciclo de vida está completamente enlazado al ciclo de vida del concreto en sí (Fig. 4).

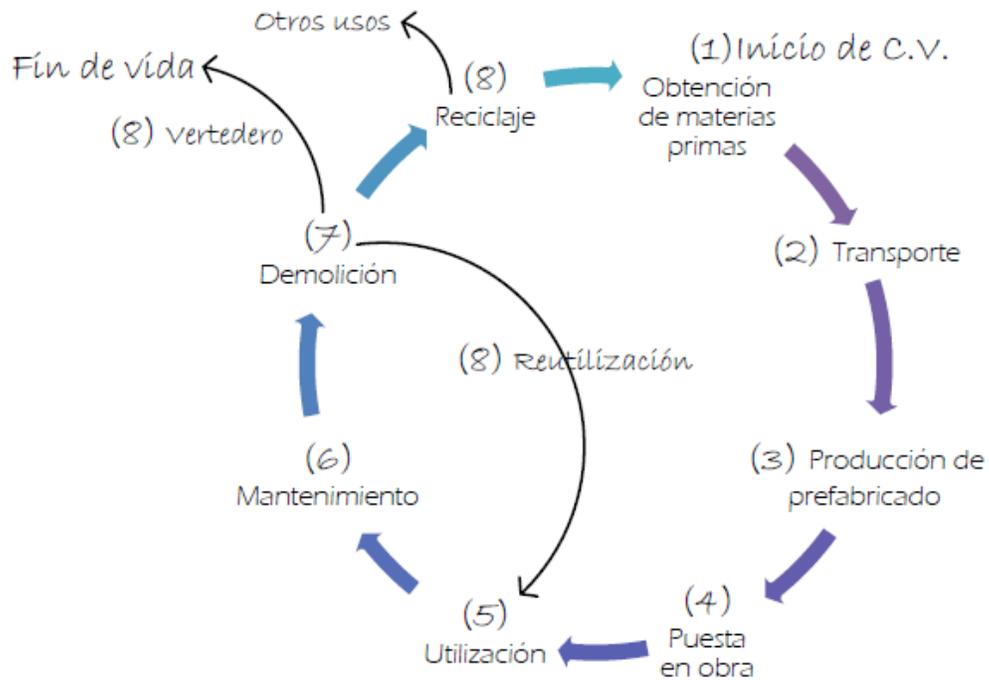


Figura 4. Ciclo de vida de un prefabricado de concreto. Fuente: Fernando González Maza, 2012.

El concreto es un material complejo que presenta una gran cantidad de variables intrínsecas propias, las cuales se ven reflejadas tanto en su ciclo de vida y en su perfil medioambiental como en los de sus prefabricados. (34)

El block industrial

La producción de block industrial es más compleja que la anterior, se compone de nueve

fases principales (Fig. 5):

1. Llegada del material
2. Transporte de áridos: Las arenas son trasladadas desde su punto de almacenamiento hasta la zona de mezclado por medio de maquinaria pesada.

3. Mezclado: La mezcla se realiza en una máquina automática que a su vez agrega el cemento y el agua deseados.
4. Vertido y Vibrocompresión.
5. De la máquina mezcladora por medio de una tolva se eleva el material y se vierte a un embudo colocado en la parte superior de la máquina vibro – compresora, que regula el flujo de la mezcla y comprime en los moldes las piezas.
6. Curado y fraguado: Los elementos son trasladados con un montacargas a cámaras especializadas que cuentan con aspersores hidráulicos automáticos que nivelan las temperaturas de hidratación.
7. Estibado: Las piezas ya secas son colocadas en una máquina que las empaqueta para facilitar su distribución.
8. Almacenado.
9. Suministro.

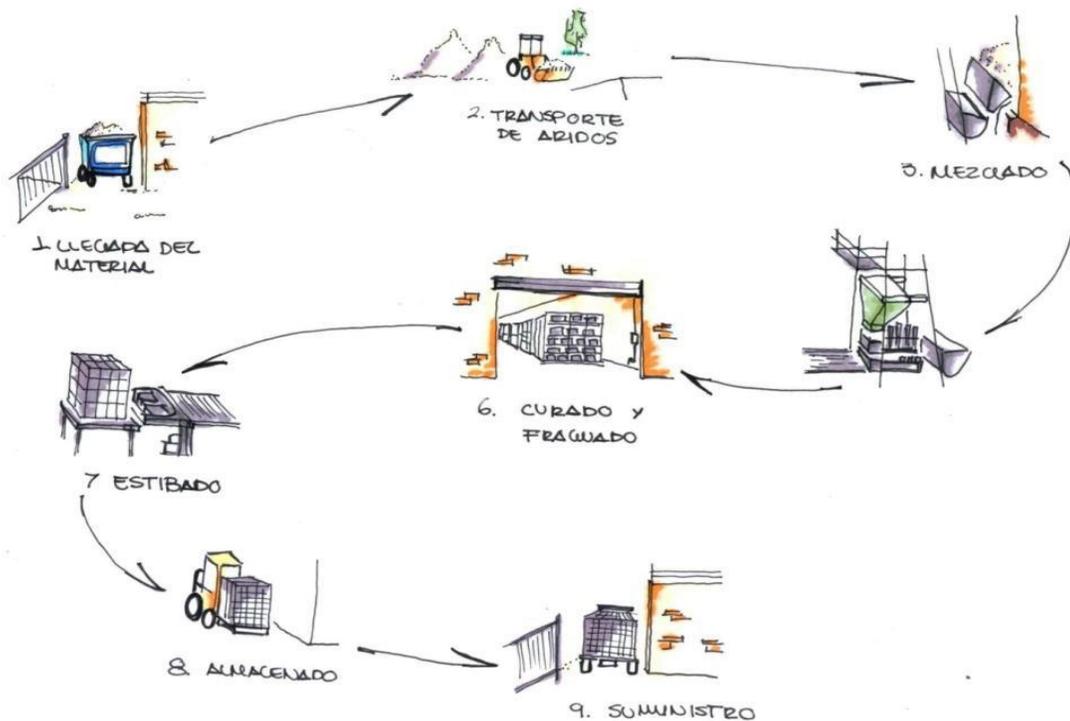


Figura 5. Proceso de producción de block industrial. Fuente: Fernando González Maza, 2012.

2.3.4.7. El Ladrillo

El ladrillo es una masa de barro, con forma de paralelepípedo rectangular, compuesto por tierras arcillosas, moldeadas y comprimidas que después de cocidas sirven para construir muros. Pueden utilizarse en toda clase de construcciones por ser su forma muy regular y fácil su manejo.

“El ladrillo tradicional se hace de arcilla, se le da una forma estándar y se cuece en un horno. El color, la resistencia y la textura del ladrillo terminado dependerán de la composición de la arcilla y del método de fabricación utilizados.

La materia prima del ladrillo es, principalmente, sílice y alúmina, con pequeñas cantidades de otros materiales, tales como óxidos metálicos.” (30) Fig. 6.

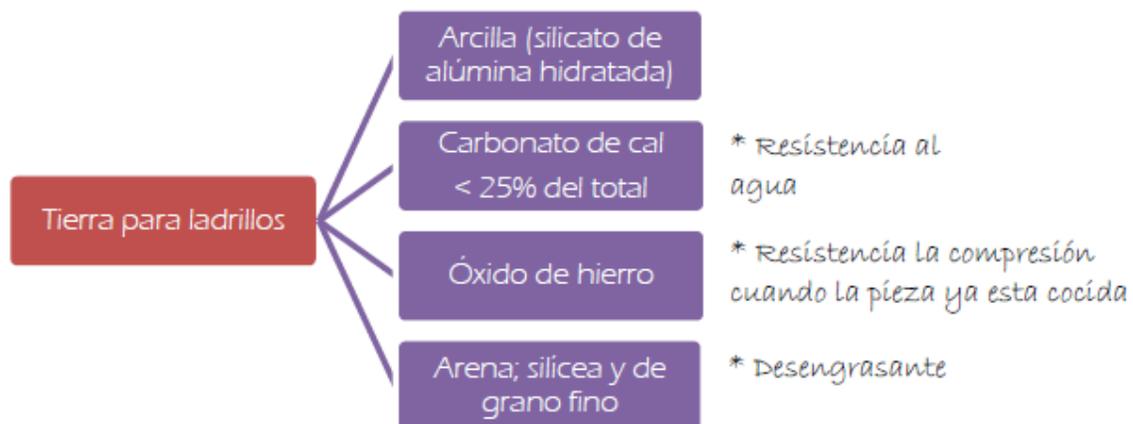


Figura 6. Suelos convenientes para la fabricación de ladrillos. Fuente: Fernando González Maza, 2012.

El ciclo de vida del ladrillo, como el block y los otros materiales constructivos convencionales, está directamente relacionado con el ciclo de vida del producto de la construcción. Sin embargo, su ciclo de vida puede variar de acuerdo con el tipo de producción empleada, en donde se distinguen principalmente dos formas de elaboración; artesanal e industrial.

Si bien la manufactura artesanal e industrial siguen el mismo proceso, en la fabricación de ladrillos artesanales el mezclado se realiza de forma manual, así como el moldeado, el secado se realiza al sol y la cocción en un horno artesanal con quemadores poco eficientes; mientras que los ladrillos industriales utilizan maquinaria para las mismas actividades como revolvedoras, extrusores, cámaras de secado y hornos con quemadores eficientes y combustibles más amigables con el medio ambiente. (35)

El ladrillo artesanal

La producción de ladrillo artesanal tiene una amplia difusión en todo el país, es el componente para elaboración de muros más común y aceptado ya sea por motivos tradicionales o culturales, con una presencia sólida en el mercado nacional y con un impacto al ambiente importante. Las cuales utilizan indistintamente madera, aceite quemado, aserrín, basura y llantas entre otros residuos industriales para la quema y cocción de los ladrillos.

La producción del ladrillo artesanal consta de las siguientes fases (Fig. 7):

1. Arranque y transporte de tierras: Las tierras a utilizar son arrancadas de cuencas de arroyos o terreno en general por maquinaria pesada y transportadas al sitio de producción.
2. Mezclado: Los diferentes tipos de tierras se mezclan con la cantidad de arcilla y arena que haga falta, para que los ladrillos no resulten demasiado magros ni excesivamente grasos, también se añade la cantidad necesaria de agua, mezclando de forma manual con palos, rastrillos e incluso con las piernas.

3. Moldeado y secado: La pasta obtenida se coloca manualmente en moldes (gradillas) de madera que dan la forma y tamaño requerido. Al molde se le esparce tierra tizar cada vez que se utiliza con el fin de evitar la adherencia de la mezcla en sus bordes. Después son colocados sobre un área plana en el suelo y son secados al sol durante 3 o 4 días con clima caluroso y hasta 2 semanas en temporada de lluvias. Finalmente se levantan verticales al objeto de que se sequen por todas sus caras, dejándoles en esta posición mínimo 24 horas.

4. Cocción: De acuerdo con FRANCO MORENO, G. (1991) las piezas secas son dispuestas en el interior de un horno simple al descubierto fabricado de los mismos ladrillos, se colocan de lado a lado y en filas poco separadas de modo que el calor de los productos de combustión pueda invadir toda la masa, la cual se le da una forma de pirámide truncada de base cuadrada o rectangular de 5 a 6 m de altura. Este horno cuenta con una cavidad inferior donde se introduce el material inflamable que genera el calor para su cocción. El tiro del horno es forrado con materia orgánica (generalmente estiércol) que asegura la retención del calor por más tiempo. La cocción tarda alrededor de 22 horas.

5. Almacenamiento: Las piezas ya cocidas se enfrían y se apilan en el exterior del horno listas para su distribución.

6. Suministro: El material se reparte a los sitios de construcción requeridos.

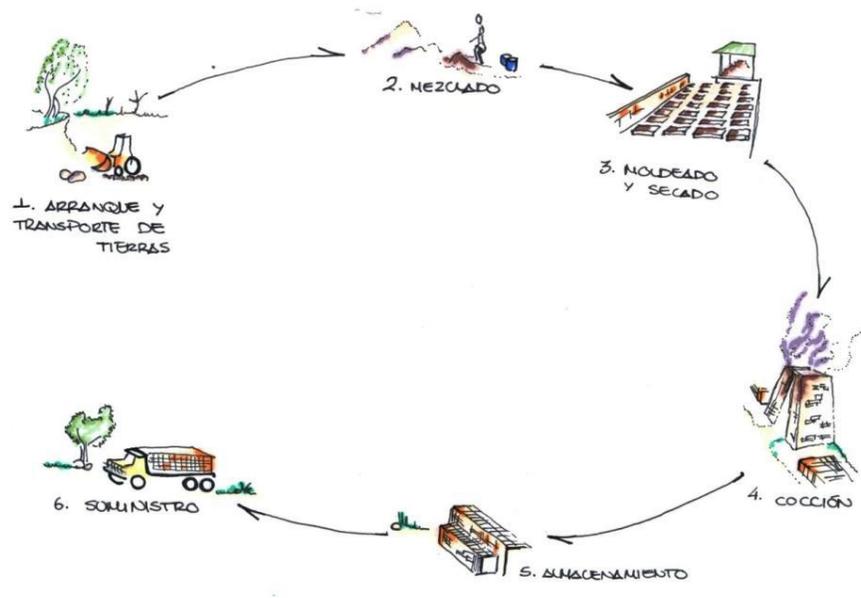


Figura 7. Proceso de producción de ladrillo artesanal. Fuente: Fernando González Maza, 2012.

2.4. Marco Legal

El proceso de oxigenación de la atmósfera llevó millones de años y permitió la formación de una capa de ozono en la parte superior de la atmósfera, que protege la vida terrestre de los efectos letales de la radiación ultravioleta. La atmósfera es resultado de una combinación precisa de varios elementos (además del oxígeno). Sin embargo, la calidad del aire puede ser degradada por la variación significativa de las proporciones de dichos elementos (por ejemplo, la cantidad de bióxido de carbono). Aunque existen formas naturales de contaminación del aire (una erupción volcánica, por ejemplo), la contaminación general ha sido consecuencia de las actividades humanas (36).

Esa contaminación genera efectos nocivos sobre la salud humana, la flora, la fauna y los bienes (por corrosión, por ejemplo). Provoca disminución de la visibilidad, por la dispersión de la luz, la formación de niebla y neblumo, y la reducción de la cantidad de luz solar que llega a la superficie terrestre. Ha habido desastres atmosféricos, como el de Londres en 1952, que han provocado la muerte de personas, o la "lluvia ácida" (36).

A mediados de los 70, tres científicos (Paul Crutzen, creador del concepto Antropógenos, Sherwood Rowling y el mexicano Mario Molina, hoy Premio Nobel de Química) publicaron una serie de artículos sobre los efectos en la atmósfera, de un grupo de productos conocidos como clorofluorocarbonados (CFC), que cuando eran transportados a la atmósfera por las corrientes de aire, los rayos ultravioleta del sol liberaban el cloro, que atacaba el ozono, exponiendo a la tierra a los efectos directos de esos rayos ultravioleta. La desaparición de la capa de ozono planteaba una grave amenaza a la salud, un grave perjuicio a los cultivos y al fitoplancton marino."

En el aspecto legislativo, desde mediados de los cincuenta, en EUA, comenzaron a ponerse en vigor disposiciones federales para combatir la contaminación

atmosférica. Actualmente regula la materia, a nivel federal, la *Clean Air Act* (1967), modificada en 1970, 77, y 90. En Japón existe también una Ley sobre Contaminación del Aire vigente desde 1968, así como una Ley sobre tránsito vehicular en carreteras (1951), modificada en 1970 y una Ley para el Control de Malos Olores (1971). En Suecia varias normas regulan este tema: Ordenanza real sobre escapes de vehículos (1972); la Ley sobre uso de Vehículos automotores en espacios abiertos (1975); Ley y ordenanza sobre el sulfuro contenido en los combustibles (1976); etc. En España entró en vigor una Ley de protección del ambiente atmosférico (1972), reglamentada en 1975.

Por el contrario, en América Latina en general, por lo menos hasta principios del tercer milenio, la protección del ambiente carece de una legislación especial y de ella se ocupan los códigos o leyes de salud y ordenamientos que emanan de ellos, como cuestión de saneamiento ambiental. Destacan Argentina, que cuenta con la Ley No: 20.284 (1973), para la capital Federal de Buenos Aires y la zona metropolitana de la ciudad de México (ZMCM), donde existió un Programa Nacional para la protección del Medio Ambiente 1990-1994; In; Programa para mejorar la calidad del Aire en el Valle de México 1995-2000, un Programa para mejorar la calidad del Aire de la Zona el período 2011-2020.

Metropolitana del Valle de México 2002-2010 y se prepara uno para la destrucción de la capa de ozono que nos protege de la radiación ultravioleta, es un problema que concita la atención de la opinión pública mundial desde hace más de veinticinco años. Ese adelgazamiento de la capa de ozono es debido, como sabemos, en gran medida, a la acción de los clorofluorocarbonados y otras sustancias químicas producidas por la industria. Algunas mediciones del nivel de ozono sobre la Antártida muestran un descenso del 40% desde 1957, únicamente en primavera (agujero de la capa de ozono). (36)

En marzo de 1985, por convocatoria del PNUMA, tuvo lugar en Viena una conferencia de plenipotenciarios sobre la protección de la capa de ozono. En esta

conferencia 23 países, entre ellos México, suscribieron el Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono."

En septiembre de 1987 se celebró en Montreal una nueva conferencia, que aprobó un Protocolo relativo a sustancias que agotan la capa de ozono, suscrito por 23 países, entre ellos México y la entonces Comunidad Económica Europea." Las reglas del Protocolo tienen por objeto poner en aplicación las disposiciones de la Convención de Viena, básicamente a través de medidas de control, que consisten en el compromiso de las partes de reducir, de manera progresiva el uso de sustancias que se enumeran en el "Anexo A" de dicho protocolo. El 29 de junio de 1990 fue adoptada en Londres una Enmienda al protocolo de Montreal, que México aceptó (DOF, 27/12/91), que entro vigor el 10/08/92, estableciendo medidas más ambiciosas para la disminución de las sustancias que agotan la capa de ozono. Posteriormente fue hecha una nueva Enmienda (DOF, 24/10/94). "Cabe destacar que las 197 Partes del Protocolo de Montreal han reducido los niveles de producción de sustancias que agotan el ozono de más de 1.8 millones de toneladas ponderadas anuales (1987), a un nivel de 45,000 toneladas en 2010. A nivel mundial, en los próximos años, se calcula que, como producto de la aplicación del Protocolo de Montreal, se lograrán impedir 19 millones de casos de cáncer de piel y 150 millones de casos de cataratas."

Cambio Climático.

Entre 1995-2006 se han producido 11 de los 12 años más calurosos registrados y diferentes regiones han sido afectadas por intensas olas de calor, como la que se produjo en 2003, en Europa, donde murieron alrededor de 30 mil personas. La frecuencia de las sequías en el mundo se ha incrementado, lo mismo que los grandes huracanes como Katrina. No cabe duda de que el clima está cambiando y el mundo se está calentando. Los científicos coinciden en que gran parte de este cambio es antropogénico, es decir, inducido por el hombre" (36).

El cambio climático es otro de los problemas globales vinculados a la contaminación del aire, producido por el sobrecalentamiento de la superficie terrestre (efecto invernadero); un eventual aumento de la temperatura de la superficie del globo terráqueo de entre 1.5-4.5% previsto para 2030, consecuencia de las cada vez más altas concentraciones de gases en la atmósfera, en especial dióxido de carbono (CO₂), que resulta fundamentalmente de la combustión de materiales fósiles. Estos cambios están generando efectos nocivos en la agricultura, los ecosistemas naturales, inundaciones, el derretimiento del hielo de los polos y la consecuente elevación del nivel de los mares, con lo cual las ciudades costeras terminarían bajo las aguas. Es imprescindible un esfuerzo mundial para reducir el consumo de Combustibles fósiles y de todos los demás gases de efecto invernadero' y México no debiera quedarse atrás.

Durante la conferencia de la ONU sobre medio ambiente en Rio de Janeiro (3-14/junio/92), fue suscrita por 153 países (entre ellos México) una Convención Marco sobre Cambio Climático, cuyo objetivo es "la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático" (artículo 2°). En su artículo 1° define dichos gases como "aquellos componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropógenos, que absorben y reemiten radiación infrarroja" (p. e. dióxido de carbono); un sumidero como "cualquier proceso, actividad o mecanismo que absorbe un gas de efecto invernadero, un aerosol o un precursor de un gas de efecto invernadero de la atmósfera" (p. e. los bosques); y el depósito como uno o más componentes del sistema climático en que está almacenado un gas de efecto invernadero o uno de sus precursores (36).

La Convención también establece un conjunto de principios, con base a una responsabilidad común, pero diferenciada de las Partes, que se explica tanto por la diversa responsabilidad histórica, como actual de las partes en la generación de emisiones de gases de efecto invernadero, como por su diversa capacidad para

adoptar las medidas necesarias para disminuir el problema. Por otra parte, la Convención reconoce el derecho de todos los Estados miembros al desarrollo (entendido de la manera capitalista en que vivimos), esto es, un principio de equidad (aunque sea perjudicial para todos), que en esta materia se podría expresar diciendo que todos tienen derecho a emitir una cantidad equivalente de gases de efecto invernadero (una verdadera locura, pues una equidad racional debiera consistir en que nadie debiera emitir ese tipo de gases).

La Convención establece compromisos, que no son enteramente iguales para las Partes (dada su desigualdad reconocida), que figuran en dos anexos: I (países desarrollados) y II (países desarrollados y países en transición a una economía de mercado).

Los diez compromisos asumidos por las Partes están condicionados "por sus responsabilidades comunes, pero diferenciadas y el carácter específico de sus prioridades nacionales y regionales de desarrollo, de sus objetivos y de sus circunstancias" (art. párrafo primero). De dichos compromisos resaltan los 4 primeros:

Elaboración de inventarios nacionales de emisiones antropogénicas por las fuentes y de la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero; formulación y aplicación de programas nacionales (y según proceda, regionales), con medidas orientadas a mitigar el cambio climático y facilitar la adecuada adaptación al mismo; promoción y apoyo al desarrollo, aplicación y difusión (incluida transferencia) de tecnologías, prácticas y procesos que controlen, reduzcan o prevengan emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero, y promoción de la gestión sostenible de sumideros y depósitos de gases de efecto invernadero y la cooperación de todas las partes.

Además, los países entre los cuales están los mayores generadores de estos gases efecto invernadero, asumieron ciertos compromisos "específicos" que básicamente

consisten en la obligación de adoptar políticas nacionales y tomar las medidas correspondientes de mitigación del cambio climático, limitando sus emisiones antropógenas de dichos gases y protegiendo y mejorando sus sumideros y depósitos."

Como puede advertirse, la convención no estableció metas ni compromisos financieros determinados. No obstante, nos enfrentamos a un problema inédito hace apenas algunas décadas: la gestión global del carbono, a fin de que la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera no alcance el umbral que tendría consecuencias devastadoras para la biosfera."

Según datos de 2010 (Tabla 8), los principales productores de CO₂ en el mundo, por quema de combustibles sólidos son: (36).

País	% del total
China	25
EUA	19
Unión Europea	13
India	5
Rusia	5
Japón	4
Brasil	1
México	1

Tabla 8. Fuente: Rafael Oropeza Monterrubio, cambio climático, México, 2012.

Los costos para mitigar las emisiones de carbono son asequibles, sin embargo, no hemos sido capaces de afrontarlos globalmente. Por eso requerimos con urgencia un cambio de paradigma sobre los cimientos de nuestra civilización y el crecimiento económico.

Más allá de la atmósfera (por encima de los 50 km del suelo, en promedio), donde está contenido el espacio aéreo, comienza lo que se ha convenido en llamar espacio ultraterrestre.

La noción de que el territorio de los Estados se extiende al espacio comenzó a fines del siglo XIX, con la aparición del telégrafo y la energía eléctrica, y, sobre todo, después de la II Guerra Mundial, con el desarrollo de la aviación y las telecomunicaciones. En México, el espacio aéreo se incorporó al territorio nacional, con las reformas a los arts. 27, 42 y 48 constitucionales.

El 27 de enero de 1967 se firmó en Londres, Washington y Moscú, el Tratado sobre los Principios que deben regir la actividad de los Estados en la exploración y utilización del Espacio Ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes, ratificado por México el 31 de enero de 1968. La idea fundamental es que la exploración y la utilización del espacio ultraterrestre están abiertas a toda la humanidad (como si de verdad pudieran todos hacerlo), y que ninguno se apropiará de dicho espacio (como si se pudiera); prohíbe la colocación de objetos portadores de armas nucleares y otras de destrucción masiva en el espacio y otros cuerpos celestes, que debe ser utilizados con fines pacíficos (arts. 1 y 2). Establece que los Estados deben evitar la contaminación nociva del espacio (pero tenemos ya un cinturón de basura, restos de naves espaciales y satélites alrededor del globo terrestre) (36).

Posteriormente el Acuerdo sobre Salvamento y Devolución de Astronautas y Restitución de Objetos lanzados al Espacio Ultraterrestre (DOF, 20/09/1969); el Convenio sobre Responsabilidad Internacional por Daños causados por Objetos Espaciales (DOF, 8/08/1974); el Convenio sobre registro de Objetos lanzados al Espacio Ultraterrestre (DOF, 23/03/1977) y el Tratado por el cual se prohíben los Ensayos Nucleares en la Atmósfera, el Espacio Ultraterrestre y bajo el Agua. Finalmente, el Acuerdo que debe regir las Actividades de los Estados en la Luna y otros Cuerpos Celestes (DOF, 27/12/1991).

La noción de espacio ultraterrestre, utilizada en el derecho nacional e internacional, debe ser motivo de una revisión profunda, pues la humanidad no puede seguir pensando que es dueña del universo entero, cuando se ha mostrado incapaz de cuidar siquiera su casa.

Ordenamiento de los asentamientos humanos.

Según Raúl Brañes, mientras el derecho de la biosfera enfatiza la protección del medio ambiente natural, otra rama jurídica, el derecho de la tecnosfera, concentra su atención en la ordenación del ambiente construido, para que sea apropiada para la existencia del hombre y la protección de la naturaleza. En definitiva, asegura, el bien jurídico tutelado es el mismo: el medio ambiente, por lo que la diferencia enunciada es sólo una cuestión de enfoque.

No obstante, ese enfoque parece erróneo, pues no se puede desvincular al hombre, ni a las actividades que realiza, del medio ambiente. No vivimos fuera de la naturaleza, sino inmersos en ella y más aún, formamos parte de esta y en tanto persistan enfoques dicotómicos, el hombre seguirá pensando que puede servirse de la naturaleza, cuando lo que debiera hacer es respetarla y vivir en armonía con ella. Sin embargo, exclusivamente para efectos metodológicos, seguiremos esta artificial división (36).

La expresión ambiente construido se refiere a los elementos ambientales citados por el hombre, que se integran al medio natural en el que se desarrolla su existencia e influyen sobre ésta (y sobre aquel); son obras materiales que influyen y modifican (la mayor parte de las veces para mal) al medio natural, y a la biosfera. Por ordenación del ambiente construido se entiende la regulación de las conductas humanas que tiene que ver con dicho ambiente. Las normas jurídicas que se ocupan de la ordenación del ambiente construido tienen desafortunadamente una orientación antropocéntrica, que ha posibilitado la explotación de la naturaleza por parte nuestra civilización, pues en dicha ordenación queda comprendida la

regulación de las actividades industriales, de transporte, comercio, recreativas y de toda índole, muchas de las cuales tienen impactos ambientales adversos a la naturaleza, al medio ambiente construido y al propio hombre (36).

El elemento más general del ambiente construido y respecto del cual giran todos los demás, es el asentamiento humano, que en este país está definido por la Ley del ramo, como "la radicación de un determinado conglomerado demográfico con el conjunto de sus sistemas de convivencia, en un área física localizada, considerando dentro de la misma los elementos naturales y las obras materiales que la integran (art. 2., fracción I, de la Ley General de Asentamientos Humanos).

La siguiente fracción define los centros de población como las áreas constituidas por las zonas urbanizadas, las que se reserven a su expansión y las que se consideren no urbanizables por causas de preservación ecológica, prevención de riesgos y mantenimiento de actividades productivas dentro de los límites de dichos centros; así como las que por resolución de la autoridad competente se provean para la fundación de estos.

Los asentamientos humanos modifican de manera profunda el medio natural (basta como ejemplo la zona metropolitana de la ciudad de México), pues precisa no sólo terrenos (un área natural de sustentación), sino agua, energía, alimentos, etc. A diferencia de los ecosistemas naturales, los asentamientos humanos de nuestra civilización no son autosustentables en energía, ni en alimentos y más aún producen gran cantidad de desechos y residuos que no siempre pueden ser reabsorbidos por la naturaleza. Además, la problemática demográfica, que nos ha llevado a ser más de siete mil millones de seres humanos en el planeta y nuestra desigual distribución espacial, son graves problemas adicionales.

Desafortunadamente el Estado mexicano ha desatendido, desde siempre, la política de asentamientos humanos, lo que nos ha llevado, entre otras cosas, a tener la segunda megalópolis del mundo, una enorme dispersión de los núcleos más

desprotegidos y enormes problemas urbanos, hasta hoy sin solución, entre ellos los que atañen a:

Planeación de los asentamientos humanos

El ordenamiento de los asentamientos humanos es, de acuerdo con la definición de la propia LGAH, "el proceso de distribución equilibrada y sustentable de la población y las actividades económicas en el territorio nacional (art. 3º, fracción XIV).

La propia LGAH define el desarrollo urbano como el proceso de planeación y regulación de la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población (art. 3º, fracción VIII).

La misma Ley establece que la Federación y las entidades federativas podrán convenir mecanismos de planeación regional para coordinar acciones e inversiones que propicien el ordenamiento territorial de los asentamientos humanos ubicados en 2 o más entidades, sea que se trate de zonas metropolitanas o sistemas de centros de población, con la participación que corresponda a los municipios (zonas conurbadas). La influencia de las zonas urbanas en el medio ambiente es palpable, como podemos observar asomándonos a la ventana, en esta cuenca endorreica que hemos convertido en inmensa urbe, desecando ríos y lagos, acabando con los bosques en las sierras circundantes, y contaminando el aire que respiramos, entre otros muchos efectos.

La falta de planeación ha motivado el anárquico crecimiento de todos los centros de población del país, con los perniciosos efectos sobre el medio ambiente que todos conocemos.

Regulación de Propiedad en centros de población, vivienda e industria

De acuerdo con el art. 27 de la citada LGAH, el ejercicio del derecho de propiedad, posesión o cualquier otro derivado de la tenencia de bienes inmuebles ubicados en centros de población se sujetará a las provisiones, reservas, usos y destinos que

determinen las autoridades competentes en los planes y programas de desarrollo urbano (uso del suelo y reglamentos de construcción) aplicables, para dar cumplimiento a los fines señalados en el párrafo tercero del art. 27 constitucional.

No obstante, las autoridades de los 3 niveles de gobierno han desatendido las disposiciones para la fundación de centros de población (que requiere decretos expropiatorios para dotar de suelo a dichos centros), la formulación del plan de desarrollo urbano respectivo, la asignación a dicho asentamiento de la categoría político-administrativa correspondiente y las normas de construcción relativas. Además, se ha descuidado gravemente la regulación de las zonas conurbadas.

El art. 28 de la LGAH, en su párrafo segundo, dispone que las tierras agrícolas y forestales, así como las destinadas a la preservación ecológica, deberán utilizarse preferentemente en dichas actividades (debiera decir exclusivamente).

El art. 30 de la LGAH dispone que la fundación de centros de población se hará en tierras susceptibles para el aprovechamiento urbano, evaluando su impacto ambiental y respetando áreas protegidas naturales el patrón de asentamiento rural, y las comunidades indígenas. Lo que ciertamente no ha ocurrido.

El art. 31 ordena que los planes y programas municipales de desarrollo urbano señalarán acciones específicas, establecerán la zonificación para el cuidado del medio ambiente y contendrán, disposiciones para:

La protección ecológica de los centros de población; La proporción entre áreas verdes y edificaciones destinadas a vivienda, servicios urbanos y actividades productivas, la preservación de patrimonio cultural y la imagen urbana, la dotación de servicios, equipamiento e infraestructura urbana y la prevención, control y atención de riesgos y contingencias ambientales y urbanos.

La vivienda es uno de los satisfactores básicos de familias e individuos, un elemento central de los asentamientos humanos y como tal, un factor importante del medio

ambiente construido por el hombre. El sexto párrafo del art. 4° constitucional establece:

“Toda familia tiene derecho a disfrutar de vivienda digna y decorosa”.

La Ley establecerá los instrumentos y apoyos necesarios a fin de alcanzar tal objetivo.

Un año después, en 1984, se publicó la Ley Federal de Vivienda, el 27/06/2006, por la Ley de Vivienda (LV) vigente, que en el art. 6° preceptúa:

Establecer los mecanismos para que la construcción de vivienda respete el entorno ecológico. y la preservación y el uso eficiente de los recursos naturales;

Propiciar que las acciones de vivienda constituyan un factor de sustentabilidad ambiental ordenación territorial y desarrollo urbano;

El art. 68 de la LV señala que la adquisición de suelo o la constitución de reservas territoriales destinada a fines habitacionales debe observar las disposiciones legales en materia de asentamientos humanos, agraria y ambiental aplicables. Esta disposición se aplicará a todo tipo de operaciones inmobiliarias. Lo que en la práctica no cede.

El art. 71 ordena que, con propósito de ofrecer calidad de vida a los ocupantes de las viviendas, se promoverá, en coordinación con las autoridades competentes (federales y locales), que en el desarrollo de las acciones habitacionales en sus distintas modalidades y en la utilización de recursos y servicios asociados, se considere que las viviendas cuenten con los espacios habitables y de higiene suficientes en función al número de usuarios, con servicios de agua potable, desalojo de aguas residuales y energía eléctrica que contribuyan a disminuir los vectores de enfermedad, y garanticen la seguridad estructural y la adecuación al clima con criterios de sustentabilidad, eficiencia energética y prevención de desastres, utilizando preferentemente bienes y servicios normalizados.

Las autoridades de los tres niveles de gobierno, en el ámbito de sus respectivas competencias, verificarán que se dé cumplimiento a lo dispuesto en esta Ley en materia de calidad y sustentabilidad de la vivienda, y a las disposiciones legales y reglamentarias correspondientes.

Por su parte, el art. 72 establece que con base en el modelo normativo que al efecto se formule, las autoridades competentes expidan, apliquen y mantengan en vigor y permanentemente actualizadas disposiciones legales, normas oficiales mexicanas, códigos de procesos de edificación y reglamentos de construcción que contengan los requisitos técnicos que garanticen la seguridad estructural, habitabilidad y sustentabilidad de toda vivienda, y que definan responsabilidades generales, así como por cada etapa del proceso de producción de vivienda.

No obstante, las normas sobre desarrollo urbano y construcción y tecnologías para la vivienda no han sido puestas al día, en orden a afectar menos el medio ambiente, como, por ejemplo, instrumentando políticas de fomento para el uso de materiales de construcción ecológicos, azoteas verdes, uso de energía solar, reutilización de aguas servidas, vertimiento de desechos tratados al drenaje, etc., que podrían contribuir drásticamente a mejorar el medio ambiente urbano (36).

A pesar de que por más de 30 años ha habido una acción habitacional apoyada por el Estado, en México persiste un grave problema de vivienda. Para superarlo se requiere no sólo de mayores recursos y una política habitacional que recupere su contenido social sino, también, programas que tomen en cuenta limitaciones en el proceso de uso (habitar) de la vivienda, que tienen que ver con: las características demográficas de los habitantes, tipología y características físicas de la vivienda, formas de relación social que permite establecer y aspectos político-administrativos. Hay anuncios que ofrecen "viviendas" de 35 m² por precios desorbitantes, y lo peor es que ante la necesidad de vivienda, la gente las compra. En Tijuana, la vivienda de interés social se había visto reducida en los últimos 10 años de 72 a 27 metros cuadrados, y estarnos hablando de viviendas destinadas a familias (36).

La industria moderna influye de manera decisiva en el medio ambiente, casi siempre con efectos perjudiciales. No obstante, esta materia no está regulada de manera integral, aunque la LGEEPA se ocupa de las actividades riesgosas, los materiales y residuos peligrosos, así como de la contaminación del suelo, aire y agua. Otro renglón importante está constituido por las normas sobre localización industrial y la descentralización territorial de las mismas, donde concurren los tres niveles de gobierno, no siempre en forma ordenada. Finalmente, la legislación sobre ciencia y tecnología, incluida su transferencia y la inversión extranjera, que tampoco están muy desarrolladas en nuestra legislación, desde la perspectiva ecológica.

En este análisis es necesario tomar en cuenta el Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación.

En términos generales, los problemas ambientales que crean las actividades industriales tienen que ver con la falta de adecuación de los respectivos procesos productivos al medio natural en que se apoyan, pero también al medio construido dentro del cual tienen lugar.

El estilo de desarrollo que ha seguido América Latina desde la conclusión de la Segunda Guerra Mundial, ha sido impuesto desde fuera, es decir es exógeno y no ha tomado en consideración, en lo general, la necesidad de compatibilizar los procesos económicos con los procesos naturales, ha llevado a la sobreexplotación de ciertos recursos naturales y la subutilización de otros (con base en la teoría de las ventajas comparativas); una utilización intensiva de energía por combustibles fósiles (la industria consume alrededor del 37% de la energía mundial) y una concentración empresarial en formas monopólicas u oligopólicas, que tiende a establecerse en los grandes núcleos urbanos (con las consiguientes consecuencias negativas de los procesos de metropolización), la generación de residuos (más de 2,100 millones de toneladas de residuos sólidos); el impulso de actividades eminentemente tóxicas o de alta peligrosidad; el incremento acelerado de los

procesos de contaminación de aguas, aire y suelos, por descargas de aguas residuales, desechos industriales y partículas tóxicas o peligrosas (338 millones de toneladas, así como 50% del dióxido de carbono y 90% de los óxidos de azufre) (36).

No debemos olvidar la tendencia de los países desarrollados y sus empresas transnacionales, de relocalizar sus industrias más contaminantes en los países periféricos y en este sentido vale la pena recordar el principio No. 14 de la Declaración de Río:

Los Estados deberán cooperar efectivamente para desalentar o evitar la relocalización y transferencia a otros Estados de cualesquiera actividades o sustancias que causen degradación ambiental grave o se consideren nocivas para la salud humana.

El modelo de desarrollo dependiente seguido por nuestro país desde las décadas 30-40 del siglo pasado, ha reproducido puntualmente los problemas ambientales generados por la industria a nivel mundial; primero ayudando a generar la concentración urbana y la megalópolis de la ciudad de México; segundo, presionando fuertemente la energía, sobre todo la eléctrica y la derivada del petróleo, lo que contrasta con los esfuerzos de los países desarrollados por reducir el consumo de energía. Por ejemplo, en el período 1978-1993, en los países de la OCDE la intensidad energética se redujo 20%, mientras en México creció 13%.

Según Brañes, la protección jurídica del ambiente de los efectos de las actividades industriales debe hacerse a partir del artículo 5° constitucional, que establece la llamada "libertad económica, pues dispone que "a ninguna persona podrá impedírsele que se dedique a la profesión, industria, comercio o trabajo que le acomode, siendo lícitos...", pero agrega que "el ejercicio de esa libertad sólo podrá vedarse por determinación judicial, cuando se ataquen derechos de tercero, o por

resolución gubernativa, dictada en términos que marque la ley, cuando se ofendan los derechos de la sociedad," (párrafo primero)."

Hoy ciertamente, esta fundamentación parece raquítica, pues los derechos de la sociedad no son los únicos a proteger, sino también los de todas las especies animales y vegetales que pueblan la biosfera.

A su vez, la LGEEPA no regula de manera sistemática la protección del ambiente de los efectos de las actividades industriales, sino que está normada de manera indirecta e insuficiente por las disposiciones que se refieren a la protección de la naturaleza de los efectos nocivos del ambiente, aunque contiene algunas normas que regulan el tema de la industria y el medio ambiente, como las reglas que tratan del ordenamiento ecológico y de la evaluación del impacto ambiental. En esta materia nos falta también mucho por hacer.

Las cumbres mundiales sobre el desarrollo sustentable.

El parque Yellowstone podría considerarse como el principio del movimiento conservacionista estadounidense cuya marca en el tiempo es el año 1872. Le sigue el Protocolo para la Preservación de la Vida Salvaje en África, emitido en 1900. Sin restarle importancia a otros eventos mundiales en los que se abordaron hechos ambientales que han afectado a la humanidad en ambos sentidos, tanto por el daño que causan como por los beneficios que se pueden obtener de ellos, esta historia se retoma a partir de la segunda mitad de la década de 1960 hasta el presente. A nuestro juicio, las efemérides que abajo se enumeran son la evolución del concepto de desarrollo sustentable, así como también los compromisos que de este concepto se derivaron después de su aceptación en la Cumbre de Río (37).

A continuación, se presenta en orden cronológico las cumbres mundiales con mayor impacto (37).

1965-1970. La ecología, como ciencia emergente, recibió amplia difusión en los medios de comunicación masiva. Asimismo, la divulgación de la ciencia hecha por

biólogos como Paul Ehrlich, Barry Commoner, Garrett Hardin, Rachel Carson y otros ayudaron al público a enterarse de las fuertes interrelaciones entre el crecimiento de la población, el uso de los recursos naturales y la contaminación.

1966-1972. Programa UNESCO El Hombre y la Biosfera.

1968 (septiembre). París, Francia. Conferencia Intergubernamental de Expertos sobre una Base Científica para el uso Racional y Conservación de la Biosfera. Conferencia de la Biosfera. Uno de los frutos más interesantes de la Conferencia de la Biosfera fue la propuesta de organizar un amplio programa ecológico interdisciplinario, aprobado por la Conferencia General de la UNESCO en noviembre de 1970 bajo el título de Hombre y Biósfera, conocido como Programa MAB, llamado así por las siglas en inglés de *Man and Biosphere*.

Este programa, iniciado en 1971, incluye cuatro fases de estudio y 13 proyectos científicos. Las fases de estudio son las siguientes: análisis de los sistemas ecológicos, influencia del hombre sobre el medio ambiente y del medio ambiente sobre el hombre, nivel de integración en el espacio, previsión de las acciones a emprender. Esta conferencia puso de relieve que las tasas aceleradas de desarrollo económico y social estaban estrechamente relacionadas con los problemas del uso racional de los recursos de la biosfera, que la conservación de estos recursos se debería considerar un elemento del desarrollo y no un obstáculo, y que el mejoramiento cuantitativo y cualitativo de la prosperidad y el bienestar de las sociedades estaba entremezclado con la calidad de las relaciones entre el hombre y su medio ambiente. Comienza, pues, a gestarse el concepto de desarrollo sustentable.

1968. La Asamblea General de las Naciones Unidas convocó a la Conferencia Mundial sobre el Medio Ambiente.

1969 (16 de agosto). La Paz, Bolivia. Convenio para el Manejo y Conservación de la Vicuña.

1970 (22 de abril). Tuvo lugar la primera festividad anual llamada Día de la Tierra en Estados Unidos. Cerca de 20 millones de personas en más de 2 000 comunidades salieron a las calles para exigir mejor calidad ambiental. A partir de esta fecha se conmemora cada año el Día de la Tierra.

1970 (2 de diciembre). Washington, D.C. Se creó la EPA (*Environmental Protection Agency*).

1971. Programa MAB de la UNESCO. Su campo de trabajo es el estudio de las relaciones entre la humanidad y el medio ambiente en todas las situaciones bioclimáticas y geográficas que se dan en la biosfera planetaria. Sus objetivos generales son construir una base científica destinada al conocimiento de los sistemas naturales y al análisis del efecto de la acción del ser humano sobre ellos, y capacitar para la gestión de los recursos. El Proyecto 11 se dedicó específicamente a los ecosistemas urbanos. Se realizaron una serie de estudios sobre la ciudad de Hong Kong.

1971 (2 de marzo). Ramsar, Irán. Convención sobre los Humedales de Importancia Internacional o Convención Ramsar. Es el primer tratado intergubernamental que busca conservar los recursos naturales a escala global. Es un tratado intergubernamental que sirve de marco para la acción nacional y la cooperación internacional en pro de la conservación y uso racional de los humedales y sus recursos. En la actualidad hay 154 partes contratantes en la Convención y 1 641 humedales, con una superficie total de 146 millones de hectáreas, designados para ser incluidos en la Lista de Humedales de Importancia Internacional de Ramsar.

1971 (20 de marzo). Los Estados miembros de la FAO, a instancias de este organismo, aceptaron la celebración del Día Forestal Mundial el 21 de marzo de cada año.

1972 (del 5 al 16 junio). Estocolmo (Suecia). Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano. Conocida como Conferencia de Estocolmo.

Adoptó la Declaración sobre el Medio Ambiente Humano. Se creó el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Con sede en Gigiri, Kenia. Resolución 2997-XXVII. Se instauró el 5 de junio como Día Mundial del Medio Ambiente a fin de tener cada año una jornada de reflexión en todo el mundo.

A partir de este hito se multiplicaron los organismos públicos para el medio ambiente, pero también creció el movimiento de organizaciones ambientalistas no gubernamentales. Una de las primeras coaliciones amplias de ONG nació poco tiempo después de la Conferencia de Estocolmo: el *Environment Liaison Center International* (ELCI) que ligó a organizaciones de base del Norte y del Sur. Desde Estocolmo, la vertiente gubernamental y la no gubernamental iniciaron un camino cargado de enfrentamientos, desencuentros y ocasionales confluencias que todavía no encuentran un punto de equilibrio.

El informe Crecimiento Cero o Los límites al crecimiento, que nació de un estudio realizado por el Club de Roma, dirigido por D. Meadows, mostraba un panorama pesimista, plagado de predicciones catastróficas para la humanidad, fue presentado como un aporte a la Conferencia de Estocolmo. Contribuyó a la antinomia entre la preocupación ambiental y las necesidades del desarrollo. El informe de la Fundación Bariloche de Argentina, respecto del modelo latinoamericano, se publicó poco después de la Conferencia de Estocolmo. A partir de la situación ambiental de aquel momento proponía una serie de soluciones para que se pudieran lograr las condiciones de vida básicas y un ambiente más adecuado.

1972 (23 de noviembre). París, Francia. Se efectuó la Convención Internacional de la UNESCO para la Protección del Patrimonio Cultural y Natural del Mundo.

1972 (29 de diciembre). Londres, Inglaterra. Se realizó la Convención sobre la Prevención de la Contaminación Marina por vertientes de desechos y otros elementos.

1973 (3 de marzo). Washington, D.C. Se llevó a cabo la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora silvestres; se le conoce como Convención CITES. En esta convención se creó un mecanismo de acción internacional que indirectamente está destinado a proteger a las especies en vías de extinción. El objetivo fue crear un sistema de cooperación mundial que permitiera controlar el tráfico de especies silvestres y sus productos. Ahora forman parte de ella 115 países

1973 (13 de junio). Londres, Inglaterra. Se firmó el Convenio relativo a la Responsabilidad Civil en la Esfera de Transporte Marítimo de Materiales Nucleares.

1976 (mayo-junio). Vancouver, Canadá. Se llevó a cabo la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Asentamientos Humanos. Hábitat. Esta conferencia promovió un amplio movimiento acerca de los temas urbanos. Los modelos de Hong Kong, Frankfurt y Roma son clásicos de ese periodo.

1976 (del 26 al 30 de octubre). Nairobi, Kenia. Se emitió la Recomendación relativa a la salvaguardia de los conjuntos históricos y su función en la vida contemporánea. Naciones Unidas.

1976 (del 2 al 6 de noviembre). Berna, Suiza. Primera reunión de la Conferencia de las Partes, CITES.

1977 (3 de diciembre). Se firmó el Acuerdo de Berna sobre reglamentación común de la flora y fauna, en la que se especifica una diferenciación entre fauna terrestre y acuática y flora, con la finalidad de que las medidas protectoras se ajusten a las necesidades existentes para cada hábitat.

1977. Nairobi, Kenia. La desertificación es la degradación de las tierras secas causadas por la variabilidad climática y las actividades humanas. En la Conferencia de las Naciones Unidas se define cómo la disminución o destrucción del potencial biológico de la Tierra puede desembocar en definitiva en condiciones de tipo desértico.

1978. Guanajuato, México. Carta del turismo cultural ICOMOS de noviembre de 1976. Simposio interamericano de conservación del patrimonio artístico. Instituto Nacional de Bellas Artes. Querétaro-Guanajuato, México. Las cartas del ICOMOS advierten sobre el riesgo de subordinar el tratamiento del recurso turístico a los intereses del mercado, siempre preocupados por la rentabilidad del corto plazo y poco adecuados para implementar criterios sustentables.

1979 (del 19 al 30 de marzo). San José, Costa Rica. Segunda reunión de la Conferencia de las Partes, CITES.

1979. Ginebra, Suiza. Se llevó a cabo la Primera Conferencia Mundial del Clima auspiciado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Por primera vez se consideró, en el plano internacional, el cambio climático como una amenaza real a escala planetaria. Esta conferencia adoptó una declaración que exhortaba a los gobiernos a prever y evitar los posibles cambios en el clima causados por el hombre. Al año siguiente se estableció el Programa Mundial sobre el Clima (PMC).

1979 (23 de junio). Bonn, Alemania. Se adoptó la Convención sobre la Conservación de las Especies Migratorias de Animales Silvestres (CMS), la cual tiene por finalidad conservar las especies migratorias terrestres, marinas y aviares en toda su gama. Es, en esencia, un tratado intergubernamental concertado bajo la órbita del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) relativo a la conservación de la vida silvestre y su hábitat a escala mundial. Rige desde el 1 de noviembre de 1983 y ofrece una plataforma mundial para la cooperación en materia de conservación y uso racional de los recursos de los animales migratorios.

1979 (19 de septiembre). Se llevó a cabo la Convención de Berna relacionada con la conservación de la vida silvestre y de los ambientes naturales de Europa.

1980. Se dio a conocer el Programa Mundial del Clima que fue creado por el VII Congreso de la OMM. A su vez, este programa generó el Panel Intergubernamental de Expertos para el Cambio Climático (PICC).

1981 (del 25 de febrero al 8 de marzo). Nueva Delhi, India. Se llevó a cabo la Tercera Reunión Conferencia de las Partes, CITES.

1981 (noviembre). Montevideo, Uruguay. Se dio conocer el Programa de Montevideo. Adoptado en la reunión de expertos impulsada por el Consejo de Administración del PNUMA. El PNUMA promovió fuertemente la codificación del derecho ambiental internacional. Se establecieron once áreas de interés a nivel regular internacional. En octubre de 1991 se inició en Río de Janeiro una reevaluación del programa y ese trabajo, con nuevas recomendaciones, se concluyó en Nairobi, en septiembre de 1992.

1982 (28 de octubre). Se publicó la Carta mundial de la naturaleza, aprobada por la resolución 7/37 de la Asamblea General de las Naciones Unidas. Es el primer programa de la ONU sobre el ambiente.

1982. Después de una serie de reuniones diplomáticas y científicas, en 1980 se estableció la Convención sobre la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos (*Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources*, CCAMLR), que fue suscrita por 15 naciones y entró en vigor en 1982. Actualmente hay 33 Estados parte contratantes de la Convención, la cual tiene como objetivo la conservación de los recursos vivos marinos antárticos, salvaguardar el medio ambiente y proteger la integridad del ecosistema de sus aguas.

1983 (del 19 al 30 de abril). Gaborone, Botswana. Se realizó la Cuarta Reunión Conferencia de las Partes, CITES.

1983 (abril). Se dio a conocer la Propuesta Nórdica presentada por Suecia, Noruega y Finlandia ante el Comité de Expertos del PNUMA. Planteó incluir en el futuro un convenio marco sobre protección del ozono, limitaciones concretas a la producción y utilización de CFC. Esta propuesta fue el origen del Protocolo de Montreal.

1983 (18 de noviembre). Ginebra, Suiza. Se firmó el Acuerdo sobre Maderas Tropicales, ITTA.

1984. Se realizó la Convención sobre Patrimonio de la Humanidad. Se incluyeron las cataratas del Iguazú en el listado de la UNESCO.

1984. La Asamblea General de las Naciones Unidas constituyó la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo como un organismo independiente encargado de: a) reexaminar las cuestiones críticas relacionadas con el medio ambiente y el desarrollo y proponer acciones innovadoras, concretas y realistas para afrontarlas; b) reforzar la cooperación internacional sobre el medio ambiente y el desarrollo, y evaluar y proponer nuevas formas de cooperación que puedan romper con las modalidades existentes e influir así en las políticas y acontecimientos en la dirección del cambio necesario; c) incrementar el nivel de comprensión y compromiso respecto de la acción por parte de los individuos, las organizaciones voluntarias, el mundo de los negocios, las instituciones y los gobiernos.

1985 (22 de marzo). Viena, Austria. Se llevó a cabo la Convención sobre la Protección de la capa de Ozono. El resultado de esta convención fue la firma del Convenio de Viena.

1985 (22 de abril al 3 de mayo). Buenos Aires, Argentina. Se efectuó la Quinta reunión Conferencia de las Partes, CITES.

1987 (del 12 al 24 de julio). Ottawa, Canadá. Se realizó la Sexta Reunión Conferencia de las Partes, CITES.

1987 (16 de septiembre). Montreal, Canadá. Se dio a conocer el Protocolo de Montreal sobre las sustancias que deterioran la capa de ozono. Este protocolo, concertado por el PNUMA, fue el primer acuerdo internacional que procuró limitar la emisión de contaminantes atmosféricos a partir del 1 de agosto de 1985 (cinco especies de CFC y tres de halógenos).

1987. Se creó el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (*Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC*), organismo integrado por científicos y diplomáticos por decisión concurrente de la Organización

Meteorológica Mundial (OMM) y el PNUMA. Hasta la fecha, el IPCC ha presentado cuatro informes, donde científicos destacados provenientes de diversas regiones del mundo han concluido que el fenómeno del calentamiento global, atribuido a la intensificación del efecto invernadero, no sólo es real, sino que interferencias de naturaleza antropogénica contribuyen a empeorarlo.

1987 (octubre). Budapest, Hungría. Un grupo de expertos técnicos y legales preparó una convención global en el control de movimientos transfronterizos de desechos peligrosos, basado en las directrices de El Cairo y el trabajo de la Comunidad Europea, la cual desde 1975 contaba con un vasto número de directrices, decisiones y recomendaciones.

1987. La Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo, Comisión Brundtland (creada en 1983), presidida por la entonces primera ministra de Noruega Gro Harlem Brundtland, presentó su informe Nuestro futuro común a la 42a. Asamblea General de las Naciones Unidas. Este informe procuró diluir la confrontación entre ambiente y desarrollo con la postulación del concepto de desarrollo sustentable.

1987 (primavera). Se realizó el experimento aéreo antártico del ozono en el que se comprobó la evolución del agujero de la capa de ozono antártico debido al efecto de los CFC, halógenos y NOx, las temperaturas extremadamente bajas de la alta troposfera y la singular circulación regional que determina el vórtice antártico, favorecida en su formación por el relieve de ese continente.

1988 (del 27 al 30 de junio). Toronto, Canadá. Se llevó a cabo la Conferencia de Toronto, la Atmósfera Cambiante. Esta conferencia fue un llamado de atención a la comunidad internacional sobre el problema de la capa de ozono. En sus conclusiones destaca la necesidad de encarar soluciones urgentes ante el problema de las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera.

1988. Se creó el Panel Intergubernamental en Cambio Climático (IPCC) con la finalidad de evaluar los aspectos científicos y socioeconómicos para la comprensión

del riesgo de cambio climático inducido por los seres humanos y de las opciones de mitigación y adaptación.

1989 (del 20 al 22 de febrero). Ottawa, Canadá. Se efectuó la Reunión de Expertos sobre Protección de la Atmósfera. El resultado fue la Declaración de Principios sobre la Protección de la Atmósfera.

1989 (7 de marzo). Londres, Inglaterra. Se llevó a cabo la Conferencia Salvando la Capa de Ozono. Según los diarios editados el 8 de marzo de 1989, a esta conferencia asistieron representantes de más de 120 países y finalizó sin que se tomara ningún acuerdo trascendente sobre el problema planteado por el uso de los clorofluorocarbonos (CFC) y balones, los cuales destruyen la capa de ozono.

1989 (22 de marzo). Basilea, Suiza. La Convención de Basilea fue adoptada en 1989 y entró en vigor el 5 de mayo de 1992. Se creó para tratar los inconvenientes del manejo, la eliminación y los movimientos transfronterizos de un total estimado en 400 millones de toneladas de desechos peligrosos producidos mundialmente cada año. Los principios guía del convenio determinan que los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos deben ser reducidos al mínimo; que los desechos peligrosos deben ser manejados de un modo compatible con el medio ambiente; que tales residuos deben ser tratados y eliminados lo más cerca posible de la fuente que los produjo y que se les debe minimizar en su lugar de origen. Actualmente, esta convención cuenta con 162 partes.

1989 (del 9 al 20 de octubre). Lausanne, Suiza. Se realizó la Séptima Reunión Conferencia de las Partes, CITES.

1989. Se llevó a cabo la Convención Internacional sobre los Derechos del Niño. La Asamblea General de las Naciones Unidas aprueba las declaraciones, derechos y garantías de los niños el 20 de noviembre de 1989. Entró en vigor el 2 de septiembre de 1990, de conformidad con su artículo 49.

1989. Se emitió la Resolución ONU 44/228 para convocar a la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el desarrollo para realizarse en Río de Janeiro, Brasil.

1990 (del 27 al 29 de junio). Londres, Inglaterra. Se realizó la Segunda Reunión de Partes del Protocolo de Montreal. Se propuso la total eliminación de los CFC y halógenos para el año 2000 y el control del tetracloruro de carbono, el cual se usaba en solventes para productos farmacéuticos, plaguicidas y algunas pinturas; asimismo el metilcloroformo, que se emplea en la industria electrónica.

1990 (noviembre). Ginebra, Suiza. Se llevó a cabo la Segunda Conferencia Mundial sobre el Clima. En esta conferencia se reafirmó la existencia de "amenazas de daños serios o irreversibles, y que la falta de completa certidumbre científica no debe ser razón para posponer medidas para prevenir tal degradación medioambiental".

1991. Se creó la fase piloto del GEF (*Global Environment Facility*), primer mecanismo financiero multilateral para el patrocinio de actividades ambientales (Banco Mundial-PNUMA-PNUD).

1991 (del 2 al 14 de junio). París, Francia. Se realizó la Primera Cumbre Mundial de ONG, Raíces del Futuro, a la que asistieron 900 ONG de todo el mundo. Fue la conferencia no gubernamental más importante en el camino hacia Río de Janeiro. Elaboró el documento Ya Wananchi.

1991 (del 19 al 21 de junio). Nairobi, Kenia. Se efectuó la Tercera Reunión de las Partes del Protocolo de Montreal.

1991 (4 de octubre). Madrid, España. Se dio a conocer el Protocolo del Tratado Antártico sobre Protección al Medio Ambiente (también se le conoce como Protocolo de Madrid). El artículo 4, punto 1, dice: "Este protocolo complementará el Tratado Antártico y no lo modificará ni lo enmendará." En el artículo 2 (Objetivo y designación) dice: "Las partes se comprometen a la protección global del medio

ambiente y los ecosistemas dependientes y asociados y, mediante el presente protocolo, designan a la Antártida como reserva natural, consagrada a la paz y a la ciencia."

1992 (del 2 al 13 de marzo). Kioto, Japón. Se efectuó la Octava Reunión Conferencia de las Partes, CITES.

1992 (mayo). El Convenio de Basilea fue adoptado por 116 países signatarios con sus seis anexos el 22 de marzo de 1989 y entró en vigor el 5 de mayo de 1992. México depositó su instrumento de ratificación el 22 de febrero de 1991. En Piriápolis, Uruguay, se celebró la Primera Conferencia de las Partes Contratantes del citado convenio.

1992 (del 2 al 14 de junio). Río de Janeiro, Brasil. Se llevó a cabo la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (UNCED), Cumbre de la Tierra o ECO 92. El ambiente no se interpretaba como algo separado del desarrollo. En Río de Janeiro se reunieron los gobiernos y las organizaciones no gubernamentales de todo el mundo. Desde Riocentro, donde deliberaron 118 jefes de Estado y desde el Foro Global 92, donde hicieron lo propio las ONG, grupos de base y movimientos sociales, cuyas discusiones afianzaron nuevas prioridades, controversias y mecanismos.

Desde Río surgieron:

La Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y Desarrollo, o Carta de la Tierra, contiene 27 principios con los derechos y responsabilidades de las naciones.

La Agenda 21 o programa de acción para el desarrollo sostenible.

Convenio Marco sobre el Cambio Climático.

Convención sobre Biodiversidad.

Criterios para la protección de los bosques.

Fondo Mundial para el Ambiente: Global Environment Facility (GEF), para el financiamiento de actividades ambientales (Banco Mundial-PNUMA-PNUD).

Comisión de Naciones Unidas para el Desarrollo Sustentable (CDS).

1992 (5 de junio). Río de Janeiro, Brasil. Se firmó el Convenio sobre Diversidad Biológica. La conferencia para la aprobación del texto acordado del Convenio sobre Diversidad Biológica se celebró el 22 de mayo de 1992 en la sede del PNUMA, en Nairobi, Kenia. El Convenio entró en vigor el 29 de diciembre de 1993, con 43 países ratificatorios. En la actualidad, alrededor de 177 naciones han ratificado este acuerdo. Los objetivos de este documento son: la conservación de la biodiversidad, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos.

1992. Río de Janeiro, Brasil. Se firmó, por 55 naciones, el Convenio Marco sobre el Cambio Climático, el cual tiene carácter instrumental y crea los mecanismos para que las naciones firmantes establezcan las emisiones de dióxido de carbono y otros gases causantes del efecto invernadero que produce el peligroso calentamiento global del planeta.

1992 (del 23 al 25 de noviembre). Copenhague, Dinamarca. Se efectuó la Tercera Reunión de las Partes del Protocolo de Montreal. En esta reunión se acordó extender el control hacia otros productos que afectan la capa de ozono y se redujeron los plazos para el cumplimiento de las cuotas de reducción.

1992. La Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas, en su resolución 47/196 del 22 de diciembre, declaró al 17 de octubre como Día Internacional para la Erradicación de la Pobreza. La observancia de este día tiene por objeto sensibilizar a la opinión pública sobre la necesidad de erradicar la pobreza y la indigencia en todo el mundo, sobre todo en los países en desarrollo, exigencia que se ha convertido en una prioridad del desarrollo.

1994 (17 de junio). París, Francia. Se llevó a cabo la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación en los países afectados por las sequías graves o la desertificación, en particular África. México fue el primer país en firmarla y ratificarla ese mismo año y preparó el primer Plan de Acción de Combate a la Desertificación (PACD-México, 1994) en el mundo.

1994 (del 28 de noviembre al 9 de diciembre). Nassau, Bahamas. Se realizó la Primera Conferencia de las Partes del Convenio sobre Diversidad Biológica. (COP1).

1994 (diciembre). Miami, Estados Unidos. Se realiza el Primer Proceso Cumbre de las Américas. En esta Cumbre se hicieron esfuerzos para unir las economías del hemisferio occidental en un solo acuerdo de libre comercio. Los jefes de Estado y de Gobierno de los 34 países de la región acordaron el establecimiento del Área de Libre Comercio de las Américas, o ALCA. Las decisiones se encuentran en la Declaración de Principios y Plan de Acción de la Cumbre de Miami.

1995 (del 6 al 12 de marzo). Copenhague, Dinamarca. Cumbre mundial sobre Desarrollo social, también llamada Cumbre de Copenhague. Contó con la participación de 117 jefes de Estado y de Gobierno, junto con ministros de otros 69 países. Los gobiernos alcanzaron un nuevo consenso sobre la necesidad de asignar a las personas el papel principal dentro del desarrollo social. Allí expresaron la voluntad de considerar la erradicación de la pobreza, el objetivo del pleno empleo y el fomento de la integración social como las metas más importantes del desarrollo.

1995. (del 6 al 17 de noviembre). Yakarta, Indonesia. Segunda Conferencia de las Partes del Convenio sobre Diversidad Biológica. (COP2).

1995. Ginebra, Suiza. Se firmó la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación. La Secretaría Provisional para la Convención de Lucha contra la Desertificación publicó el documento revisado por PNUMA-IUC.

1995 (del 5 al 7 de diciembre). Viena, Austria. Se celebró la Séptima Reunión de las Partes del Protocolo de Montreal.

1996 (del 24 al 26 de enero). Buenos Aires, Argentina. Se celebró la Primera Conferencia Regional para América Latina y el Caribe sobre la Convención Internacional de Lucha contra la Desertificación. En ocasión de esta primera conferencia, los representantes del PNUD ante los países miembros de PNUD-UNSO —Argentina, Bolivia y Paraguay— propusieron diseñar un programa de acción subregional para Bolivia, Paraguay y Argentina en la Región del Gran Chaco.

1996 (del 17 al 19 de junio). Ciudad de México, México. Se llevó a cabo la II Conferencia Regional Latinoamericana y del Caribe sobre la Convención de Lucha contra la Desertificación. Los países interesados, con la colaboración de PNUD-UNSO, acordaron institucionalizar las acciones tendentes a concretar el Programa Subregional para el Desarrollo Sustentable del Gran Chaco, en el marco de la Convención de Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación y la Sequía.

1996 (del 4 al 15 de noviembre). Buenos Aires, Argentina. Tercera Conferencia de las Partes del Convenio sobre Diversidad Biológica. (COP3).

1996 (7 y 8 de diciembre). Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. Se lleva a cabo la Cumbre de las Américas sobre Desarrollo Sostenible. Los jefes de Estado y de Gobierno que asistieron reafirman su determinación de avanzar hacia el desarrollo sostenible y poner en práctica las decisiones y compromisos establecidos en la Declaración de Río y en la Agenda 21, adoptados en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo celebrada en Río de Janeiro en 1992.

1997 (del 10 al 12 marzo). La Habana, Cuba. Se llevó a cabo la III Conferencia Regional de América Latina y el Caribe sobre la Convención de Lucha Contra la Desertificación con la participación de 49 delegados de 24 países. Concurrieron como observadores 25 representantes de tres países, 15 organizaciones, agencias internacionales y organizaciones no gubernamentales.

1997 (del 23 al 27 de junio). Nueva York, Estados Unidos. Se llevó a cabo la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible conocida como RIO+5. Esta cumbre tuvo lugar en un periodo extraordinario de sesiones de la Asamblea General de las Naciones Unidas. Tenía como principal objetivo analizar la ejecución del Programa 21, aprobado en la Cumbre de 1992. Es considerada como un fracaso por la ausencia de los principales países en desarrollo.

1997 (del 2 al 11 de diciembre). Kioto, Japón. Se realizó la Tercera Conferencia de las Partes de Cambio Climático. Se elaboró y suscribió el Protocolo de Kioto. Allí, 39 países desarrollados y con economías en transición se comprometieron a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero entre 2008 y 2012 en 5% al menos con respecto a los niveles de 1990. Con este documento se busca reducir seis gases de efecto invernadero: dióxido de carbono, óxido nitroso, metano, hidrofluorocarbonos, perfluorocarbono y hexafluoruro de azufre.

1998 (del 18 al 19 de abril). Santiago, Chile. Se llevó a cabo la Segunda Cumbre de las Américas.

1998 (del 4 al 15 de mayo). Bratislava, Eslovaquia. Se realizó la Cuarta Conferencia de las Partes del Convenio sobre Diversidad Biológica. Lo más preocupante es que el convenio, resultado de la conferencia, terminó por diluir su capacidad de poner en práctica los objetivos para la conservación y utilización sostenible de los recursos, debido a la gran presión que ejerce la liberalización de los mercados mundiales sobre la comercialización de los recursos biológicos.

1998 (10 de septiembre). Se dio a conocer el Convenio de Róterdam sobre el procedimiento de consentimiento previo, fundamentado, aplicable a ciertos plaguicidas y productos químicos peligrosos objeto de comercio internacional. El objetivo del convenio es promover la responsabilidad compartida y los esfuerzos conjuntos de las partes en la esfera del comercio internacional de ciertos productos químicos peligrosos, a fin de proteger la salud humana y el medio ambiente frente

a posibles daños, contribuir a su utilización ambientalmente racional y facilitar el intercambio de información sobre sus características; asimismo, establecer un proceso nacional de adopción de decisiones sobre su importación y exportación y difundir esas decisiones a las partes.

1998 (noviembre). El PNUMA y la OMM crean el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) para evaluar el estado de conocimiento existente sobre el sistema climático, los impactos sobre ambiente, economía y sociedad, y las posibles estrategias de respuesta.

1999 (22 de enero). Quito, Ecuador. Se emitió la Declaración Latinoamericana sobre Organismos Transgénicos. Se firmó por organizaciones campesinas, indígenas, ambientalistas y otras de la sociedad civil latinoamericana. Los organismos signatarios expresan un rechazo firme sobre la invasión de organismos transgénicos en América Latina.

1999 (del 14 al 19 de febrero). Cartagena de Indias, Colombia. Se llevó a cabo la Conferencia sobre Bioseguridad en la que participaron más de 500 delegados de 170 países. El texto consta de 46 artículos y dos anexos. Una de las preocupaciones centrales de esta conferencia fue la producción de organismos vivos modificados (organismos transgénicos). Se propone crear un centro de intercambio de información sobre seguridad de la biotecnología, con el objetivo de facilitar el intercambio de información científica, técnica, medioambiental y jurídica sobre los organismos vivos modificados.

2000 (9 de febrero). Se publica el Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología. Se abre a la firma de los Estados tanto en la oficina de la ONU en Nairobi, Kenia, como en su sede en Nueva York.

2000 (del 15 al 26 de mayo). Nairobi, Kenia. Se realizó la Quinta Conferencia de las Partes del Convenio sobre Diversidad Biológica. Se invitó a esta conferencia de partes a considerar más a fondo, en el contexto de intercambiar experiencias, los

conocimientos y prácticas óptimas existentes sobre desarrollo del turismo sostenible y la diversidad biológica, con miras a dictar directrices internacionales para actividades relacionadas con el desarrollo del turismo sostenible en ecosistemas vulnerables terrestres, marinos y costeros, y en hábitats de gran importancia para la diversidad biológica, así como en las zonas protegidas, incluidos los frágiles ecosistemas de montañas.

2001 (del 20 al 22 de abril). Quebec, Canadá. Se realizó la Tercera Cumbre de las Américas.

2001 (del 23 al 24 de octubre). Río de Janeiro, Brasil. Se aprueba el Proyecto de Plataforma de Acción de Río de Janeiro hacia la Cumbre de Johannesburgo 2002. Esta plataforma fue elaborada por la Conferencia Regional de América Latina y el Caribe, y se entiende como una actividad preparatoria de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sustentable. En esta tarea se reafirman los principios y objetivos de la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, el Programa 21, la declaración autorizada, sin fuerza jurídica obligatoria, de principios para un consenso mundial respecto de la ordenación, la conservación y el desarrollo sostenible de los bosques. Asimismo, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y el Protocolo de Kioto, el Convenio sobre la Diversidad Biológica, el Protocolo de Cartagena sobre la seguridad de la biotecnología, la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación en los países afectados por sequía grave o desertificación —en particular en África—, el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes y el Convenio para la Aplicación del Procedimiento de Consentimiento fundamentado previo a ciertos plaguicidas y productos químicos peligrosos objeto de comercio internacional.

2002 (del 26 de agosto al 4 de septiembre). Johannesburgo, Sudáfrica. Se llevó a cabo la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible, también conocida como RIO+10, la cual sirvió como repaso de los 10 años desde la implementación de la

Agenda 21. También fue la oportunidad para adoptar nuevas metas y medidas para lograr renovar un compromiso global de desarrollo sustentable.

2003 (del 16 al 23 de marzo). Kioto, Japón. Se celebró el Tercer Foro Mundial del Agua. En este foro se promovió el cumplimiento del doble objetivo de reducir a la mitad el número de personas que no tienen acceso al agua potable hasta el 2015. En la Cumbre del Milenio y en la Cumbre Mundial de Johannesburgo, la Unión Europea (UE) se comprometió a ayudar para su cumplimiento mediante un conjunto de actividades bajo el amparo de la iniciativa sobre el agua de la UE, la cual se lanzó en septiembre de 2002.

2003 (del 28 de abril al 9 de mayo). Nueva York, Estados Unidos. Seguimiento a Johannesburgo: la 1ª Sesión de la Comisión de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas. Gobiernos, organizaciones no gubernamentales, agencias de la ONU, grupos principales, líderes políticos y del sector privado, y ministros del ambiente, hídrico, agrícola y energético se reunieron para discutir las metas que han sido alcanzadas en el ámbito del desarrollo sostenible desde la Cumbre de Johannesburgo, donde uno de los propósitos fue plantear estrategias para el futuro.

2003 (del 10 al 12 de diciembre). Ginebra, Suiza. Se celebró la Cumbre Mundial sobre la Sociedad de la Información. Se dieron cita más de 11 000 delegados que representaban 176 países. La cumbre constituyó el primer esfuerzo en el mundo realizado por diversos interlocutores con miras a forjar una visión en común para la creación de una sociedad de la información que redunde en beneficios para todos los pueblos y en su potenciación.

2004 (del 5 al 8 de diciembre). Valencia, España. Se realizó el Foro Mundial de Reforma Agraria (FMRA). Asistieron representantes de 70 países. Los objetivos principales del FMRA fueron: ayudar a situar la cuestión de la tierra en la agenda prioritaria de los movimientos sociales mundiales; contribuir a elaborar un nuevo paradigma para la reforma agraria del siglo XXI y reforzar los procesos sociales y

de alianzas de sectores diversos que buscan hacer posibles nuevas políticas de acceso a la tierra y de gestión de los recursos naturales. Se emitió una declaración final titulada La Reforma Agraria y los Recursos Naturales: una Exigencia de los Pueblos.

2004 (del 6 al 17 de diciembre). Buenos Aires, Argentina. Se llevó cabo la Cumbre sobre Cambio Climático. El objetivo del encuentro fue evaluar lo alcanzado hasta el momento por la convención y los desafíos futuros teniendo en cuenta la reciente puesta en marcha del Protocolo de Kioto. Para muchos países y grupos de la sociedad civil era importante lograr la consolidación de mecanismos de financiamiento para enfrentar los efectos devastadores que el cambio climático produce en los países más pobres.

2005 (17 de febrero). Kioto, Japón. Se emitió el Protocolo de Kioto. Se entiende como un documento que representa, para bien de todos, el mayor pacto ecológico de la historia. El protocolo, firmado por más de 140 naciones, limita la emisión de gases causantes del efecto invernadero por parte de los países que más contaminan. Estados Unidos es el país que se rehúsa a firmar el acuerdo, mientras que sí ha sido ratificado por Rusia.

2005 (septiembre). Nueva York, Estados Unidos. En la sede de la ONU se realizó la Cumbre del Milenio +5 con el objetivo de evaluar el progreso de las metas de la Declaración del Milenio de la ONU, la cual fue aprobada por 150 jefes de Estado en la Cumbre del Milenio realizada en septiembre del año 2000. Los gobernantes acordaron también los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) que se proponen reducir en el año 2015 la cantidad de personas que viven en extrema pobreza y hambre. Como parte del proceso preparatorio de esta actividad, la Asamblea General realizó audiencias con la sociedad civil, las ONG y el sector privado el 24 y 25 de junio de 2005.

2005 (del 8 al 15 de noviembre). Kampala, Uganda. Se llevó a cabo la 9a. Reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes de la Convención sobre los Humedales. El lema fue: "Los humedales y el agua: ¡mantienen la vida, nos dan el sustento!"

2006 (del 7 al 10 de marzo). Porto Alegre, Brasil. Se llevó a cabo la Conferencia Internacional sobre Reforma Agraria y Desarrollo Rural — Nuevos Desafíos y Opciones para Revitalizar las Comunidades Rurales.

ONG-OSC para la Soberanía Alimentaria (CIP), convocó al foro "Tierra, territorio y dignidad", el cual fue un espacio independiente y auto organizado con el propósito de debatir y articular procesos y propuestas que contribuyeran a fortalecer la acción de los movimientos sociales.

2006 (del 16 al 22 de marzo). Ciudad de México, México. Se realizó el IV Foro Mundial del Agua (FMA) — "Acciones locales para un reto global". El evento fue organizado por el Consejo Mundial del Agua y tuvo como objetivo, dijeron sus organizadores, "asegurar un mejor nivel de vida para la humanidad en todo el mundo y un comportamiento social más responsable hacia los usos del agua, en congruencia con la meta de alcanzar un desarrollo sostenible". Decenas de organizaciones y movimientos sociales que trabajan en defensa del agua denunciaron que el FMA articula los intereses de las empresas transnacionales y de la banca multilateral, y defiende la privatización del recurso, por lo que convocaron a un encuentro alternativo: "Jornadas en defensa del agua", actividades coordinadas por la Coalición de Organizaciones Mexicanas por el Derecho al Agua (COMDA), en las que participaron múltiples organizaciones sociales y civiles que trabajan sobre el tema en el plano internacional.

2006 (del 20 al 31 de marzo). Curitiba, Brasil. Se llevó a cabo la 8a. Conferencia de las Partes de la Convención sobre Diversidad Biológica (COP-8). El encuentro fue precedido por la 3a. Reunión del Protocolo de Bioseguridad de Cartagena (COP-

MOP 3), que se desarrolló en la misma ciudad del 13 al 17 de marzo. El Convenio sobre la Diversidad Biológica, aprobado en 1992 en la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro, Brasil, es el principal instrumento para detener la pérdida de diversidad biológica y asegurar el acceso equitativo y sustentable a los recursos y beneficios de esa riqueza. Esas metas están lejos de cumplirse cuando ya se venció el plazo acordado por la comunidad internacional para lograr resultados en la materia, el año 2010.

2006 (del 19 al 23 de junio). Vancouver, Canadá. Se llevó a cabo la Tercera Sesión del Foro Urbano Mundial. Vancouver fue la sede de la histórica primera Conferencia de las Naciones Unidas sobre Asentamientos Urbanos (Hábitat I) en 1976. El principal tema de esta sesión es "Nuestro futuro: ciudades sostenibles — Convirtiendo ideas en acciones".

2006 (28 y 29 de septiembre). Punta del Este, Uruguay. Se celebró el Encuentro Iberoamericano sobre Objetivos del Milenio de Naciones Unidas y las TIC. El principal objetivo de este encuentro fue determinar cómo el sector de las telecomunicaciones puede ser un motor de inclusión social para reducir la pobreza y las desigualdades de una región como Latinoamérica. Las principales tareas de este encuentro fueron elaborar una selección de indicadores sobre el grado de desarrollo y aportación de las TIC a los Objetivos del Milenio en América Latina e identificar un conjunto de políticas y programas para ser desarrollados mediante alianzas entre los sectores público y privado que contribuyan al desarrollo de la sociedad de la información en función de los indicadores propuestos.

2006 (del 6 al 17 de noviembre). Nairobi, Kenia. Se realizó la Segunda Conferencia de las Partes que actúa como Reunión de las Partes del Protocolo de Kioto (COP-MOP 2) en conjunción con la 12a. Sesión de la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (COP 12). El encuentro buscó avanzar en la agenda y puesta en práctica del Protocolo de Kioto,

así como buscar otros mecanismos para la reducción de emisiones después de 2012.

2007 (del 20 al 25 de enero). Nairobi, Kenia. Se llevó a cabo el VII Foro Social Mundial, que convocó a activistas, movimientos sociales, redes, coaliciones y otras fuerzas progresistas para asistir a África y continuar el proceso de construcción de alternativas a las políticas neoliberales a partir del año 2001. Las actividades del foro fueron organizadas con base en nueve objetivos generales que resultaron de la consulta previa sobre acciones, campañas y luchas.

2007 (del 23 al 27 de febrero). Sélingué, Mali. Se realizó el Foro Mundial de Soberanía Alimentaria en el que participaron más de 500 delegados de 98 países con el objetivo de "reafirmar el derecho a la soberanía alimentaria y precisar sus implicaciones económicas, sociales, medioambientales y políticas". El foro estuvo organizado por una alianza de movimientos sociales internacionales, como La Vía Campesina, ROPPA (Red de Organizaciones de Productores Ganaderos y Agrícolas de África Occidental), la Marcha Mundial de Mujeres, el Foro Mundial de Pescadores y Trabajadores de la Pesca, el Foro Mundial de Pueblos de la Pesca.

Para el caso de México tenemos el Programa Nacional de Vivienda 2014-2018, recoge los objetivos de la Política Nacional de Vivienda presentada por el presidente de la República el 11 de febrero de 2013, la cual presenta un nuevo modelo enfocado a promover el desarrollo ordenado y sustentable del sector; a mejorar y regularizar la vivienda urbana; así como a construir y mejorar la vivienda rural.

Vivienda sustentable.

Resulta innegable el impacto ambiental que se genera en las viviendas de manera cotidiana. Se estima que este sector es responsable del 32 por ciento de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en México, "lo que representa el

16.2 por ciento del consumo total de energía y el 26 por ciento del consumo total de electricidad".

Lo anterior tiene como consecuencia el detrimento de la calidad de vida, por lo que se requieren de acciones puntuales que ayuden a frenar este problema. Por un lado, es necesario que la edificación de las viviendas cumpla parámetros estrictos para frenar la expansión desmedida y, con ello, frenar la devastación de las reservas ecológicas, así como disminuir el consumo de energías generadas por la provisión de servicios para las periferias distantes.

Por otro lado, es importante realizar acciones desde el interior de las viviendas, logrando que éstas tengan un consumo eficiente de recursos. Por ello, se han creado algunos mecanismos que ayudan a la población a incorporar el uso de ecotecnologías al interior de sus viviendas, tales como la *Hipoteca Verde*, las Acciones de Mitigación Nacionalmente Apropriadas (NAMAS, por sus siglas en inglés) dirigidas hacia la vivienda y el Programa "Ecocasa".

En cuanto a las acciones para promover la sustentabilidad ambiental, durante el 2013 se otorgaron 358,029 hipotecas verdes. Este financiamiento condiciona el uso de tecnologías que reducen el consumo de luz, gas energético y de agua; por ejemplo, llaves ahorradoras de agua, focos de bajo consumo y calentadores solares, y consecuentemente, disminuir la emisión de dióxido de carbono y el gasto en el pago de estos servicios.

Las NAMAS de vivienda, por su parte, son proyectos aún en etapas piloto, cuyos objetivos principales son mitigar las emisiones de GEI e incrementar el confort dentro de las viviendas, generando ahorros para las familias en el consumo de agua, electricidad y gas.

De acuerdo con el Registro Único de Vivienda (RUV), de 2007 a 2012 se registró la construcción de 659,468 viviendas con ecotecnologías, lo que refleja el creciente interés por atender la calidad de las viviendas en términos de sustentabilidad (38).

2.4.1. Normas aplicables.

Existen normas de carácter voluntario para realizar un estudio de ACV. Se trata de normas de ámbito internacional. En este contexto, la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) fue invitada a participar en la Cumbre de la Tierra organizada por la Conferencia sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, en junio de 1992, en Río de Janeiro, Brasil. Ante tal acontecimiento, ISO se compromete a crear normas ambientales internacionales, denominadas, ISO 14000 (4).

Las normas ISO referentes al ACV, más representativas respecto a este tema son:

ISO 14040: 1998 “Gestión medioambiental, ACV, principios y estructura.”

ISO 14041: 1998 “Gestión medioambiental, ACV, definición del objetivo y alcance y el análisis de inventario.”

ISO 14042: 2000 “Gestión medioambiental ACV-LCIA (*lifecycle impact assessment*).”

ISO 14043: 2000 “Gestión medioambiental, ACV-ICV Interpretación del ciclo de vida”

ISO 14044: 2006 “Gestión ambiental — Análisis del ciclo de vida — Requisitos y directrices

2.4.2. En el estado de Sinaloa

PLAN DE DESARROLLO VIVIENDA BASICA.

Los últimos datos muestran que 44.2% de sinaloenses vive en situación de pobreza patrimonial, por carecer de vivienda propia digna. Para abatir este indicador, ampliaremos la cobertura de los programas de financiamiento para vivienda de interés social y promoveremos nuevos mecanismos financieros para mejorar las condiciones de las viviendas existentes, generando así una cadena de valor, por su amplio efecto en múltiples áreas de la economía y en la creación de empleos.

Objetivos, Líneas Estratégicas y Acciones:

Objetivo 1: Mejorar la calidad de vida de la población, mediante la satisfacción de las demandas de servicios públicos.

Objetivo 2: Fomentar el desarrollo de vivienda para la población de Sinaloa. Ampliar la cobertura de los programas de vivienda social.

Consolidar un sistema estatal de vivienda. Incrementar la calidad y sustentabilidad en los programas de vivienda para la mejora del entorno urbano (39).

3. PROYECTO DE INTERVENCIÓN

3.1 Objetivo General.

Predecir y comparar el impacto ambiental al entorno ocasionado por la construcción de vivienda de interés social en Sinaloa de block y ladrillo, mediante la metodología del Análisis de Ciclo de Vida (ACV).

Se describe la problemática de impacto ambiental, se realiza un análisis comparativo entre los tipos de sistemas constructivos considerando los sistemas de producción locales, que permitan ser base de un inventario de ciclo de vida que pueda ser utilizado por las desarrolladoras del estado.

3.2. Objetivos Específicos.

- Definir un modelo representativo de cada uno de los dos procesos constructivos de vivienda de interés social en Sinaloa.
- Establecer alcance, objetivo y los límites de los sistemas a evaluar para el análisis.
- Realizar una recopilación y cuantificación de los datos necesarios de entradas y/o salidas para el análisis del Inventario de Ciclo de Vida (ICV) de cada modelo.
- Evaluar el impacto de ciclo de vida mediante el software Umberto LCA para conocer el impacto ambiental de cada modelo.
- Interpretar los resultados y comparar el impacto ambiental de los dos modelos.
- Realizar análisis del costo de los dos modelos y hacer comparativa.
- Realizar comparativa global integrando todos los parámetros.

3.3 Justificación.

Los procesos constructivos actuales no consideran el análisis de ciclo de vida de las viviendas de interés social en el estado de Sinaloa, todo esto fundamental para conseguir datos que nos den una idea del impacto medioambiental asociado a su construcción, incentivando con esto la disminución, principalmente con la incorporación de materiales de bajo impacto medioambiental.

Aunque existe mucha información de publicaciones disponibles en los distintos portales de investigación reconocidos como lo son: *Google Scholar*, *Sciencedirect*, *Scopus*, *Springer*, la aplicación del ACV en México y en el estado de Sinaloa no es una práctica habitual, particularmente en el caso de este proyecto que contempla a la vivienda de interés social. Por lo que la preocupación por la carencia de información adquiere importancia nacional, derivado de lo anterior el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y el Consejo Nacional de Vivienda (CONAVI), emiten convocatorias para promover la mitigación de dicha carencia.

La investigación tiene como objetivo el estudio de los procesos de fabricación, las emisiones contaminantes provenientes de las fases de construcción, los materiales utilizados en la región, para tratar el análisis de ciclo de vida, de tal manera que los resultados puedan ser aplicados al Estado de Sinaloa.

A pesar del elevado impacto ambiental de los materiales que tienen las viviendas en su proceso constructivo, es necesario también analizar el resto de las fases del ciclo de vida con el objetivo de poder contemplar todas las oportunidades de mejora, tanto actuales como futuras, y dejar una investigación que puede ser utilizada en el estado de Sinaloa para el desarrollo de viviendas de interés social que consideran el impacto medioambiental desde su concepción.

3.4. Metodología.

En esta investigación sólo se analizarán las viviendas de interés social del centro del Estado de Sinaloa en su fase de estructuración de los dos sistemas constructivos seleccionados.

- 1.- Sistema constructivo block.
- 2.- Sistema constructivo tabique.

Apegándose a los criterios que se establecen en la NMX-SAA-14040-IMNC-2008 y la NMX-SAA-14044-IMNC-2008, la cual considera para su realización la implementación de las 4 etapas que conforman el análisis. Fig. 8

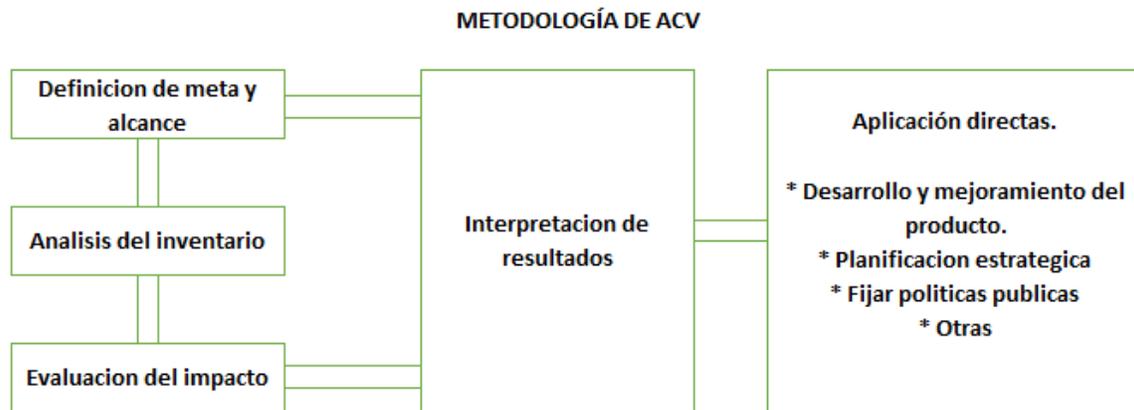


Figura 8. Esquema del Análisis de Ciclo de Vida. Fuente: Elaboración propia con datos de NMX-SAA-14040-IMNC-2008.

Definiremos a continuación cada una de las fases contenidas en el esquema anteriormente presentado.

1. Definición de alcance y objetivo: esta es la primera etapa, dentro ella se especifica el nivel de detalle y el fin del estudio.
2. Análisis de inventario de ciclo de vida (ICV): es la segunda etapa, es en esta en la que se recopila y cuantifica los flujos de materia prima y energía.
3. Evaluación del impacto de ciclo de vida (EICV): en esta tercera etapa se presentan los resultados de los flujos recopilados.
4. Interpretación: en esta parte se presentan las recomendaciones y conclusiones con base al objeto de estudio, que facilitara la toma de decisiones.

Esta metodología se aplicó a las viviendas de interés social de la zona centro del Estado de Sinaloa seleccionando el municipio de Culiacán como zona de estudio.

3.4.1. Definición de modelos representativos.

Es el inicio del estudio, por lo que en esta fase es necesario definir el tema motivo de la investigación y las razones que llevan a realizarlo. A su vez, hay que establecer el producto implicado, la audiencia a la que se dirige, el alcance o magnitud del estudio, la unidad funcional, los datos necesarios y el tipo de revisión crítica que se debe realizar.

Para desarrollar el objetivo del estudio de ACV es necesario definir;
* Aplicación prevista
* Razones para realizar el estudio
* Público previsto (personas a quien se pretende comunicar los resultados).
* Si se divulgarán los resultados como aseveraciones comparativas

Tabla 9. Desarrollo del objetivo del estudio de ACV.

Algunos ejemplos de razones para realizar el estudio pueden ser;

- Comparar productos o comparar con una norma o estándar.
- Mejorar un producto existente o diseñar un nuevo producto.
- Obtener información para establecer estrategias.
- Obtener información sobre el producto.

El alcance del estudio establece las limitaciones que tendrá el ACV, basándose en el sistema del producto(s). De acuerdo con una selección previamente reportada y documentada se instituyen los procesos unitarios y flujos que se recopilarán en la investigación. Las razones de los elementos descartados también se explican en este apartado. El alcance de acuerdo con la Norma ISO 14044, está estructurado

en diferentes conceptos necesarios por definir con el fin de evitar errores potenciales al realizar y comparar ACV (34).

➤ Función.

“Un ACV no sirve para comparar productos entre sí, sino servicios y/o cantidades de producto que lleven a cabo la misma función.” La función de un sistema del producto se refiere a las propiedades cualitativas que lo conforman, estas pueden relacionarse a características de calidad técnica (durabilidad, estabilidad, mantenimiento...), uso, disposición, estética, diseño, aspecto, imagen del producto o marca, así como a la función principal del producto en sí. Se pueden distinguir tres tipos de propiedades adquiridas en los productos (40):

- Obligatorias; son las que tiene que tener un producto para que se considerado una alternativa de mercado. Ej. Un empaque no debe escurrir.
- De posicionamiento; son las que se necesitan para tener una preferencia por parte del consumidor. Ej. Un empaque puede ser más fácil de manejar que otro.
- Importantes para el consumidor; Ej. Un empaque se puede apilar fácilmente o es reciclable.

➤ Unidad funcional.

La unidad funcional es un elemento primordial en el estudio que proporciona una referencia a partir de la cual se calculan y comparan (normalizan, en un sentido matemático) los datos de entrada y de salida que se incluirán en el ACV. Es una frontera importante en el análisis que depende del objetivo y el alcance al que se quiera llegar. La unidad funcional está compuesta por tres elementos claves (Fig. 9):

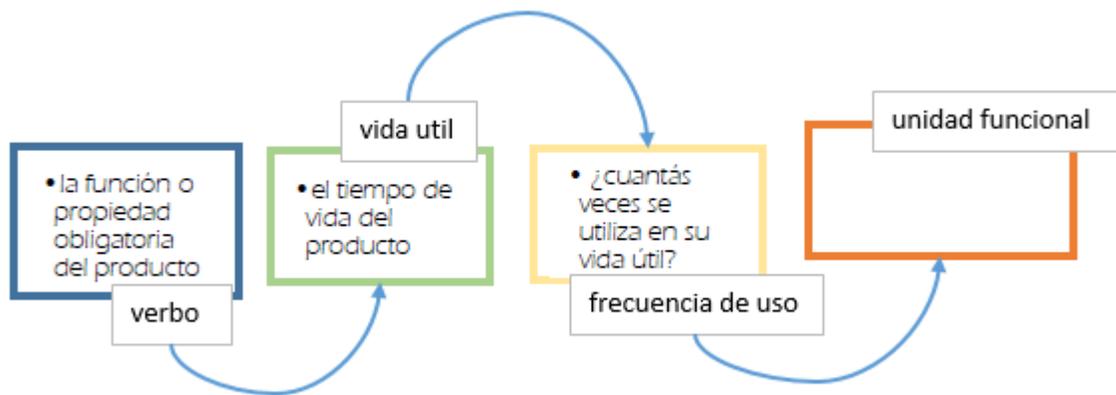


Figura 9. Elaboración propia. Fuente: Fernando González Maza, 2012.

➤ Límites del sistema

A la selección de procesos unitarios y sus flujos que estarán dentro o fuera de la investigación, así como a las razones por las cuales se seleccionaron o no, se le conoce como límites del sistema. Estos tienen que ser coherentes con el objetivo del estudio y son determinados por varios factores "... incluyendo la aplicación prevista del estudio, las hipótesis planteadas, los criterios de exclusión, los datos y limitaciones económicas y el destinatario previsto." (40)

Un sistema del producto presenta una gran cantidad de flujos y relaciones, la tabla 10 muestra las consideraciones que existen para definir los límites del sistema.

Tabla 10. Consideraciones para los límites del sistema
* La adquisición de la materia prima.
* Entradas y salidas al proceso de manufactura principal.
* Distribución/transporte.
* Producción y uso de combustibles, electricidad y energía.
* Uso y mantenimiento de productos.
* Recuperación de productos usados (reuso, reciclaje).
* Manufactura de materiales básicos.
* Manufactura, mantenimiento y desmantelamiento de equipos.
* Operaciones adicionales, como alumbrado y calefacción.

Tabla 10. Elaboración propia. Fuente: Fernando González Maza, 2012.

Los límites del sistema se fundamentan en el nivel de detalle que se quiere indagar en la investigación, en los criterios de corte que determinan el porcentaje mínimo requerido de un flujo o proceso unitario comparado al total del sistema del producto para incluirlo en los datos del análisis y en qué partes del ciclo de vida se centrará el estudio.

El nivel de detalle se refiere al tipo de entradas y salidas de un sistema del producto al que se enfocará la investigación, Ej. solo materiales y producción de energía, materia prima, energía, transporte, etc., o todas las entradas y salidas incluyendo el equipo y herramientas.

Los criterios de corte (exclusión) pueden ser por masa o energía, en donde se omiten las cantidades depreciables; y por carga ambiental que incluyen materiales que puedan tener un impacto significativo en el medio ambiente a pesar de su poca cantidad.

Finalmente, el ciclo de vida varía dependiendo el sistema del producto a evaluar y la etapa o etapas a evaluar en un ACV dependerán de los objetivos de este.

Independientemente se distinguen tres formas comunes para plantear las fronteras de la investigación en un ciclo de vida:

- De la cuna a la puerta: es el ciclo de vida que abarca la extracción y producción del producto, justo antes de que se inicie su etapa de uso y mantenimiento.
- De la cuna a la tumba: de la extracción del producto hasta su disposición final.
- De cuna a la cuna: desde la extracción hasta se rehúso o reciclaje en el mismo sistema del producto o en uno diferente.

Es útil describir el sistema utilizando un diagrama de flujo que muestre los procesos unitarios y sus interrelaciones y especificar dónde comienzan y terminan los

procesos unitarios y las transformaciones y operaciones que se dan como parte del proceso, así como los criterios de corte.

➤ Tipos y fuentes de datos

Es importante plantear el método a seguir para la recopilación de datos, y definir si estos serán medidos, calculados, estimados, todos o algunos de los anteriores. Muchos de los datos en emisiones al aire y vertidos al agua o suelo, provienen de fuentes puntuales o difusas tras haber pasado a través de un dispositivo de control de contaminación, que en muchas ocasiones falla al medir las cantidades reales, por lo que también se puede especificar el uso de un factor de emisiones o vertidos fugitivos.

➤ Calidad de los datos

Los datos presentan grandes variantes entre sí, por lo que es necesario detallar la información relativa a ellos;

- Tiempo: antigüedad de los datos.
- Geografía: área geográfica que se tomará en cuenta para la recopilación de datos.
- Tecnología: específica o mezcla de varias tecnologías.
- Precisión: factores de variabilidad.
- Integridad: porcentaje del flujo medido
- Representatividad: similitud que presentan los datos a una situación real.
- Coherencia: aplicación uniforme de la metodología a los componentes del análisis.
- Reproducibilidad: facilidad con que se puede reproducir el estudio por un ajeno.
- Fuentes de los datos.
- Incertidumbre de la información: datos, modelos, suposiciones...

Finalmente, en caso de datos omitidos, es necesario documentar su tratamiento, qué los ha sustituido y por qué se han sustituido.

➤ Revisión crítica

En un estudio comparativo para evaluar la equivalencia de los sistemas, se tiene que aplicar una revisión crítica que para ello es necesario definir el nivel de experiencia del revisor y el método a proceder la exploración; de manera externa un revisor ajeno evalúa la investigación, de manera interna es un agente involucrado el que la lleva a cabo.

De acuerdo con la Norma ISO 14044, un alcance completo de ACV tiene que especificar los conceptos mostrados en la tabla 11.

Para desarrollar el alcance del estudio de ACV es necesario definir.	
Sistema del producto a estudiar	
Funciones del sistema del producto(s)	La función principal del producto
	Características de calidad técnica
	Uso y disposición
	Estética y aspecto
	Diseño
	Imagen del producto o marca
Unidad funcional	Función + Vida útil + Frecuencia
Límites del sistema	Nivel de detalle
	Criterios de corte
	Etapas del ciclo de vida
Procedimientos de asignación	ver EICV
Metodología del EICV e impactos	ver EICV
Interpretación a utilizar	ver Interpretación
Fuentes de datos	Medidos
	Calculados
	Estimados
	Factor de emisiones o vertidos fugitivos
	Todos o algunos de los anteriores
Suposiciones	
Juicios de valor	
Limitaciones	
Calidad de los datos	Tiempo
	Geografía
	Tecnología
	Precisión
	Integridad
	Representatividad
	Coherencia
	Reproducibilidad
	Fuentes de los datos
	Incertidumbre de la información
	Datos omitidos
Revisión crítica	Nivel de experiencia del crítico
	Externa
	Interna
Tipo y formato del informe ACV	

Tabla 11. Elaboración propia, Fuente: Fernando González Maza, 2012.

“El objetivo y el alcance de un ACV deben estar claramente definidos y deben ser coherentes con la aplicación prevista. Debido a la naturaleza iterativa del ACV, el alcance puede tener que ajustarse durante el estudio.” (41)

3.4.3. Análisis de Inventario del Ciclo de Vida (ICV).

Para la realización del Inventario de Ciclo de Vida, se utiliza lo estipulado en las normas NMXSAA-14040-IMNC-2008 y NMX-SAA-14044-IMNC-2008, es por ello, que se toman en cuenta las directrices indicadas en estas normas.

“Esta fase comprende la obtención de datos y los procedimientos de cálculo para identificar y cuantificar todos los efectos ambientales asociados a la unidad funcional.” (40)

El diagrama del sistema del producto realizado en la etapa de objetivo y alcance, con sus fronteras (límites del sistema) bien definidas son la base esencial para poder identificar las entradas y salidas requeridas y por consiguiente los datos necesarios.

La Fig. 9 muestra el procedimiento a seguir para desarrollar correctamente un ICV (34).



Figura 10. Procedimientos simplificados para el análisis del inventario. Fuente: Fernando González Maza, 2012.

1. Se tienen que recopilar y referenciar los datos de entrada y salida obtenidos para cada proceso unitario, así como el proceso de recopilación, su calidad y su antigüedad. Para estructurar la hoja de recopilación, los datos se pueden clasificar en los siguientes grupos:
 - Entradas de materia prima, energía, auxiliares...
 - Productos, coproductos, residuos...
 - Emisiones y vertidos
 - Otros aspectos ambientales
2. Para validar los datos es necesario proporcionar evidencias de estos (balances de materia, energía...), "... los datos individuales específicos de cada uno de los productos necesitan ser analizados respecto a su representatividad. En consecuencia, aquellos datos obtenidos a través de promedios o por simple estimación serán menos representativos. (42)"
3. Tiene que existir una relación clara entre los flujos de procesos unitarios, flujos de referencia y unidad funcional. Se tiene que tener cuidado al sumar las entradas y salidas en el sistema producto. La suma total debe ser coherente con el objetivo del estudio.
4. Los límites del sistema deben basarse en un análisis de sensibilidad para determinar su importancia, lo que puede ayudar a incluir procesos, entradas o salidas que sean importantes o excluirlos si carecen de ella.
5. La asignación de los datos a cada proceso unitario se tiene que especificar y documentar de acuerdo con lo especificado en el objetivo y alcance. Los procesos que tienen más de un sistema del producto tienen que adoptar una de las siguientes medidas;
 - Evitar la asignación:
 - Dividiendo el proceso y recopilando los datos de los subprocesos obtenidos.
 - Ampliando el sistema para obtener funciones adicionales.
 - De no poder evitar la asignación;

- Separar entradas y salidas entre sus diferentes funciones de tal forma que reflejen las relaciones físicas existentes.
- Asignar las entradas entre los productos y funciones de tal forma que reflejen otras relaciones entre ellos. Ej. El valor económico.

Es importante enfatizar que en las salidas de materia, energía o productos se pueden distinguir dos grupos importantes; coproductos y residuos. Mientras los coproductos presentan a su vez entradas y salidas, los residuos no.

Para la reutilización o reciclado hay que tener cuidado en los cambios de propiedades inherentes que pueden sufrir los materiales ya sea físicas (cambio en masa, volumen...), costo (precio diferente al anterior) o la cantidad de veces que puede ser utilizado o reciclado (34).

3.4.4. Evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV).

La evaluación de impactos "... tiene por objetivo valorar los resultados del análisis del inventario del producto o servicio en cuestión, cuantificando los posibles impactos medioambientales (42).

Todo esto en apego a la norma NMX-SAA-14044-IMNC-2008. De acuerdo con la Norma, el desarrollo de un EICV consta de una fase obligatoria y otra de carácter opcional, para esta investigación solo se estudiará la parte de los elementos obligatorios presentados en la fig. 10.



Figura 11. Desarrollo de la evaluación de impacto, elementos obligatorios. Elaboración propia, Fuente: Norma ISO 14044.

Selección de categorías de impacto, indicadores de categoría y modelos de caracterización.

Las categorías de impacto son los efectos sobre el medio ambiente que provocan los procesos unitarios y los flujos de los sistemas de los productos. De acuerdo con el orden sistemático en que estos efectos se van desencadenando en el medio ambiente se clasifican en impactos ambientales de punto intermedio (*midpoints*) o daños ambientales de punto final (*endpoints*).

A este sistema causa-efecto se le conoce como mecanismo ambiental, y es el sistema que relaciona los datos del ICV y los transforma a impactos o daños ambientales a través de los indicadores de categoría y los modelos de caracterización

A continuación, se muestran las categorías de impacto más conocidas y utilizadas:

➤ **Calentamiento Global.**

Es el fenómeno que ha provocado el aumento de la temperatura de la atmósfera terrestre y de los océanos en las últimas décadas (cambio climático). Esto provocado por el llamado “efecto invernadero”, el cual consiste en la acumulación de gases en la atmósfera que forman un “escudo” que atrapa localmente parte de la energía irradiada (radiación) por el sol. Debido a ello las capas más bajas de la atmósfera se calientan, propiciando el calentamiento de la superficie del planeta.

Los principales gases de efecto invernadero (GEI) son: el dióxido de carbono (CO₂), el óxido nitroso (N₂O), el metano (CH₄) y los clorofluorocarbonos (CFC's).

➤ **Agotamiento de la capa de ozono.**

La continua acumulación de gases en la estratósfera del planeta reduce el contenido de ozono (O₃) de la misma. El ozono estratosférico evita la introducción de rayos ultravioleta (UV) a la Tierra por parte del sol. Los daños a la capa de ozono pueden causar cambios en los ecosistemas, efectos adversos en la productividad agrícola, el hombre y el clima; la radiación UV provoca enfermedades como el cáncer de piel.

➤ **Toxicidad.**

Es la secuela causada por la exposición a químicos que causan efectos nocivos sobre un organismo completo como un ser humano, una bacteria, una planta, o incluso a una subestructura como una célula (citotoxicidad).

➤ **Acidificación.**

Esta categoría de impacto es causada por el retorno de los óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno descargados en la atmósfera en forma de lluvia ácida provocando la pérdida de la capacidad neutralizante del suelo y del agua. La acidificación puede ser causada por fuentes naturales como erupciones volcánicas, incendios, relámpagos y diferentes procesos microbianos; o por fuentes antropogénicas como el uso de combustibles fósiles, gran cantidad de actividades industriales y el transporte.

Los principales agentes causantes de la acidificación son el dióxido de azufre (SO₂), los óxidos de nitrógeno (NO_x) y el amoníaco (NH₃). El SO₂ proviene principalmente de las plantas eléctricas y los automóviles mientras que el NH₃ de la explotación ganadera intensiva.

➤ **Eutrofización.**

Es el impacto por el cual el oxígeno en los cuerpos de agua disminuye debido a un incremento anormal de nutrientes y de sales minerales por intervención humana, causa el crecimiento de la biomasa provocando la muerte de los seres vivos. Los

efluentes urbanos, la agricultura y las emisiones al aire producen altas concentraciones de nitrógeno (N) y fósforo (P) lo que provoca un aumento en la fotosíntesis, cambiando la estructura y dinámica de los ecosistemas empobreciendo la biodiversidad.

Indicadores.

Los indicadores al igual que las categorías de impacto varían según su clasificación; los indicadores de categoría de puntos intermedios (categoría de impactos) además de ser los más recomendables, se encuentran más cercanos a los flujos y a los procesos unitarios, por lo que la información que se genera es detallada al puntualizar las áreas más afectadas del entorno tabla 12.

Categoría de impacto	Indicador	Definición	Unidad
Calentamiento Global	GWP	Potencial de calentamiento global	kg equivalentes de CO ₂
Agotamiento de La capa de ozono	ODP	Potencial de agotamiento de la capa de ozono	Kg equivalente de CFC-11
Toxicidad humana HTP	HTP	Potencial de toxicidad humana	m ³
Acidificación	AP	Potencial de acidificación	Kg equivalentes de SO ₂
Eutrofización	EP	Potencial de eutrofización	Kg equivalentes de fosfato

Tabla 12. Indicadores de las diferentes categorías de impacto. Elaboración propia. Fuente: NMX-SAA-14044-IMNC-2008.

➤ Clasificación de resultados del inventario a categorías de impacto

En esta fase se asignan los resultados de los flujos y procesos unitarios del ICV a las diferentes categorías de impacto seleccionadas, se identifican y correlacionan todas las cargas ambientales a una o más categorías de impacto potenciales, "... determinadas sustancias pueden actuar simultáneamente en más de una categoría de impacto. (41)" Para ello es recomendable utilizar modelos de referencia; CML 1992, Wenzel et al., 1997 o Pré Consultants 1999, que nos permitan definir qué impactos ambientales están relacionados con cada una de las entradas y salidas del sistema del producto estudiado.

➤ **Caracterización de resultados del inventario a categorías de impacto**

Los datos del ICV previamente clasificados son transformados en las sustancias equivalentes de sus respectivos indicadores de categoría, por medio de los modelos seleccionados y documentados con anterioridad. Para ello es necesario el uso de factores de caracterización. El factor de caracterización expresa la fuerza de la sustancia medida con relación a una sustancia de referencia, es el factor que convertirá las unidades de ICV a unidades de EICV.

Recordando algunos indicadores de categoría y sus unidades equivalentes, a continuación, se mencionan las razones con las que se obtienen los factores de caracterización:

Calentamiento Global

GWP (Potencial de calentamiento global por sus siglas en inglés) define el efecto de calentamiento integrado a lo largo del tiempo que produce una liberación instantánea de 1 kg de un GEI, en comparación con el causado por el CO₂ se mide en kg equivalentes de CO₂.

Agotamiento de la capa de ozono

ODP (Potencial de agotamiento de la capa de ozono por sus siglas en inglés) se definen como el cociente entre la descomposición de ozono en el estado de equilibrio debido a emisiones anuales de una sustancia a la atmósfera y la descomposición de ozono en el estado de equilibrio debido a una cantidad equivalente de CFC-11, expresado en kg equivalentes de CFC-11.

3.4.5. Interpretación de los resultados y comparación de los dos modelos.

La interpretación se llevará a cabo combinando los resultados del análisis de inventario con la evaluación de impacto de ambos modelos. Se presentarán y analizarán tablas y gráficas comparativas para su mejor interpretación. Los resultados adquirirán la forma de conclusiones y recomendaciones para la toma de decisiones. Con la interpretación se podrá determinar cuál modelo presenta un mejor comportamiento ambiental.

Para el caso de este proyecto de intervención se utilizara la herramienta Umberto LCA ya que es flexible y completa, permitiendo desarrollar estudios de ACV de una amplia gama de productos, actividades o servicios. Umberto LCA ofrece una interfaz de usuario basada en la normativa ISO 14040 y puede ser utilizada para desarrollar complejos modelos de parametrizado bajo distintos escenarios.

3.4.5.2 Interpretación de resultados:

“La interpretación es la fase de un ACV en la que se combinan los resultados de análisis del inventario con la evaluación de impacto. Los resultados de esta interpretación pueden adquirir la forma de conclusiones y recomendaciones para la toma de decisiones. Permite determinar en qué fase del ciclo de vida de producto se generan las principales cargas ambientales y por tanto que puntos del sistema evaluado pueden o deben mejorarse. En los casos de comparación de distintos productos se podrá determinar cuál presenta un mejor comportamiento ambiental. (40)”

Los pasos para seguir este proceso están determinados según la Norma ISO 14044 (Fig. 11).

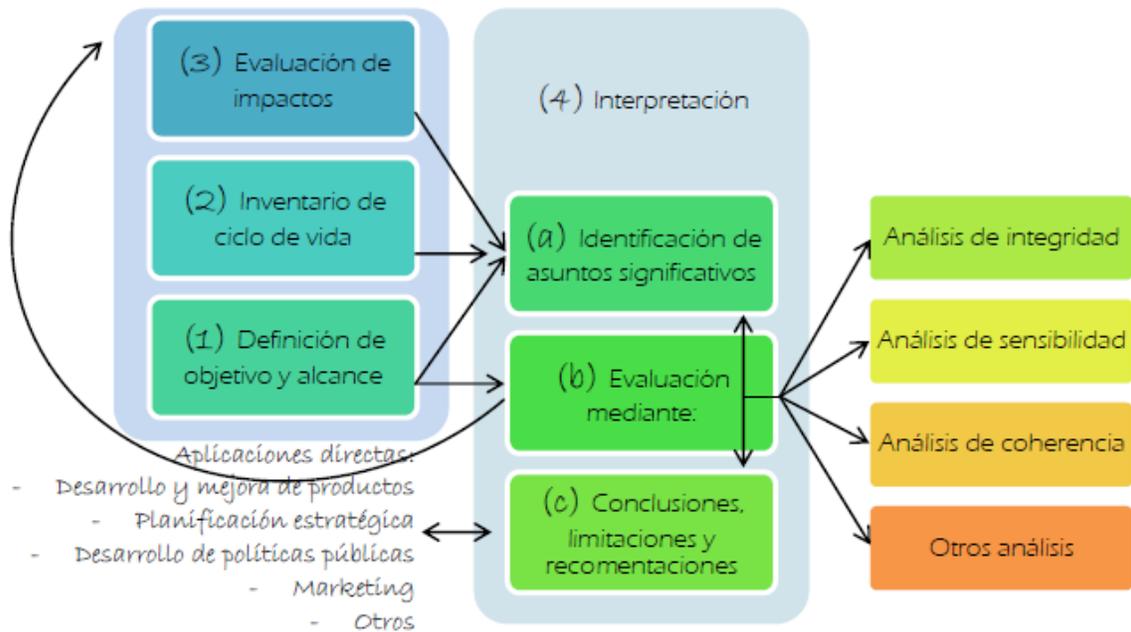


Figura 12. Relaciones entre los elementos en la fase de interpretación con otras fases del ACV, Fuente: Fernando González Maza, 2012.

(a) Identificación de aspectos significativos

Esta fase pretende estructurar los datos obtenidos en el ICV e EICV de forma que se puedan detectar aspectos relevantes y emitir un juicio. “Esta estructuración de los datos e información disponible es un proceso iterativo llevado a cabo junto con la fase de ICV y, si se realiza, con la fase de EICV, así como con la definición del objetivo y el alcance. Esta estructuración (...) pretende proporcionar una perspectiva general de los resultados de estas fases previas. Esto facilita la determinación de asuntos importantes y ambientalmente pertinentes, así como llegar a conclusiones y recomendaciones. (41)”

La información de las fases mencionadas se puede estructurar por etapas del ciclo de vida, por grupos de procesos unitarios, por grados de influencia (política nacional, directiva...), etc. Algunos asuntos significativos podrían ser datos del inventario (energía, emisiones, vertidos...), categorías de impacto o procesos unitarios individuales.

(b) Evaluación

Generar, fortalecer la confianza y la fiabilidad del estudio son las premisas para realizar la evaluación de este. Para ello es necesario verificar los siguientes análisis;

Análisis de integridad

Sirve para verificar que todos los datos del estudio están disponibles y completos. De faltar algo, es necesario considerar dicha información para satisfacer el objetivo y alcance del estudio, documentar el hallazgo y su justificación. De no ser necesaria la información faltante igual se tiene que documentar y registrar sus razones.

Análisis de sensibilidad

Evalúa la confiabilidad de los resultados obtenidos en el ACV. Para ello es necesario apoyarse en las incertidumbres, los métodos de asignación y de cálculo, etc. En este análisis deben considerarse los asuntos predeterminados en el objetivo y alcance, los resultados de las fases del ACV y las opiniones de expertos y experiencias previas, así como tiene que compartir el mismo nivel de detalle, que el alcanzado en el ICV y en el EICV.

Al comparar diferentes alternativas estudiadas, la falta de diferencias entre ellas puede llevar al resultado final del estudio.

Análisis de coherencia

Determina si las suposiciones, los métodos y los datos son coherentes con el objetivo y el alcance planteado. “Se deberían de complementar estas verificaciones con los resultados de los análisis de incertidumbre y análisis de la calidad de los datos. (41)”

(c) Conclusiones, limitaciones y recomendaciones

Se pueden ir obteniendo conclusiones preliminares a la par de la identificación de aspectos significativos y las distintas evaluaciones. Si las conclusiones preliminares no son coherentes con los requisitos iniciales del estudio (objetivo y alcance) habrá que volver a realizar los procesos anteriores, de resultar coherentes se procede a ser comunicadas como conclusiones (41).

Las recomendaciones deben estar relacionadas con la aplicación prevista y se deben explicar específicamente a quienes toman las decisiones.

3.4.6. Análisis de costos de cada sistema constructivo.

Se realizará el presupuesto para la construcción del prototipo de vivienda de interés social con los diferentes materiales propuestos anteriormente, sólo serán considerados los costos directos e indirectos que marca el Sistema Nacional de Costos Indirectos (SNCI) para la vivienda.

Para el caso se realizarán los cálculos de los costos directos, con ayuda del programa **Excel 2016** para el análisis de precios unitarios.

Una vez calculados los costos se llevará a cabo un análisis comparativo entre los dos modelos.

3.4.7. Comparativa global integrando todos los parámetros.

Con los resultados de todos los análisis se realizará una comparativa global de los dos sistemas por medio gráficas en Excel y diagramas de flujo con lo cual se emitirá un juicio sustentado sobre el impacto ambiental que causa cada uno de los modelos analizados.

3.5 Análisis de Resultados.

En esta parte de la investigación se desarrolla el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) de materiales de construcción empleados en el sistema constructivo block y sistema constructivo tabique, todo esto con la metodología explicada anteriormente. Se realiza en el mismo orden en que la metodología fue descrita, iniciando con la

definición del objetivo y alcance, continua con la recopilación de datos de inventario, seguido de la evaluación de impactos y concluyendo con las interpretaciones finales.

3.5.1. Definición de alcance y objetivo del estudio.

Se partirá como caso de estudio una edificación que cuenta con un área construida de aproximadamente 56 m², representativo de la vivienda de interés social en el Estado de Sinaloa.

Enfocar el análisis del sistema utilizando como referencia el ciclo de vida global del producto de la construcción, puede representar un riesgo metodológico significativo debido a la gran cantidad de elementos y materiales que participan y conforman el mismo (42) (Tabla 13).

Características de las viviendas a analizar:

Vivienda de Tabique:

Muro de tabique rojo común de 6 x 12 x 24cm de 12cm. de espesor asentado con mortero cemento - arena prop. 1:3.

La losa de azotea es de vigueta y bovedilla de 18cm de espesor de losa, con una resistencia mínima a compresión $f'c=200$ Kg/cm², T.M.A 3/4", Rev. 18 ±2 (con bomba).

Vivienda de block:

Muro de Block hueco 12x20x40cm (60 kg/cm²) acabado Aparente, asentado con Mezcla cemento arena 1:4, Refuerzo horizontal a cada 3 Hiladas.

La losa de azotea es de vigueta y bovedilla de 18cm de espesor de losa, con una resistencia mínima a compresión $f'c=200$ Kg/cm², T.M.A 3/4", Rev. 18 ±2 (con bomba).

NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4
PRODUCTO	ELEMENTO	COMPONENTE	MATERIAL
Vivienda	Cimentaciones Muros y cerramientos Pavimentos Azotea	Concreto armado Armado Cimbra	Cemento Grava Arena Aditivos Acero Madera Hule negro Tabique rojo recocido Block

Tabla 13. Elaboración propia, Lista de materiales que se consideran en el Análisis de ciclo de vida (ACV).

En lo que respecta al alcance del estudio se establece en el capítulo 3 del presente documento.

3.5.1.1 Sistema del producto.

Existen una variedad de procesos constructivos de vivienda, sin embargo, para la presente investigación se consideran los dos sistemas más utilizados por las desarrolladoras a junio del 2018.

A pesar de las diversas formas y tipos de armados, cerramientos el estudio se centra en la tipología más comúnmente utilizada en la región centro de Sinaloa. Lo cual para el caso de la cimentación se rige por una losa de 11cm de espesor armado con armex 6x6 6/6 y refuerzos de varillas 3/8" y 1/2" y muros adheridos entre sí por medio de junta y protegidos por un recubrimiento exterior y formado por piezas de block o tabique rojo recocido.

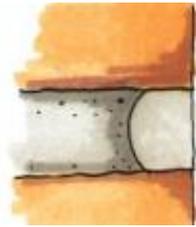
➤ Elementos base

Son los componentes de construcción con los cuales se elabora el muro, en este caso formado por piezas de block, ladrillo.

➤ Juntas

Las juntas son el elemento aglutinante que permite la adherencia entre los elementos base, "es la distancia que queda entre ladrillo, de una hilada a otra;

también se denominan tendeles cuando son continuas y llagas cuando son discontinuas.” (43) Existen varios tipos de acabados de los cuales se consideran las que predominan en la zona que son a tope, ya que después estas son revestidas de formas distintas figura 13.



A tope

Figura 13. Acabado en junta, Fuente: G. Franco Moreno (1991).

Las juntas de cualquier muro siempre tienen que presentar una resistencia menor a la que manejan los elementos base, para que en el caso de que existan retracciones o deformaciones por la carga, las grietas se formen en ellas y no en los bloques; también deben tener un espesor mínimo de 6mm. El espesor modular es de 9mm, pero algunos diseñadores prefieren juntas de asiento mayores de 12mm (44).

De acuerdo con lo anterior, se definen los elementos base y juntas considerados en la investigación (tabla 14).

Elementos base	Muro de block	Muro de ladrillo
Tipo	Block hueco de concreto	Ladrillo macizo artesanal
Dimensiones	12-20-40	6-12-24
Juntas		
Tipo	Mortero cem-arena 1:5	Mortero cal-arena 1:5
Espesor	1cm	1.5 cm

Tabla 14. Componentes de muros a evaluar.

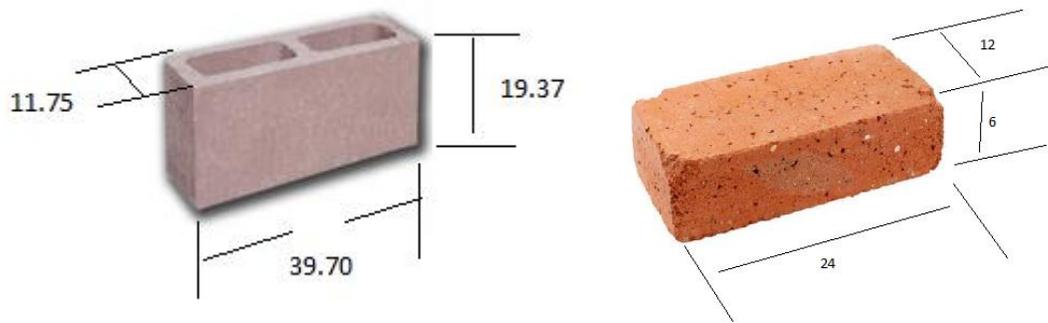


Figura 14. Modelo de un block y un tabique rojo. Elaboración propia.

3.5.1.2 Función del Sistema.

La fase estructural de la vivienda comprende la parte de losa de cimentación que funciona como elemento base para dar sustento a la estructura de la vivienda y la construcción de los muros que son los elementos estructurales usados para sostener toda la vivienda y losa de azotea, objeto que protege sobre los agentes externos o regulador de temperatura entre interior y exterior.

Siendo los muros los únicos elementos que diferencian a un sistema de otro.

El muro estudiado se limita a ser una frontera entre espacios interiores que cuentan con condiciones físicas, espaciales y estructurales similares; las características térmicas, mecánicas o funcionales que presentan los distintos materiales evaluados no son consideradas, por lo que la función del muro evaluado se reduce a separar espacios interiores. (34)

3.5.1.3. Unidad Funcional.

Como se describe en el capítulo 3, es primordial asegurar que los dos productos a comparar por medio del ACV desempeñan la misma función, para este caso la vida útil de los muros de block y ladrillo está totalmente relacionada con la construcción. Para el caso de la losa de cimentación dado que es la misma para ambos prototipos no representa una diferencia entre los dos modelos evaluados.

El tiempo de vida considerado para una vivienda antes de ser remodelado, reutilizado o demolido es el tiempo por considerar.

La unidad funcional para este estudio es:

Una vivienda con muro de block, una vivienda con muro de tabique, cimentación y losa de azotea todos descritos previamente y todo esto sin considerar mantenimiento, durante un periodo de 50 años.

Cantidades de block y ladrillos dispuestos en 1m²: (tabla 15).

Muro	Elementos base	Juntas
de Block hueco	11.61 piezas	.0059 m ³
de Ladrillo Macizo	52.29	.0409 m ³

Tabla 15. Cantidades de materiales por tipo de muro para 1m². Elaboración propia.

3.5.1.4 Limites del sistema.

En este apartado se toma en cuenta las etapas de extracción de materia prima, producción de materiales y componentes, fabricación del elemento constructivo en la edificación de cada uno de los sistemas constructivos evaluados.

Equipo y herramienta utilizado no se contemplan y las salidas a considerar son las emisiones al aire en la fabricación de los elementos.

Entradas y salidas evaluadas del sistema de estudio:

- Materiales
- Energía: gasolina, diésel, electricidad, madera, aceite quemado.
- Emisiones al aire CO₂eq, CO.

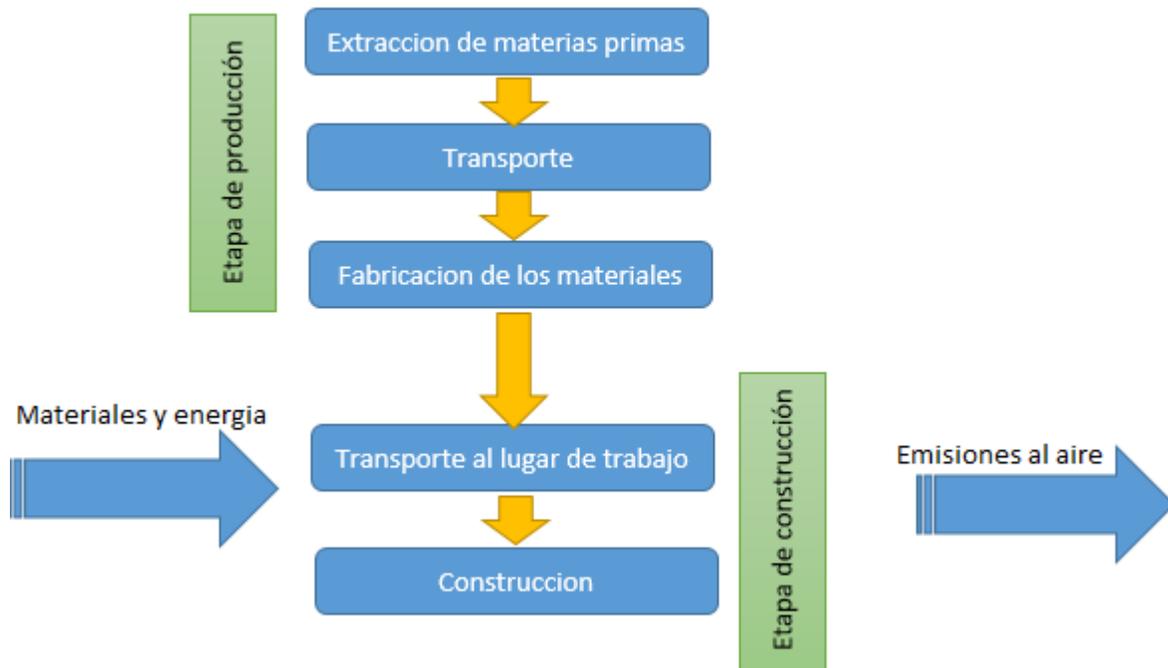


Figura 15. Límites del sistema. Elaboración propia.

3.5.1.5 Tipos y fuentes de datos.

Debido a la gran cantidad de tiempo y recursos que conlleva recabar información para la investigación además de datos recopilados mediante visitas de campo, visitas a los lugares de producción de materiales, fuentes bibliográficas, haciendo referencia a cada una de las utilizadas y suposiciones.

Se presenta en la tabla 16 los tipos y fuentes de datos de cada uno de los procesos unitarios.

Proceso unitario	Tipo y/o fuente de datos
Extraccion de la materias primas	Base de datos y bibliografía
Fabricacion de los materilaes	Base de datos y bibliografía
Transporte de los materiales al sitio de trabajo	Suposicion
Proceso de construccion	Base de datos y datos estimados

Tabla 16. Tipos y fuentes de datos. Elaboración propia.

3.5.1.6 Calidad de los datos.

Los datos utilizados no deben exceder una antigüedad mayor de los 6 años (es decir hasta el 2012), aunque debido a la falta de información sobre el tema que existen en México se han tomado datos de hasta 15 años de antigüedad.

La procedencia de la información local concerniente a las visitas de campo es valorada.

“La cobertura tecnológica no es tomada en cuenta ya que no hay distinción entre las emisiones que produce una tecnología nueva comparada con una vieja (los factores de emisión no permiten dicha distinción)” (35).

Cabe señalar que siendo 2018 existe un vacío importante en la escasez de información regional acerca de las emisiones de los materiales que intervienen en la construcción.

3.5.1.7. Suposiciones.

1. Para obtener los diferentes insumos que intervienen en el proceso se basó en los presupuestos presentados más adelante correspondientes a cada uno de los sistemas constructivos evaluados.
2. La cantidad de mano de obra, herramienta y materiales se encuentran en los presupuestos mencionados anteriormente.
3. Para el agua utilizada en los materiales para juntas no necesita transporte, pues es surtida por red municipal.
4. Para el caso del acero se considera únicamente la producción del hierro de alto horno.
5. La distancia considerada para el transporte de cal, arena es de 15 km.

3.5.2. Análisis del Inventario de ciclo de vida (ICV).

El análisis de inventario de ciclo de vida (ICV) es un proceso técnico basado en datos para cuantificar la energía, las materias consumidas, las emisiones a la

atmosfera y a las aguas, los residuos sólidos y cualquier otro vertido al medio durante el ciclo de vida.

En este apartado se pretende cuantificar las materias primas, combustibles, energía sumado a las emisiones al aire de todas las etapas del ciclo de vida.

“El inventario se basa en balances de materia entre entradas y salidas. Por lo tanto, los procedimientos de asignación deberán aproximarse lo más posible a las relaciones y características fundamentales que existen entre entradas y salidas. (34)”

Producto	Unidad funcional
Vigueta alma abierta	metro lineal, ml
Bovedilla 15x 30 x 40	pieza
Block macizo 12 x 20 x 40	pieza
Ladrillo macizo o artesanal	pieza
Cemento	kilogramo, kg
Acero	ton
Agregados pétreos	kg

Tabla 17. Elaboración propia.

3.5.2.1. Recopilación de datos.

Para la recopilación de datos se tomó como fuentes lo establecido por IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) 2006, bibliografía e Inventario Nacional de Emisiones de Gases y compuestos de Efecto Invernadero, teniendo siempre cuidado que estos sean apegados a una metodología y que su aplicación sea válida para la zona de estudio.

Fase de extracción.

En este apartado se muestran las materias primas involucrados en la producción de los materiales que componen cada sistema constructivo seleccionado anteriormente, representados por medio de tablas.

Inventario del Cemento.

Se presenta la matriz de inventario para el cemento, en ella se incluye la unidad funcional seleccionada y el promedio de la cantidad de materia prima, el consumo energético y las emisiones al aire en México.

PRODUCTO	UNIDAD	
UNIDAD FUNCIONAL 1kg CEMENTO		
Balance de materia		
Caliza (CaCO ₃)	kg	0.7028
Arcilla (SiO ₂ ,Al ₂ O ₃ ,FeO ₃)	kg	0.2181
Silicio	kg	0.0242
Fierro	kg	0.0048
Clínker	kg	0.95
Yeso	kg	0.05
Cemento	kg	1
Balance de energía		
Consumo eléctrico	kJ	461
Diésel	kJ	16
Combustóleo	kJ	3,230
Gas natural	kJ	422
Ilantas	kJ	0
Emisiones al aire		
CO ₂	kg	0.8329
SO ₂	kg	0.0005
NOx	kg	0.002
CO	kg	0.0017
COT	kg	0.0001

Tabla 18. Elaboración propia

Para el cálculo de las cantidades de materia prima fue necesario investigar la producción anual, para multiplicarla por la composición típica de clínker en México (Cámara Nacional del Cemento, 2007), de este modo se conoce la

cantidad de caliza, arcilla y agregados requeridos. Posteriormente, se efectuó la suposición de que el cemento contiene un 5% de yeso, según Leighou (1953) y Carvalho (2001), con esto es posible obtener la cantidad de yeso agregado para completar la formulación del cemento.

Cabe señalar que no se hace distinción del tipo de cemento, ya que, al tomar el dato de producción total, se incluyen todas las variedades producidas; sin diferenciar al Cemento Portland Ordinario, el cual es el más empleado en la industria de la construcción.

Inventario del Acero.

Para empezar, debe decirse que el acero es un producto que no se encuentra de forma natural en el planeta, sino que es extraído de minerales. Se utilizan 2 tipos de Minerales de Hierro, las Granzas y los Pellets Básicos. El acero es una aleación de hierro que contiene un 0.04 y un 2,25% de carbono y a la que añaden elementos como níquel, cromo, manganeso, silicio o vanadio entre otros.

La primera etapa consiste en reducir el mineral de hierro para obtener el arrabio (componente resultante). Este proceso se lleva a cabo en hornos de gran poder de calentamiento llamados “altos hornos”. Allí se vierten los minerales de hierro, la caliza y el coque y se calienta el horno a una temperatura de 1,000°C, aproximadamente. En este punto, se facilita la combustión del coque, generando elevadas temperaturas y gases reductores que actúan sobre el mineral y la caliza, transformándolos en arrabio y en escoria, respectivamente.

La segunda etapa consiste en llevar el arrabio a la acería donde se realiza su refinación. Este proceso consiste en emplear oxígeno para remover el exceso de carbono en el arrabio. A alta temperatura, los átomos de carbono (C) disueltos en el hierro fundido se combinan con el oxígeno para producir monóxido de carbono gaseoso y de este modo remover el carbono mediante el proceso de oxidación. Ya en este punto, se tiene acero líquido, el cual es enviado a un proceso de metalurgia

secundaria y luego al vaciado de colada continua de planchones o palanquillas según su composición química.

Esta tercera etapa consiste en transformar el acero líquido en los diferentes tipos de productos que se comercializan. Entre ellos se encuentran: las palanquillas, que son varillas de acero utilizadas en la construcción, productos tubulares de gran diámetro, y planos laminares utilizados para la construcción de entrepisos.

En este punto es importante resaltar que el acero en comparación con el hormigón es mucho más amigable con el medio ambiente, y por ello considero que es mucho mejor utilizar el acero en los procesos de construcción.

En primer lugar, el acero es un material 100% reciclable. Aunque su proceso de producción inicial implica un consumo energético y emisiones de gases relativamente altos, el acero, después de que se ha producido, tiene una ventaja infinitamente alta con respecto al hormigón y es que este se puede reutilizar sin tener que hacer el proceso desde el principio. Es decir, que cuando ya se tiene el acero, simplemente se funde y se vuelve a moldear para obtener otro producto sin tener la necesidad de producirlo desde el proceso de transformación de los minerales de hierro. Por cada tonelada de chatarra usada para la producción de acero nuevo, se están conservando 2 mil 500 libras de mineral de hierro, mil 400 libras de carbón y 120 libras de cal.

En comparación con el hormigón que después de haberse fraguado no se puede reutilizar, el acero si presenta esta posibilidad. El acero es un material que tiene mayores facilidades de moldeado, tiene menor consumo energético cuando se vuelve un prefabricado y en cuanto a las posibilidades de diseño es un material mucho más manejable, lo que abre el campo para experimentar con formas y volúmenes no convencionales. El acero es un material que se presta a la innovación del diseño arquitectónico

PRODUCTO	UNIDAD	
UNIDAD FUNCIONAL 1TON ACERO	PROMEDIO	
Balance de materia		
Mineral de hierro	kg	1400
Carbón	kg	800
Piedra caliza	kg	300
Emisiones al aire		
CO₂ materias primas	ton	2.8
CO₂ electricidad y vapor	ton	0.65
CO₂ emisiones directas	ton	0.36

3.81

Tabla 19. Materia prima requerida para la producción de 1ton de acero.

Inventario del Ladrillo

En el caso de las ladrilleras artesanales se emplearon datos de la tesis “Desarrollo de un horno para la producción industrial y artesanal de ladrillos” (45) para la elaboración del balance de materia y para el cálculo de las emisiones de CO₂, en el primer caso también se acudió a las ladrilleras artesanales para verificar que los datos correspondan con el proceso real.

Los datos se encuentran adaptados a México y son consistentes con el proceso de elaboración artesanal, se emplearon en el cálculo de emisiones al aire (exceptuando el CO₂), para este punto se empleó la relación entre litros de combustóleo empleados y kg de CO₂ emitidos (45).

En el apartado de transporte de materia prima se asumió un transporte de 8 km a la redonda como un promedio por la región en que se localizan los cerros de donde se extrae la materia, con excepción del agua que se toma de las instalaciones de agua potable de la casa en donde se encuentra el horno.

UNIDAD FUNCIONAL	UNIDAD	
1 pieza		Ladrillera artesanal
Balance de materia		
Agua	kg	0.33
Arcilla	kg	1.254
Arena	kg	0.726
Limo	kg	0.22
Ladrillo húmedo	kg	2.908
Ladrillo seco	kg	2.2
Balance de energía		
Consumo eléctrico	kWh	0
Diésel	kJ	0
Gasolina	kJ	0
Gas natural	kJ	0
Combustóleo	kJ	4032
Emisiones al aire		
Partículas sedimentables	kg	0.101
PM 10	kg	0.0432
PM 2.5	kg	0
SO ₂	kg	0.0044
Nox	kg	0.001
COV	kg	0
CO ₂	kg	0.2928
CO	kg	0.0001
Agua		
Sólidos totales disueltos	kg	0
Residuos solidos		
Bolsas de papel	kg	0
Diésel (lub)	kg	0

Transporte materia prima		
Agua		
km recorridos viaje redondo	km	0
Capacidad camión agua	kg	0
Rendimiento	km/L	0
Consumo total	kJ	0
Consumo / pieza	kJ/pza	0
Arcilla		
km recorridos viaje redondo	km	10
Capacidad camión	kg	12000
Rendimiento	km/L	2.5
Consumo total	kJ	157,440
Consumo / pieza	kJ/pza	16.45
Arena		
km recorridos viaje redondo	km	10
Capacidad camión	kg	12000
Rendimiento	km/L	2.5
Consumo total	kJ	157,440
Consumo / pieza	kJ/pza	9.53
Limo		
km recorridos viaje redondo	km	10
Capacidad camión	kg	12000
Rendimiento	km/L	2.5
Consumo total	kJ	157,440
Consumo / pieza	kJ/pza	2.89

Tabla 20. Inventario para ladrillo.

Inventario del Block

En el caso de las emisiones al aire se emplearon factores de emisión adaptados para México, en el caso del block, los factores son únicamente en función de las toneladas de material producido, por lo que la desviación en este parámetro se debe únicamente al peso promedio de cada block, al producir un menor número de piezas con el mismo tonelaje se observa un incremento en la cantidad de emisiones resultantes.

Por el lado de los desechos sólidos, solo se contemplaron las bolsas de cemento vacías.

Finalmente, en lo relacionado al transporte de la materia prima se consideró la distancia entre el lugar donde se extrae el material y la empresa productoras de block, considerando un viaje de ida y vuelta.

El término ND (No Disponible) fue empleado en los datos referentes a emisiones de sólidos totales al agua, debido a que no fue posible realizar esta medición.

Adicionalmente a los valores calculados anteriormente se agregó el consumo energético y las emisiones al aire correspondientes a la cantidad de cemento empleado en el proceso tabla 21.

UNIDAD FUNCIONAL 1 PIEZA		
PRODUCTO	UNIDAD	
Block hueco 12x20x40	Piezas	1
Balance de materia		
Agua	kg	0.34
Arena	kg	4.472
Tepecil	kg	4.685
Cemento	kg	0.833
HCl	kg	0
Ca(OH) ₂	kg	0

Producto Húmedo	kg	10.33
Producto Seco	kg	9.99
Balance de energía		
Consumo eléctrico	kJ	577.31
Diesel	kJ	187.55
Combustóleo	kJ	2690.2
Llantas	kJ	0
Gasolina	kJ	0
Gas natural	kJ	1979
Gas L.P.	kJ	508.138
Emisiones al aire		
Partículas sedimentables	kg	0.00131
PM 10	kg	0.00075
SO2	kg	0.00043
CO	kg	0.00142
Nox	kg	0.00166
CO2	kg	0.69378
Emisiones al agua		
Sólidos totales	kg	ND
Residuos Sólidos		
Bolsas de papel	bolsas	0
Transporte materia prima		
Agua		
km recorridos viaje redondo	km	10
Capacidad camión agua	kg	8000
Rendimiento	km/L	2.5
Consumo total	kJ	157440
Consumo / pieza	kJ/pza	6.6912
Arena		
km recorridos viaje redondo	km	134

Capacidad camión arena	ton	40.89
Capacidad camión arena	m3	30
Rendimiento	km/L	1.8
Consumo total	kJ	2930133.33
Consumo / pieza	kJ/pza	320.50797
Tepecil		
km recorridos viaje redondo	km	304
Capacidad camión tepecil	ton	20.241
	m3	30
Rendimiento	km/L	1.8
Consumo total	kJ	6647466.67
Consumo / pieza	kJ/pza	1538.6614
Cemento		
km recorridos viaje redondo	km	146
Capacidad camión cemento	ton	35
Rendimiento	km/L	1.8
Consumo total	kJ	3192533
Consumo / pieza	kJ/pza	75.982

Tabla 21. Elaboración propia.

Inventario de agregados pétreos

Los datos de inventario de este insumo incluyen todo el proceso de obtención de la grava (sin triturar) y de la arena en conjunto, por cantidades de 0.65 kg y 0.35 kg respectivamente. Considera únicamente las entradas de energía proveniente de electricidad, calor y combustibles, al igual que el consumo de agua en los procesos internos como el transporte y la maquinaria tabla 22.

Datos de inventario de la extracción de la grava y arena		
Entradas	Grava redonda y arena	Unidad
Diésel, quemada en la máquina de construcción	0.014699	MJ
Electricidad, voltaje medio	0.0027199	kWh
Calor, que no sea gas natural	0.0024399	MJ
Aceite lubricante	0.00000185	kg
Agua del grifo	0.010099	kg
Agua de origen no especificado	0.00138	m ³

Tabla 22. Inventario de la extracción de los agregados pétreos

Inventario vigueta

En el caso de la vigueta de alma abierta esta puede ser fabricada con una menor inversión de equipo ya que posee una estructura de varilla y alambión sobre la cual es colada una mezcla de concreto, mientras que, en el caso de la vigueta pretensada, se emplea un alambión de alta resistencia a la tensión el cual como su nombre lo indica es pre-tensado con maquinaria especial para este fin, posteriormente se cuela una mezcla de concreto dando forma a la vigueta.

Debido a diferencias entre ambos tipos de vigueta solo se consideraron las viguetas de alma abierta, ya que son las más utilizadas empleando como unidad funcional un metro vigueta.

UNIDAD FUNCIONAL	UNIDAD	
1 M. LINEAL	piezas	
Vigueta Peralte 16	m lineales	
	Balance de materia	
Agua	kg	1.9
Arena	kg	2.42
Grava	kg	4.98
Cemento	kg	2.5
Varilla 3/8in	kg	1.087
Varilla 1/2in	kg	0.953
Varilla 3/16in	kg	0.197
Total Húmedo	kg	14.036
Total Seco	kg	12.136
Balance de energía		
Consumo eléctrico	kJ	1189.32
Diésel	kJ	41.13
Combustóleo	kJ	8073.82
Gasolina	kJ	0
Gas natural	kJ	1056
Gas L.P.	kJ	0
Emisiones al aire		
Partículas Sedimentables	kg	0.00154
SO ₂	kg	0.00128
CO	kg	0.00428
Nox	kg	0.00499
PM-10	kg	0.00088
CO ₂	kg	2.082168
Sólidos totales disueltos	kg	ND
Residuos Sólidos		
Bolsas de papel	bolsas	0.05
Diésel (lub)	L	0.071

Tabla 23. Inventario Vigueta alma abierta

Inventario Bovedilla

Para realizar el inventario de bovedilla se escogieron Bovedilla 15x 30 x 40.

UNIDAD FUNCIONAL	UNIDAD	
1 pieza	Piezas	
	Bovedilla Peralte 16	
Balance de materia		
Agua	kg	2.331
Arena	kg	5.674
Tepecil	kg	8.668
Cemento	kg	1.196
HCl	kg	0
Ca(OH) ₂	kg	0
Balance de materia		
Total Húmedo	kg	17.869
Total Seco	kg	15.538
Balance de energias		
Consumo eléctrico	kJ	1147.8
Combustóleo	kJ	3861.39
Diesel	kJ	193.52
Gasolina	kJ	0
Gas natural	kJ	505
Gas L.P.	kJ	508.13795
Emisiones al aire		
Partículas sedimentables	kg	0.00227
SO ₂	kg	0.00061
CO	kg	0.00204
Nox	kg	0.00239
PM 10	kg	0.0013

CO2	kg	0.99582
Emisiones al agua		
Sólidos totales disueltos	kg	ND
Residuos Sólidos		
Bolsas de papel	kg	0

Tabla 24., Inventario Bovedilla.

Fase de producción.

En base en lo establecido en la norma ISO 14044 se creó la representación gráfica de los materiales que se analizarán. Cabe mencionar que debido a la similitud en la producción de bovedilla y block estos serán representados en un solo árbol.

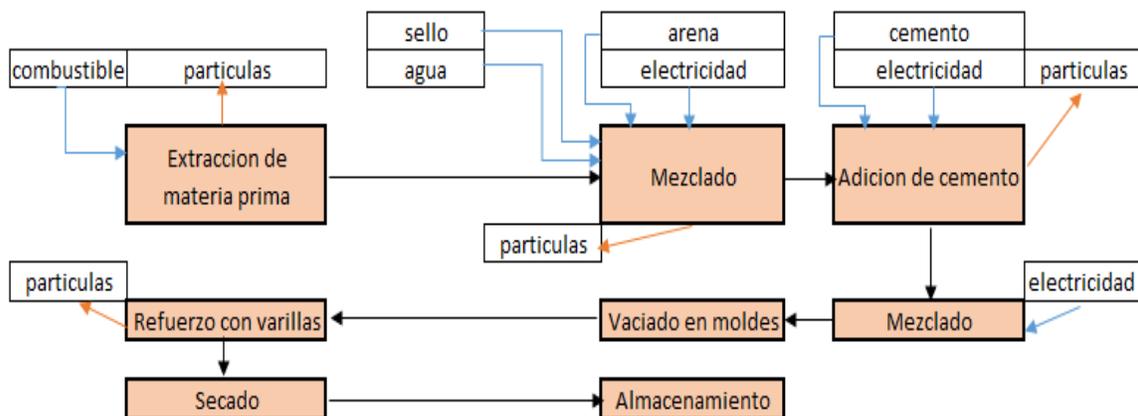


Figura 16. Proceso de fabricación vigueta, elaboración propia.

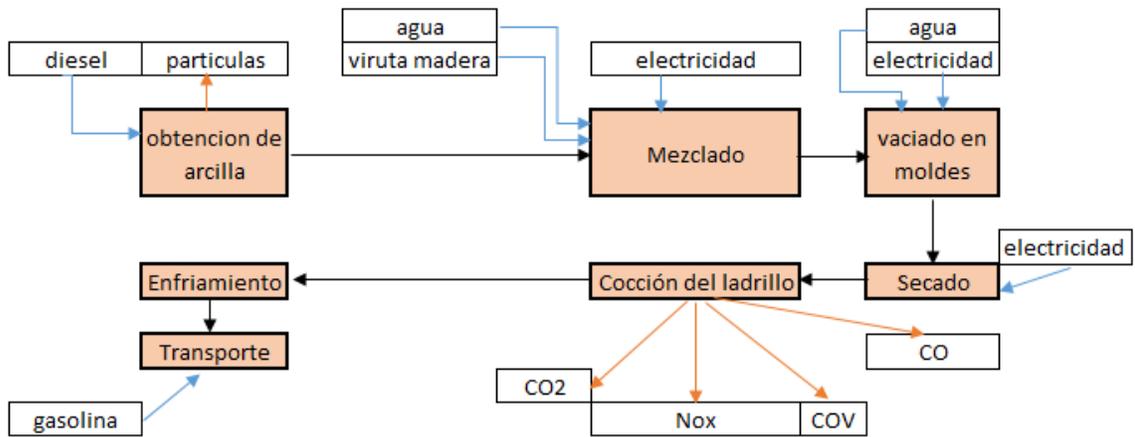


Figura 17. Proceso fabricación de ladrillo, elaboración propia.

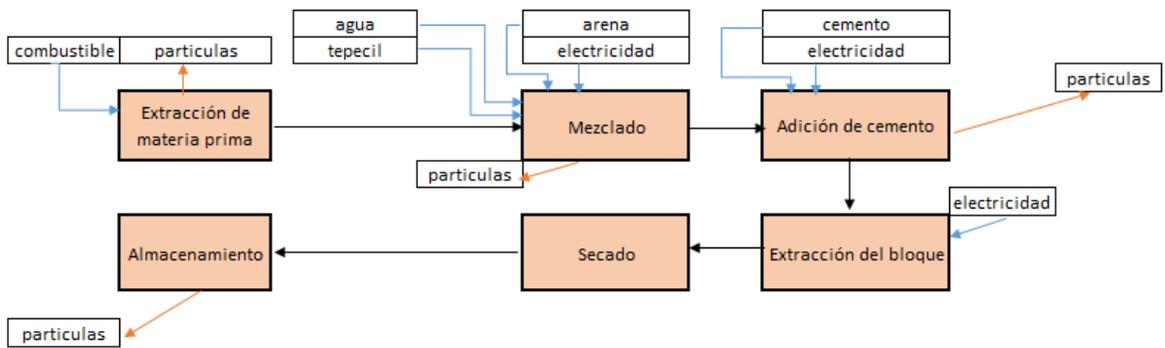


Figura 18. Proceso de fabricación de bovedilla y block, elaboración propia.

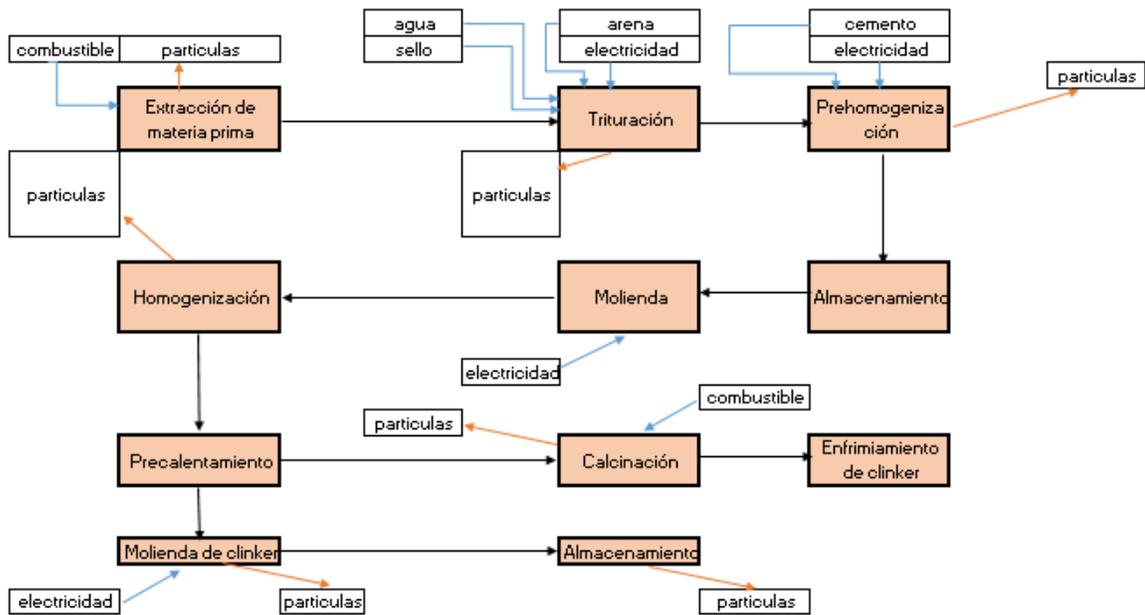


Figura 19. Proceso de fabricación de cemento, elaboración propia.

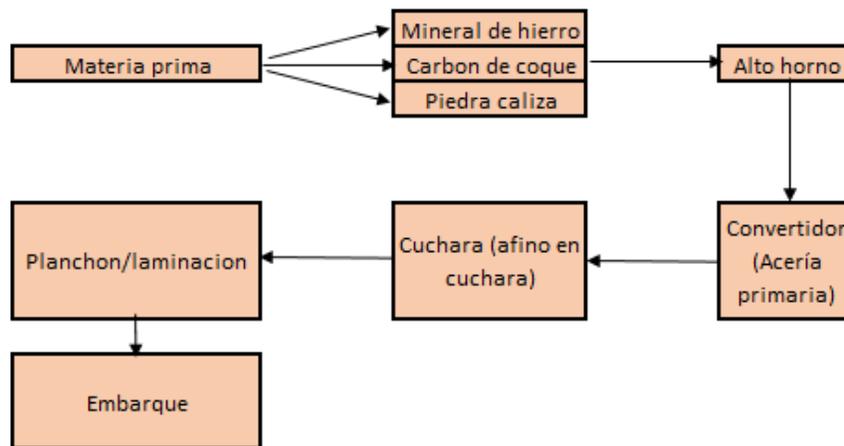


Figura 20. Proceso de fabricación de acero, elaboración propia.

Fase de transporte.

En este apartado se seleccionaron las fábricas de producción de los materiales tomando en cuenta las distancias en km del punto de embarque a la ciudad de Culiacán. Cabe mencionar que se consideró como punto de embarque la ubicación

mencionada en las páginas web de los proveedores y se utilizó la herramienta Mappir México que se encuentra bajo normas SCT. Se presentan los recorridos en el apartado de anexos.

Como resultado del uso de Ecoinvent se tienen los resultados de emisiones, tomando en cuenta los datos de inventario del transporte de materiales.

Material	Tipo de transporte	Km recorridos
Acero	Terrestre	1159.25
Agregados pétreos	Terrestre	12.45
Vigueta	Terrestre	787.67
Bovedilla	Terrestre	787.67
Cemento	Terrestre	720.53
Ladrillo	Terrestre	18.05
Block	Terrestre	4.25

Tabla 25 Acarreo de materiales, elaboración propia.

3.6 Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (EICV)

La tercera etapa del ACV comprende la evaluación de impacto estos se obtienen de los resultados del inventario de ciclo de vida, con el fin de encontrar los principales impactos generados.

“En los últimos años, el aumento significativo de la conciencia por la protección del medio ambiente ha puesto de manifiesto la necesidad de que todos los sectores productivos, incluyendo el constructivo, concentren sus esfuerzos en controlar y reducir sus participaciones en las acciones que contribuyan a dañar al medio ambiente, dado la limitada capacidad soporte de nuestro planeta.” (34)

Cabe mencionar que existen dos métodos de evaluación de impactos la opción de analizar el efecto último del impacto ambiental (*endpoint*), o bien, considerar los efectos intermedios (*midpoints*).

Metodologías midpoints o de impacto de efecto intermedio:

Éstas proporcionan una información más detallada de qué manera y en qué punto se afecta el medio ambiente.

Metodologías endpoints:

Las categorías de impacto finales son variables que afectan directamente a la sociedad, por tanto, su elección resultaría más relevante y comprensible a escala global.

Por lo anterior descrito el presente estudio contempla las categorías de impacto ambiental intermedias ya que se hallan más cercanas a la intervención ambiental, permitiendo, en general, modelos de cálculo que se ajustan mejor a dicho proyecto.

3.6.1 Selección de categorías de impacto, indicadores de categoría y modelos de caracterización.

Como se ha definido lo primero que debe determinarse es qué categorías de impacto van a ser consideradas, para posteriormente, evaluar la importancia de los potenciales impactos ambientales utilizando los resultados del análisis del inventario.

Para la estimación de los impactos ambientales se ha utilizado la metodología CML 2001 (*Institute of Environmental Sciences Leiden, 2003*), excepto para el consumo de agua. Las categorías evaluadas, así como la unidad de medida empleada se muestran en la tabla 26.

Categorías de impacto ambiental empleadas

Categoría de impacto ambiental	Unidad de medida
Agotamiento de recursos abióticos	kg equivalentes Sb
Consumo de agua	m ³ de agua de riego
Calentamiento global	kg equivalentes CO ₂
Disminución del ozono estratosférico	kg equivalentes CFC11
Acidificación	kg equivalentes SO ₂
Formación de oxidantes fotoquímicos	kg equivalentes C ₂ H ₄
Eutrofización	kg equivalentes NO ₃

El calentamiento global y la destrucción de la capa de ozono son impactos de efecto global. El primero está provocado por el aumento del CO₂ y otros gases emitidos a la atmósfera, como el N₂O liberado por los suelos con exceso de nitrógeno.

Tabla 26 Categorías de impacto, elaboración propia.

3.6.2 Asignación de resultados del ICV

Se ha utilizado la metodología CML 2001 con el software computacional Umberto LCA.

3.6.3 Resultados de Caracterización.

La caracterización, convierte los resultados del inventario a un solo indicador numérico por categoría. En este estudio este procedimiento fue realizado con el método de evaluación de impacto de efecto intermedio “CML 2001” aplicado en el software Umberto LCA.

3.6.4 Resultados de la Evaluación de Impacto de Ciclo de Vida (EICV)

En esta sección comparamos el desempeño de cada uno de los materiales cabe mencionar que para realizar esta comparación es necesario que los elementos cumplan la misma función.

La categoría de impacto en la que participa los contaminantes evaluados son calentamiento global. A partir de la metodología CML 2001 incluida en el software Umberto LCA.

Categoría de impacto	Indicador	Factor de caracterización	Unidades del indicador	Resultado del inventario
Calentamiento global	Potencial de calentamiento global (GWP)	Potencial de calentamiento global de cada gas de efecto invernadero en un horizonte temporal de 100 años	Kg de CO ₂ Equivalente	Emisiones atmosféricas de gases de efecto invernadero (en kg)

Tabla 27 Categoría de impacto analizada en el ACV.

En seguida se muestran los resultados obtenidos a partir del análisis de la comparativa entre los dos sistemas constructivos.

En la siguiente tabla se muestran los resultados de la categoría de impacto producidas por el conjunto de etapas consideradas en el proyecto (extracción de materia prima, producción de materiales, transporte y construcción).

PROGRAMA:	Umberto LCA	Método:	CML 2001	Fecha:	20/09/2018
PRODUCTO:	Emisiones al aire de vivienda block y vivienda tabique	Indicador	Según la caracterización	Resultados:	Evaluación de impactos
PROYECTO:	Predicción y comparación del impacto ambiental del sistema constructivo block y tabique.	Cálculo:	Analizar		
		Categorías omitidas:	Uso y fin de vida		
CATEGORÍA DE IMPACTO AMBIENTAL	INDICADOR DE CATEGORÍA	SISTEMA CONSTRUCTIVO			
		VIVIENDA TABIQUE		VIVIENDA BLOCK	
Calentamiento global	kg CO ₂ eq	6.45E+03		5.09E+03	

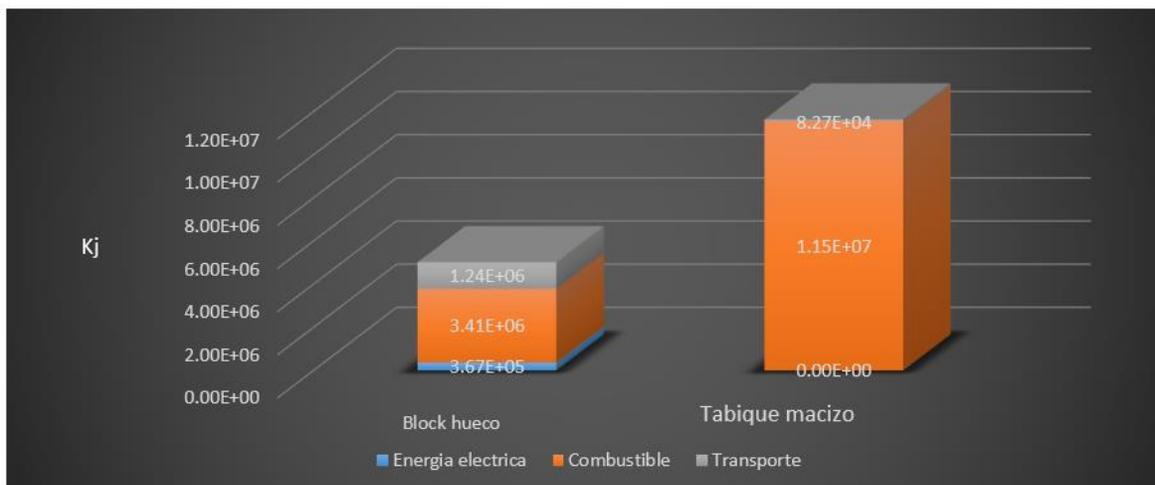
Tabla 28 Resultados ACV.

De la gráfica anterior podemos observar que la vivienda de tabique tiene mayor grado de impacto con respecto a la vivienda de block considerando que la categoría evaluada es calentamiento global.

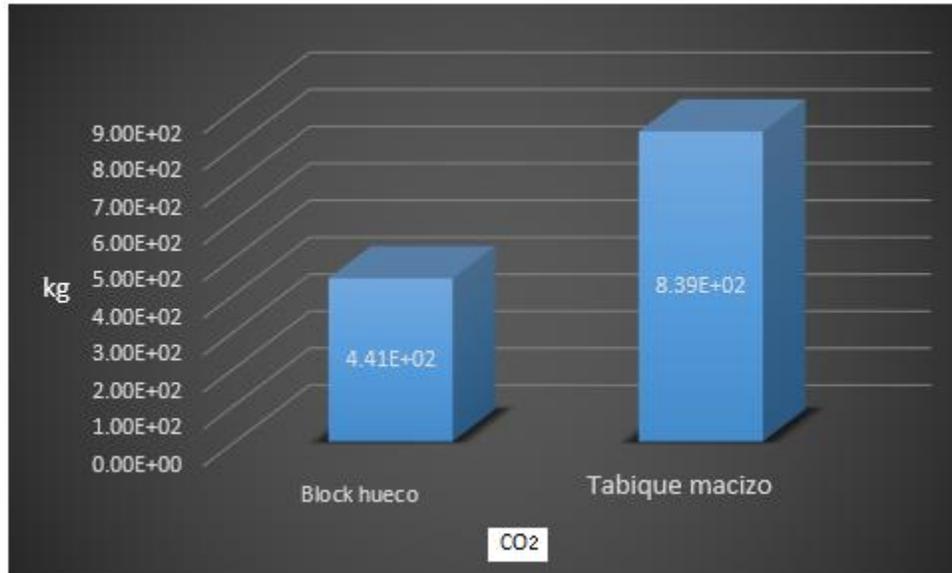
Adicional a la categoría de impactado seleccionada a evaluar se agrega en este capítulo el consumo energético dividido en electricidad, combustible y transporte de materia prima, consumo de agua como materia prima y emisiones de CO₂.

Los valores usados se obtuvieron directamente de los inventarios presentados anteriormente.

En la gráfica 8 se presenta una gráfica comparativa del consumo energético para las variantes estudiadas. El consumo de combustible representa la mayor parte del consumo total, mientras que el consumo eléctrico no aparece para el ladrillo artesanal debido a que no se emplea maquinaria eléctrica. Se observa que para el block el consumo energético por transporte es mayor que para el ladrillo. Esto se debe a la mayor distancia que deben recorrer los materiales requeridos por las boqueras, a diferencia de las ladrilleras cuyo rango de transporte es más local.

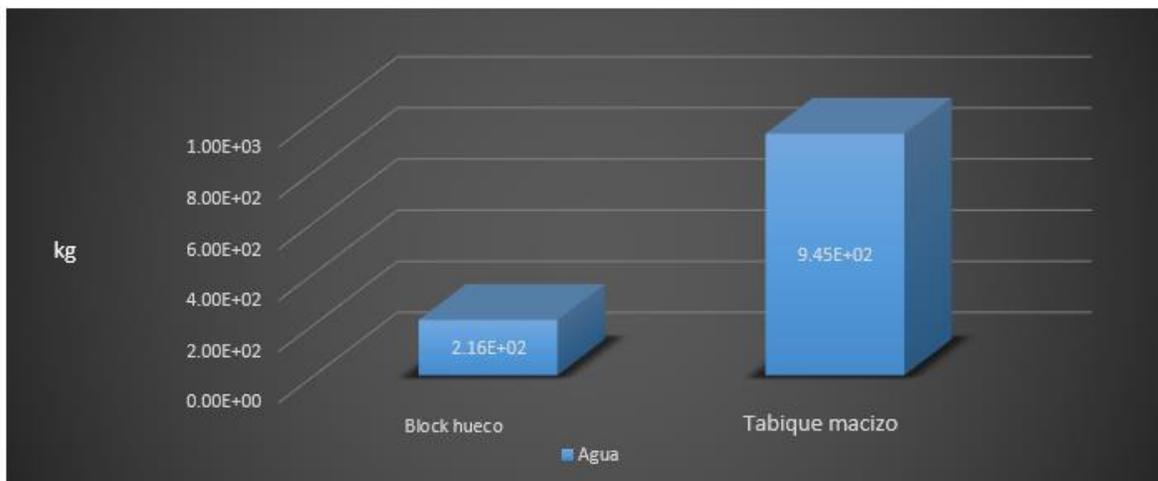


Gráfica 8. Comparativa del consumo energético para las variables estudiadas.



Gráfica 9. Emisión de CO₂

En la anterior se observa la emisión en kilogramos de CO₂. A pesar de que el block emite CO₂ debido al cemento, el ladrillo lo sigue superando. De los dos, el ladrillo macizo o artesanal es el que más emite por pieza producida.



Gráfica 10. Consumo de agua total por piezas de muro de cada sistema.

En el gráfico 10 se presenta el consumo de agua. Claramente el tabique macizo tiene el mayor consumo. El ladrillo requiere más agua para el moldeo que el block

para el fraguado de cemento. Asimismo, las partículas finas de arcilla absorben más agua debido a su mayor área superficial que la arena y el tepecil del block, de menor área.

A continuación, se presentan los resultados por separado de los dos tipos de sistemas constructivos con el propósito de conocer las contribuciones de manera particular para cada uno de los procesos.

Las etapas consideradas son extracción de materia prima, producción de materiales, transporte y construcción.

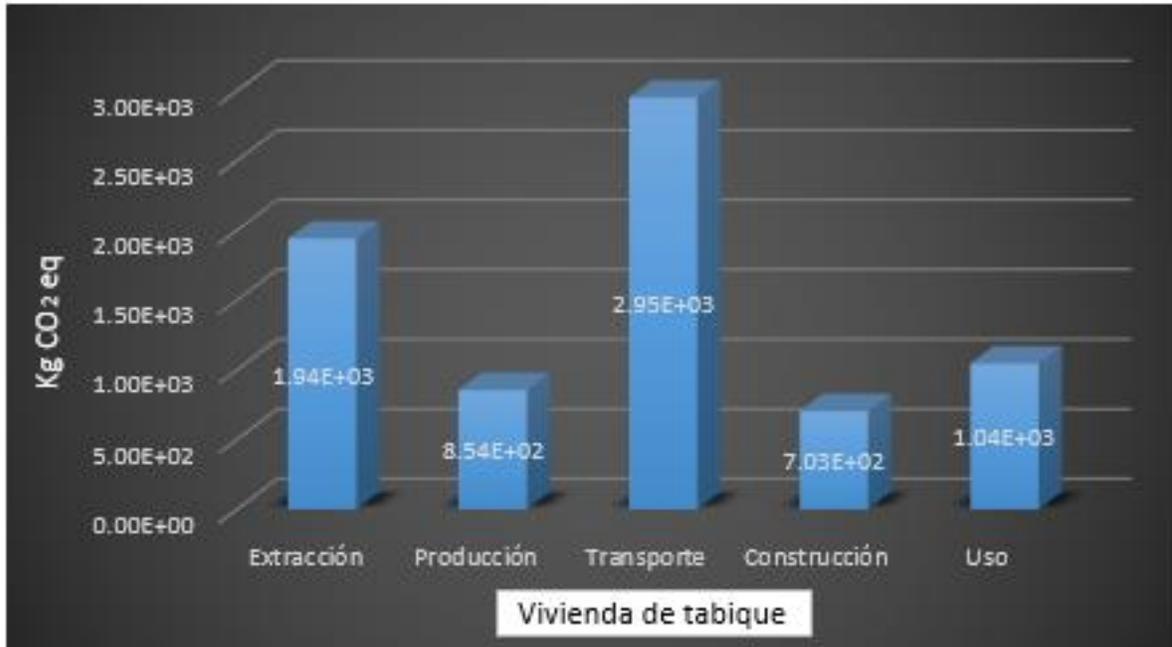
En la tabla 29 se muestra la cantidad de emisiones de la categoría calentamiento global en cada fase analizada.

Se observa que la etapa de transporte de materiales es la que presenta una mayor contribución seguido de la etapa de extracción.

Vivienda tabique:

PROGRAMA:	Umberto LCA	Método:	CML 2001	Fecha:	20/07/2018	
PRODUCTO:	Vivienda tabique	Indicador	Según la caracterización	Resultados:	Evaluación de impactos	
PROYECTO:	Predicción y comparación del impacto ambiental del sistema constructivo block y tabique.	Cálculo:	Analizar			
		Categorías omitidas:	Uso y fin de vida			
CATEGORÍA DE IMPACTO AMBIENTAL	INDICADOR DE CATEGORÍA	ETAPA				
		Extracción	Producción	Transporte	Construcción	Uso
Calentamiento global	Kg CO₂ eq	1.94E+03	8.54E+02	2.95E+03	7.03E+02	1.04E+03

Tabla 29 Resultados ACV por etapas vivienda tabique.



Gráfica 11. Resultados ACV por etapas de la vivienda de tabique.

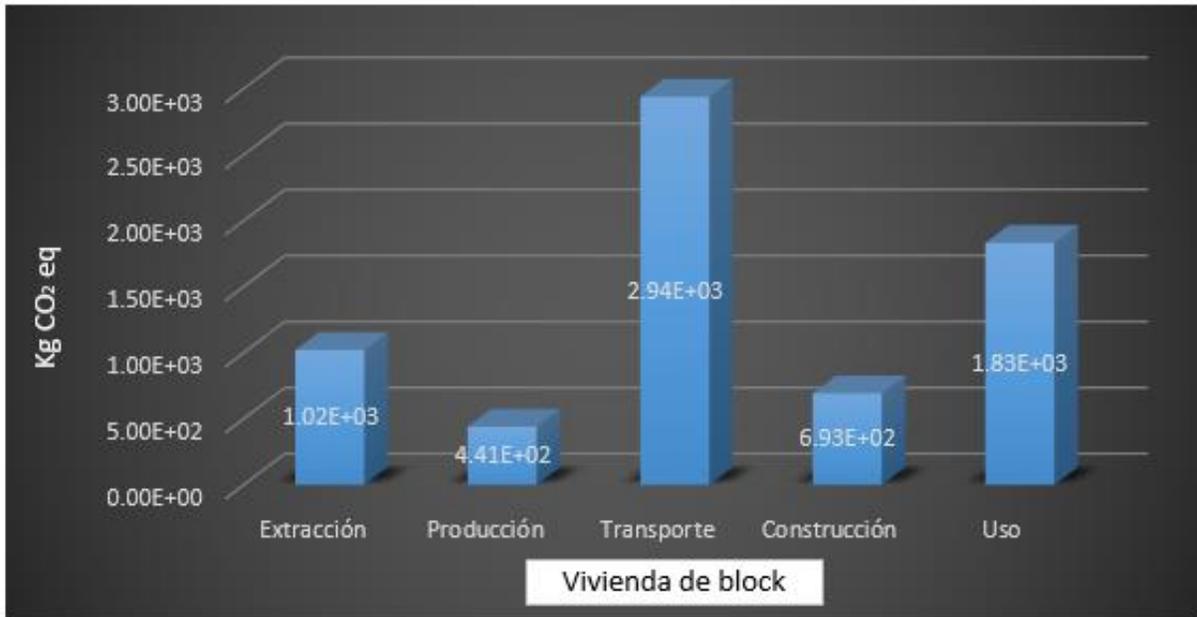
En el caso de la vivienda de tabique podemos mencionar por lo que se observa en el gráfico 11 que la etapa con mayores emisiones de CO₂ eq es la etapa de transporte seguida de la etapa de extracción al final tenemos que la que menos emisiones al aire produce es la etapa de construcción. Analicemos a continuación el siguiente método constructivo.

Vivienda block:

PROGRAMA:	Umberto LCA	Método:	CML 2001	Fecha:	20/07/2018	
PRODUCTO:	Vivienda block	Indicador	Según la caracterización	Resultados:	Evaluación de impactos	
PROYECTO:	Predicción y comparación del impacto ambiental del sistema constructivo block y tabique.	Cálculo:	Analizar			
		Categorías omitidas:	Uso y fin de vida			
CATEGORÍA DE IMPACTO AMBIENTAL	INDICADOR DE CATEGORÍA	ETAPA				
		Extracción	Producción	Transporte	Construcción	Uso
Calentamiento global	Kg CO₂ eq	1.02E+03	4.41E+02	2.94E+03	6.93E+02	1.83E+03

Tabla 30 Resultados ACV por etapas vivienda block.

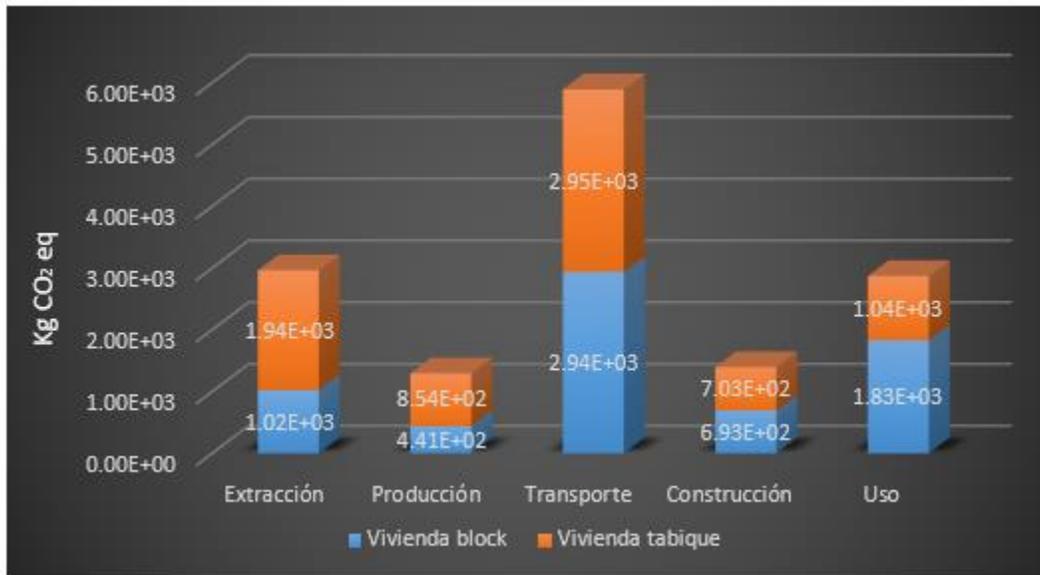
De las actividades analizadas en la tabla anterior para el proceso constructivo de vivienda de block se puede observar que la fase que presenta un mayor impacto es la fase de transporte seguido por la etapa de extracción y por último tenemos que el valor más bajo de las cuatro fases lo tenemos en la etapa de construcción.



Gráfica 12. Resultados ACV por etapas de la vivienda de block.

De la gráfica anterior se puede concluir que la fase de transporte representa la mayor cantidad de emisión en Kg de CO₂ eq. Por arriba del resto de fases analizadas del proceso constructivo de vivienda de block.

Se presenta a continuación una comparativa entre los dos sistemas constructivos para revisar de manera gráfica cada una de las etapas analizadas en este proyecto.



Gráfica 13. Resultados ACV comparativa entre los sistemas constructivos.

De lo anterior resulta claro que la diferenciación entre los sistemas es mínima, las etapas donde podemos detectar una mayor diferencia en cuanto a emisiones de CO₂ eq. son la etapa de extracción y producción con valores más elevados en el sistema constructivo de tabique.

Conductividad térmica.

Como parte importante del proyecto se incorporó el análisis de habitabilidad térmica en la vivienda realizado por la sociedad mexicana de ingeniería estructural (46).

Esto para revisar los parámetros de conductividad térmica para cada uno de los principales materiales de los dos procesos constructivos.

Material	Espesor (m)	Densidad (Kg/m ³)	Conductividad Térmica (W/(m ² °C))
Block hueco	0.15	1700	1.2
Tabique rojo recocido	0.12	2000	0.95

Fuente: 1. CEMEX, 2. Norma NOM-008-ENER-2001, 3. Ecodiseño, Fernando Tudela 1982 AUM-X

De lo anterior podemos apreciar que el block hueco al tener un mayor coeficiente de conductividad térmica que representa la velocidad de transferencia de energía que se da desde el aire exterior al aire interior a través de un muro por unidad de área y diferencia de temperatura unitaria expresada en $W / (m^2 \text{ } ^\circ\text{C})$. (46)

Lo anterior nos indica que un muro de block tiende a transferir la temperatura de mejor manera que el muro de tabique. Por lo que el muro de tabique es mejor aislante térmico.

Para satisfacer el confort térmico mediante el uso de climatización artificial y volviéndose esto un aspecto importante a evaluar en el proyecto es por eso por lo que en este apartado consideraremos el consumo energético por uso de sistemas constructivos para muros, en este caso en particular muros de block y muros de tabique.

Consumo energético.

La intensificación de la actividad humana y el quehacer cotidiano han generado un aumento significativo en la emisión de gases de efecto invernadero.

Atendiendo a ello, en este apartado se estudia la etapa de uso para determinar el consumo de energía de las viviendas con muros de block y muros de tabique en Culiacán, Sinaloa.

Es prudente añadir que dichas emisiones serán estimadas por la calculadora CeroCO₂ (Calculo de huella de carbono por consumo eléctrico). (47)

CeroCO₂ ofrece asistencia en cada una de las etapas de la gestión de la huella de Carbono.

Para ello aplica las normas internacionales más reconocidas como ISO14064 e ISO 14067.

Se tomaron viviendas con características de equipamiento similares.

Vivienda Tabique

Dispositivo	Unidad	Cantidad	Etiqueta amarilla (eficiencia energética)
Mini Split encendido/apagado	pza	2	Si
Refrigerador	pza	1	Si
Televisor	pza	1	Si
Iluminación	pza	9	Ahorraadores fluorescentes

Tabla 31 Elaboración propia. Equipamiento vivienda tabique.

Vivienda Block

Dispositivo	Unidad	Cantidad	Etiqueta amarilla (eficiencia energética)
Mini Split encendido/apagado	pza	2	Si
Refrigerador	pza	1	si
Televisor	pza	1	Si
Iluminación	pza	9	Ahorraadores fluorescentes

Tabla 32 Elaboración propia. Equipamiento vivienda block.

Vivienda tabique

Fecha	kWh	Kg de CO ₂ eq
may-18	178	65.86
jun-18	385	142.45
jul-18	341	126.17
ago-18	461	170.57
sep-18	396	146.52
oct-18	308	113.96
nov-18	249	92.13
dic-18	82	30.34
ene-19	68	25.16
feb-19	70	25.9
mar-19	62	22.94
abr-19	74	27.38
may-19	150	55.5

Tabla 33 Elaboración propia. Consumos mensuales vivienda tabique. Anexo 7

Vivienda block		
Fecha	kWh	Kg de CO ₂ eq
may-18	350	129.5
jun-18	462	170.94
jul-18	720	266.4
ago-18	732	270.84
sep-18	528	195.36
oct-18	596	220.52
nov-18	322	119.14
dic-18	291	107.67
ene-19	144	53.28
feb-19	145	53.65
mar-19	127	46.99
abr-19	150	55.5
may-19	388	143.56

Tabla 34 Elaboración propia. Consumos mensuales vivienda block. Anexo 7

Como resultado final la huella de carbono total de la vivienda de block fue de 1833.35 kg de CO₂ y de la vivienda de tabique es de 1044.88 kg de CO₂.

Por lo anterior podemos decir que el sistema constructivo de tabique presenta un menor consumo energético durante todo el año comparado con el sistema constructivo de block, por lo tanto, la vivienda de tabique emite una menor cantidad de CO₂eq como consta en los resultados obtenidos anteriormente.

Proceso productivo vivienda de block

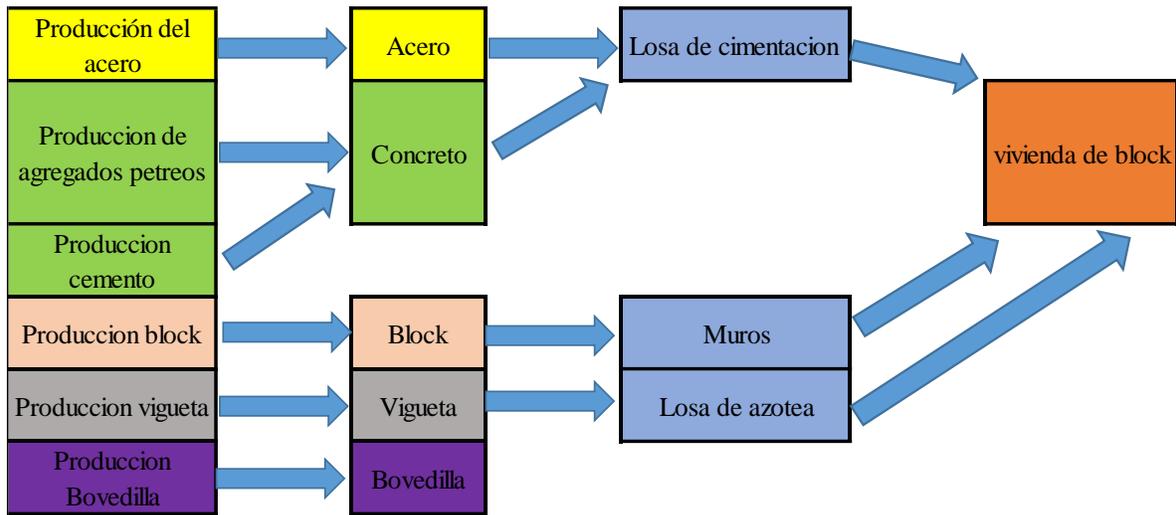


Figura 21. Elaboración propia, proceso productivo usado en software para vivienda de block.

Proceso productivo vivienda de tabique

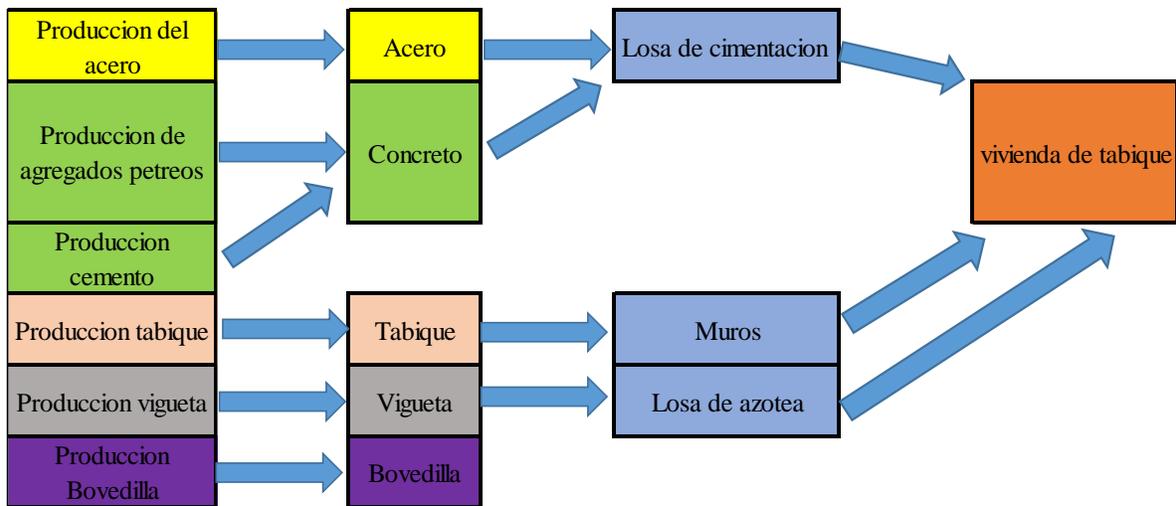


Figura 22. Elaboración propia, proceso productivo usado en software para vivienda de tabique.

3.6.4.1 Interpretación de los resultados

Para lograr identificar las etapas con impactos más significativos en el ciclo de vida de los dos sistemas constructivos de vivienda de interés social tenemos que revisar el anexo 5 en el cual encontramos el análisis numérico de donde se concluye lo siguiente:

- De las cuatro etapas del ciclo de vida analizadas en el estudio, es la etapa de transporte la que tiene una influencia más significativa hablamos de que para la vivienda de tabique tenemos una contribución del 46% y para el caso de la vivienda de block se tiene para esta etapa una contribución del 58%. Con esto se puede ver que los valores representan una fuerte cantidad en lo que respecta a las contribuciones de CO₂ eq.
- La categoría en ambos casos de construcción y producción representan contribuciones bajas en el análisis realizado.

Análisis de integridad: Los datos recabados en el presente análisis, provienen de una base de datos internacionalmente reconocida y aceptada, así como de fuentes bibliográficas y suposiciones. Además, los diagramas de procesos de cada etapa fueron construidos en base a fuentes oficiales de cada tipo de insumo. Por lo anterior, se puede afirmar que el alcance y objetivo, así como con el límite del sistema establecido al inicio del capítulo, se han cumplido y alcanzado satisfactoriamente.

Análisis de sensibilidad:

- Para las 4 categorías de impacto se observa, en general, una similitud en los resultados, por lo cual se establece que los resultados de la presente investigación obtenidos mediante el método CML 2001, son aceptables y se toman como correctos.

Conclusiones, Limitaciones y Recomendaciones del ACV

Para el desarrollo del Análisis de Ciclo de vida de los dos sistemas constructivos de vivienda de interés social se consideraron las cuatro etapas que contribuyen en mayor medida a categoría de sobrecalentamiento global.

De acuerdo con los resultados finales se logra apreciar una apenas pequeña notoriedad apenas visible un mayor impacto de parte del sistema constructivo de tabique.

Por lo que se considera que la conclusión se debe enfocar más en identificar cuáles son las etapas y procesos que tienen la mayor influencia a las contribuciones al ambiente y buscar mitigar ese indicador.

Para los dos casos se identifica que la etapa de transporte es la más nociva del análisis. Sin embargo, no es una etapa de la cual se pueda prescindir en el proceso constructivo de ninguno de los prototipos analizados en este proyecto.

Aunque éstos sean los materiales que más contribución le dan a cada envolvente, es importante que se le tome igual importancia a la gestión de los insumos restantes para poder llevar el impacto ambiental al mínimo.

Hablemos entonces de las distintas etapas analizadas en primera parte tenemos la etapa de extracción la cual depende directamente de la cantidad de materiales a utilizar en los procesos constructivo siendo el control adecuado de materiales la manera con la cual mitigar el impacto.

Aunque las etapas de transporte de materiales y construcción son las que tienen una mayor contribución a las categorías de impacto, igualmente se puede reducir el impacto si se toman consideraciones adecuadas, como implementar mayores controles de procesos constructivos optimizado materiales y realizando el adecuado

almacenamiento de estos y, en el caso del transporte, utilizar insumos preferentemente de la misma región donde se necesiten para evitar mayor traslado posible.

Al final la mayor limitación del proyecto se encontró en la escasa información de estos temas adecuados a México.

Aunque cabe mencionar que todos los datos utilizados son de fuentes confiables y con la calidad suficiente para desarrollar este proyecto.

Se tuvieron también por cuestiones de tiempo y recursos contratiempos que impidieron obtener los datos de primera mano por lo que representan esta y otras investigaciones similares un punto de partida importante para lograr tener una mayor base de datos confiable y adecuada a la región.

Al final podemos decir que, si fue posible desarrollar el Análisis de Ciclo de vida con el objetivo y alcance establecido, asegurando siempre la calidad necesaria para obtener los resultados finales satisfactorios y adecuados.

3.6.5 Análisis del costo de los dos prototipos.

En este apartado podemos revisar los presupuestos de los prototipos seleccionados de vivienda de interés social representativos para el estado de Sinaloa, ambos con las mismas dimensiones únicamente diferenciados por su proceso constructivo uno de block y otro de tabique.

- Sistema constructivo tabique.



ING. MANUEL ROCHA
ING. ALFONSO MIRSHA

1/Jun/2018

DOCUMENTO AE9, CATALOGO DE CONCEPTOS					
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
&1	VIVIENDA				
#1	PRELIMINARES				
0101 RL	Limpeza de terreno con machete, Incluye: cortar arbustos de hasta 1m de 2cm de diametro de tallo, mano de obra, herramienta menor y equipo de seguridad. P.U.O.T.	M2	96.01	\$ 4.62	\$ 443.57
0102 RL	Trazo y nivelación, colocación de niveletas y marcado de líneas con cal, Incluye: madera de pino de tercera, clavos, cal, hilo, materiales, mano de obra, herramienta menor, y equipo de seguridad, y todo lo necesario para su correcta ejecución, P.U.O.T.	M2	35.64	\$ 16.60	\$ 591.62
	Total de PRELIMINARES				\$ 1,035.19
#2	CIMENTACION				
0201 RL	Excavación en material tipo 2 con plico y pala, Incluye: afine de fondo y taludes, mano de obra, herramienta menor, colocando el material a un costado de la cepa y equipo de seguridad y todo lo necesario para su correcta ejecución.	M3	24.29	\$ 207.29	\$ 5,035.07
0212RL	Losa de cimentación en terreno Tipo I A de Concreto 250 Kg/cm2 agregado de 20 mm, cemento normal revenimiento 8 a 10 cm., de 1.00 mts de ancho, peralte de 12 cms , plantilla de 0.05 mts de espesor, doble armado con acero de refuerzo # 4 @ 0.2 mts en ambos sentidos en el lecho inferior y # 2.5 @ 0.20 mts en ambos sentidos en el lecho superior, contratrabe de concreto sección 0.15 X 0.30 armado con acero de refuerzo 4 # 4 y 2 # 3 de diametro y 1 estribo del # 2, separado @ 0.20 mts, 4 # 4 y 2 # 3 de diametro, 0 Incluye: cimbra común, mano de obra, herramienta menor,	m2	45.38	\$ 891.46	\$ 40,454.45
0207 RL	Incluye : habilitado, cimbrado y descimbrado, acarreo de todo el	M2	19.48	\$ 69.19	\$ 1,347.82
0208 RL	Relleno con material producto de excavación compactado con pison de mano en capas de 20cm, Incluye: Incorporación de humedad, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad y todo lo necesario para su correcta ejecución P.U.O.T.	M3	16.97	\$ 140.05	\$ 2,376.65
0209 RL	Relleno con material de banco compactado con ballarina en capas de 20cm, Incluye: Incorporación de humedad, mano de obra, herramienta menor, equipo, equipo de seguridad y todo lo necesario para su correcta ejecución P.U.O.T.	M3	5.71	\$ 66.21	\$ 378.06
	Total de CIMENTACION				\$ 49,592.05

#3 MUROS, CADENAS Y CASTILLOS

0301 RL	Muro a base de tabique de barro recocido de medidas 7x14x28 cms, pegado con mortero, cal, arena 1:3 reforzado con 50kg de cemento por m3, boquilla de 1.5cm de espesor, incluye: mano de obra, material, herramienta menor, desperdicios, equipo de seguridad y todo lo necesario para su correcta ejecucion P.U.O.T.	M2	54.78	\$ 244.84	\$ 13,412.34
0302 RL	Castillos (K-1) reforzado con 4 varillas de #3 de (3/8"), estribos de alambren de (1/4") a cada 20cms, con concreto fc=150kg/cm2 cimbra de madera con acabado comun, incluye: colado, vibrado, desperdicio, habilitado, colocacion de acero, alambre recocido, herramienta menor, retiro de cimbra y todo lo necesario para su correcta ejecución P.U.O.T.	ML	36.66	\$ 222.40	\$ 8,153.18
0303 RL	Dala de cerramiento (DC-1) reforzada con 4 varillas de #3 de (3/8"), estribos de alambren de (1/4") a cada 20cms, con concreto fc=150kg/cm2 cimbra de madera con acabado comun, incluye: colado, vibrado, desperdicio, habilitado, colocacion de acero, alambre recocido, herramienta menor, retiro de cimbra y todo lo necesario para su correcta ejecucion P.U.O.T.	ML	35.43	\$ 257.79	\$ 9,133.50
0304 RL	Enrase de 30 cms de altura a base de tabique de barro recocido de medidas 7x14x28 cms, pegado con mortero, cal, arena 1:3 reforzado con 50kg de cemento por m3, boquilla de 1.5cm de espesor, incluye: mano de obra, material, herramienta menor, desperdicios, equipo de seguridad y todo lo necesario para su correcta ejecucion P.U.O.T.	M	33.48	\$ 84.52	\$ 2,829.73



DOCUMENTO AE9, CATALOGO DE CONCEPTOS					
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Total de MUROS, CADENAS Y CASTILLOS					\$ 33,528.75
#4	LOSAS, COLUMNAS Y TRABES				
0402RL	Losa aligerada de 25 cm de espesor, reforzada con varilla del #3 y #4 con concreto $f_c=250\text{kg/cm}^2$, bobedilla de 60x40x20 cms Incluye: andamios, habilitado, armado y colocación de acero, traslapes, ganchos, desperdicios, cimbra de madera, elevación de concreto, acabado planeado, retiro de cimbra, curado, vibrado, mano de obra, materiales, equipo de seguridad, equipo, herramienta menor, revolvedora y todo lo necesario para su correcta ejecución P.U.O.T.	m2	45.38	\$ 1,375.39	\$ 62,415.20
Total de LOSAS, COLUMNAS Y TRABES					\$ 62,415.20
#5	ACABADOS DE AZOTEA				
0501 RL	Pretil de 20cms de altura a vase de muro de tabique recocido de 7x14x20cms asentado con mortero, Incluye: materiales, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad, equipo de trabajo y todo lo necesario para su correcta ejecución. P.U.O.T.	M	26.60	\$ 57.03	\$ 1,517.00
0502 RL	Entortado de 8cms de espesor a base de mortero, arena, arena 1:3, Incluye: flotado de diamantes, relleno con jal, andamios, elevación de materiales, desperdicios, herramienta menor, mano de obra, equipo de seguridad y todo lo necesario para su correcta ejecución P.U.O.T.	M2	41.39	\$ 233.80	\$ 9,676.98
0503 RL	Chafan sección triangular con 10cms de espesor, con mortero arena 1:3, Incluye: andamios, elevación de materiales, desperdicios, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad y todo lo necesario para su correcta ejecución P.U.O.T.	M	26.60	\$ 51.67	\$ 1,374.42
0504 RL	Base para tinaco de 1.20x1.20x0.30 m (chechar detalle) a vase de muro de tabique, relleno con jal, losa de concreto $f_c=100\text{kg/cm}^2$, reforzado con malla electro soldada 6-0 / 10-10, Incluye: cimbra, andamios, herramienta menor, desperdicios, materiales, equipo de seguridad y todo lo necesario para su correcta ejecución P.U.O.T.	M3	1.00	\$ 1,096.99	\$ 1,096.99
0505 RL	BAJANTE DE 30 CM DE LONGITUD CON TUBO DE PVC 3" INCLUYE: TUBO PVC DE 3", MATERIALES, MANO DE OBRA, P.U.O.T.	PZA	2.00	\$ 64.68	\$ 129.36
0506 RL	GOTERO FORJADO CON MORTERO CEMENTO-ARENA 1:3, INCLUYE: REGLAS, ANDAMIOS, DESPERDICIOS, MATERIALES, MANO DE OBRA, P.U.O.T.	M	19.48	\$ 96.04	\$ 1,870.86
0507 RL	IMPERMEABILIZACION DE LOSA DE AZOTEA CON IMPERMEABILIZANTE ELASTOMERICO MARCA IMPAC O SIMILAR, INCLUYE: LIMPIEZA DE SUPERFICIE, SELLADO DE GRIETAS CON CEMENTO PLASTICO, PRIMER, MENBRANA DE REFUERZO, 2 CAPAS DE IMPERMEABILIZANTE, ANDAMIOS, DEPERDICIOS, MATERIALES, MANO DE OBRA, P.U.O.T	M2	41.39	\$ 100.57	\$ 4,162.59
Total de ACABADOS DE AZOTEA					\$ 19,828.20
#6	PISOS Y GUARNICIONES				
0601 RL	Firme de 8cms de espesor, concreto $f_c=150\text{kg/cm}^2$ Incluye: refuerzo con malla electrosoldada 6-6 / 10-10, desperdicios, materiales, mano de obra, herramienta menor, materiales, concreto hecho en obra, mano de obra, equipo de seguridad y todo lo necesario para su correcta ejecución P.U.O.T	M2	33.73	\$ 284.99	\$ 9,612.71
0602 RL	Piso de cerámica de 33x33cm asentado con pegazulejo boquilla de 3mm Incluye: emboquillado, remate, recortes, desperdicios, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad. P.U.O.T.	M2	29.27	\$ 296.79	\$ 8,687.04
0603 RL	Zoco de cerámica de 7cm de altura asentado con pegazulejo. Incluye: emboquillado, remate, recortes, desperdicios, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad. P.U.O.T	M	36.55	\$ 54.37	\$ 1,987.22
0604 RL	Piso de 10cm de espesor acabado escobillado remate con volteador concreto $f_c=150\text{kg/cm}^2$ en losas. Incluye:malla electrosoldada 6-6/10-10 fabricación de concreto, materiales, desperdicios, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad, equipo. P.U.O.T.	M2	11.23	\$ 357.52	\$ 4,014.95



DOCUMENTO AE9, CATALOGO DE CONCEPTOS					
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
0605 RL	Guarnición de 15x30cm de concreto simple $f_c=150\text{kg/cm}^2$ cimbra de madera acabado común Incluye: materiales, mano de obra, desperdicios, herramienta menor, equipo de seguridad, y todo lo necesario para su correcta ejecución. P.U.O.T.	M3	19.80	\$ 167.36	\$ 3,313.73
Total de PISOS Y GUARNICIONES					\$ 27,615.65
#7	RECUBRIMIENTOS Y ACABADOS				
0701 RL	Aplanado en muros y plafones de 2.5cm de espesor promedio con mortero cal:arena 1:3 reforzada con 50kg de cemento por m3. Incluye: andamios, remates, filos, boquillas, materiales, desperdicios, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad. P.U.O.T.	M2	212.79	\$ 122.12	\$ 25,985.91
0702 RL	Azulejo de 20x30cm marca Interperamic o similar Incluye: pegazulejo, emboquillado, desperdicios recortes, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad. P.U.O.T.	M2	20.29	\$ 294.88	\$ 5,983.12
Total de RECUBRIMIENTOS Y ACABADOS					\$ 31,969.03
#8	HERRERIA Y CANCELERIA				
0801 RL	Puerta (P-1) de 1.0x2.10m construido a base de perfiles tipo PROLAMSA, Incluye: marco, bisagras de libro de 3", chapa tipo fanal, marco, materiales, soldadura 6011, desperdicios, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad. P.U.O.T.	PZA	3.00	\$ 2,074.41	\$ 6,223.23
0802 RL	Puerta (P-2) de 0.70x2.10m construido a base de perfiles tipo PROLAMSA, Incluye: marco, bisagras de libro de 3", chapa tipo fanal, marco, materiales, soldadura 6011, desperdicios, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad. P.U.O.T.	PZA	1.00	\$ 1,878.20	\$ 1,878.20
0803 RL	Ventana (V-1) de 1.0x1.0m de canceleria de aluminio en línea de 2" (corrediza) vidrio de 6mm, anonizado natural. Incluye: colocación, recortes, suministro de materiales, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad. P.U.O.T. (Ver detalle)	PZA	4.00	\$ 1,552.02	\$ 6,208.08
0804 RL	Ventana (V-2) de 0.6x1.0m de canceleria de aluminio en línea de 2" (corrediza) vidrio de 6mm, anonizado natural. Incluye: colocación, recortes, suministro de materiales, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad. P.U.O.T. (Ver detalle)	PZA	4.00	\$ 981.79	\$ 3,927.16
0805 RL	Protección de herrería con marco de PTR de 1" calibre (verde) varilla cuadrada de 1/2" acada 12.5cm en forma vertical y a cada 25cm en forma horizontal. Incluye: soldadura, desperdicios, materiales, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad y todo lo necesario para su correcta ejecución. P.U.O.T.(verdetalle)	m	1.60	\$ 599.34	\$ 958.94
Total de HERRERIA Y CANCELERIA					\$ 19,195.61
#9	INSTALACIONES SANITARIAS				
0901 RL	Ramaleo para alimentación hidráulica para tinaco. Incluye: tubería de CPVC de 1/2", pegamento, ranuras, resanes conexiones, desperdicios, materiales, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad. P.O.U.T.	SALIDA	1.00	\$ 481.96	\$ 481.96
0902 RL	Ramaleo para alimentación hidráulica para inodoro. Incluye: tubería de CPVC de 1/2", pegamento, manguera alimentadora, ranuras, resanes conexiones, desperdicios, materiales, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad. P.O.U.T.	SALIDA	1.00	\$ 516.87	\$ 516.87
0903 RL	Ramaleo para alimentación hidráulica para lavabo. Incluye: tubería de CPVC de 1/2", pegamento, ranuras, resanes conexiones, desperdicios, materiales, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad. P.O.U.T.	SALIDA	1.00	\$ 344.29	\$ 344.29
0904 RL	Ramaleo para alimentación hidráulica para tarja. Incluye: tubería de CPVC de 1/2", pegamento, ranuras, resanes conexiones, desperdicios, materiales, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad. P.O.U.T.	SALIDA	1.00	\$ 381.59	\$ 381.59
0905 RL	Ramaleo para alimentación hidráulica para lavadero. Incluye: tubería de CPVC de 1/2", pegamento, ranuras, resanes conexiones,	SALIDA	1.00	\$ 420.20	\$ 420.20



DOCUMENTO AE9, CATALOGO DE CONCEPTOS

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
	desperdicios, materiales, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad. P.O.U.T.				
0906 RL	Ramaleo para alimentación hidráulica para regadera. Incluye: tubería de CPVC de 1/2", pegamento, ranuras, resanes conexiones, desperdicios, materiales, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad. P.O.U.T.	SALIDA	1.00	\$ 375.94	\$ 375.94
0907 RL	Descarga sanitaria para inodoro con tubería de PVC sanitario de 4"DESCAR Incluye: codo de 4" pegamento, ranuras, resanes, conexiones, excavación, desperdicio, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad. P.U.O.T.		1.00	\$ 395.79	\$ 395.79
0908 RL	Descarga sanitaria para lavabo con tubería de PVC sanitario de 2"DESCAR Incluye: pegamento, ranuras, resanes, conexiones, excavación, desperdicio, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad. P.U.O.T.		1.00	\$ 299.58	\$ 299.58
0909 RL	Descarga sanitaria para tarja con tubería de PVC sanitario de 2"DESCAR Incluye: pegamento, ranuras, resanes, conexiones, excavación, desperdicio, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad. P.U.O.T.		1.00	\$ 283.90	\$ 283.90
0910 RL	Descarga sanitaria para lavadero con tubería de PVC sanitario de 2"DESCAR Incluye: pegamento, ranuras, resanes, conexiones, excavación, desperdicio, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad. P.U.O.T.		1.00	\$ 334.63	\$ 334.63
0911 RL	Descarga sanitaria para regadera con tubería de PVC sanitario de 2"DESCAR Incluye: pegamento, ranuras, resanes, conexiones, excavación, desperdicio, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad. P.U.O.T.		1.00	\$ 384.29	\$ 384.29
0912 RL	Tinaco marca Rotoplas o similar de 450lts. Incluye: conexiones, elevación de materiales, suministro, instalación, materiales, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad y todo lo necesario para su correcto funcionamiento. P.U.O.T	PZA	1.00	\$ 1,630.93	\$ 1,630.93
0913 RL	Inodoro marca ORION modelo FUTURA o similar Incluye: suministro, instalación, sello de cera, manguera alimentadora, llave de control, herrajes, asiento, tapa, materiales, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad y todo lo necesario para su correcto funcionamiento. P.U.O.T.	PZA	1.00	\$ 1,671.96	\$ 1,671.96
0914 RL	Lavabo marca ORION o similar. Incluye: llave sencilla, cespel de PVC de 2", can de madera de cedro, manguera alimentadora, llave de control, instalación, pruebas, materiales, mano de obra y herramienta menor. P.O.U.T.	PZA	1.00	\$ 1,414.35	\$ 1,414.35
0915 RL	Tarja de acero inoxidable 1.02x0.6 con escurridor. Incluye: suministro, instalación, canasta, contra canasta, mezcladora cuello de ganso, cespel, manguera alimentadora, llave de control, materiales, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad, y todo lo necesario para su correcto funcionamiento. P.U.O.T.	PZA	1.00	\$ 2,294.51	\$ 2,294.51
0916 RL	Lavadero de concreto mediano Incluye: llave nartz de 1/2" de bronce, suministro e instalación, materiales, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad, y todo lo necesario para su correcto funcionamiento. P.U.O.T.	PZA	1.00	\$ 1,027.78	\$ 1,027.78
0917 RL	Regadera económica marca URREA o similar. Incluye: suministro, instalación, materiales, llave de empotrar, instalación, materiales, mano de obra y herramienta menor. P.U.O.T.	PZA	1.00	\$ 634.10	\$ 634.10
0918 RL	Suministro e instalación de tubo PVC de 4", Incluye: excavación en una sección de 0.6x0.9m, plantilla de 10cm de arena, relleno acolchonado con arena, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad. P.U.O.T.	M	13.52	\$ 297.00	\$ 4,015.44
0919 RL	Registro de 0.40x0.60m de medidas interior y de hasta 1m de profundidad. Incluye: excavación a mano, muro de tabiques asentado con mortero cem: aren 1:4, aplinado interior pulido forjado de media caña, plantilla de 10cm con concreto fc=100kg/cm2 hecho en obra, malla electrosoldada 6-6/10-10, marco angular 1 1/2" x 3/16",	PZA	3.00	\$ 1,979.11	\$ 5,937.33



DOCUMENTO AES, CATALOGO DE CONCEPTOS					
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
	contramarco de angular 1 1/4" x 3/16", tapa, materiales, desperdicios, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad y todo lo necesario para su correcto funcionamiento. P.U.O.T.				
	Total de INSTALACIONES SANITARIAS				\$ 22,845.44
#10	INSTALACIONES ELECTRICAS				
1001 RL	Salida de centro, Incluye: caja galvanizada de 4"x4", caja galvanizada de 2"x4", apagador, cable calibre 12, cable calibre 14 marca INDIANA, poliducto de 1/2", tapa de 1 ventana, andamios, materiales, ranuras, resanes, desperdicios, cinta aislante, conexiones, mano de obra, herramienta menor y todo lo necesario para su correcto funcionamiento P.O.U.T.	SALIDA	7.00	\$ 498.80	\$ 3,491.60
1002 RL	Salida para contactos, Incluye: caja galvanizada de 2"x4", cable calibre 12 marca INDIANA o similar, poliducto de 1/2", tapa de 2 ventana, cable desnudo calibre 12, ranuras, resanes, materiales, desperdicios, cinta aislante, mano de obra y herramienta menor. P.O.U.T.	PZA	8.00	\$ 451.94	\$ 3,615.52
1003 RL	Apagador sencillo marca BITICINO o similar, Incluye: tapa, conexiones, materiales, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad y todo lo necesario para su correcto funcionamiento. P.U.O.T.	PZA	7.00	\$ 91.61	\$ 641.27
1004 RL	Contacto doble marca BITICINO o similar Incluye: conexiones, materiales, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad y todo lo necesario para su correcto funcionamiento. P.U.O.T.	PZA	8.00	\$ 105.63	\$ 845.04
1005 RL	Suministro y colocación de centro de carga 6P,100A Incluye: dos interruptores de 1x30A, colocación, materiales, conexiones, pruebas, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad. P.U.O.T.	PZA	1.00	\$ 1,357.20	\$ 1,357.20
1006 RL	Roseta de porcelana, Incluye: suministro, foco ahorrador, conexiones, andamios, materiales, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad y todo lo necesario para su correcto funcionamiento. P.U.O.T.	PZA	8.00	\$ 165.28	\$ 1,322.24
	Total de INSTALACIONES ELECTRICAS				\$ 11,272.87
#11	PINTURA				
1101 RL	Pintura vinilica marca BEREL o similar, Incluye: limpieza de superficie, sellador, 2 capas de pintura, resanes, trabajo terminado, materiales, mano de obra, herramienta menor. P.U.O.T.	M2	219.72	\$ 51.21	\$ 11,251.86
1102 RL	Pintura esmalte marca COMEX o similar, Incluye: limpieza, preparación de superficie, fondo, 2 capas, sellador, trabajo terminado, thinner, lija, materiales, mano de obra y herramienta menor. P.U.O.T.	M2	20.14	\$ 88.29	\$ 1,778.16
	Total de PINTURA				\$ 13,030.02
#12	LIMPIEZA				
1201 RL	Acarreo en carretilla de material producto de excavación y/o material de banco a una distancia de hasta 20m, medido suelto, Incluye: mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad. P.U.O.T.	M3	9.53	\$ 69.10	\$ 658.52
1202 RL	Carga a maquina y acarreo al primer km de material producto de excavación medido suelto Incluye: mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad. P.U.O.T.	M3	9.53	\$ 20.82	\$ 198.41
1203 RL	Acarreo en km-subsecuente al primero de material producto de excavación medido suelto, Incluye: mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad. P.U.O.T.	M3/KM	85.77	\$ 5.09	\$ 436.57
	Total de LIMPIEZA				\$ 1,293.50
	Total de VIVIENDA MODELO REINA VICTORIA				\$293,621.51
	Total de Presupuesto				\$293,621.51

- Sistema constructivo block.



ING. MANUEL ROCHA
ING. ALFONSO MIRSHA

1/Jun/2018

DOCUMENTO AE9, CATALOGO DE CONCEPTOS

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
&1	VIVIENDA				
#1	PRELIMINARES				
0101 RL	Limpieza de terreno con machete, incluye: cortar arbustos de hasta 1m de 2cm de diámetro de tallo, mano de obra, herramienta menor y equipo de seguridad. P.U.O.T.	M2	96.01	\$ 4.62	\$ 443.57
0102 RL	Trazo y nivelación, colocación de niveletas y marcado de líneas con cal, incluye: madera de pino de tercera, clavos, cal, hilo, materiales, mano de obra, herramienta menor, y equipo de seguridad, y todo lo necesario para su correcta ejecución, P.U.O.T.	M2	35.64	\$ 16.80	\$ 591.62
	Total de PRELIMINARES				\$ 1,035.19
#2	CIMENTACION				
0201 RL	Excavación en material tipo 2 con pico y pala, incluye: afine de fondo y taludes, mano de obra, herramienta menor, colocando el material a un costado de la obra y equipo de seguridad y todo lo necesario para su correcta ejecución.	M3	24.29	\$ 207.29	\$ 5,035.07
0212RL	Losa de cimentación en terreno Tipo I A de Concreto 250 Kg/cm ² agregado de 20 mm, cemento normal revenimiento 8 a 10 cm, de 1.00 mts de ancho, peralite de 12 cms, plantilla de 0.05 mts de espesor, doble armado con acero de refuerzo # 4 @ 0.2 mts en ambos sentidos en el lecho inferior y # 2.5 @ 0.20 mts en ambos sentidos en el lecho superior, contratrase de concreto sección 0.15 X 0.30 armado con acero de refuerzo 4 # 4 y 2 # 3 de diámetro y 1 estribo del # 2, separado @ 0.20 mts, 4 # 4 y 2 # 3 de diámetro, 0 Incluye: cimbra común, mano de obra, herramienta menor,	m2	45.38	\$ 891.46	\$ 40,454.45
0207 RL	incluye : habilitado, cimbrado y descimbrado, acarreo de todo el	M2	19.48	\$ 69.19	\$ 1,347.82
0208 RL	Relleno con material producto de excavación compactado con pison de mano en capas de 20cm, incluye: incorporación de humedad, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad y todo lo necesario para su correcta ejecución P.U.O.T.	M3	16.97	\$ 140.05	\$ 2,376.85
0209 RL	Relleno con material de banco compactado con bailarina en capas de 20cm, incluye: incorporación de humedad, mano de obra, herramienta menor, equipo, equipo de seguridad y todo lo necesario para su correcta ejecución P.U.O.T.	M3	5.71	\$ 66.21	\$ 378.06
	Total de CIMENTACION				\$ 49,592.05
#3	MUROS, CADENAS Y CASTILLOS				
0301 RL	Muro a base de tabique de barro recocido de medidas 7x14x28 cms, pegado con mortero, cal, arena 1:3 reforzado con 50kg de cemento por m ³ , boquilla de 1.5cm de espesor, incluye: mano de obra, material, herramienta menor, desperdicios, equipo de seguridad y todo lo necesario para su correcta ejecución P.U.O.T.	M2	54.78	\$ 244.84	\$ 13,412.34
0302 RL	Castillos (K-1) reforzado con 4 varillas de #3 de (3/8"), estribos de alambren de (1/4") a cada 20cms, con concreto f _c =150kg/cm ² cimbra de madera con acabado comun, incluye: colado, vibrado, desperdicio, habilitado, colocación de acero, alambre recocido, herramienta menor, retiro de cimbra y todo lo necesario para su correcta ejecución P.U.O.T.	ML	36.66	\$ 222.40	\$ 8,153.18
0303 RL	Dala de cerramiento (DC-1) reforzada con 4 varillas de #3 de (3/8"), estribos de alambren de (1/4") a cada 20cms, con concreto f _c =150kg/cm ² cimbra de madera con acabado comun, incluye: colado, vibrado, desperdicio, habilitado, colocación de acero, alambre recocido, herramienta menor, retiro de cimbra y todo lo necesario para su correcta ejecución P.U.O.T.	ML	35.43	\$ 257.79	\$ 9,133.50
0304 RL	Enrase de 30 cms de altura a base de tabique de barro recocido de medidas 7x14x28 cms, pegado con mortero, cal, arena 1:3 reforzado con 50kg de cemento por m ³ , boquilla de 1.5cm de espesor, incluye: mano de obra, material, herramienta menor, desperdicios, equipo de seguridad y todo lo necesario para su correcta ejecución P.U.O.T.	M	33.48	\$ 84.52	\$ 2,829.73



DOCUMENTO AE9, CATALOGO DE CONCEPTOS					
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Total de MUROS, CADENAS Y CASTILLOS					\$ 33,528.75
#4	LOSAS, COLUMNAS Y TRABES				
0402RL	Losa aligerada de 25 cm de espesor, reforzada con varilla del #3 y #4 con concreto $f_c=250\text{kg/cm}^2$, bobedilla de 60x40x20 cms incluye: andamios, habilitado, armado y colocacion de acero, traslapos, ganchos, desperdicios, cimbra de madera, elevacion de concreto, acabado planeado, retiro de cimbra, curado, vibrado, mano de obra, materiales, equipo de seguridad, equipo, herramienta menor, revolvedora y todo lo necesario para su correcta ejecucion P.U.O.T.	m2	45.38	\$ 1,375.39	\$ 62,415.20
Total de LOSAS, COLUMNAS Y TRABES					\$ 62,415.20
#5	ACABADOS DE AZOTEA				
0501 RL	Pretil de 20cms de altura a vase de muro de tabique recocido de 7x14x20cms asentado con mortero, incluye: materiales, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad, equipo de trabajo y todo lo necesario para su correcta ejecucion. P.U.O.T.	M	26.60	\$ 57.03	\$ 1,517.00
0502 RL	Entortado de 8cms de espesor a base de mortero, arena, arena 1:3, incluye: fiotado de diamantes, relleno con jal, andamios, elevacion de materiales, desperdicios, herramienta menor, mano de obra, equipo de seguridad y todo lo necesario para su correcta ejecucion P.U.O.T.	M2	41.39	\$ 233.80	\$ 9,676.98
0503 RL	Chaffan sección triangular con 10cms de espesor, con mortero arena 1:3, incluye: andamios, elevacion de materiales, desperdicios, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad y todo lo necesario para su correcta ejecucion P.U.O.T.	M	26.60	\$ 51.67	\$ 1,374.42
0504 RL	Base para tinaco de 1.20x1.20x0.30 m (chechar detalle) a vase de muro de tabique, relleno con jal, losa de concreto $f_c=100\text{kg/cm}^2$, reforzado con malla electro soldada 6-0 / 10-10 , incluye: cimbra, andamios, herramienta menor, desperdicios, materiales, equipo de seguridad y todo lo necesario para su correcta ejecucion P.U.O.T.	M3	1.00	\$ 1,096.99	\$ 1,096.99
0505 RL	BAJANTE DE 30 CM DE LONGITUD CON TUBO DE PVC 3" INCLUYE: TUBO PVC DE 3", MATERIALES, MANO DE OBRA, P.U.OT.	PZA	2.00	\$ 64.68	\$ 129.36
0506 RL	GOTERO FORJADO CON MORTERO CEMENTO-ARENA 1:3, INCLUYE: REGLAS, ANDAMIOS, DESPERDICIOS, MATERIALES, MANO DE OBRA, P.U.O.T.	M	19.48	\$ 96.04	\$ 1,870.86
0507 RL	IMPERMEABILIZACION DE LOSA DE AZOTEA CON IMPERMEABILIZANTE ELASTOMERICO MARCA IMPAC O SIMILAR, INCLUYE: LIMPIEZA DE SUPERFICIE, SELLADO DE GRIETAS CON CEMENTO PLASTICO, PRIMER, MENBRANA DE REFUERZO, 2 CAPAS DE IMPERMEABILIZANTE, ANDAMIOS, DEPERDICIOS, MATERIALES, MANO DE OBRA, P.U.O.T	M2	41.39	\$ 100.57	\$ 4,162.59
Total de ACABADOS DE AZOTEA					\$ 19,828.20
#6	PISOS Y GUARNICIONES				
0601 RL	Firme de 8cms de espesor, concreto $f_c=150\text{kg/cm}^2$ incluye: refuerzo con malla electrosoldada 6-6 / 10-10 , desperdicios, materiales, mano de obra, herramienta menor, materiales, concreto hecho en obra, mano de obra, equipo de seguridad y todo lo necesario para su correcta ejecucion P.U.O.T	M2	33.73	\$ 284.99	\$ 9,612.71
0602 RL	Piso de cerámica de 33x33cm asentado con pegazulejo boquilla de 3mm Incluye: emboquillado, remate, recortes, desperdicios, manode obra, herramienta menor, equipo de seguridad. P.U.O.T.	M2	29.27	\$ 296.79	\$ 8,687.04
0603 RL	Zoclo de cerámica de 7cm de altura asentado con pegazulejo. Incluye: emboquillado, remate, recortes, desperdicios, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad. P.U.O.T	M	36.55	\$ 54.37	\$ 1,987.22
0604 RL	Piso de 10cm de espesor acabado esocbillado remate con volteador concreto $f_c=150\text{kg/cm}^2$ en losas. Incluye:malla electrosoldada 6-6/10-10 fabricación de concreto, materiales, desperdicios, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad, equipo. P.U.O.T.	M2	11.23	\$ 357.52	\$ 4,014.95



DOCUMENTO AE9, CATALOGO DE CONCEPTOS

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
0605 RL	Guarnición de 15x30cm de concreto simple $f_c=150\text{kg/cm}^2$ cimbra de madera acabado común Incluye: materiales, mano de obra, desperdicios, herramienta menor, equipo de seguridad, y todo lo necesario para su correcta ejecución. P.U.O.T.	M3	19.80	\$ 187.36	\$ 3,313.73
Total de PISOS Y GUARNICIONES					\$ 27,615.65
#7	RECUBRIMIENTOS Y ACABADOS				
0701 RL	Aplanado en muros y plafones de 2.5cm de espesor promedio con mortero cal:arena 1:3 reforzada con 50kg de cemento por m3. incluye: andamios, remates, filos, boquillas, materiales, desperdicios, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad. P.U.O.T.	M2	212.79	\$ 122.12	\$ 25,985.91
0702 RL	Azulejo de 20x30cm marca interceramic o similar Incluye: pegazulejo, emboquillado, desperdicios recortes, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad. P.U.O.T.	M2	20.29	\$ 294.88	\$ 5,983.12
Total de RECUBRIMIENTOS Y ACABADOS					\$ 31,969.03
#8	HERRERIA Y CANCELERIA				
0801 RL	Puerta (P-1) de 1.0x2.10m construido a base de perfiles tipo PROLAMSA, incluye: marco, bisagras de libro de 3", chapa tipo fanal, marco, materiales, soldadura 6011, desperdicios, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad. P.U.O.T.	PZA	3.00	\$ 2,074.41	\$ 6,223.23
0802 RL	Puerta (P-2) de 0.70x2.10m construido a base de perfiles tipo PROLAMSA, incluye: marco, bisagras de libro de 3", chapa tipo fanal, marco, materiales, soldadura 6011, desperdicios, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad. P.U.O.T.	PZA	1.00	\$ 1,878.20	\$ 1,878.20
0803 RL	Ventana (V-1) de 1.0x1.0m de cancelería de aluminio en línea de 2" (corrediza) vidrio de 6mm, anonizado natural. Incluye: colocación, recortes, suministro de materiales, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad. P.U.O.T. (Ver detalle)	PZA	4.00	\$ 1,562.02	\$ 6,208.08
0804 RL	Ventana (V-2) de 0.6x1.0m de cancelería de aluminio en línea de 2" (corrediza) vidrio de 6mm, anonizado natural. Incluye: colocación, recortes, suministro de materiales, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad. P.U.O.T. (Ver detalle).	PZA	4.00	\$ 981.79	\$ 3,927.16
0805 RL	Protección de herrería con marco de PTR de 1" calibre (verde) varilla cuadrada de 1/2" acada 12.5cm en forma vertical y a cada 25cm en forma horizontal. Incluye: soldadura, desperdicios, materiales, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad y todo lo necesario para su correcta ejecución. P.U.O.T.(verdetalle)	m	1.60	\$ 599.34	\$ 958.94
Total de HERRERIA Y CANCELERIA					\$ 19,195.61
#9	INSTALACIONES SANITARIAS				
0901 RL	Ramaleo para alimentación hidráulica para tinaco. Incluye: tubería de CPVC de 1/2", pegamento, ranuras, resanes conexiones, desperdicios, materiales, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad. P.O.U.T.	SALIDA	1.00	\$ 481.96	\$ 481.96
0902 RL	Ramaleo para alimentación hidráulica para inodoro. Incluye: tubería de CPVC de 1/2", pegamento, manguera alimentadora, ranuras, resanes conexiones, desperdicios, materiales, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad. P.O.U.T.	SALIDA	1.00	\$ 516.87	\$ 516.87
0903 RL	Ramaleo para alimentación hidráulica para lavabo. Incluye: tubería de CPVC de 1/2", pegamento, ranuras, resanes conexiones, desperdicios, materiales, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad. P.O.U.T.	SALIDA	1.00	\$ 344.29	\$ 344.29
0904 RL	Ramaleo para alimentación hidráulica para tarja. Incluye: tubería de CPVC de 1/2", pegamento, ranuras, resanes conexiones, desperdicios, materiales, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad. P.O.U.T.	SALIDA	1.00	\$ 381.59	\$ 381.59
0905 RL	Ramaleo para alimentación hidráulica para lavadero. Incluye: tubería de CPVC de 1/2", pegamento, ranuras, resanes conexiones,	SALIDA	1.00	\$ 420.20	\$ 420.20



DOCUMENTO AE9, CATALOGO DE CONCEPTOS

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
	desperdicios, materiales, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad. P.O.U.T.				
0906 RL	Ramaleo para alimentación hidráulica para regadera. Incluye: tubería de CPVC de 1/2", pegamento, ranuras, resanes conexiones, desperdicios, materiales, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad. P.O.U.T.	SALIDA	1.00	\$ 375.94	\$ 375.94
0907 RL	Descarga sanitaria para inodoro con tubería de PVC sanitario de 4"DESCAR Incluye: codo de 4" pegamento, ranuras, resanes, conexiones, excavación, desperdicio, mano de obra, herramienta menor, equipode seguridad. P.U.O.T.		1.00	\$ 395.79	\$ 395.79
0908 RL	Descarga sanitaria para lavabo con tubería de PVC sanitario de 2"DESCAR Incluye: pegamento, ranuras, resanes, conexiones, excavación, desperdicio, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad. P.U.O.T.		1.00	\$ 299.58	\$ 299.58
0909 RL	Descarga sanitaria para tarja con tubería de PVC sanitario de 2"DESCAR Incluye: pegamento, ranuras, resanes, conexiones, excavación, desperdicio, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad. P.U.O.T.		1.00	\$ 283.90	\$ 283.90
0910 RL	Descarga sanitaria para lavadero con tubería de PVC sanitario de 2"DESCAR Incluye: pegamento, ranuras, resanes, conexiones, excavación, desperdicio, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad. P.U.O.T.		1.00	\$ 334.63	\$ 334.63
0911 RL	Descarga sanitaria para regadera con tubería de PVC sanitario de 2"DESCAR Incluye: pegamento, ranuras, resanes, conexiones, excavación, desperdicio, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad. P.U.O.T.		1.00	\$ 384.29	\$ 384.29
0912 RL	Tinaco marca Rotoplas o similar de 450lts, incluye: conexiones, elevación de materiales, suministro, instalación, materiales, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad y todo lo necesario ara su correcto funcionamiento. P.U.O.T.	PZA	1.00	\$ 1,630.93	\$ 1,630.93
0913 RL	Inodoro marca ORION modelo FUTURA o similar Incluye: suministro, instalación, sello de cera, manguera alimentadora, llave de control, herrajes, asiento, tapa, materiales, mano d e obra, herramienta menor, equipo de seguridad y todo lo necesario para su correcto funcionamiento. P.U.O.T.	PZA	1.00	\$ 1,671.96	\$ 1,671.96
0914 RL	Lavabo marca ORION o similar, incluye: llave sencilla, cespól de PVC de 2", can de madera de cedro, manguera alimentadora, llave de control, instalación, pruebas, materiales, mano de obra y herramienta menor. P.O.U.T.	PZA	1.00	\$ 1,414.35	\$ 1,414.35
0915 RL	Tarja de acero inoxidable 1.02x0.6 con escuridero Incluye: suministro, instalación, canasta, contra canasta, mezcladora cuello de ganso, cespól, manguera alimentadora, llave d e control, materiales, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad, y todo lo necesario para su correcto funcionamiento. P.U.O.T.	PZA	1.00	\$ 2,294.51	\$ 2,294.51
0916 RL	Lavadero de concreto mediano Incluye: llave nariz de 1/2" de bronce, suministro e instalación, materiales, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad, y todo lo necesario para su correcto funcionamiento. P.U.O.T.	PZA	1.00	\$ 1,027.78	\$ 1,027.78
0917 RL	Regadera económica marca URREA o similar, incluye: suministro, instalación, manerales, llave de empotrar, instalación, materiales, mano de obra y herramienta menor. P.U.O.T.	PZA	1.00	\$ 634.10	\$ 634.10
0918 RL	Suministro e instalacion de tubo PVC de 4", incluye: excavacion en una seccion de 0.6x0.9m, plantilla de 10cm de arena, relleno acolchonado con arena, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad. P.U.O.T.	M	13.52	\$ 297.00	\$ 4,015.44
0919 RL	Registro de 0.40x0.60m de medidas interior y de hasta 1m de profundidad, incluye: excavación a mano, muro de tabiques asentado con mortero cem: aren 1:4, aplanado interior pulido forgado de media caña, plantilla de 10cm con concreto f'c=100kg/cm2 hecho en obra, malla electrosoldada 6-6/10-10, marco angular 1 1/2" x 3/16",	PZA	3.00	\$ 1,979.11	\$ 5,937.33



DOCUMENTO AE9, CATALOGO DE CONCEPTOS					
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
	contramarco de angular 1 1/4" x 3/16", tapa, materiales, desperdicios, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad y todo lo necesario para su correcto funcionamiento. P.U.O.T.				
	Total de INSTALACIONES SANITARIAS				\$ 22,845.44
#10	INSTALACIONES ELECTRICAS				
1001 RL	Salida de centro, incluye: caja galvanizada de 4"x4", caja galvanizada de 2"x4", apagador, cable calibre 12, cable calibre 14 marca INDIANA, poliducto de 1/2", tapa de 1 ventana, andamios, materiales, ranuras, resanes, desperdicios, cinta aislante, conexiones, mano de obra, herramienta menor y todo lo necesario para su correcto funcionamiento P.O.U.T.	SALIDA	7.00	\$ 498.80	\$ 3,491.60
1002 RL	Salida para contactos, incluye: caja galvanizada de 2"x4", cable calibre 12 marca INDIANA o similar, poliducto de 1/2", tapa de 2 ventana, cable desnudo calibre 12, ranuras, resanes, materiales, desperdicios, cinta aislante, mano de obra y herramienta menor. P.O.U.T.	PZA	8.00	\$ 451.94	\$ 3,615.52
1003 RL	Apagador sencillo marca BITICINO o similar, incluye: tapa, conexiones, materiales, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad y todo lo necesario para su correcto funcionamiento. P.U.O.T.	PZA	7.00	\$ 91.61	\$ 641.27
1004 RL	Contacto doble marca BITICINO o similar incluye: conexiones, materiales, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad y todo lo necesario para su correcto funcionamiento. P.U.O.T.	PZA	8.00	\$ 105.63	\$ 845.04
1005 RL	Suministro y colocacion de centro de carga 6P,100A incluye: dos interruptores de 1x30A, colocacion, materiales, conexiones, pruebas, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad. P.U.O.T.	PZA	1.00	\$ 1,357.20	\$ 1,357.20
1006 RL	Roseta de porcelana, incluye: suministro, foco ahorrador, conexiones, andamios, materiales, mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad y todo lo necesario para su correcto funcionamiento. P.U.O.T.	PZA	8.00	\$ 165.28	\$ 1,322.24
	Total de INSTALACIONES ELECTRICAS				\$ 11,272.87
#11	PINTURA				
1101 RL	Pintura vinilica marca BEREL o similar, incluye: limpieza de superficie, sellador, 2 capas de pintura, resanes, trabajo terminado, materiales, mano de obra, herramienta menor. P.U.O.T.	M2	219.72	\$ 51.21	\$ 11,251.86
1102 RL	Pintura esmalte marca COMEX o similar, incluye: limpieza, preparación de superficie, fondo, 2 capas, sellador, trabajo terminado, lijado, materiales, mano de obra y herramienta menor. P.U.O.T.	M2	20.14	\$ 88.29	\$ 1,778.16
	Total de PINTURA				\$ 13,030.02
#12	LIMPIEZA				
1201 RL	Acarreo en carretilla de material producto de excavación y/o material de banco a una distancia de hasta 20m, medido suelto, incluye: mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad. P.U.O.T.	M3	9.53	\$ 69.10	\$ 658.52
1202 RL	Carga a máquina y acarreo al primer km de material producto de excavación medido suelto incluye: mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad. P.U.O.T.	M3	9.53	\$ 20.82	\$ 198.41
1203 RL	Acarreo en km-subsecuente al primero de material producto de excavación medido suelto, incluye: mano de obra, herramienta menor, equipo de seguridad. P.U.O.T.	M3/KM	85.77	\$ 5.09	\$ 438.57
	Total de LIMPIEZA				\$ 1,293.50
	Total de VIVIENDA MODELO REINA VICTORIA				\$294,789.41
	Total de Presupuesto				\$294,789.41

4. ESTRATEGIAS DE IMPLEMENTACIÓN.

El Análisis de Ciclo de Vida, es implementado siguiendo las normas mexicanas NMX-SAA-14040-IMNC-2008 y NMX-SAA-14044-IMNC-2008.

4.1 Plan de acción.

En este apartado se puede recordar que el objetivo general es llevar a cabo el ACV para el análisis de los dos sistemas predominantes de construcción descritos en el capítulo tres, para lo cual se desarrollaron cinco actividades principales: definir un modelo representativo de cada uno de los dos procesos constructivos de vivienda de interés social en Sinaloa, establecer alcance, objetivo y los límites de los sistemas a evaluar para el análisis, realizar una recopilación y cuantificación de los datos necesarios de entradas y/o salidas para el análisis del Inventario de Ciclo de Vida (ICV) de cada modelo, evaluar el impacto de ciclo de vida mediante el software Umberto LCA para conocer el impacto ambiental de cada modelo, interpretar los resultados y comparar el impacto ambiental de los dos modelos, todo esto para posteriormente llegar a la interpretación de resultados y buscar la implementación del ACV.

Cabe mencionar que la metodología del ACV puede ser aplicada de manera efectiva tanto en un proceso pequeño como en un proceso compuesto como lo es la construcción. Sin embargo, cabe aclarar que cada proceso es distinto y único lo que impide generalizar la metodología antes descrita para cada producto final.

Se puede comenzar por implementar el ACV para un diagnóstico de impacto de algunos procesos definidos e irlo revisando para más y más procesos hasta completar el universo de conceptos que completan el proceso de construcción de la vivienda.

4.1.1 Implementación de la metodología en INFONAVIT.

Paso 1: Vinculo con INFONAVIT estatal.

Ante la necesidad imperante del principal organismo de financiamiento de vivienda de interés social en el país y más puntualmente en el estado de Sinaloa de conocer las principales características de los productos financiados se pretende trabajar y lograr la implementación del proyecto en su sistema. Al menos dar a conocer las características de los dos productos de vivienda principales ofertados por las desarrolladoras del estado.

Paso 2: Diagnostico del organismo.

La institución cuenta con los recursos suficientes para revisar las mejores prácticas en lo que respecta a la revisión de los procesos constructivos que comprenden la construcción de las viviendas que garanticen la calidad en cada una de las etapas constructivas y con esto alcancen la edad de diseño de las viviendas.

Esto por medio del padrón de verificadores a los que se les asigna un paquete de viviendas de manera aleatoria y dependiendo de su capacidad de atención.

Para el caso de este proyecto se revisó la operación de una de las verificadoras registradas en el padrón del INFONAVIT, presentándose a continuación un organigrama operativo de la empresa en cuestión.

1. Aspecto Organizacional.

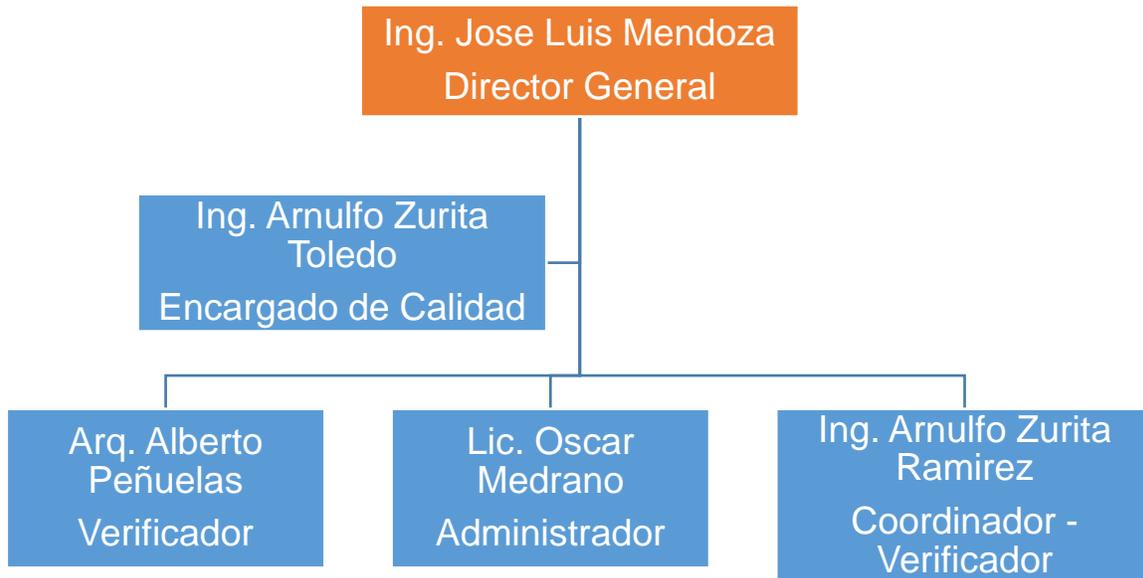


Figura 23. Organigrama de Unidad Técnica de Supervisión y Valuación S.C.

Recursos Informáticos:

Necesidad informática mínima operativa	
Hardware	
Computadoras de escritorio	5
Impresoras de laser	2
Copiadora	1
Escáner	1
Software	
Acceso plataforma INFONAVIT	
AutoCAD	
Opus	

Tabla 35 Recursos con que cuenta verificadora estudiada.

2. Estado actual.

Actualmente existe un interés en el cuidado del medio ambiente y del impacto de la construcción de alguna manera se demuestra de manera empírica que el método más predominante en el desarrollo de vivienda de interés social es el más adecuado, pero no existe rastro de los impactos dejados por cada una de las etapas constructivas.

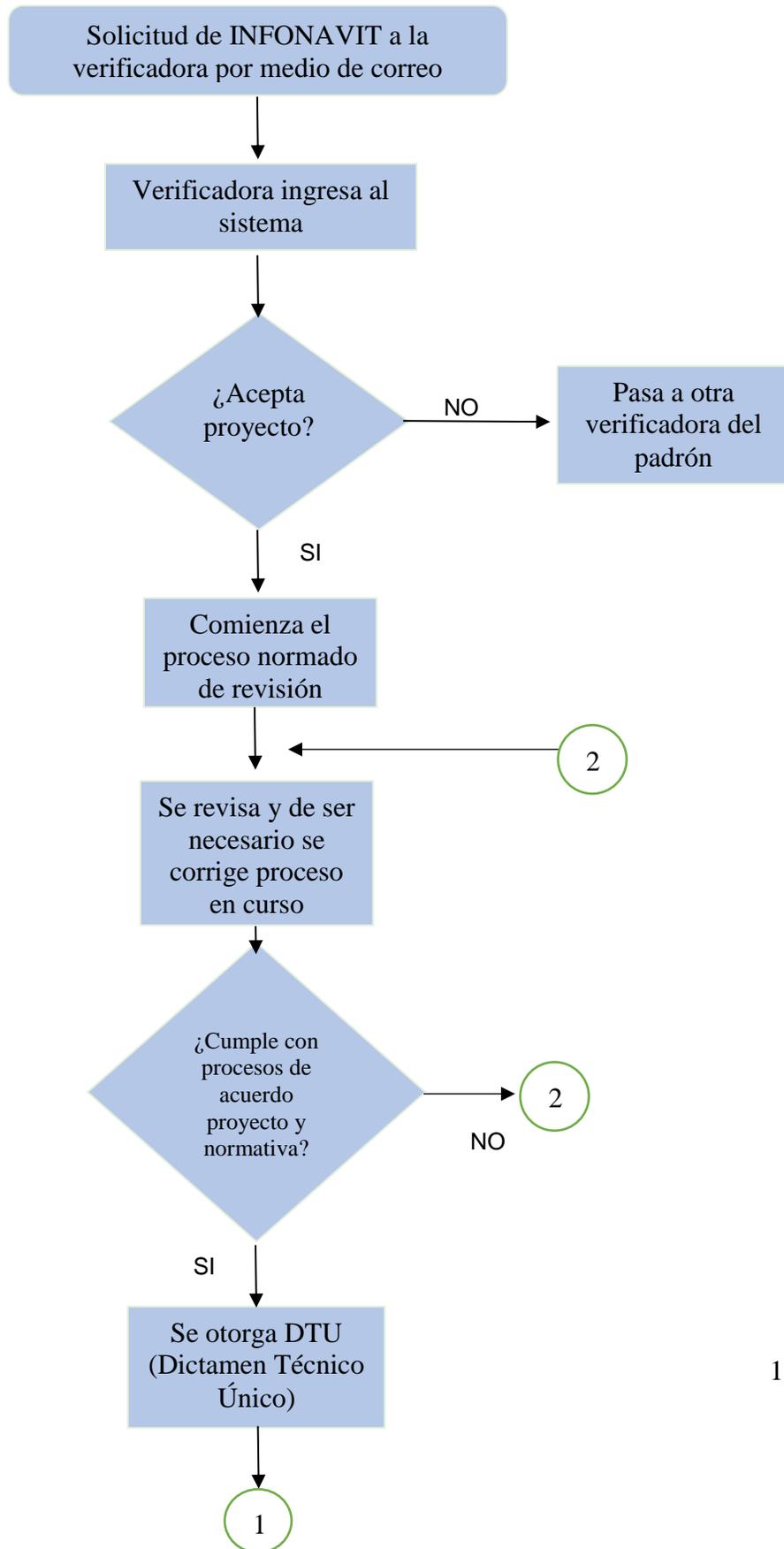
3. Plan de acción.

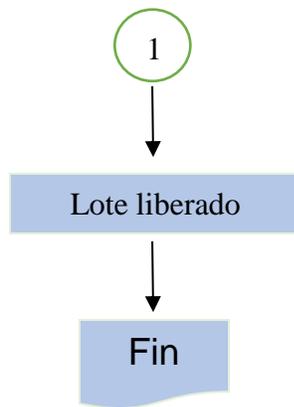
Es importante mencionar que existe una posibilidad de brindar una oportunidad de negocio para las desarrolladoras logrando certificar que los procesos constructivos seleccionados son la mejor opción actual para mitigar el impacto ambiental, las verificadoras ya cuentan con certificaciones en normas NMX por lo que la capacitación en el conocimiento de las normas aplicables sería un proceso de aprendizaje rápido.

Necesidades mínimas
Paquete de normas NMX
Licencia Base de datos
Licencia del programa
Computadora de escritorio
Capacitación en la norma

Tabla 36 Necesidades mínimas para aplicación.

4. Diagrama de flujo de operación.





5. Proceso de difusión.

Lograr colocar la idea de que el producto final lograra ser más atractivo para el cliente interesado mostrando los alcances y fundamentos del ACV (Análisis de Ciclo de Vida), como una opción válida en la revisión de las viviendas ofertadas por las desarrolladoras.

4.2 Estrategias de venta del proyecto.

Infonavit es el instrumento principal de financiamiento disponible para los trabajadores que quieren adquirir una vivienda de interés social, pero cabe mencionar que el organismo subcontrata la parte de supervisión a ingenieros expertos y certificados para la verificación de los procesos constructivos por lo que es de vital importancia que estas sean las partes capacitadas ya que son las que tienen el contacto directo con la empresa desarrolladora y en muchos de los casos con los clientes por lo que lograr que estas sean parte del proyecto para que logre permear a las desarrolladoras y sobre todo que sea utilizado el ACV como producto de mercadotecnia al respecto del cuidado del medio ambiente es vital dar a conocer los beneficios que se obtiene al adoptar un análisis de ciclo de vida.

En medida que las verificadoras asignadas al padrón del INFONAVIT logren involucrar a las partes administrativas del organismo y de construcción por parte de las desarrolladoras se lograra dar a conocer el ACV.

Cabe mencionar que este proyecto de inicio se presentara ante un jurado calificador asignado por la Facultad de Ingeniería Culiacán, donde se les invitara a las partes interesadas para que conozcan las ventajas del método y aplicación de este.

Se buscará como objetivo principal mostrar en la presentación la información necesaria de manera clara y objetiva con el fin de lograr atraer el interés de los presentes, para lograr la aceptación y aprobación del proyecto.

4.3 Estrategias de vinculación.

Como primer paso es lograr llevar a cabo la estancia profesional en un organismo verificador acreditado por el INFONAVIT con el fin de ver la manera operativa de estos organismos. Dicha estancia fue aceptada por el organismo verificador UNIDAD TECNICA DE SUPERVISION Y VALUACION S.C. en los meses de febrero a junio del 2018.

Con esto se pudo trabajar en los siguientes puntos:

- a) Revisión de la estructura operativa mínima para operar como verificadora.
- b) Reconocer el sistema de aceptación, revisión y por último liberación del proceso de las viviendas asignadas en el software de INFONAVIT (RUV, Registro Único de Vivienda) y entenderlo.
- c) Se formaron lazos con el equipo de trabajo con lo que se pudo acceder a información de proyectos activos y de revisiones de avance y calidad de obra.
- d) Con esto se abrió la posibilidad de que las partes revisen la metodología del ACV y despertó el interés de los trabajadores.

5. ADMINISTRACION DEL PROYECTO.

Durante este apartado se describen el conjunto necesario de actividades a realizar para completar de manera satisfactoria el presente proyecto.

5.1 Cronograma de actividades.

Cualquier proyecto bien planeado es necesario cuente con un cronograma que permita medir y comparar el avance lo cual permite ajustar en caso de presentarse alguna desviación, aquello que se mide es factible de mejora. Con el podemos medir rendimientos y productividad.

La manera en el que se presenta el cronograma es en un eje las actividades y en el otro los meses representados de manera semanal de tal manera que podemos ver las actividades realizadas las cuales son representadas por colores (tabla 33).

Actividad	Meses 2018																															
	Enero				Febrero				Maezo				Abril				Mayo				Junio				Julio							
Semana	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Elegir los dos prototipos a evaluar	■	■	■	■																												
Definir alcance y objetivo del ACV					■	■	■	■	■	■	■	■																				
Establecer límites del sistema									■	■	■	■																				
Seleccionar software									■	■	■	■																				
Hacer el análisis y comparación													■	■	■	■	■	■	■	■												
Interpretar resultados																					■	■	■	■								
Redacción del proyecto					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Tabla 37 Cronograma de actividades del proyecto de intervención.

ACTIVIDAD	MES DEL AÑO																			
	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5			
SEMANA	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Paso 1: Vinculo verificadora de INFONAVIT	■																			
Paso 2: Diagnostico organismo verificador	■	■																		
Recurso humano		■	■	■																
Normatividad utilizada		■	■	■	■															
Paso 3: Plan de trabajo																				
Insumos necesarios					■															
Capacitacion					■	■	■	■	■	■	■	■								
Paso 4: Difusión	■	■	■										■	■	■	■	■	■	■	■

Tabla 38 Cronograma de actividades para realizar implementación.

5.2 Recursos

Durante el desarrollo del proyecto como cualquier otro se consumieron una serie de recursos algunos significativos otros no tanto pero que de alguna manera influyeron en que este proyecto se completara con el logro del resultado buscado (tabla 35).

Recursos materiales	Otros	Recurso Humano
Oficina, cuarto de estudio en casa, sillas escritorio, computadora, calculadora, impresora, escáner, teléfono, USB.		
Normas ISO y Normas NMX	Internet, correo electrónico, tiempo de lectura y estudio, software Umberto LCA.	Director, maestrante, personal docente, coordinadores de verificadora.
Papelería, hojas blancas, lápiz, pluma, borrador		
Dinero		

Tabla 39 Recursos para implementación del proyecto.

5.3 Presupuesto

Para todo proyecto es necesario un presupuesto que permita cuantificar el gasto, algunos conceptos serán más caros que otros y de mayor impacto. Algunos son cuantificables otros no, pero de igual manera se representan en la tabla que es necesario su consideración para alcanzar la meta buscada tal es el caso de electricidad, internet entre otras (tabla 36).

Concepto	Meses 2018						
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
Papelería, hojas blancas, lápiz, pluma, borrador	\$100	\$100	\$100	\$100	\$100	\$100	\$100
Avances		\$200			\$200		\$200
Estancia profesional	\$500	\$500	\$500	\$500	\$500	\$500	
Electricidad, internet	\$400	\$400	\$400	\$400	\$400	\$400	\$400
Gasolina y mantenimiento auto	\$1,000	\$1,000	\$1,000	\$1,000	\$3,800	\$1,000	\$1,000
Total=	\$2,000	\$2,200	\$2,000	\$2,000	\$5,000	\$2,000	\$1,700
Total acumulado=	\$2,000	\$4,200	\$6,200	\$8,200	\$13,200	\$15,200	\$16,900

Tabla 40 Presupuesto para desarrollar el proyecto.

Concepto	Costo A	Costo B
Normas NMX-SAA-14040-IMNC-2008 y, NMX-SAA-14044-IMNC-2008	1870	1870
Licencia programa SimaPro	145,938.72	84,551.80
Mantenimiento computadora	3,000.00	3,000.00
Curso por Instituto Superior del medio ambiente, Simapro herramienta ACV. 1)Introducción a la metodología del ACV y a la normativa de aplicación 2)Definición y exposición de las distintas fases de un ACV. 3)Metodologías de evaluación de impactos en un ACV. Modalidad: ONLINE Fecha: Del 28 de Noviembre de 2018 al 8 de Febrero de 2019. Duración: 80 horas	8802.65	8802.65
Total =	159,611.37	98,224.45

Tabla 41 Presupuesto para implementar el proyecto.

Cabe mencionar que por cuestiones de soporte técnico y facilidad del ambiente gráfico para representar análisis de ciclo de vida complejos se consideró el programa SimaPro en este presupuesto.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1 Generales

Conclusiones:

La metodología del análisis de ciclo de vida en la construcción es de gran complejidad, ello responde a la gran cantidad de materiales que interactúan en cada uno de los procesos lo que lo vuelve un producto complejo de analizar desde el punto de vista medioambiental y justifica que el estudio se centre solo en algunas de las fases del ciclo de vida.

Si bien existe un compilado de bibliografía de los procesos constructivos los cuales no han cambiado en los últimos cincuenta años, lo que sí ha ido cambiando es el proceso de extracción de materiales ya que día a día la tecnología y maquinaria va evolucionando lo que ha traído un mayor impacto medio ambiental.

El ACV es una herramienta que tiene una antigüedad de más de 40 años, que ha ayudado a la conservación y protección del medio ambiente ya que a nivel internacional existe una exigencia para aplicar estas herramientas que logren mitigar el impacto ambiental. Hoy en día tenemos acceso a software especializado que aplica esta metodología de manera eficiente arrojándonos datos relevantes y confiables que permiten a las empresas constructoras tomar medidas preventivas para mitigar el impacto ambiental.

La elaboración del cemento y la producción incontrolada del ladrillo producen los impactos más dañinos que pueden afectar en distinta medida la salud humana.

Recomendaciones:

Esta investigación tiene como objetivo final mostrar al INFONAVIT siendo esta la mayor institución que genera créditos de vivienda de interés social y sus verificadoras, involucrarlas en el campo de sustentabilidad y control de emisiones

por medio de la metodología del análisis de ciclo de vida (ACV) siendo esta promotora del cuidado del medio ambiente.

Y como la principal institución crediticia de vivienda se le aconseja formar parte de proyectos que incorporen temas para el cuidado del medio ambiente.

6.2 ACV del proyecto.

Conclusiones:

Según la metodología del ACV que involucra la revisión de un objetivo, alcance, suposiciones y límites se da respuesta a la hipótesis planteada que es “que el sistema constructivo de vivienda de interés social utilizando block produce un menor impacto al medio ambiente en lo que concierne a la emisión de CO₂ eq que son los gases que producen el efecto invernadero que el sistema constructivo utilizando tabique rojo artesanal”.

Siendo para el sistema constructivo de vivienda de tabique las etapas con una influencia más relevante las de extracción y transporte en segundo lugar con una influencia importante las de producción y uso.

Para el caso del sistema constructivo de vivienda de block las etapas de transporte y uso se vuelven las de mayor influencia relevante y las etapas de extracción y construcción las de una influencia importante.

La sumatoria total del estudio anterior nos arroja que el sistema constructivo de vivienda de interés social con muros de tabique emite un total de 7500 kg de CO₂ eq contra los 6930 kg de Co₂ eq del sistema constructivo de vivienda de interés social con muros de block.

Recomendaciones:

Se detectaron los impactos con una mayor influencia relevante en la vivienda de block con un 69% del total de la suma de emisiones de CO₂eq y no muy detrás de

este se localiza la vivienda de tabique con un 65% del total de emisiones con mayor influencia dentro de su proceso de análisis, por lo que resulta a criterio del constructor elegir la mejor opción en base a sus necesidades y facilidades para adquirir el material.

En el proceso de extracción de los materiales utilizados en la fabricación de los productos es difícil poder intervenir para disminuir la cantidad de emisiones, en lo que se puede contribuir es en utilizar de manera óptima los recursos llevando al sistema a un desperdicio menor.

Cabe mencionar que uno de los materiales que más emisiones tiene en su proceso de fabricación es el cemento por lo que se recomienda tener especial cuidado en el consumo de este insumo.

La etapa de transporte influye considerablemente en la emisión de gases de efecto invernadero en los dos sistemas constructivos, por lo que se recomienda adquirir los materiales lo más cercanos a los desarrollos de vivienda.

En la etapa de uso resulta bastante más claro que el sistema constructivo de tabique emite una menor cantidad de gases efecto invernadero comparado con la vivienda de block.

Con todas las consideraciones que involucra realizar un ACV se recomienda que las partes interesadas en el desarrollo de los proyectos tomen las acciones a su alcance para reducir el impacto al medio ambiente.

GLOSARIO

En este apartado se incluyen algunos términos de uso frecuente.

Agenda 21 (Agenda para el siglo XXI). También conocida con programa 21, es el documento más connotado de los que se firmaron en la conferencia del Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas, celebrada en Rio de Janeiro, en 1992. En este documento se establecen las recomendaciones para propender la sustentabilidad en el presente siglo.

Capa de Ozono. Se localiza en la estratosfera a 20-40 kilómetros sobre la Tierra, su espesor ha disminuido 5-10% desde que se empezaron a tomar datos. El ozono tiene la propiedad de absorber los rayos ultravioletas, los cuales amenazan la existencia de la flora y la fauna y potencian el cáncer de piel en las personas. Los principales gases que le afectan son los clorofluorocarbonos (CFC).

Comisión Brundtland. Con este nombre se conoce frecuentemente a la Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo (WCED, por sus siglas en inglés) de las Naciones Unidas, que fue presidida por Gro Harlem Brundtland; estudió de las tendencias globales del medio ambiente, la economía y los aspectos sociales y publicó en 1987 el Informe denominado Nuestro Futuro Común, más frecuentemente conocido como Informe Brundtland.

Consumo sustentable. El uso de bienes y servicios que resuelven las necesidades básicas y propician una mejor calidad de vida, al tiempo que se minimiza el uso de recursos naturales, de materiales tóxicos y la emisión de residuos y contaminantes. La producción sustentable se fundamenta en los mismos principios.

Cuna a la tumba, análisis de la. Es el estudio de los impactos ambientales que causa determinado producto desde el proceso de extracción de materias primas, a través de su vida útil y hasta la deposición de los residuos en que finalmente se

convierte. El término incluye también reciclaje y reusó de los materiales al final de su primera vida útil.

Desarrollo. En términos muy generales, involucra las pasividades de crecimiento y cambio. Frecuentemente se usa la frase desarrollo económico para señalar una expansión de oportunidades económicas y sociales que promueven el progreso humano y de calidad de vida. Lograr estos beneficios no necesariamente causa aumento en el consumo de recursos, es decir, el desarrollo puede ser sustentable.

Desarrollo sustentable. Existen muchas definiciones y variantes, empero la más conocida y citada es la propuesta por la comisión Mundial para el medio ambiente y el Desarrollo de la Naciones Unidas, que lo define como el desarrollo que satisface las necesidades del presente, sin comprometer las posibilidades de las futuras generaciones para satisfacer las suyas.

Efecto invernadero. Ciclo provocado por gases que bloquean la radiación de los rayos infrarrojos sobre la tierra, que puede producir cambios climáticos importantes alterando la temperatura de la atmosfera, lo que a su vez propicia una serie de problemas ambientales globales, los principales gases que propician este efecto son el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), el óxido nitroso (N₂O) y el vapor de agua (a gran altura).

Huella ecológica. La superficie de la tierra y agua (biológicamente productivos) requeridos para mantener una determinada economía o población humana. Se considera que los países desarrollados requieren para mantenerse mucho más espacio que el que poseen, y solo logran abastecerse mediante el comercio y los impactos que ocasionan a los recursos naturales de otros países. También se le conoce como apropiación de la capacidad de carga, este concepto incorpora los aspectos de distribución de la producción y consumo sustentables.

Impacto ambiental. Alteración favorable o desfavorable del medio ambiente (impactos positivos o negativos), que propicia una actividad o proyecto, Estos

impactos se clasifican según la variación de intensidad, extensión, persistencia, periodicidad, entre otras características.

Medio ambiente. Objetos, condiciones y circunstancias por las que estamos rodeados todos los seres vivos que poblamos la Tierra. A menudo se usa el término para referirse sólo a los ecosistemas naturales en forma separada de los asentamientos humanos. Para el caso del presente trabajo, la sustentabilidad fuerte establece que el medio ambiente debe incluir tanto los aspectos físicos naturales, como los hechos por el hombre.

Paradigma. Marco filosófico teórico del que a su vez se derivan teorías específicas leyes y generalidades, algunas veces se utiliza el término para referirse a un ejemplo a seguir.

Sistema. Conjunto de componentes interrelacionados entre sí que existe dentro de un mismo entorno. Un sistema se puede dividir en subsistemas, la mayoría de los cuales son también parte de otros sistemas o ecosistemas y al mismo tiempo contienen partes más pequeñas, lo cual hace que frecuentemente el sistema tenga límites arbitrarios.

Sustentabilidad. Existen varias definiciones que se exponen en el cuerpo de este libro. Una de ellas, escueta y de especial significación para el caso, dice que se trata de la salud y vitalidad de la comunidad a largo plazo, tanto cultural, económica, ambiental como socialmente (*Sustainable Seattle*. 1998).

Sustentable. Lo que es posible que perdure a través de periodos de tiempo suficientemente largos, según cada caso. Una sociedad sustentable, por ejemplo, es aquella que sea sana, vital, resistente, y que se pueda adaptar a las condiciones de cambios en el largo plazo.

REFERENCIAS.

1. **Meadows D.L., et al.** " The limits to growth". USA : Universe Books, 1972.
2. *Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential.* **Bribián, Ignacio Zabalza.** num. 5, Zaragoza, España : ELSEVIER, 2011, Vol. 46. 03601323.
3. **Instituto Nacional de Estadística, Geográfica e Informática (INEGI).** *INEGI.org.mx.* [En línea] 2016. [Citado el: 10 de Enero de 2017.] <http://www3.inegi.org.mx/>.
4. **Valdez, Elizabeth Adriana.** *Análisis de ciclo de vida (ACV) y aspectos medioambientales.* Estado de México : s.n., 2011. 978-607-95640-3-9.
5. **Graedel, T.** "Industrial Ecology - Definition and implementation". *Industrial Ecology and global Change.* United Kingdom : Cambridge University Press, 1994, Chapter 3.
6. **Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO).** *gob.mx/profeco.* [En línea] 2016. [Citado el: 29 de Enero de 2017.] <http://www.gob.mx/profeco>.
7. **Javier Lara Arzate, Leonarda Falfán Velázquez y Adriana Villa Gutiérrez.** *Huella ecológica, Datos y Rostros.* [aut. libro] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Mexico : 978-607-8246-18-2, 2012 .
8. **Network, Global Footprint.** [En línea] 2013-2018. [Citado el: 1 de Junio de 2018.] <https://www.footprintnetwork.org/>.
9. **WWF.** *Transcurridos apenas ocho meses de 2016 y ya gastamos el presupuesto ecológico del año.* [En línea] 8 de Agosto de 2016. [Citado el: 1 de Junio de 2018.] <http://www.wwf.org.mx/?275254/Transcurridos-apeenas-ocho-meses-de-2016-y-ya-gastamos-el-presupuesto-ecologico-del-anio#>.
10. **Infonavit.** www.infonavit.org.mx/. [En línea] Infonavit, 2017. [Citado el: 18 de Julio de 2018.]

11. Bekker, P. "*A Life Cycle Approach in Building*", *Building and Environment*. 1982. Vol. 17.
12. Valero A., et al. " Bases Termoeconómicas del Ahorro de Energía". *Conferencia Nacional sobre Ahorro Energético y alternativas energéticas*. Zaragoza : s.n., 1986.
13. Fernando, Gaja I. Diaz. *Revolucion Informacional, crisis ecologica y urbanismo* . s.l. : Arquitectura y diseño 2da edicion, Mexico , 2005. 193pp.
14. Enkerlin, Ernesto C. *Ciencia Ambiental y desarrollo sostenible*. Mexico : ITESM, 1997. 499-638.
15. Gottdiener, Mark and Hutchison, RAY. *The new urban sociology*. s.l. : Westview Press, 2006. 408 pp.
16. Glavind, M. et al. *Sustainable concrete structures-A win-win situation for industry and society*. s.l. : Danish Technological Institute, 2005.
17. Li, V.C. et al. *Development of green engineered cementitious composites for sustainable infrastructure systems*. *Department of civil and environmental engineering*. Michigan, USA : University of Michigan, 2003.
18. Naik, TR. Sustainability of cement and concrete industries. [En línea] 2005. [Citado el: Enero de 28 de 2017.] http://www4.uwm.edu/cbu/Papers/2006%20CBU%20Reports/REP-607_Naisot.pdf.
19. Jones, N. et al. *The manufacture of precast building blocks utilising recycled construction and demolition waste*. Liverpool : University of Liverpool, 2005.
20. Avellaneda, J. *EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DE DIFERENTES SISTEMAS*. España : Actas del I Congreso Internacional de Construcción Sostenible y Soluciones Eco-eficientes, 2016.
21. Bowyer, J. et al. A report of progress and a glimpse of the future. USA : Forest products journal, 2001, Vol. 51, num. 10.

22. Lefebvre, Henri. *The production of space*. Australia : Blackwell Publishing, 1991.
23. 2013-2018, Plan Nacional de Desarrollo. http://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5299465. [En línea] [Citado el: 15 de Febrero de 2018.]
24. "Communication from the Commission to the Council and the European Parliament on Integrated Product Policy". Comisión Europea. 2003.
25. *International Organization for Standardization iso*. Génova, Suiza : 14044, Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines, 2006. 12 pp.
26. SimaPro. SimaPro. [En línea] [Citado el: 2018 de Junio de 1.] <https://simapro.com/>.
27. Athena. Sustainable Materials Institute. [En línea] [Citado el: 2018 de junio de 1.] <http://www.athenasmi.org/our-software-data/impact-estimator/>.
28. OpenLCA. The life cycle of things. [En línea] [Citado el: 2018 de junio de 1.] <http://www.openlca.org/>.
29. Maza, Fernando González. *Análisis del ciclo de vida de materiales de*. San Luis Potosi : s.n., 2012.
30. SMITH, S. *La obra de fábrica del ladrillo*. Barcelona : Ed. Blume. 114pp.
31. Salvador, Rubén. *Los bloques de tierra comprimida (BTC) en zonas húmedas*. México DF : Plaza y Valdés S.A. DE C.V., 2010. 185pp.
32. International, ASTM. Standard Specification for Mortar for Unit Masonry. [En línea] 1996-2018. [Citado el: 16 de Mayo de 2018.] <https://www.astm.org/Standards/C270.htm>.
33. A.C., Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. *Las posibilidades del concreto, Construcción y Tecnología*. [En línea] 2005. [Citado el: 16 de Mayo de 2018.] <http://www.imcyc.com/cyt/febrero05/POSIBILIDADES.pdf>.

34. González Maza, Fernando y Arista González, Gerardo Javier. *Análisis del ciclo de vida de materiales de construcción convencionales y alternativos*. 2012.
35. AMADOR, CHARGOY. *Tesis: Generación de inventarios para el Análisis del Ciclo de Vida de cemento, block, bovedilla, vigueta y ladrillo en la zona centro de México*, Cholula, Puebla : s.n., 2009.
36. Ortiz, Diana Ramirez. *Derecho Ambiental y Desarrollo Sustentable*. Mexico D.F. : Porrúa, 2014. 978-607-09-1649-6.
37. Coutiño, Reynol Diaz. *Desarrollo Sustentable Una oportunidad para la vida*. Mexico : McGraw-Hill, 2011. 978-607-15-0556-9.
38. Diario Oficial de la Federación. *DOF Plan de Vivienda 2013-2018*. [En línea] 2017. [Citado el: 20 de Enero de 2017.] http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5342865&fecha=30/04/2014.
39. Plan estatal de desarrollo 2011-2016 Sinaloa. *ordenjuridico.gob.mx*. [En línea] 2016. [Citado el: 29 de Enero de 2017.] <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Estatal/Sinaloa/wo86956.pdf>.
40. Vallejo Antón, Maria Asunción. *Tesis doctoral: Utilización del Análisis del ciclo de vida en la evaluación del impacto ambiental del cultivo bajo invernadero mediterráneo*. Barcelona : s.n., 2004. 235pp.
41. MX-SAA-14044-IMNC-2008. *Gestión Ambiental – Análisis del ciclo de vida – Requisitos y Directrices*. México D.F, 2009. Norma Mexicana.
42. Carvalho Filho, Arnaldo Cardim. *Análisis del ciclo de vida de productos derivados del cemento – Aportaciones al análisis de los inventarios del ciclo de vida del cemento*. Barcelona : Universidad Politécnica de Cataluña, 2001. pág. 317.
43. G., Franco Moreno. *Técnica de la construcción con ladrillo*,. Barcelona : Ediciones CEAC S.A., 1991. 843292976X, 9788432929762.

44. CONCRETO, INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL. *Diseño y construcción de estructuras de bloques de concreto*. Mexico : Ed. Abeja, 1983. 161 pp.
45. Gastélum, Ramón Olivas. *Desarrollo de un horno para producción industrial y artesanal de ladrillos* . Cholula, Puebla, México : Escuela de Ingeniería, Universidad de las Américas Puebla, 8 de mayo de 2004.
46. Gálvez, David Morillón. Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural. [En línea] 2007. [Citado el: 14 de Noviembre de 2018.] http://www.smie.org.mx/SMIE_Articulos/si/si_04/te_01/ar_04.pdf.
47. CEROCO2. <https://www.ceroco2.org/calculadoras/>. [En línea] 2005.
48. BANCO MUNDIAL. *bancomundial.org*. [En línea] 2016. [Citado el: 10 de Enero de 2017.] http://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.CO2E.PC?name_desc=false.
49. EFICIENCIA ENERGETICA Y AMBIENTAL EN EL SECTOR VIVIENDA. *fundacionidea.org.mx*. [En línea] 2016. [Citado el: 27 de Enero de 2017.] http://fundacionidea.org.mx/assets/files/FIdea_libro%20eficiencia%20energetica%20final.pdf.
50. *International Organization for Standardization, iso*. Génova, Suiza : 14040, Environmental management life cycle assessment principles and framework, 1997. 12 pp.
51. *International Organization for Standardization, iso*. Génova, Suiza : 14041, Environmental management life cycle assessment goal and scope definition and inventory analysis, 1998. 22 pp.
52. *International Organization for Standardization, iso*. Génova, Suiza : 14042, Environmental management Life cycle assessment life cycle impact assessment, 2000. 20 pp.

53. *International Organization for Standardization iso*. Génova, Suiza : 14043, Environmental management life cycle assessment – life cycle interpretation, 2000. 14 pp.
54. Struble, I. How sustainable is concrete? Champaign, EU : University of Illinois at Urbana, 2003.
55. Sanchez de Leon, Michelle y Marti, Nuria. La envolvente como estrategia de diseño sostenible. [aut. libro] Sanchez-Ostiz Gutierrez Ana. *Fachadas: cerramientos de edificios*. Barcelona : Cie Dossat 2000, 2011.
56. Brundtland Gro Harlem. *Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (informe Brundtland) (Nuestro futuro comun)*. New York : ONU, 1987. 9780969453802.
57. Avila, Carla Aceves. *Bases Fundamentales de Derecho Ambiental Mexicano*. Mexico : Porrúa, 2003.
58. Cisneros, Edgar Alan Arroyo. *El Derecho Fundamental al Medio Ambiente*. Mexico : Porrúa, 2012.
59. Coutiño, Reynol Diaz. *Desarrollo Sustentable | Una oportunidad para la vida*. Mexico : McGrawHill, 2011. 978-607-15-0556-9.
60. Canter, Larry W. *Manual de Evaluacion de Impacto Ambiental*. Madrid : McGrawHill, 1998.
61. 21, Agenda. Departamento de Asuntos Economicos Y Sociales. *Agenda 21 (Programa 21)*. [En línea] [Citado el: 10 de Febrero de 2018.] <http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/>.
62. Ambiental, Comision Para la Cooperación. Comisión para la Cooperación Ambiental. *Tres países unidos en la protección del medio ambiente que compartimos*. [En línea] 2016. [Citado el: 11 de Abril de 2018.] <http://cec.org/es>.

63. Sánchez, Verenise. Conacyt. [En línea] 14 de Septiembre de 2016. [Citado el: 11 de Marzo de 2018.] http://conacytprensa.mx/index.php/sociedad/politica-cientifica/10350-en-20-anos-se-podria-recuperar-la-capa-de-ozono-mario-molina?utm_source=newsletter_4632&utm_medium=email&utm_campaign=conacyt-newsletter-165-2016.
64. International Organization for Standardization. *ISO*. [En línea] [Citado el: 14 de Marzo de 2018.] <https://www.iso.org/iso-14001-environmental-management.html>.
65. Cambio Climático .org. *tu punto de partida sobre Cambio Climático en la red*. [En línea] 6 de Enero de 2010. [Citado el: 4 de Marzo de 2018.] <http://www.cambioclimatico.org/tema/protocolo-de-kyoto.0-2230-2573-1>.
66. Camara de Diputados. *H. Congreso de la unión*. [En línea] 2006. [Citado el: 5 de Marzo de 2018.] <http://www.diputados.gob.mx/>.
67. Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018. [En línea] 2013. [Citado el: 5 de Marzo de 2018.] <http://pnd.gob.mx/>.
68. Ley General de Cambio Climatico. [En línea] 2006. [Citado el: 2018 de Marzo de 8.] <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lgcc.htm>.
69. Ley de Vivienda. [En línea] 27 de Junio de 2006. [Citado el: 8 de Marzo de 2018.] http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LViv_230617.pdf.
70. LEY GENERAL DE ASENTAMIENTOS HUMANOS, ORDENAMIENTO TERRITORIAL. Y *DESARROLLO HUMANO*. [En línea] 28 de Noviembre de 2016. [Citado el: 5 de Abril de 2018.] http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGAHOTDU_281116.pdf.
71. La Carta de la Tierra. *Valores y Principios para un Futuro Sostenible*. [En línea] 2012. [Citado el: 5 de Abril de 2018.] <http://cartadelatierra.org/descubra/la-carta-de-la-tierra/>.

72. Ortiz, Diana Ramirez. *Derecho ambiental y Desarrollo sustentable*. México : Porrúa, 2014. 978-607-09-1649-6.

73. SEGOB. Diario Oficial de la Federación. [En línea] 30 de Enero de 2009. [Citado el: 2018 de Mayo de 30.] http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5080493&fecha=16/02/2009.

74. Lopez, Cesar Alejandro Espinoza. *Inventario de Ciclo de Vida para el CEmento en Mèxico*. Mexico : Instituto Tecnològico y de Estudios Superiores de Monterrey, 2005.

75. CONFORT TÉRMICO Y CONSUMO ENERGÉTICO POR USO DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS PARA MUROS, EN MEXICALI BAJA CALIFORNIA. [En línea] 24 de Marzo de 2017. [Citado el: 30 de Diciembre de 2018.] https://www.researchgate.net/publication/315584401_Confort_Termico_y_Consumo_Energetico_por_uso_de_Sistemas_Constructivos_para_Muros_en_Mexicali_Baja_California. CTSNES_RES/061/11.

SIGLAS Y ACRÓNIMOS.

ACV:

Análisis de Ciclo de Vida.

ICV:

Inventario de ciclo de vida.

CONACyT:

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

<http://www.conacyt.mx>

Conavi:

Comisión Nacional de Vivienda.

<http://www.conavi.gob.mx>

CONUEE:

Comisión Nacional para el Uso de Eficiente de la Energía

DOF:

Diario Oficial de la Federación.

FIDE:

Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica

INEGI:

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

<http://www.beta.inegi.org.mx/>

Infonavit:

Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores.

<http://www.infonavit.org.mx>

ISO:

Organización Internacional para la Estandarización (ISO, por sus siglas en inglés).

NAMAS

Las acciones de mitigación apropiadas a cada país (NAMAs, por sus siglas en inglés).

SHF:

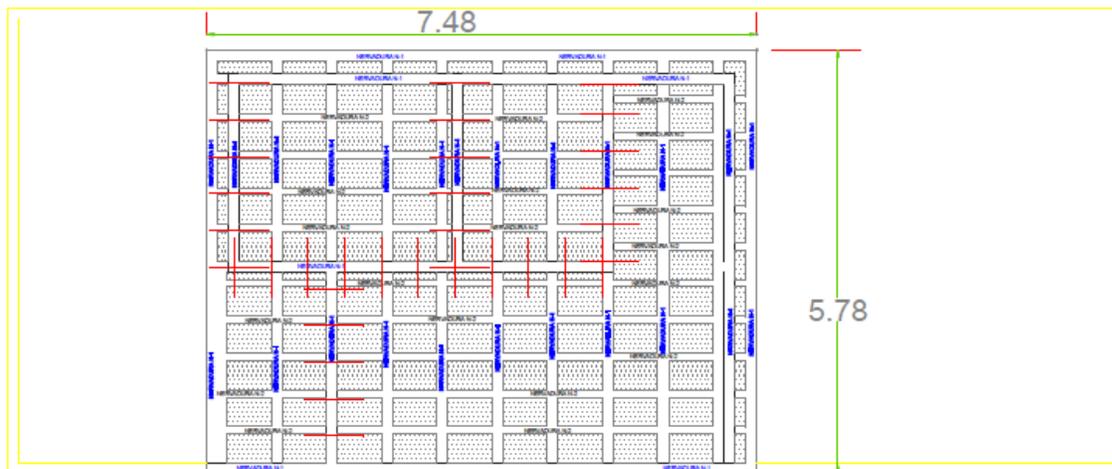
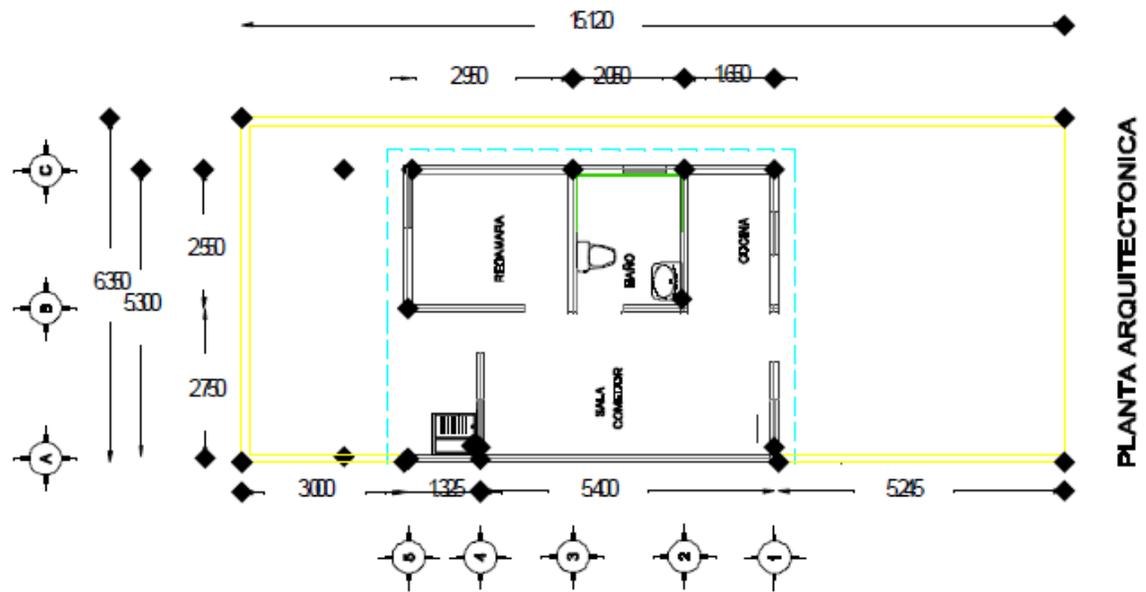
Sociedad Hipotecaria Federal

wced:

Comisión Mundial Sobre Medio Ambiente y el Desarrollo.

ANEXOS.

ANEXO 1 PLANOS



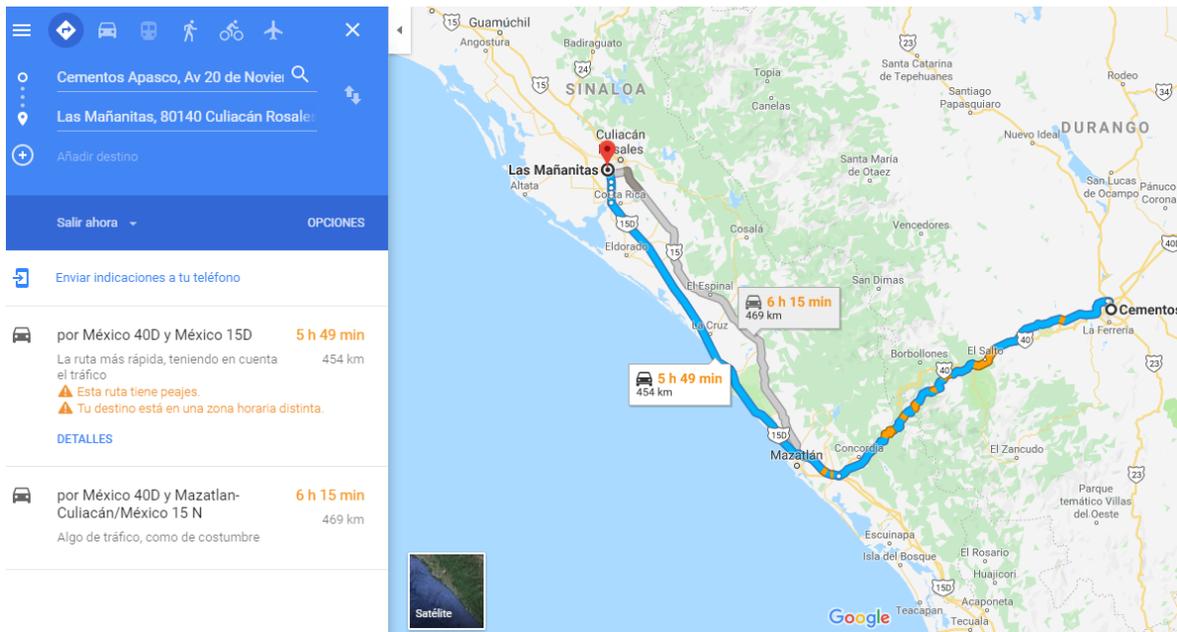
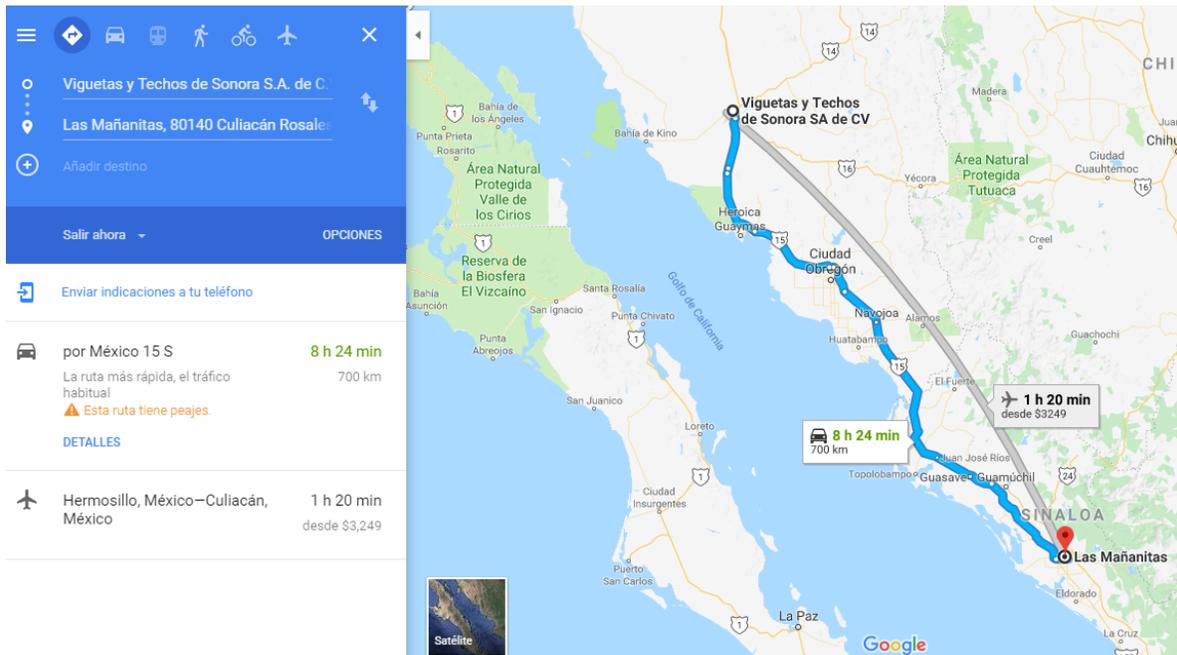
ANEXO 2 PROCESOS DE BASE DE DATOS ECOINVENT

Materia prima	Proceso
Carbón	hard coal mine operation and hard coal preparation
Hierro	iron mine operation and iron ore beneficiation to 65% Fe
Piedra caliza	limestone production, crushed, for mill
Bauxita	bauxite mine operation
Arcilla	clay pit operation
lime	lime production, milled, loose

Material	Proceso
acero	sinter production, iron. Coking steel production
Agregados Pétreos	gravel and sand quarry operation
Cemento	clinker production
Ladrillo	clay brick production
Bloque	concrete brick production

Otros recursos	Proceso
Transporte terrestre	transport, freight, lorry
Electricidad voltaje medio	electricity, high voltage
Electricidad alto voltaje	electricity, medium voltage
Diésel	diesel, burned in building machine

ANEXO 3 RUTAS DE TRANSPORTE DE MATERIALES



Cementos Fortaleza, Carretera Paname
 Las Mañanitas, 80140 Culiacán Rosale

Añadir destino

Salir ahora OPCIONES

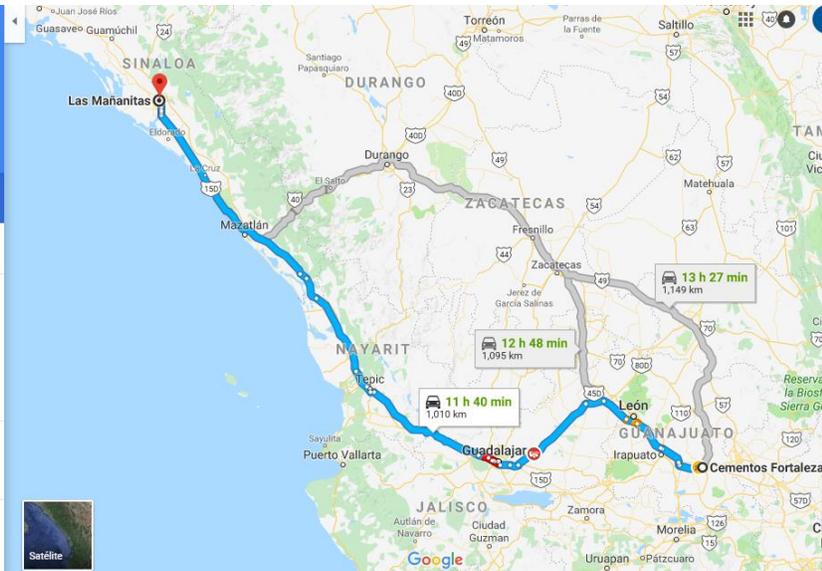
Enviar indicaciones a tu teléfono

por México 15D **11 h 40 min**
 La ruta más rápida, el tráfico habitual
 1010 km
 ⚠️ Esta ruta tiene peajes.
 ⚠️ Tu destino está en una zona horaria distinta.

DETALLES

por México 45 **12 h 48 min**
 1095 km

por México 45 y México 40D **13 h 27 min**
 1149 km



Cemex Mexico Planta Yaqui, Carr. Herm
 Las Mañanitas, 80140 Culiacán Rosale

Añadir destino

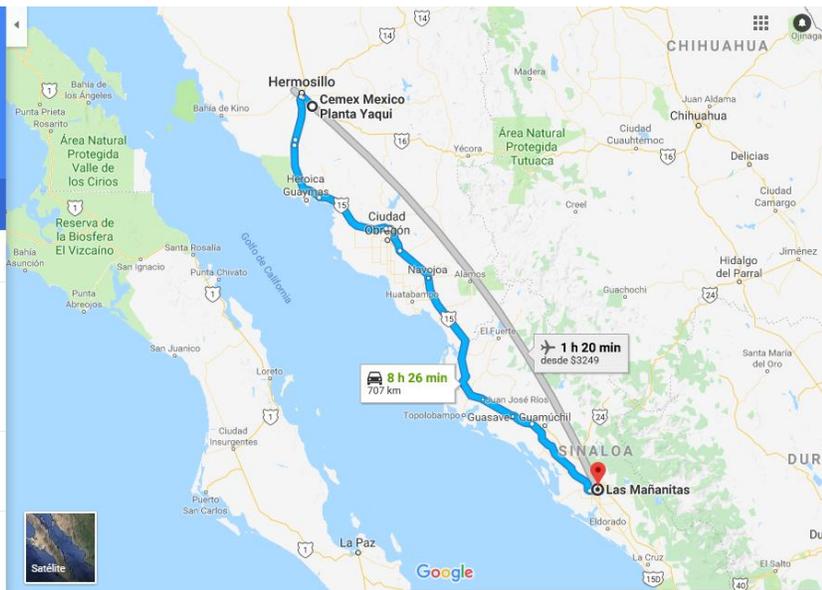
Salir ahora OPCIONES

Enviar indicaciones a tu teléfono

por México 15 S **8 h 26 min**
 La ruta más rápida, el tráfico habitual
 707 km
 ⚠️ Esta ruta tiene peajes.
 ⚠️ Esta ruta tiene un uso restringido o calles privadas.

DETALLES

Hermosillo, México–Culiacán, México **1 h 20 min**
 desde \$3,249



Destinos:
 Ladrilleras, Sinaloa
 Las Mañanitas, 80140 Culiacán Rosales

Opciones de Ruta:

Ruta	Tiempo	Distancia
por Prol. Álvaro Obregón y SIN 280 <small>La ruta más rápida, el tráfico habitual</small>	30 min	18,7 km
por Prol. Álvaro Obregón y Blvd. Pedro Infante	31 min	19,3 km
por Prol. Álvaro Obregón	34 min	20,3 km

Mapa: Muestra la ruta desde Las Mañanitas hasta Ladrilleras. Se ven puntos de interés como Jardín Botánico Culiacán y Culiacán Rosales. Se muestran carreteras como la 15 y la 3-21.

Destinos:
 Los Mezcales, 80019 Culiacán Rosales
 Las Mañanitas, 80140 Culiacán Rosales

Opciones de Ruta:

Ruta	Tiempo	Distancia
por Prol. Álvaro Obregón y SIN 280 <small>La ruta más rápida, el tráfico habitual</small>	26 min	16,1 km
por Prol. Álvaro Obregón y Blvd. Pedro Infante	27 min	16,7 km
por Blvd. Pedro Infante	29 min	17,7 km

Mapa: Muestra la ruta desde Las Mañanitas hasta Los Mezcales. Se ven puntos de interés como Jardín Botánico Culiacán y Culiacán Rosales. Se muestran carreteras como la 15 y la 3-21.

ANEXO 4 ANALISIS ETAPA DE TRANSPORTE

MATERIAL	FABRICANTE	LUGAR DE FABRICACION	TIPO DE TRANSPORTE	KM RECORRIDOS	PROMEDIO Km	NOMENCLATURA DEL TRANSPORTE	PESO MAXIMO PERMITIDO Ton	TIPO DE COMBUSTIBLE	RENDIMIENTO Km/lt	CONSUMO DE COMBUSTIBLE
ACERO	Aceros del Toro	Ciudad de Mexico	Terrestres	1212.62	1159.25	T3-S2	46	Diesel	2.5	463.70
	Aceros del Toro	Guadalajara, Jalisco		1044.83						
	Perfiles y aceros de Mexico S.A de	Ciudad de Mexico		1220.29						
CEMENTO	Cemex Mexico planta Yaki	Hermosillo, Sonora	Terrestres	691.6	720.53	T3-S2	46	Diesel	2.5	288.21
	Cementos Fortaleza	Celaya, Guanajuato		1016						
	Cementos Apasco	Durango, Durango		454						
VIGUETA Y BOVEDILLA	Vigueta y Bovedilla de formacel SA de CV	Ciudad de Mexico	Terrestres	1215	787.67	T3-S5	46	Diesel	2.5	315.07
	Fanosa	Durango, Durango		446						
	Vigueta y techos de Sonora SA de CV	Hermosillo, Sonora		702						
TABIQUE	Ladrillera	Culiacán, Sinaloa	Terrestres	19.3	18.05	C2	19	Diesel	2.5	7.22
	La Ladrillera	Culiacán, Sinaloa		16.8						
BLOCK	Super Block SA de CV	Culiacán, Sinaloa	Terrestres	3.8	4.25	C2	19	Diesel	2.5	1.7
	Block del Pasifico	Culiacán, Sinaloa		4.7						
AGREGADOS	Cribas y agregados Aguaruto SA de CV	Culiacán, Sinaloa	Terrestres	7.2	12.45	C2	19	Diesel	2.5	4.98
	Cribas San Antonio	Culiacán, Sinaloa		17.7						

ANEXO 5 ANALISIS PARA IDENTIFICAR VARIABLES SIGNIFICATIVAS

CATEGORÍA DE IMPACTO AMBIENTAL	INDICADOR DE CATEGORÍA	viviendatallaje	ETAPAS DEL CICLO DE VIDA				Ura
			Extracción	Producción	Transporte	Construcción	
Calentamiento global	kgCO ₂ e	7.50E+03	100%	26%	11%	3%	14%
		7.50E+03	100%	8.54E+02	2.95E+03	7.03E+02	1.04E+03
				26%	11%	3%	14%

CATEGORÍA DE IMPACTO AMBIENTAL	INDICADOR DE CATEGORÍA	viviendablock	ETAPAS DEL CICLO DE VIDA				Ura
			Extracción	Producción	Transporte	Construcción	
Calentamiento global	kgCO ₂ e	6.93E+03	100%	15%	6%	42%	26%
		6.93E+03	100%	1.02E+03	4.41E+02	2.94E+03	1.93E+03
				15%	6%	42%	26%

ANEXO 6 ANALISIS DE SENSIBILIDAD

PROGRAMA:	Umberto LCA	Método:	CML 2001	Fecha:	20/09/2018
PRODUCTO:	Emisiones al aire de vivienda block y vivienda tabique	Indicador	Según la caracterización	Resultados:	Evaluación de impactos
PROYECTO:	Predicción y comparación del impacto ambiental del sistema constructivo block y tabique.	Cálculo:	Analizar		
		Categorías omitidas:	fin de vida		
CATEGORÍA DE IMPACTO AMBIENTAL	INDICADOR DE CATEGORÍA	SISTEMA CONSTRUCTIVO			
		VIVIENDA TABIQUE		VIVIENDA BLOCK	
Calentamiento global	Kg CO ₂ eq	7.50E+03		6.93E+03	

ANEXO 7 CÁLCULO DE EMISIONES

Vivienda Tabique

1. Consumo eléctrico

Introduzca su consumo de electricidad (en kWh).

 kWh

¿Tienes energía verde contratada?

No Sí

2. Resultado

El resultado de su consumo eléctrico es de: **55.50** Kg de CO2 eq

[↻ Hacer otro cálculo](#)

Una vez calculadas las emisiones por consumo eléctrico, añádalas al cálculo total de emisiones.

- Consumo eléctrico 1: 65.86Kg de CO2 eq
- Consumo eléctrico 2: 142.45Kg de CO2 eq
- Consumo eléctrico 3: 126.17Kg de CO2 eq
- Consumo eléctrico 4: 170.57Kg de CO2 eq
- Consumo eléctrico 5: 146.52Kg de CO2 eq
- Consumo eléctrico 6: 113.96Kg de CO2 eq
- Consumo eléctrico 7: 92.13Kg de CO2 eq
- Consumo eléctrico 8: 30.34Kg de CO2 eq
- Consumo eléctrico 9: 25.16Kg de CO2 eq
- Consumo eléctrico 10: 25.9Kg de CO2 eq
- Consumo eléctrico 11: 22.94Kg de CO2 eq
- Consumo eléctrico 12: 27.38Kg de CO2 eq
- Consumo eléctrico 13: 55.5Kg de CO2 eq

[+ Añadir al total](#)

Resultado total

La Huella de Carbono total es de **1044.88** kg de CO2 (**1.0449** Tn CO2)

[Ver cálculo general](#) [Compensar](#)

Vivienda block

1. Consumo eléctrico

Introduzca su consumo de electricidad (en kWh).

kWh

¿Tienes energía verde contratada? 

 No Sí

2. Resultado

El resultado de su consumo eléctrico es de: **143.56** Kg de CO2 eq

 [Hacer otro calculo](#)

Una vez calculadas las emisiones por consumo eléctrico, añádalas al cálculo total de emisiones.

- Consumo electrico 1: 129.5Kg de CO2 eq 
- Consumo electrico 2: 170.94Kg de CO2 eq 
- Consumo electrico 3: 266.4Kg de CO2 eq 
- Consumo electrico 4: 270.84Kg de CO2 eq 
- Consumo electrico 5: 195.36Kg de CO2 eq 
- Consumo electrico 6: 220.52Kg de CO2 eq 
- Consumo electrico 7: 119.14Kg de CO2 eq 
- Consumo electrico 8: 107.67Kg de CO2 eq 
- Consumo electrico 9: 53.28Kg de CO2 eq 
- Consumo electrico 10: 53.65Kg de CO2 eq 
- Consumo electrico 11: 46.99Kg de CO2 eq 
- Consumo electrico 12: 55.5Kg de CO2 eq 
- Consumo electrico 13: 143.56Kg de CO2 eq 

 [Añadir al total](#)

Resultado total

La Huella de Carbono total es de **1833.35** kg de CO2 (**1.8334** Tn CO2)

[Ver cálculo general](#)

[Compensar](#)