



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE
MORELOS**



CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN BIOTECNOLOGÍA



**USO Y FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CEMENTO. RESIDUOS DEL
SECTOR EN CUAUTLA**

**TESINA QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS**

**P R E S E N T A
CÉSAR AUGUSTO GONZÁLEZ BAZÁN**

DIRECTOR DE TESINA: DR. RAFAEL MONROY ORTIZ

CUERNAVACA, MORELOS

ENERO, 2019

**USO Y FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CEMENTO. RESIDUOS DEL
SECTOR EN CUAUTLA**

TESINA QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS

P R E S E N T A

CÉSAR AUGUSTO GONZÁLEZ BAZÁN

TUTOR

DR. RAFAEL MONROY ORTIZ

FACULTAD DE ARQUITECTURA UAEM

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN BIOTECNOLOGÍA
2019**

Dr. Rafael Monroy Ortiz

Director de Tesina

Mtro. Enrique Sánchez Salinas

Dr. Alfonso Valenzuela Aguilera

Mtro. Julio César Lara Manrique

Mtra. Ariadna Zenil

Sinodales

Agradezco a la Universidad Autónoma del Estado de Morelos por brindarme la oportunidad de humanizar el conocimiento, a pesar de transitar por tiempos complicados que amenazan su libertad y autonomía. También, y de manera especial doy gracias al Dr. Rafael Monroy Ortiz por su apoyo para la culminación de este trabajo; a mi comité tutor Mtro. Enrique Sánchez Salinas y Dr. Alfonso Valenzuela Aguilera, por tomarse el tiempo para aportar a este proyecto, así como por sus atinadas observaciones. Por supuesto, no puedo dejar de mencionar al Centro de Investigaciones en Biotecnología CEIB, a mis maestros, a los nuevos amigos, todos compañeros de viaje cuya aportación se refleja en este trabajo, al igual que en mi persona. A todos ustedes **Muchas Gracias**.

Como siempre y por siempre

A mis padres

César y Lourdes

Por estar conmigo en todo proyecto,

con igual o más convicción que yo

Gracias por simplemente confiar

A mi hermano

Compañero de viaje y de

innumerables instantes

A mis abuelos

Ejemplos de vida, aunque uno

nos ilumine ya a lo lejos

Al CEUA

Como dice Taibo II, la fiesta está

en lo colectivo

A mis queridos Amigos

Podría nombrarlos, pero no es necesario,

el cariño, respeto y la amistad

lo hacen por mi

Para todos ustedes, mi más sincero reconocimiento y afecto

Índice

| | |
|--|-----------|
| Introducción | <i>1</i> |
| Capítulo I. Marco Teórico | <i>3</i> |
| 1.1 Sociedad urbana y residuos | <i>3</i> |
| 1.1.1 Gestión Integral de los residuos sólidos y su clasificación | <i>4</i> |
| 1.2 Industria de la construcción en México, y el mercado de los prefabricados | <i>5</i> |
| 1.2.1 Generalidades del block para su utilización como material de construcción | <i>5</i> |
| 1.2.2 Consideraciones básicas de la industria del cemento portland | <i>6</i> |
| 1.3 Regulaciones para los residuos de construcción en México | <i>8</i> |
| 1.3.1 Normatividad aplicable para el cemento portland y los bloques de concreto | <i>13</i> |
| 1.4 Las diferencias entre tratamiento y remediación, en el Estado de Morelos | <i>16</i> |
| Capítulo II. Planteamiento del problema y justificación | <i>19</i> |
| 2.1 Antecedentes | <i>19</i> |
| 2.2 Planteamiento del problema | <i>20</i> |
| 2.3 Justificación | <i>20</i> |
| 2.4 Hipótesis | <i>21</i> |
| Capítulo III. Objetivos y Metodología | <i>23</i> |
| 3.1 Objetivo general | <i>23</i> |
| 3.1.1 Objetivos específicos | <i>23</i> |
| 3.2 Metodología | <i>23</i> |
| Capítulo IV. Contexto Socio-territorial del Estado de Morelos, características de la modernidad | <i>25</i> |
| 4.1 Referencias económicas y sociales | <i>28</i> |
| 4.2 Contexto urbano y de la industria de la construcción del Estado de Morelos | <i>30</i> |

| | |
|--|----|
| 4.3 Algunas referencias de la degradación ambiental en el estado | 31 |
| Capítulo V. Los residuos y la industria de la construcción, particularidades en la elaboración de los bloques de concreto en Cuautla, Morelos | 35 |
| 5.1 Condiciones generales del Municipio de Cuautla | 35 |
| 5.2 Un acercamiento al uso de los bloques de cemento en la ciudad de Cuautla | 36 |
| 5.3 Industria de prefabricados para la construcción; el estatus de la elaboración de bloques de cemento en el municipio de Cuautla | 39 |
| 5.3.1 Bloques de cemento, la estandarización como base de su fabricación | 40 |
| 5.4 Ladrillos de arcilla, una opción artesanal para la construcción | 44 |
| Capítulo VI. Consumo de materias primas y manejo de residuos en la industria bloquera regional | 49 |
| 6.1 Generación y manejo de residuos en la producción de bloques de cemento | 53 |
| 6.2 Generación y manejo de residuos en la producción de ladrillos de arcilla de cemento | 56 |
| Capítulo VII. Conclusiones preliminares | 61 |
| 7.1 Esquema de manejo para los residuos durante la elaboración de los bloques de cemento | 61 |
| Lista de referencias | 63 |
| Lista de Figuras | 70 |

Introducción

En la etapa del capitalismo global, la crisis del ambiente en términos de la generación de residuos, tiene determinantes clave; por ejemplo, las referencias más importantes de la racionalidad económica y su propensión al desarrollo, han dado lugar a una creciente concentración de actividades productivas y mano de obra, responsables directos de una diversidad de patrones productivos y de consumo, responsables de dicha generación. Las áreas urbanas en particular concentran una proporción importante de dichas actividades económicas, lo que las convierte en sitios atractivos para la población; por esta razón, las ciudades alrededor del planeta han incrementado su proporción de población estimada en más de la mitad del total mundial.

La lógica de la sociedad moderna y su expresión territorial urbana, han sentado las condiciones para la escala actual de generación de residuos, estimada en aproximadamente 1,300 millones de toneladas al día, de la cual poco más de la mitad está compuesta principalmente por elementos orgánicos. Sin embargo, las ciudades contribuyen también con otro tipo de residuos producto de su crecimiento físico, incluyendo aquellos derivados de los materiales de construcción.

Cabe mencionar que los requerimientos constructivos aumentaron a la par de los indicadores demográficos y económicos, particularmente debido a que las edificaciones adoptaron nuevos sistemas constructivos con base en materiales prefabricados de concreto. Su importancia en el mercado permite observar por ejemplo, que los bloques de concreto mejor conocidos como blocks, se producen en 74% de las unidades económicas dedicadas a la fabricación de concreto y productos de cemento en el país.

En términos relativos, el estado de Morelos registra una de las mayores actividades en la industria de la construcción formal, sin embargo, en términos de la fabricación de concreto y productos de cemento avocados a la producción de bloques, existen 56 unidades. Su fabricación consta de cuatro etapas, de las cuales las más críticas por su poca tecnificación son la de mezcla y la compactación, en las cuales se vierten ingredientes básicos como el cemento portland y los agregados pétreos. Como resultado de la repetición constante de este proceso resultan residuos que es necesario identificar, al igual que la forma en que se manejan para su disposición final; entre estos destaca de manera particular, los embalajes generados por los agregados principales en su elaboración.

En consecuencia, es necesario estudiar los residuos originados por la mezcla y la compactación en el proceso de elaboración del block, de la misma forma que aquellos generados por los componentes principales de dicho proceso. De esta manera, es posible entender cuáles son los residuos producidos, cómo se manejan, dónde se depositan y cuáles podrían ser sus principales desequilibrios como consecuencia de un manejo inadecuado.

Finalmente se considera que el proceso de producción de este material de construcción tiene etapas, cuya consecuencia es la generación de efectos adversos al ambiente; en este marco, el enfoque utilizado para el estudio de dicho fenómeno será cuantitativo, en la medida que una vez reconocidos los referentes inmediatos de dicha dinámica en literatura especializada, se plantea una recolección y análisis de datos respecto al proceso mismo de fabricación del block en algunas empresas de la entidad seleccionadas para tal efecto.

Capítulo I. Marco Teórico

1.1 Sociedad urbana y residuos

En la etapa de la economía global, las concentraciones territoriales han estandarizado las condiciones económicas y sociales y al mismo tiempo, sus respectivos efectos permisivos en el ambiente debido a la sobreexplotación de recursos, los patrones de consumo y la generación de residuos. En términos regionales, se estima que el sistema urbano mundial ocupa entre 5 y 6% de la superficie terrestre, albergando a 54% de la población mundial, y con una proyección al 2050 del 66%, en la cual prevalecen ciudades medias¹ y en menor medida en aquellas con una población de 10 millones² Organización Mundial de las Naciones Unidas (ONU, 2014); en este escenario, la contribución del sistema urbano a la generación y diversificación de residuos en el planeta resulta un objeto central de discusión.

En este sentido, los residuos sólidos generados hace más de una década en las áreas urbanas, se estimaba en 0.64kg per cápita; en la actualidad, estos se incrementaron a 1.2 kg por día, lo que significa que se produce un total de 1,300 millones de toneladas. Para 2025, se estima que 4,300 millones de habitantes urbanos generarán alrededor de 2,200 millones de toneladas al día. En términos regionales, América Latina producen cerca de 160 millones de toneladas por día de residuos sólidos urbanos, cuya composición es en 54% orgánicos, 16% papel, 12% plástico, 4% vidrio, 2% metal y 12 % materiales no especificados (Martínez, 2013).

En la última década, la producción de residuos en México se incrementó 43%, pasando de 29.3 a 42.1 millones de toneladas por año; de igual manera, la producción per cápita se elevó a 990 gramos. Debido a los similares patrones de consumo de la sociedad contemporánea, los residuos en los países desarrollados son predominantemente inorgánicos; en contraste, en la mayoría de los países subdesarrollados predomina la composición orgánica, la cual alcanza 52%, seguido por los productos de papel y cartón con 13.8%, los plásticos 10%, y la menor proporción vidrios y metales. Esta configuración está correlacionada con el crecimiento urbano, el desarrollo industrial, las modificaciones tecnológicas, así como con el cambio en los patrones de consumo de la población. Está

¹ 500 mil habitantes

² 28 ciudades con más de, de las cuales la más representativa es Tokio que alberga aproximadamente 38 millones de personas

claro que las principales productoras de residuos son las áreas urbanas, clasificándose de la siguiente manera: en primer lugar, se encuentran las zonas metropolitanas con el 42.8%; seguidas de las ciudades medias que causan 37.4%; las localidades semiurbanas el 11.5%; y finalmente las ciudades pequeñas con el 8.4%, Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2014).

1.1.1 Gestión Integral de los residuos sólidos y su clasificación

La generación y gestión de residuos ocasiona problemas que han llevado a la elaboración e instrumentación de políticas cuyo objetivo principal es su reducción; de manera general, estos establecen una serie de etapas orientadas, en primera instancia, al consumo racional, separación colectiva, recolección, transportación, almacenamiento, uso benéfico, valorización, tratamiento y disposición final, respetivamente. En coincidencia con el resto de América Latina, México registra un proceso particular para la gestión y manejo de los residuos, derivado de las condiciones socio-económicas en las que se desarrolla su sociedad. Dicho proceso se caracteriza por 2 etapas, la primera es representada por la utilización de algún materia o producto, mientras que la segunda es la disposición final en algún relleno sanitario (Martínez, 2013).

En este sentido, resulta relevante entender el concepto de residuo, dado que se utiliza de manera homónima con el de basura, a pesar de que existe una diferencia sustancial, puesto que residuo es todo aquel material o producto que ha sido desechado por su dueño y que es idóneo para ser valorizado económica o socialmente, o que requiera tratamiento para su disposición final; bajo esta premisa entonces basura sería todo aquel producto que no pueda ser valorizado.

Ahora bien, la conceptualización de residuo está asociada a una identificación por tipo en la que se les separa como residuos sólidos urbanos, es decir todos aquellos derivados de las actividades domésticas, así como de la limpieza de las vías y lugares públicos; los de manejo especial que son resultado de los procesos productivos en grandes cantidades (más de 10 toneladas al año) o que sean materiales demasiado voluminosos para ser recolectados por los servicios públicos municipales; y finalmente, los considerados peligrosos cuya peculiaridad es la de ser corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables, o que contengan agentes infecciosos, Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR, 2018). En conjunto esta problemática se asocia

directamente a la disposición final en los rellenos sanitarios, en donde la falta de tratamiento ocasiona la contaminación del agua, del aire y de la tierra

1.2 Industria de la construcción en México y el mercado de los prefabricados

La caracterización de los residuos sólidos deriva de una clasificación en la cual se distingue su generación a partir de las actividades productivas de la población; la dinámica urbana actual ha contribuido en la concepción de residuos al incrementarse la industria de la construcción en México. Esta, es la cuarta actividad con mayor valor agregado a la producción nacional, alcanzando casi los 1.491 billones de pesos durante 2016, equivalente al 7.65% del Producto Interno bruto del país, Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC, 2017), Banco Mundial (BM, 2018), Banco Nacional de México (Banamex, 2018). Se estima que 77% de los recursos fueron propiciados principalmente por la edificación de vivienda, comercio, equipamiento urbano y servicios (CMIC, 2017).

Al mismo tiempo, el uso de materiales tradicionales se ha sustituido, por aquellos de tipo prefabricados; en consecuencia, por cada \$100.00 pesos, cerca de la mitad se emplean en la compra de servicios y materiales de construcción de este tipo (CMIC, 2017). En nuestro país uno de los prefabricados más producidos y utilizados son los bloques de concreto, que, aunque solo concentran el 8% del valor de la producción bruta en la rama de fabricación de cemento y productos de concreto, emplea a 43% del personal ocupado en 4,435 unidades económicas, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2013).

En cuanto a residuos se refiere, esta industria generará para el año 2018 entre 9.7 y 9.9 millones de toneladas, según la expansión de la economía nacional. En este contexto, son tres grupos de desechos de la construcción los más representativos, incluyendo el material de excavación que significa 39% del total de residuos, el concreto 24.3%, así como los elementos prefabricados y pétreos con el 24% (CMIC, 2017). No obstante, se prevé un incremento en estas proporciones ocasionado por el crecimiento de la industria de la construcción, particularmente la elaboración de viviendas

1.2.1 Generalidades del block para su utilización como material de construcción

En la actualidad, el uso de materiales prefabricados ha cobrado relevancia, debido a que cubren con rapidez los requisitos tanto constructivos como normativos para la edificación en las ciudades; con ventajas económicas, los bloques de concreto en particular, se han

estandarizado en la construcción. En comparación con otros sistemas tradicionales, se destacan por su rapidez de fabricación, uniformidad en la medida de los bloques, su resistencia, y durabilidad. En la obra civil son seleccionados por que tienen un menor costo por metro cuadrado, utilizan poco mortero para asentar las piezas, mayor rendimiento de mano de obra por metro cuadrado, se puede utilizar como sistema estructural ahorrando costos de materiales de refuerzo como el acero, y dado que su terminación es homogénea no necesita de un acabado exterior (Freyre & Deza, 2001).

Es necesario tener presente que los bloques o blocks, según la NMX-C-037-1986 son materiales de construcción de forma prismática rectangular, sólidos o huecos, elaborados con cemento portland y agregados apropiados, tales como arena, grava, piedra triturada, piedra pómez, escoria volcánica o tezontle, arcillas, pizarras expandidas. Su textura es rugosa, de color grisáceo, aunque los acabados pueden variar dependiendo las exigencias de los proyectos arquitectónicos, Norma Oficial Mexicana (NMX-C-037-1986, 1986).

Su proceso de elaboración consta de 4 etapas: la primera es el almacenamiento en grandes patios de las materias primas, que son el cemento y los agregados. La segunda es la dosificación y el mezclado, consistente en el traslado de las materias primas a un sistema de pesado, posteriormente a un cilindro dispuestos horizontalmente, con aspas de mezclado adheridas a un eje, donde se le agrega agua de manera manual o electrónicamente. La tercera etapa reside en vaciar la mezcla de la etapa anterior en moldes, de los cuales puede variar su tamaño. Una vez llenos los moldes, son compactados y vibrados para darle consistencia, forma, así como resistencia. Finalmente, ya compactados son colocados en estibas o columnas, en espacios grandes y abiertos para que se sequen con el sol, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto (IMCYC, 2006). El procedimiento en cada una de las etapas puede variar dependiendo del grado de tecnificación de la empresa que los produce, sin embargo, es importante tener presente que en todos los casos la materia prima está compuesta por el cemento portland, lo que establece de igual manera que los residuos generados por la fabricación de bloques de concreto están constituidos por este material.

1.2.2 Consideraciones básicas de la industria del cemento portland

Los materiales prefabricados, cuyo componente principal es el cemento, representan una oferta útil para satisfacer los requerimientos del mercado de la construcción en términos de

sus ventajas económicas; debido a ello, son considerados uno de los materiales más demandados, y su producción una de las industrias más importantes económicamente para el país (CMIC, 2008).

En términos generales, el cemento portland es un conglomerante hidráulico, un material inorgánico molido y amasado con agua, que forma una pasta endurecida por medio de procesos de hidratación; este se obtiene en el proceso de calentamiento de materias primas como piedra caliza, arena de sílice, arcilla, aunque también se le agrega aluminio, hierro en forma de arena, e incluso escoria de alto horno. Al resultado de este procedimiento se le conoce como Clinker, el cual es el compuesto principal para la elaboración del cemento (IMCYC, 2018).

Derivado del proceso de elaboración en seco, particularmente la molienda de materias primas, y de la misma forma, la transportación y el almacenamiento del material en su etapa final, se genera una emisión de partículas de polvo en su mezcla, pero también provenientes del horno, incluyendo gases de combustión con monóxido (CO) y dióxido de carbono (CO₂), hidrocarburos, aldehídos, cetonas, óxidos de azufre y nitrógeno (Hoyos, Jiménez, A., & Montes de Correa, 2008).

Por otro lado, con el proceso húmedo se retiran residuos de los hornos, y en algunos casos también se utiliza para alimentarlos con materias primas en forma de lechada, no obstante, los contaminantes hídricos se encuentran en los derrames de ambos procedimientos (compuesto por alto pH, sólidos suspendidos, sólidos disueltos, principalmente potasio y sulfato), así como por el agua de enfriamiento del proceso (calor residual). Además, el escurrimiento líquido lixiviado de las áreas de almacenamiento de los materiales o de eliminación de los desechos es una fuente de contaminantes para las aguas superficiales, freáticas y del mismo suelo (Campos, y otros, 2017), (estrucplan, 2018), (NOM-161-SEMARNAT-2011 , 2013).

Las consecuencias de la producción de cemento en grandes cantidades dan lugar a una serie de consideraciones, particularmente adversas para la población y el ambiente, ya que 1 tonelada de Cemento equivale a 1.5 toneladas de materias primas, y al mismo tiempo, la generación de 0.8 toneladas de CO₂; en consecuencia, la contribución de la industria cementera a las emisiones totales de CO₂ en el planeta se estima entre 6 y 7%, debido

particularmente al uso de combustibles fósiles para su fabricación (Jiménez & Palomo, 2009).

La emisión de contaminantes atmosféricos derivados de la producción de cemento proviene del consumo de energía utilizado para la molienda de la materia prima, y al mismo tiempo, para el funcionamiento de los hornos; este último tiene la atenuante de utilizar como combustible, residuos sólidos como yeso, pirita tostada, escoria de los altos hornos, ceniza de plantas termoeléctricas de carbón y principalmente llantas, las cuales son trituradas para ser vertidas en los hornos, alcanzando hasta 2000° C de temperatura. Se estima que en México se utilizan alrededor 16.6 millones de llantas, suficientes para producir hasta 30 millones de toneladas de Clinker, Cámara Nacional del Cemento (CANACEM, 2006).

Por tanto, la forma de obtención del cemento representa una serie de problemas en prácticamente todas las etapas de su producción; las escalas de afectación incluyen al personal mismo como a la atmosfera debido a la contaminación del aire con gases peligrosos. No obstante, el agua y el suelo también se ven afectados por los lixiviados generados en el proceso húmedo, de forma que el impacto ambiental no se limita al área de la fábrica, también se externaliza a la sociedad. En este sentido, resulta pertinente la generación de políticas de regulación de los procesos productivos del bien, así como para sus consecuencias en el ambiente y la sociedad.

1.3 Regulaciones para los residuos de construcción en México

En general, el incremento de la cantidad de residuos producidos en el país ha cobrado relevancia, debido a los diferentes problemas que estos ocasionan al ambiente, pero sobre todo a la población. Por su parte, el Estado ha implementado diversas estrategias para el manejo de los desechos, sin embargo, la administración de estos requiere de una regulación que en primera instancia está determinada por la gestión, la cual hace las veces de diagnóstico de las condiciones del proceso, asegurando con ello una elección de estrategias para su manejo de forma integral. Esto es necesario debido a que las estrategias convencionalmente asumidas, se han enfocado principalmente hacia los residuos sólidos urbanos y peligrosos, dejando de lado el grueso de la producción, entre los que destacan aquellos de manejo especial como los generados por la industria de la construcción, los

cuales son equivalentes a una cuarta parte de los residuos sólidos urbanos totales del país (CMIC, 2017).

Cabe recalcar que las áreas urbanas representan la principal fuente de generación de residuos, debido principalmente al consumo de la población, la construcción de infraestructura para la subsistencia de los sectores sociales, así como para la operación y funcionamiento de las ciudades mismas e incluso, aquellas necesarias para facilitar el crecimiento económico. Por tal motivo, la industria de la construcción ha crecido hasta volverse una de las actividades productivas con mayor aportación al PIB nacional, pero el grueso de sus procesos no responde a ningún tipo de regulación y en todo caso, los existentes se enfocan en la eficiencia de un producto final, sin considerar las consecuencias adversas derivadas de las fases del proceso constructivo.

En consecuencia, la generación de los residuos de la construcción en México, no ha sido una prioridad, reflejándose claramente en la cantidad y contenido de las leyes y normas vigentes en nuestro país que la abordan o se instrumentan. Por ejemplo, en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR, 2018), los residuos de la construcción y demolición son mencionados tangencialmente en el artículo 19, aunque sólo se les alude en una clasificación que les cataloga de tipo especial. Al respecto, la Norma Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011 define los residuos especiales como aquellos generados durante la transformación de materia prima en grandes cantidades, es decir más de 10 toneladas por año, pudiendo o no contener características domiciliarias, por lo que necesita de un manejo específico para su valorización y aprovechamiento; esta norma contiene un listado de residuos sujetos a presentar un plan de manejo, en donde se especifica que los desechos de la construcción, mantenimiento y demolición lo requieren cuando se generan en una cantidad mayor a 80 m³ (NOM-161-SEMARNAT-2011, 2013).

Dada la ambigüedad de dichos criterios, el sector representado por la Cámara Mexicana de la Industria de la construcción elaboró un plan de manejo para dichos residuos, el cual estima un incremento de la generación de 9.9 millones de toneladas por año a partir de 2018 debido principalmente, al crecimiento económico nacional. La composición de los residuos de construcción incluye suelo producto de la excavación o extraído de la limpieza de predios, así como de las cimentaciones; también se consideran

productos derivados del cemento, principalmente del concreto premezclado, bloques de cemento, tubocreto, adoquines e incluso carpetas asfálticas (CMIC, 2017).

El documento es una herramienta que plantea opciones diferentes de manejo a la disposición final de los residuos de la construcción, que en nuestro país tradicionalmente suele realizarse a cielo abierto, es decir en sitios sin el diseño *ex profeso* para ello, ocasionando obstrucción de arroyos, ríos, cañadas, así como la contaminación del aire, suelo, subsuelo y cuerpos de agua. Las estrategias propuestas por dicho documento están planeadas para ser ejecutadas por los responsables directos del proceso de construcción, en una etapa dentro de obra y otra fuera de ella. En la primera se proponen estrategias de cálculo, es decir, para la identificación de los RCD, la estimación de los volúmenes generados, la identificación de formas de minimizarlos y darles un posible uso, mientras que en términos operativos, se propone la separación de los residuos. Finalmente, fuera de la construcción se considera el reúso, reciclaje, acopio, transporte y disposición final (CMIC, 2017).

En el marco de la NOM-161-SEMARNAT-2011 y no importando su composición, estas estrategias son aplicables a obras bajo el supuesto de un volumen igual o mayor a 83 m³ de RCD, en cuyo caso, no se conocen tipos de materiales ni cantidades, provenientes de fabricantes formales e informales.

Aunque el documento propone una metodología para estimar y clasificar los RCD, esta resulta un plan de manejo paralelo a lo que establece la regulación, sin embargo, no es de carácter vindicativo. En caso contrario, para España y la unión europea estas fases son obligatorias, dado que establecen indicadores para determinar la composición y la cantidad de RCD por m³, los cuales permiten calcular los residuos generados y de esta manera, establecer estrategias de manejo bajo el conocimiento y consenso de las autoridades (NOM-161-SEMARNAT-2011, 2013).

La regulación y cobertura en México son relativamente nuevas, de hecho, la única normatividad existente está en la capital del país, la cual hace énfasis en la gestión, tratamiento y disposición final de los residuos de construcción, consiguiendo una conceptualización operativa de estos y permitiendo una clasificación por composición y volumen.

En el mismo instrumento es posible encontrar una propuesta para la mitigación, particularmente con base en la reducción de las cantidades generadas gracias a su separación, desde el origen mismo o en su defecto, un almacenamiento temporal dentro de obra si el volumen es menor a 7 m³ o fuera de esta si lo rebasa; por su parte, la recolección y el transporte pueden llevarse a cabo por un particular con registros dentro de la norma, que incluye la expedición al contratante de un certificado sobre la adecuada disposición de los residuos, tratamiento y aprovechamiento.

Para dar cumplimiento a la regulación es imprescindible el cálculo de los indicadores de manejo, compuesto por residuos reciclados en obra (RCo), residuos que se reciclará fuera de obra (RCa), material reusable (RU), y residuos para disposición final (D), los cuales determinarán la cantidad total de residuos producidos en cualquier obra (NADF-007-RNAT-2013, 2015).

Según los principios de manejo básico de residuos en la Ciudad de México, estos permiten disminuir su volumen emitido y al mismo tiempo, explorar otras alternativas fuera de lo convencional, entre las que destaca su reincorporación al mercado como una forma de aprovechamiento. A pesar de que esto queda implícito en la norma, no existe algún tipo de sanción para quienes desacaten o violen dicha regulación, por lo que, en términos operativos se convierte en un documento de consulta, pero con inconsistencias que lo hacen eludible.

En consecuencia, la generación de residuos de la construcción se complejiza en la mayoría de los Estados; por ejemplo, en Morelos se estima una producción de 316 a 341 ton/día, los cuales se vieron incrementados con aquellos provenientes de los derrumbes y demoliciones, derivados del daño a las estructuras en el sismo del 19 de septiembre de 2017. A pesar de la situación de los residuos de la construcción en la entidad, la administración actual le dedica solamente 2 cuartillas en la Estrategia para la Gestión Integral de los Residuos del Estado de Morelos (EGIREM, 2017), en donde les plantea como un problema relevante para la salud pública, haciendo énfasis en la necesidad de elaborar una normatividad que permita minimizar su cantidad y mitigar los efectos desfavorables al ambiente. Su aporte se remite concretamente a las incentivar económicamente a quienes separen desde el origen y por otra parte, a la construcción de infraestructura para el reciclaje, lo cual está implícito en iguales términos desde la Ley de

Residuos Sólidos para el Estado de Morelos (2007). En todo caso, las otras recomendaciones se enfocan a residuos sólidos urbanos, más no a los de construcción, evidenciando la laxitud del documento en cuanto a este tipo de desechos y de hecho, no establece ningún tipo de estrategia o metodología sólida por medio de la cual se lleve a cabo alguna de estas propuestas, por lo que la Estrategia estatal sobre residuos no pasa de ser un documento de consulta sin propuesta de regulación que le soporte.

El problema de los RCD se incrementó, y en cierta manera, se evidenció a partir del sismo del 19 de septiembre de 2017, por lo cual la administración en turno se vio obligada a responder con la firma de un convenio entre Gobierno del Estado, la Secretaría de Desarrollo Sustentable y la SEMARNAT para la apertura de 9 sitios de disposición final, ubicados en los municipios de Cuautla, Cuernavaca, Jiutepec, Mazatepec, Tepoztlan, Tlaltizapan y Yecapixtla; de los cuales 4 sitios son minas, 4 rellenos sanitarios y uno es denominado solo como sitio de disposición final. De acuerdo con lo anterior, el principal objetivo es evitar daños irreversibles al ambiente que pongan en riesgo a la población, porque su forma tradicional de desecharse implica depositarlos a cielo abierto, en suelos productivos, áreas protegidas o barrancas. Por lo tanto, la disposición de los RCD fuera de alguno de los sitios predeterminados implica una sanción por parte de la procuraduría de protección al medio ambiente del Estado (Gobierno de Morelos, 2017).

A la par de este pronunciamiento, SEMARNAT a través de la Dirección General de Fomento Ambiental y la Subsecretaria de Fomento y Normatividad, emitieron un Manual de Criterios para el manejo de los Residuos de Construcción y Demolición en los Estados afectados por el sismo. La base para los criterios de manejo se sustenta en la prevención de problemas de imagen urbana, ambientales y de salud pública derivados de la complejidad que implica el manejo inadecuado de grandes cantidades de RCD; por esta razón, se vuelve competencia Estatal tanto su manejo como disposición final (LGPEGIR, 2108). Las pautas dispuestas por SEMARNAT, incluye desde la ubicación de sitios para su disposición final, con restricción para emplazarse en áreas de valor ambiental, histórico, sobre suelos productivos o a menos de 500 mts de cuerpos de agua, por lo contrario, sí pueden asentarse en lugares degradados como minas o canteras. Para la operación de dichos sitios es necesaria la construcción de un espacio específico, es decir un sitio de disposición final solo para RCD, los cuales una vez culminado su tiempo útil puedan ser usados como

espacios de recreación a través de su recuperación, una vez que se haya regenerado el suelo y su vegetación. En caso de no ser posible, los rellenos sanitarios en operación deberán contar con una celda de separación exclusiva para los residuos sólidos urbanos, sin embargo, con ello se reduce el tiempo de vida del relleno. También, se maneja el discurso del aprovechamiento de los RCD, principalmente los de origen pétreo, haciendo énfasis en la trituración de los mismos para ser utilizados en materiales para la construcción reciclados o simplemente, como elementos de relleno, por tanto, es relevante la separación de los residuos desde el origen, con lo que se evita su contaminación, haciendo viable su aprovechamiento (SEMARNAT, 2017).

A pesar de la existencia de una estrategia para los residuos en Morelos, o de los criterios para el manejo de los residuos de construcción generados por el sismo del 19 de septiembre, la realidad estatal se reduce al planteamiento de recomendaciones que para nada responden a un creciente problema en términos de volumen y consecuencias, en el ambiente y la población; menos aún, estos funcionan como sustituto de un marco normativo útil para regular la generación o el manejo de residuos de la construcción, limitándose a la imposición de multas para su contención, así como la instrumentación de convenios con el sector privado para valorizarlos. Aunque el panorama no es favorecedor, se podría cambiar el esquema si se toma como base el artículo 65 de la Ley Estatal de Residuos Sólidos (2007), el cual establece el aprovechamiento de los RCD; para elaborar una norma que determine no solo el manejo sino la gestión de los residuos, y de esta manera, será obligación de cada uno de constructores encargarse de los desechos de las edificaciones según su tamaño o tipo, y en caso de no hacerlo, sería sujetos a una sanción. Por lo contrario, el adecuado manejo les podría representar beneficios económicos; además, la normatividad puede ser el eslabón que engarce el aprovechamiento de los residuos con la valorización, al incentivar la creación de un mercado que permita su comercialización, de otra manera es prácticamente imposible hacer frente a esta problemática que aqueja a cada una de las ciudades del Estado y cuyos efectos cada día son más evidentes.

1.3.1 Normatividad aplicable para el cemento portland y bloques de concreto

Debido a que el cemento portland es un componente importante en la elaboración de materiales de construcción, la mayor parte de los RCD generados en México están

asociados a este. Sin embargo, la mitigación de los impactos derivados de la fabricación misma del cemento dispone de menores restricciones en comparación con aquellas enfocadas a su calidad y resistencia.

En este sentido, la regularización de los procesos de elaboración del cemento, así como de sus respectivos productos están normados por el estado; el caso de la administración y gestión de residuos en particular, está sujeta a la Ley General para Prevención y Gestión de los Residuos (LGPGIR, 2018), la cual establece los principios básicos para la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los diferentes tipos de residuos, garantizando el derecho a un ambiente relativamente saludable y promoviendo las actividad económica. Los instrumentos utilizados para alcanzar tal propósito incluyen, el diagnostico básico de generación de residuos y los planes de manejo especial, estipulados en la NOM-161-SEMARNAT-2011 (2013), los cuales son aplicables en prácticamente los tres tipos de residuos generados por dicha industria. Destaca que las normas nacionales aplicables al caso se refieren en primera instancia a los criterios de calidad del producto en la Norma Mexicana-C-414-ONNCCE-2014 (NMX-C-414-ONNCCE-2014) (IMYC, 2016) y en términos ambientales propiamente, a los niveles máximos permisibles de emisión contaminantes a la atmosfera resultantes de la fabricación la Norma Oficial Mexicana-040-ECOL-2002 (NOM-040-ECOL-2002, 2002).

El reconocimiento de contaminantes en esta última norma, adolece de una integración normativa para la diversidad y complejidad de las emisiones generadas en la producción del bien y a pesar de que reconoce componentes como partículas suspendidas, óxidos de nitrógeno, bióxido de azufre, monóxido de carbono, metales pesados, entre otros, solo establece un límite máximo de emisión y en todo caso, los porcentajes de sustitución de combustibles convencionales. Por tanto, es indispensable, como lo determina la LGPGIR, tanto la elaboración como la actualización periódica de diagnósticos básicos para conocer la cantidad y disposición de los residuos, y al mismo tiempo, identificar si se cuenta con la infraestructura requerida para el manejo de los residuos, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC, 2012). La finalidad es elaborar un plan de manejo que permitan facilitar la administración de residuos, su valoración y disposición final, sin embargo, a pesar de que la NOM-161-SEMARNAT-2011 es de observancia en todo el

territorio nacional, alude solamente a su instrumentación, sin determinar consecuencia alguna en los supuestos que hagan caso omiso a dichas disposiciones (LGPGIR, 2018).

En algunas de las empresas del sector como Cementos Mexicanos (CEMEX) se publica un informe de medio ambiente, seguridad industrial y salud, donde se plantean algunas estrategias que incluyen el incremento en el uso de subproductos, la sustitución de 370,000 Ton/año de Clinker por sub productos, la disminución de las emisiones de CO₂ a 296,000 Ton/año, la reducción en el consumo de energía calorífica de 2,033 Gcal/año, y la reducción de 720 Ton CO₂. En cuanto al reciclaje del agua tratada, reutilizaron 68,000 m³ de agua, correspondientes a 50% del consumo anual en la elaboración del concreto (CEMEX, 2000). Por su parte, Cementos Moctezuma presenta información en cuanto a la generación y separación de los diferentes tipos de residuos, aunque sus cantidades registradas en algunos de los rubros no son muy claros, dificultando su completo entendimiento y comparación, no obstante, funcionan como referentes de la industria (Cementos Moctezuma, 2010).

En cuanto a los bloques de concreto, al igual que para el cemento, le compete directamente la LGPGIR (2018), dado que esta establece la clasificación y la gestión de los residuos sólidos, sin embargo, todo lo establecido por la ley está en términos generales, sin puntualizar sobre alguna norma oficial mexicana, aunque pueden observarse algunas normas mexicanas existentes en torno al tema, incluyendo, la NMX-C-037-1986 (1986) y la NMX-C-404-ONNCCE-2012 (2012). En la primera se establecen las características físicas los bloques de concreto y los ladrillos de arcilla utilizados en la construcción, así como la cantidad de agua que estos son capaces de absorber, mientras que la segunda plantea las especificaciones y los métodos de ensayo que deben cumplir los bloques, tabiques y tabicones para uso estructural en las edificaciones (Coordinación Nacional de Protección Civil, 2015). En ambos casos, se observa un tratamiento técnico, pero en ninguno de ellos existe algún apartado, estipulando límites máximos permisivos para el uso de su materia prima o haciendo mención de los tipos de residuos generados en su fabricación o incluso para su manejo en la disposición final.

Sin duda, el dinamismo económico de la sociedad moderna ha llevado a incrementar la cantidad de residuos producidos, dada la complejidad que les origina y su administración posterior, trátase de residuos sólidos urbanos, de manejo especial e incluso, peligrosos. En

esa dinámica, la consolidación y expansión física de la ciudad cumple un papel relevante en el uso de materiales prefabricados para la construcción de edificios y en los cuales, el cemento es el ingrediente principal. No obstante, en México la normatividad aplicable a este tipo de empresas funciona como sugerencia, pero no establecen responsabilidades para quienes las incumplan, a pesar de la relevancia de la industria del cemento y sus derivados.

Por una parte, la realización de diagnósticos básicos, así como de sus correspondientes planes de manejo para residuos de manejo especial y peligrosos es importante en el sentido de ofrecer información susceptible de ser confirmada por las autoridades correspondientes, para así, precisar el manejo y la gestión de residuos desde la administración pública, permitiendo una mayor presencia del Estado, lo cual es un objetivo principal de la Ley General para la Prevención y Gestión de los Residuos (LGPGIR). En todo caso, las formas de manejar o gestionar los residuos tienen algunas precisiones para las administraciones locales, donde se mencionan algunas consideraciones al respecto.

1.4 Las diferencias entre tratamiento y remediación, en el Estado de Morelos

En el estado de Morelos, los residuos originados en las zonas urbanas requieren de un creciente uso de mano de obra e infraestructura, según el modelo de manejo actual. Es debido a ello y a la laxitud de las políticas públicas que la disposición final de residuos se realice en lugares autorizados pero operados deficientemente o en los denominados tiraderos a cielo abierto, sin que se cumpla algún tipo de normatividad; de hecho, Cuautla es la única municipalidad que cuenta con un relleno sanitario que cumple con la norma correspondiente. El incremento de los volúmenes de residuos requiere mayor cantidad de espacio para su depósito final, el cual al no ser cubierto, da lugar a la formación de pasivos ambientales; esto significa que de los 35 tiraderos a cielo abierto reconocidos oficialmente, se han remediado 20 y 9 están clausurados administrativamente. Al respecto, resulta necesario la instrumentación de algún tratamiento según el tipo de residuos, con el objeto de disminuir la cantidad depositada en los rellenos sanitarios (EGIREM, 2017).

En este sentido es posible diferenciar el tratamiento y la remediación por el momento del proceso en que se instrumenta. La remediación por ejemplo, es un procedimiento que se lleva a cabo cuando los residuos ya están en contacto con algún elemento como es el agua, aire o suelo; se le considera así porque es a través de una serie de acciones que se reestablecen la condición o lo más parecido posible al estado original

del elemento afectado. Esta se puede efectuar principalmente de dos formas, conteniéndolo, o reduciendo su toxicidad, volumen e incluso su movilidad; para ello, se utilizan estrategias basadas en la alteración de su estructura química, extracción o separación, aislamiento e inmovilización del contaminante. En la práctica, la remediación se puede hacer en el sitio contaminado, o *ex situ*, aunque para esta se necesita aplicar tecnologías de excavación, dragado, algún tipo de proceso para remover el suelo contaminado antes de su tratamiento (Ortiz, 2017).

Por su parte, el tratamiento es un proceso en el que se aplican técnicas o tecnología a los residuos antes de que lleguen al suelo, agua, e incluso al aire. Estos pueden ser de tipo físico, químico, los cuales utilizan dichas propiedades de los contaminantes o del medio alterado para destruir, separar o contener la contaminación; el biológico cuyos procesos transforma un compuesto en formas más simples, por medio de microorganismos que se alimentan de alguna fuente de carbono; térmico, el cual utiliza calor para incrementar la volatilización y con ello separar, quemar, descomponer, fundir o inmovilizar los contaminantes (Ortiz, 2017). Todos estos métodos se pueden llevar a cabo a través de nueva tecnología o de las ya tradicionales como son la incineración, la solidificación, estabilización, extracción de vapores, y desorción térmica (LGPGIR, 2018). Es con la implementación de cualquiera de estas acciones que es posible un adecuado manejo de los residuos y más aún, para reducir los efectos adversos que estos ocasionan al ambiente.

Capítulo II. Planteamiento del problema y justificación

2.1 Antecedentes

En México, existen una cantidad menor de estudios previos que permitan identificar o cuantificar la generación de residuos derivados de la fabricación de los bloques de cemento; en su mayoría son estudios técnicos enfocados a alcanzar una mayor productividad en su fabricación, como los trabajos elaborados por Castro, Gaspar, Palma (2009), o la investigación presentada por la Vanguardia (2016). El primero establece que la fabricación del block debe estandarizarse para la producción de tabicón sólido de concreto en las micro y pequeñas empresas; la segunda, plantea la eficacia de la maquinaria utilizada para su elaboración en empresas certificadas. Algunos otros hacen mención de los residuos y de su manejo, pero no los identifican ni cuantifican como se observa en las manifestaciones ambientales de la Bloquera del Valle (SEMARNAT, 2007) y Todos los Santos (SEMARNAT, 2008), presentadas para la aprobación de cambio de uso de suelo ante SEMARNAT. También, se puede consultar aquellos orientados a la reutilización de residuos de la construcción o agroindustriales para la elaboración de bloques con los cuales construir muros e incluso concretos, como se puede constatar en los trabajos de Alarcón (2013), y en un informe de la Universidad Nacional Autónoma de México, Dirección General de Comunicación social (UNAM-DGCS-749).

No obstante, a nivel internacional existen estudios en los cuales se plantea la reutilización de residuos de construcción para la elaboración de bloques con restos de ladrillo cerámico y de hormigón. En este análisis, Velis, Zambrano, Rivera, (2013) establece las formulaciones, así como las características de los residuos para fabricar bloques que cumplan con la norma estructural ecuatoriana. En otro análisis de residuos de construcción presentado por Bedoya (2003), se estudia la idea de reciclar los residuos para diversos usos, entre ellos la elaboración de bloques o blocks, no obstante, la idea principal de este autor gira entorno a la fabricación de concreto reciclado a base de residuos. Además, se pueden consultar otra serie de trabajos en donde los residuos pueden ser utilizados para remediar problemas como el de los suelos contaminados (Mejía, Osorno, Osorio, 2015)

Los estudios antes mencionados son solo algunos ejemplos del basto trabajo de investigación sobre residuos de construcción y sus posibles usos, sin embargo, estos no

toman en cuenta a aquellos generados desde el proceso de elaboración de los materiales, particularmente de los bloques de cemento. Si bien no existen ejemplos similares a lo que se pretende estudiar, la reutilización de residuos de construcción en la producción de materias para la edificación, son un precedente para entender el manejo y la gestión de los residuos en otros países; por lo que estos son una manera de comprender las bases para el manejo de los residuos, e incluso, aplicado a la mezcla y compactación del block en México, dado que ambos ejemplos son Latinoamericanos y cuentan con características constructivas similares a las utilizadas en nuestro país.

2.2 Planteamiento del problema

En la última década, la transición poblacional al sector urbano ha incrementado la aglomeración en áreas urbanas, dada su capacidad de soporte y desarrollo de actividad económica. Tanto en México como en Morelos, más del 80% de sus habitantes ya residen en el área urbana; esto implica requerimientos concretos de construcción, particularmente vivienda. En consecuencia, la industria de la construcción ha experimentado un incremento necesario para la creciente demanda del sector, cuya eficiencia ha sido resuelta en términos del mercado con los materiales prefabricados, como los bloques a base de cemento. La elaboración de dichos materiales tiene como resultado la generación de residuos que no cuentan con una gestión y administración integral para su valorización o disposición final. En el caso de Morelos, la fabricación de block se realiza en 56 unidades económicas; el proceso de producción se integra de 4 etapas, incluyendo el almacenaje de los materiales, el mezclado, la compactación y el secado. Debido a que los procesos de mezcla y compactación no son tecnificados, existe una generación de residuos de cemento y piedra volcánica cuyo manejo consiste en disponerlos en sitios como tiraderos a cielo abierto, en los que se generan diferentes afectaciones.

2.3 Justificación

La relevancia del estudio de los residuos generados por la fabricación del block deriva del crecimiento de la industria de la construcción en México como actividad productiva durante las últimas décadas. Especialmente Morelos es reconocido como uno de los estados con la mayor actividad edificatoria del país, dado que para satisfacer con mayor rapidez la producción han recurrido al uso de materiales prefabricados, principalmente del block. Sin embargo, en la entidad no existen estudios que permitan identificar los residuos generados

por esta actividad, ni tampoco del manejo o preparación que se les efectuó para su disposición final. Lo que complica el entendimiento de los efectos que puedan generar tanto al entorno como a la población.

2.4 Hipótesis

La elaboración de materiales prefabricados en Morelos, implica las etapas almacenaje de material, mezcla, compactación y secado en el caso del block. Para la mezcla y compactación en particular, se requiere el uso de cemento, piedra volcánica y agua, sin embargo, derivado de una mezcla no homogénea se generan residuos que no son incorporados completamente al proceso, así como de los embalajes resultado del uso de materiales industrializados. Debido a que dichos residuos sólidos no cuentan con un manejo adecuado, su disposición final se lleva a cabo de manera improvisada en tiraderos a cielo abierto, recolectados por los servicios municipales o quemados en el sitio.

Capítulo III. Objetivos y metodología

3.1 Objetivo general

Identificar los residuos derivados de la fabricación de bloques de cemento, con base en los procesos de la pequeña empresa en Morelos.

3.1.1 Objetivos particulares

- Conocer las características físicas y socioeconómicas del estado de Morelos asociadas a la industria de la construcción.
- Estudiar la generación de residuos producidos por la fabricación de bloques de cemento en la región de Cuautla, comparado con los originados por la elaboración del ladrillo.
- Analizar el consumo de materias primas y el manejo de los residuos durante la fabricación de los bloques de cemento en Cuautla, Morelos.

3.2 Metodología

- Precisar los criterios de referencia conceptual sobre la generación de los residuos a nivel Latinoamericano, así como la operatividad sobre la gestión y manejo de los residuos de la construcción desde el ámbito nacional, estatal y local, utilizando como base documentos elaborados por instituciones como la Organización de Naciones Unidas (ONU), Banco Mundial (BM), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, (SEMARNAT), Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC), Banco Nacional de México (BANAMEX), Instituto Nacional de Estadística y Geografía INEGI, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto (IMCYC), Cámara Nacional del Cemento (CANACEM); de leyes y normas utilizadas en México; así como de análisis previos elaborados por autores como Martínez, Freyre, Hoyos, Jiménez, Castro, Gaspar, Palma, etc.
- Analizar las características físicas y socioeconómicas actuales del Estado de Morelos, así como de la industria de la construcción y su influencia tanto en el crecimiento urbano como la degradación del ambiente derivado del incremento en la generación de los residuos. Utilizando datos de cartografía generada por Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO), el Marco Geoestadístico Nacional INEGI; además de información derivada del Censo Económico 2014, del Censo de Población y vivienda 2010, Instituto Nacional para

el Federalismo y Desarrollo Municipal (INAFED), Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL); y de autores como Rodríguez, Ortiz, Sánchez, entre otros.

- Estudiar el proceso de fabricación de los bloques de cemento e identificar los residuos generados durante este proceso para compararlos con los originados durante la elaboración de ladrillos de arcilla, ambos procesos llevados a cabo bajo las particularidades presentes de la industria en la región de Cuautla Morelos. Cotejando información obtenida de ortofotos digitales INEGI, Cartografía de catastro Municipal de la Comisión Estatal del Agua, Marco Geoestadístico Nacional INEGI, Cartografía elaborada por CONABIO, Diccionario Nacional de Unidades Económicas (DENUE) INEGI, Censo Económico 2014I INEGI, e información de Campo.
- Caracterizar el consumo de las materias primas utilizadas para el proceso de elaboración de los bloques de cemento y de los ladrillos de arcilla, así como del manejo de sus residuos para disposición final. Usando información provista por información recabada en visitas de campo a bloqueras y ladrilleras del Municipio de Cuautla Morelos, de análisis realizados por la Cámara Nacional del Cemento (CANACEM), al igual que por Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC).

Capítulo IV. Contexto Socio-territorial del Estado de Morelos, características de la modernidad

Como parte de la Región Central del país, Morelos se localiza en la serranía del Ajusco, dentro de la cuenca del río balsas³, colindando con el Distrito Federal, Estado de México, Puebla y Guerrero, como se aprecia en el mapa 1, Instituto Nacional para el Federalismo y Desarrollo Municipal (INAFED, 2010). Sus características físicas y ambientales son relevantes regionalmente por su diversidad; por ejemplo, su uso de suelo y vegetación⁴ cuenta con 11 categorías, predominando el de manejo agrícola, pecuario y forestal, el cual ocupa alrededor de 66.4% del territorio; la selva baja caducifolia y subcaducifolia con 22.23%, así como bosque de pino encino, ver mapa 2. Entre las 4 categorías se alcanza 97% de la superficie estatal; debido a ello, los principales efectos de las transformaciones territoriales se han reflejado en este tipo de áreas, observándose que el sector agrícola y la cubierta vegetal han sido alterados por factores antrópicos, principalmente el urbano, Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2001) (INEGI, 2011).

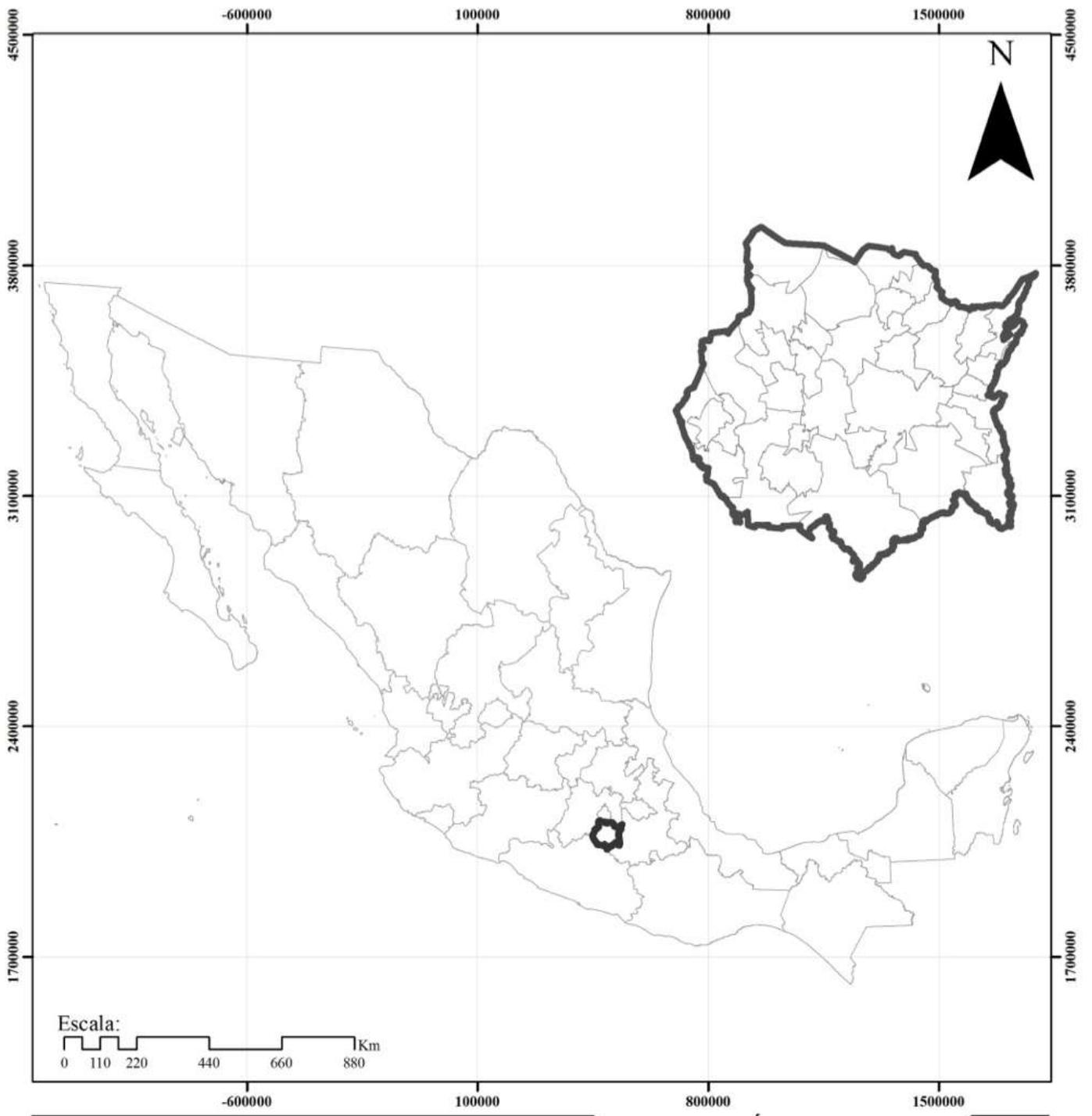
Los recursos hídricos son determinantes de las particularidades ambientales del estado; estos se componen por los ríos Amacuzac, Cuautla, Yauhtepec-Jerusalén, Apatlaco, entre los más importantes, así como cuerpos de agua, incluyendo la laguna del rodeo, la laguna de Coatetelco y el Lago de Tequesquitengo, este último sobresaliente por su intensa actividad turística. En términos administrativos, todos estos forman parte de la IV región hidrológica del balsas⁵, dentro de los límites de las cuencas del Río grande Amacuzac y Atoyac⁶ (INEGI, 2011). Más de la mitad de la superficie estatal se sitúa en un rango de entre 1,500 a 2,000 metros sobre el nivel del mar (msnm) (INEGI, 2011), dando lugar a un clima particularmente asociado a los ecosistemas localmente; de hecho se registran 4 zonas térmicas, la zona cálida presente en 48.5% de la superficie estatal, con rangos de temperatura que van de 22°C a 24°C; la semicalida, ocupa 39% del territorio y alcanza

³ Geográficamente está situado entre los paralelos 18°22'05" y 19°07'10" de latitud norte, 93°37'08" y 99°30'08" de longitud oeste del meridiano de Greenwich.

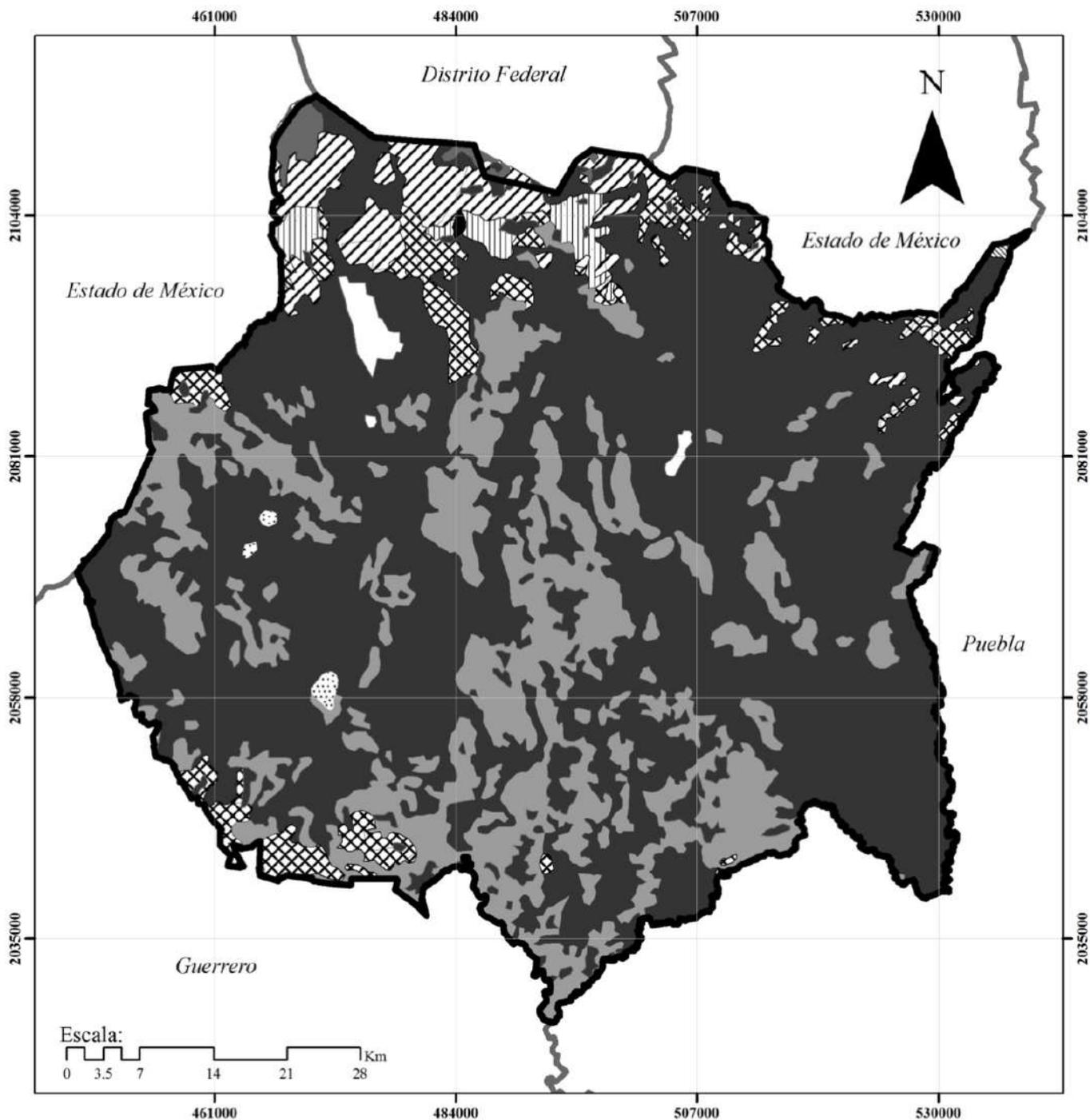
⁴ La información recabada por el Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI) así como por el Instituto Nacional de Ecología (INE), clasifican al territorio nacional en 244 categorías, reducidas posteriormente a 54 por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

⁵ En México, la Comisión Nacional del Agua divide el territorio nacional en 13 regiones hidrológico-administrativas, compuestas de 37 regiones hidrológicas. A su vez estas últimas agrupan 1,471 cuencas hidrográficas fragmentadas más aun en cuencas y subcuencas hidrológicas.

⁶ Las subcuencas que la integran son Progreso-Huautla, Tepexco, Chavarría, Jolalpan, Atencingo y el Platanal.



| Simbología Base | | Simbología Temática | | SIMBOLOGÍA MAPA 01 | |
|---|------------------------------|---|-------------------|--|--|
|  | Entidades Federativas México |  | Estado de Morelos | <p>CONTEXTO NACIONAL</p> <p><small>Fuente cartográfica: Elaboración propia con base en INEGI Marco Geoestadístico Nacional 1995, 2010, 2013; CONABIO.</small></p> | |
|  | Municipios Morelenses | | | | |



| Simbología Base | | Simbología Temática | | SIMBOLOGÍA | |
|-----------------|---------------------|---------------------|----------------------|------------|---|
| | Morelos | | Grupo | | Cuerpos de agua |
| | Estados Colindantes | | Bosque de coníferas | | Plantaciones |
| | Municipios | | Bosque de encino | | Matorral rosetófilo |
| | | | Bosque de pino | | Pastizal natural |
| | | | Bosque mesófilo | | Selva baja caducifolia y Subcadocifolia |
| | | | Ciudades importantes | | |

MAPA 02

USO DE SUELO Y VEGETACIÓN

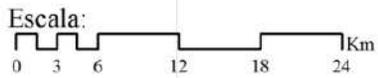
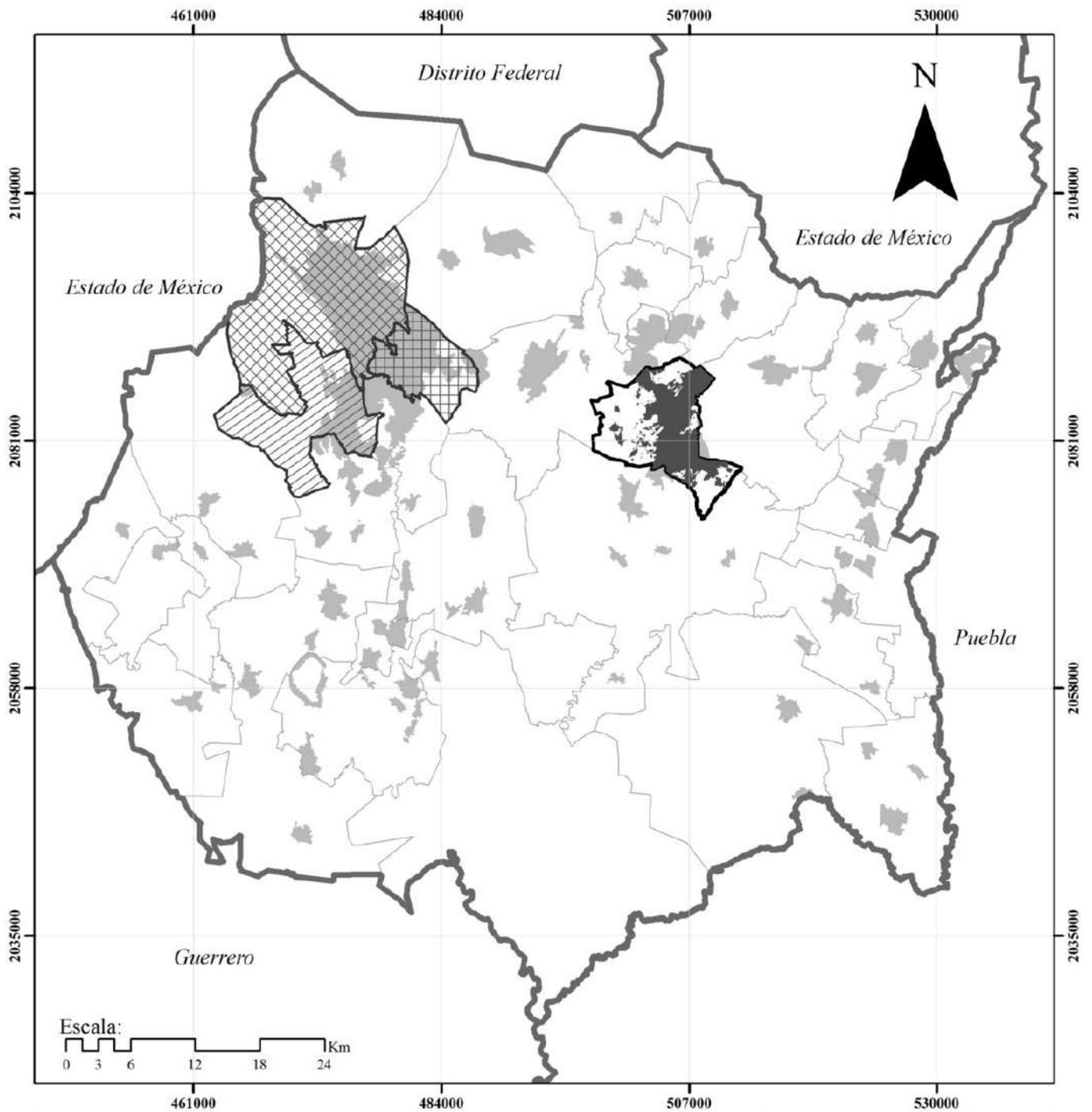
Fuente cartográfica: Elaboración propia con base en INEGI Marco Geoestadístico Nacional 1995, 2010, 2013; CONABIO.

temperaturas de 18°C a 22°C; la templada 12°C a 18°C y la semifría de 5°C a 10°C, siendo las más bajas del estado (CONABIO, 2001). En 87% del estado impera el clima cálido subhúmedo, y en más de la mitad prevalecen rangos de precipitación pluvial de 800 a 1000 milímetros, benéficos para la agricultura, especialmente la producción de caña de azúcar, arroz, sorgo, maíz, así como frutas, flores y plantas de ornato. (CONABIO, 1998).

4.1 Referencias económicas y sociales

Para la construcción de un panorama más completo sobre la situación física y social de la entidad, se requiere además de las particularidades demográficas, las cuales son útiles para entender los fenómenos que modifican el territorio o los patrones sociales, como lo hace por ejemplo, la inmigración procedente principalmente de Distrito Federal, Guerrero, Estado de México, Puebla y Veracruz (INEGI, 2017). En este contexto, la población se ha incrementado a una tasa 1.3%, casi igual a la media nacional estimada en 1.4%; es el tercer Estado más densamente poblado, albergando 364 personas/km², promedio seis veces mayor que el nacional a pesar de solo contar con 1,777,227 habitantes, los cuales además, se distribuyen 84% en áreas urbanas y 16% en rurales, ver mapa 3 (INEGI, 2010), (INEGI, 2017).

En cuanto a las características socioeconómicas, la entidad cuenta con una Población Económicamente Activa (PEA) de 744,599 personas, 95% ocupadas en 79,404 unidades económicas (INEGI, 2009). El sector terciario prevalece en la estructura económica, porque emplea 66.71% de la población trabajadora; mientras que el secundario ocupa 22.49% y el primario 10.03% (INEGI, 2010). La aportación al Producto Interno Bruto estatal por sector se estima en \$96,010, \$46,657 y \$4,290 millones de pesos, respectivamente (INEGI, 2011); cabe destacar que uno de los factores que influyen de forma importante al PIB estatal es la inversión extranjera directa, atraída por la centralidad e infraestructura de la región, y la cual alcanzó US\$1,566.9 millones de dólares en la última década, proveniente de Estados Unidos que aportó US\$1378.2, España US\$90.5, Alemania US\$39.4, Francia US\$37, y US\$21.8 Japón (Rodríguez, 2011:126). La principal consecuencia de dicha inversión fue el desarrollo de la actividad comercial, servicios de alojamiento, preparación de alimentos, bebidas, educativos, médicos, de transporte, financieros e inmobiliarios (INEGI, 2009).



| SIMBOLOGÍA | | MAPA 03 |
|---|--------------------------------|-----------------------|
| Simbología Base | | CONTEXTO LOCAL |
| Morelos | Localidades Urbanas Morelos | |
| Estados Colindantes | Área Urbana, Cuautla, 2010 | |
| Municipios | Población por Municipio | |
| | Cuernavaca 365,168 | |
| | Jiutepec 196,953 | |
| | Cuautla 175,207 | |
| | Temixco 108126 | |
| | Menos de 100 mil Habitantes | |
| Fuente cartográfica: Elaboración propia con base en INEGI Marco Geoespacial Nacional 1995, 2010, 2015; CONABIO. | | |

En contraste con los indicadores de crecimiento económicos, se observa un incremento de los porcentajes de pobreza, la cual alcanzó 45.5% de la población; caracterizada por problemas asociados a la pérdida progresiva de acceso a la seguridad social, la alimentación, los servicios de salud, los servicios básicos en la vivienda y por el rezago educativo. Aunado a esto, más de mitad de la población recibe un ingreso salarial debajo de la línea de bienestar mínimo, insuficiente para satisfacer las necesidades alimentarias de 117,300 personas, 6.3% de las cuales se encuentran en condiciones de pobreza extrema, particularmente identificadas en los municipios de Totolapan y Tétela del Volcán, Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL, 2012), (CONEVAL, 2010).

4.2 Contexto urbano y de la industria de la construcción del Estado de Morelos

El sector terciario ha sido determinante de la estructuración territorial del Estado, siendo este el que prevalece en la producción económica y en el empleo de población, particularmente concentrada en las ciudades. Por tal motivo, el área urbana estatal se ha incrementó en los últimos años; de acuerdo con el Marco Geoestadístico Nacional 2000, esta abarcaba aproximadamente 160 km², mientras que para 2015 llegó a 438 km², es decir, se triplicó en un lapso de 14 años, a un ritmo promedio de 20 km² por año (INEGI, 2000) . Dicha dinámica ocasionó que más del 80% de sus habitantes sean considerados urbanos, intensificándose por la interrelación de actividades socioeconómicas de la población, la cual traspasa límites administrativos, concentrándose principalmente en dos áreas metropolitanas, la de Cuernavaca y Cuautla. La primera está configurada por los municipios de Tepoztlán, Temixco, Cuernavaca, Xochitepec, Huitzilac, Emiliano Zapata, Jiutepec, Tlaltizapan; el segundo por Yautepec, Yecapixtla, Tlayacapan, Cuautla, Atlatlahucan y Ayala, entre ambas albergan a 77% de la población estatal, Secretaría de Desarrollo Social, Consejo Nacional de Población (SEDESOL, CONAPO, INEGI, 2012).

Esta condición está asociada a un crecimiento de la actividad constructiva como afirmación del espacio físico urbano, sobre el de cultivo o de áreas naturales. Solo para tener una referencia, de acuerdo con INEGI en el año 2000 existían 367,399 viviendas, para 2015 ya habían 523,231 viviendas, es decir, se construyeron casi 156 mil casas más en 15 años; esto sin contar los edificios de oficinas, equipamientos urbanos, plazas comerciales e incluso las mismas calles y avenidas (INEGI, 2000), (INEGI, 2015). Según información

oficial, durante 2009 (INEGI) el sector de la industria de construcción en Morelos registro 188 unidades económicas enfocadas a esta actividad, generando una producción bruta total de \$ 2,885,077 millones de pesos, dando empleo a 5,328 personas y remunerándoles cerca de \$ 324,812 millones. A pesar de su relevancia para la actividad estatal, el último censo económico reconoció una reducción de 7 unidades económicas, así como de poco más de \$ 500 millones de pesos en su producción bruta, por lo cual también disminuyeron los empleados en el sector y las remuneraciones (INEGI, 2014). Aunque las cifras oficiales revelan una caída de esta actividad, contabilizar su producción resulta complejo, puesto que es una de las actividades económicas más rentables asociada al crecimiento urbano y poblacional, al mismo tiempo que su necesidad de vivienda o equipamientos urbanos; necesidades cubiertas en su mayoría de manera informal, por lo que resulta sumamente complicado el registro de dicha información.

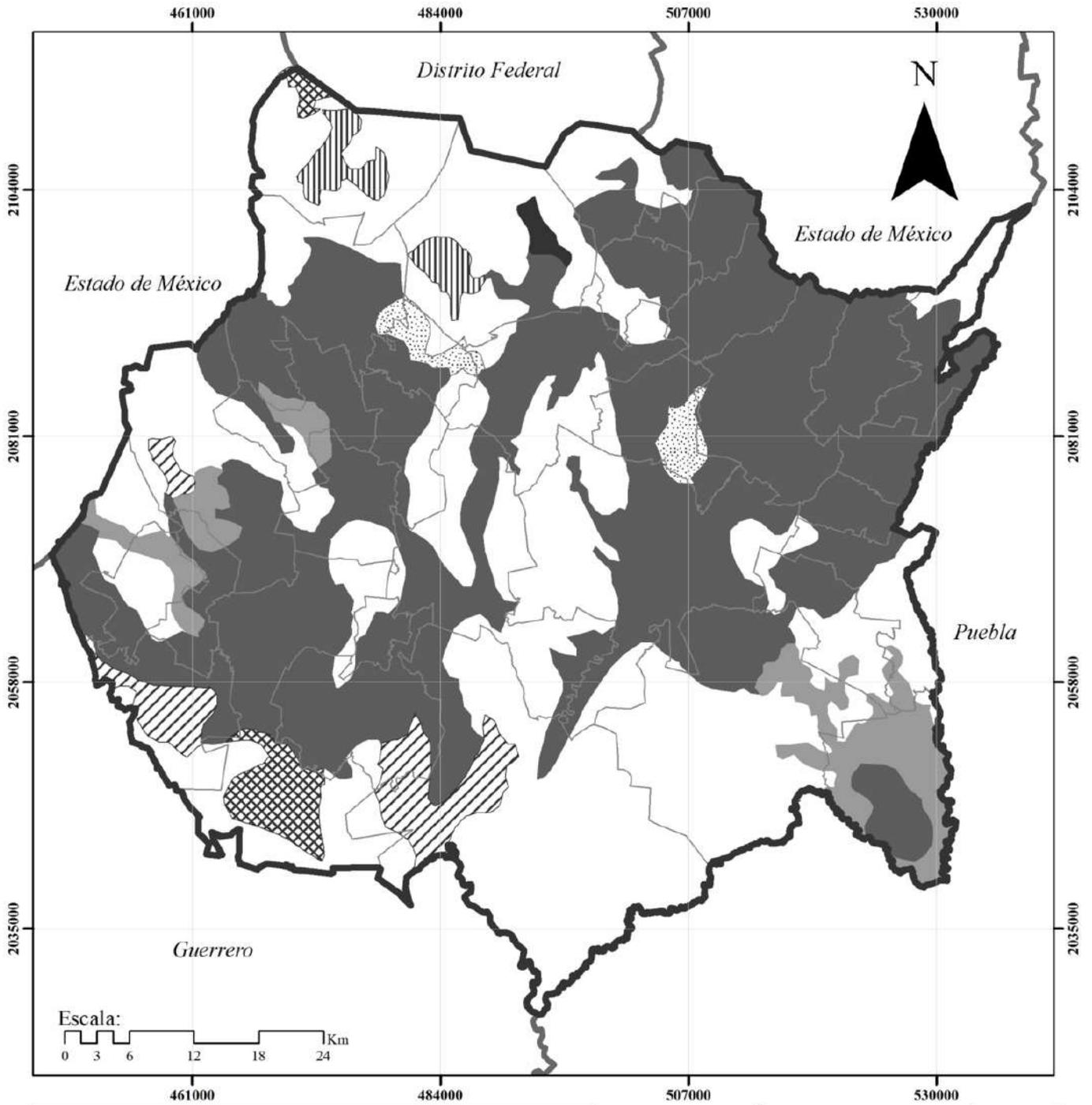
4.3 Algunas referencias de la degradación ambiental en el estado

El incremento del área urbana se correlaciona con la transformación de las actividades productivas, entre las cuales prevalece el sector de servicios, particularmente en la etapa contemporánea, que al mismo tiempo intensifica la extracción de recursos naturales. En el caso de Morelos se estima que alrededor de 56% del suelo presenta algún grado de degradación física, como se aprecia en el mapa 4, impactando las actividades agrícolas, y en algunos casos, eliminando la productividad biológica; en este sentido, 22.4% del suelo utilizado para la agricultura o con cobertura vegetal nativa fueron sustituidas por algún uso urbano, el cual ocupa 8.95% de la extensión estatal (SEMARNAT, 2004), (INEGI, 2017). Incluso, las áreas protegidas ubicadas en regiones relativamente estables ambientalmente han sido trastocadas por las actividades humanas, entre las que se identifican, la Sierra de Montenegro, el Texcal, la Sierra de Huautla, y el corredor biológico Chichinautzin, cuya cobertura representada por selva baja caducifolia, perdió 60% de su superficie original en los últimos años (Dorado, Almonte, López, Ramos y Arias, 2015).

Por supuesto existen otros elementos que influyen en la degradación ambiental del estado, como son los residuos originados por la actividad humana, relacionados directamente con la cantidad de población, urbanización y crecimiento económico. La producción estatal de residuos se estima en 631.5 millones de toneladas entre 2000 y 2012, mientras que el per cápita alcanzó 0.96 kg/persona; derivado de este proceso, la generación

de residuos sin tratamiento adecuado es determinante de los efectos en la salud de la población y el ambiente.

Los productos de desecho derivados de la construcción particularmente industrial, han contribuido como sector a la generación de 13.08 toneladas de residuos peligrosos anualmente, de las cuales 0.40 toneladas provienen de la elaboración de cemento y cal. De igual forma, el uso de energía genera gases de efecto invernadero responsable de 37.96% de las emisiones totales emitidas, principalmente provenientes de la quema de combustibles fósiles. A estos le siguen aquellas originadas por los procesos industriales, que aportan 30.44%, proveniente principalmente de la producción de cemento y de cal (Ortiz-Hernández et al., 2013). Cabe destacar entonces, que la expansión urbana, en términos de densificación y diversificación es responsable de la expansión misma de la industria de la construcción, en la que es particularmente relevante, la elaboración de productos básicos como el cemento; de hecho, este sector se ha convertido en un generador importante de desequilibrios ambientales desde su proceso de producción hasta el producto final.



| SIMBOLOGÍA | | MAPA 04 |
|---|--|---|
| Simbología Base | Simbología Temática | <p>DEGRADACIÓN DEL SUELO EN EL ESTADO</p> <p><small>Fuente cartográfica: Elaboración propia con base en INEGI Marco Geoestadístico Nacional 1995, 2010, 2013, CONABIO.</small></p> |
| <ul style="list-style-type: none"> Morelos Estados Colindantes Municipios | <p>Causa de Degradación</p> <ul style="list-style-type: none"> Actividades agrícolas Actividades agrícolas / Sobrepastoreo Actividades agrícolas / Sobrexplotación vegetación Deforestación y remoción de la vegetación Sobrepastoreo / Actividades agrícolas Sobrepastoreo / Sobrexplotación de la vegetación Urbanización | |

**Capítulo V. Generación de residuos de la industria de la construcción,
particularidades en la elaboración de los bloques de cemento en Cuautla, Morelos**

5.1 Condiciones generales del Municipio de Cuautla

La transformación urbana en Morelos está vinculado a la actividad económica de la Región Centro del país, con quien guarda múltiples intercambios económicos y de población; como efecto de dicha dinámica, Cuautla registra una expansión territorial y demográfica en las últimas décadas, particularmente caracterizado por la tercerización de la economía local, prevaleciendo los sectores de servicios, centrales para el mercado regional proveniente del Distrito Federal.

Según cifras oficiales Cuautla cuenta con un bajo porcentaje de población económicamente activa desempleada, pero al mismo tiempo, registra una degradación del empleo que ha sido consecuencia de la consolidación misma del sector servicios, reduciendo la capacidad de cohesión social entre la población, privándole de elementos básicos para su subsistencia, pues alrededor de 51% de su población tiene un ingreso menor a la línea de bienestar (González, 2015). Como una consecuencia de ello, se observa una creciente adaptación de estrategias de sobrevivencia como la informalidad, a la cual se integran más de 46 mil habitantes económicamente ocupados. Tales circunstancias dispares caracterizan socioeconómicamente al municipio, en donde la precarización del trabajo juega un papel fundamental para su desarrollo económico, social e incluso ambiental.

La expansión territorial de Cuautla es un indicador útil para entender las transformaciones del espacio físico y aquellas vinculadas a patrones sociales, culturales y ambientales, las cuales reflejan un nivel de integración reciente. Estos cambios han sido producto del crecimiento poblacional, la disminución de actividades del sector manufacturero, sobre todo las relacionadas a fabricación de alimento, y el consecuente incremento de los servicios, que actualmente emplean a la mayor parte de la población cuautlense, además de aportar una mayor producción bruta total.

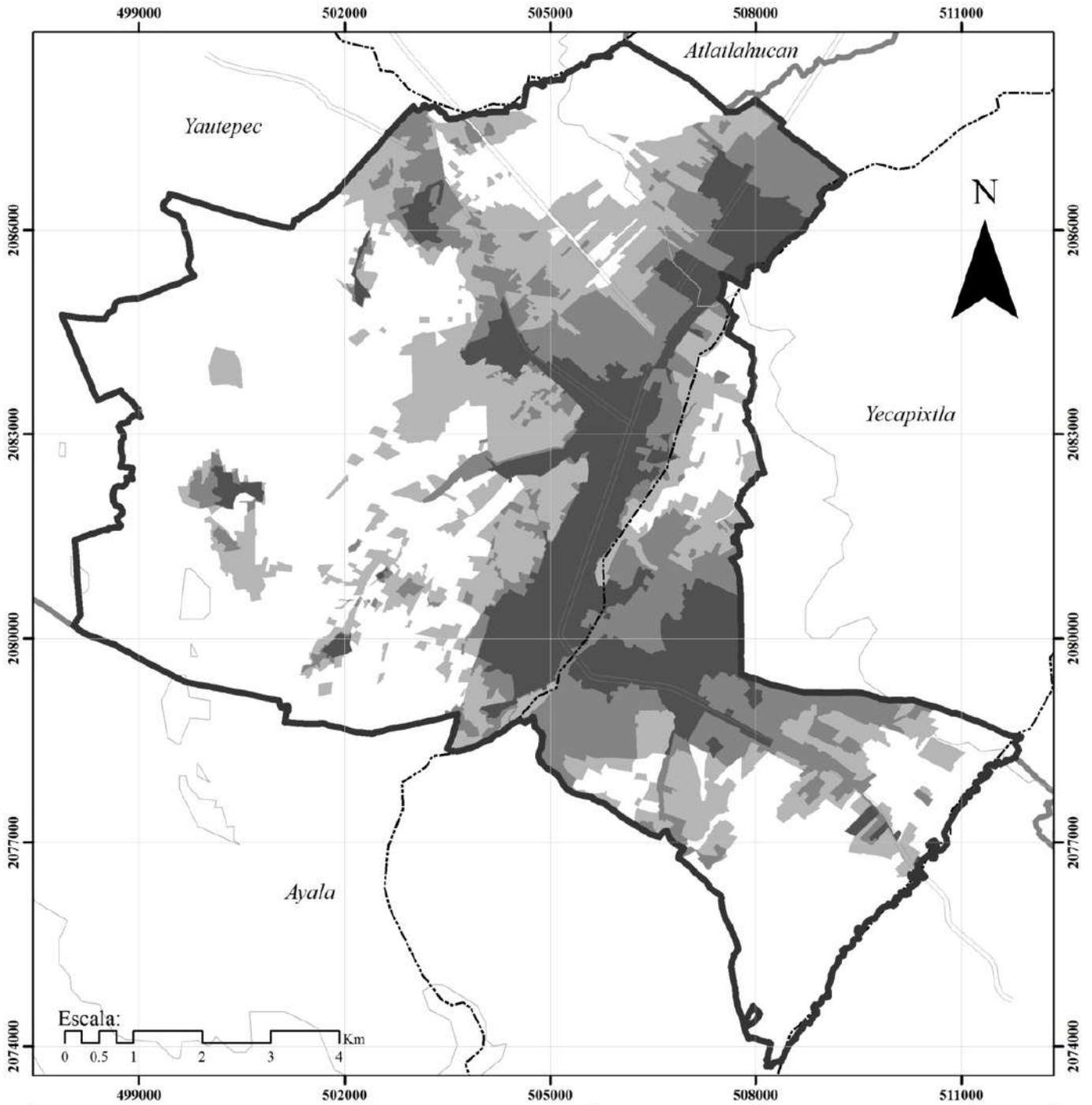
Esto implica que para hacer viable urbana y económicamente a la ciudad, la demanda de servicios se incrementó, incluso en aquellos asociados a la cultura; el incremento del área urbana municipal se multiplicó cuatro veces desde 1970, llegando a ocupar la mitad de la superficie municipal, como se observa en el mapa 5. Los efectos de

dicho proceso, implica entre otras cosas, la ocupación de 34.6 km² de suelo agrícola productivo, coincidiendo con el descenso de las actividades relacionadas directamente con el campo, como la producción de alimentos (González, 2015).

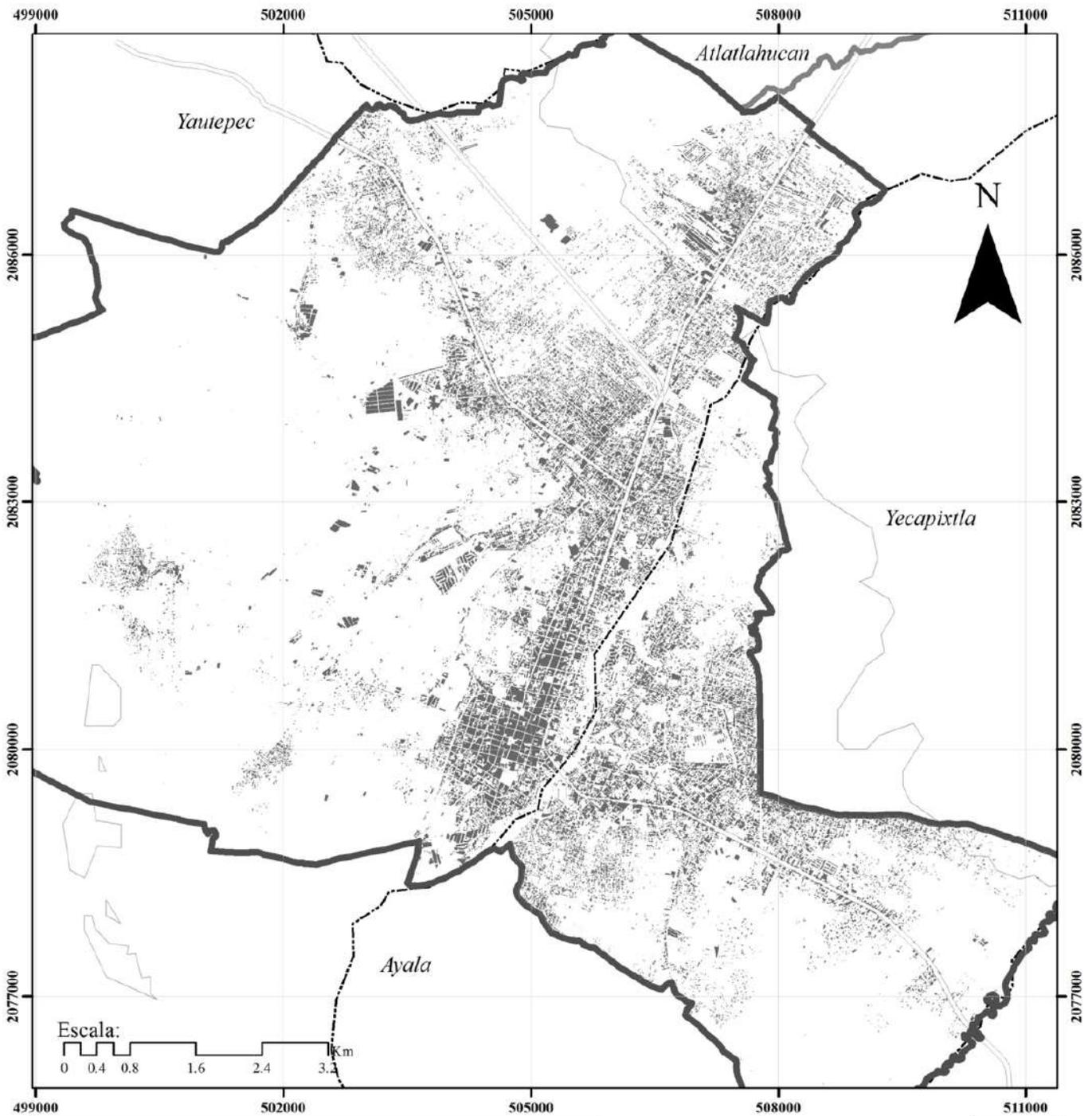
5.2 Un acercamiento al uso de los bloques de cementos en la ciudad de Cuautla

Considerando una dinámica de transformación urbano territorial de tales características, es posible explicar la creciente demanda de material para la construcción que ha sido utilizado en dicho proceso. La información catastral municipal de la última década permite interpretar la superficie construida del área urbana; en 1970 esta se estima en 36% de un área municipal equivalente a 12.39 km², ver mapa 6. Para 1990 esta ocupa 29.6 %, registrando una menor densidad, mientras que para el 2000 alcanza 20.6 %, alcanzando 47.36 km² equivalente a la mitad del área municipal, como se aprecia en el mapa 6; este último período se caracteriza por un nivel mayor de dispersión, Comisión Estatal del Agua (CEA, 2014).

Las condiciones descritas permiten asociar la consolidación de las actividades terciarias con el aumento de la superficie urbana, así como con la industria, aunque en menor medida, ya que de acuerdo con el censo económico de 2009, los servicios duplicaron la producción bruta total del sector secundario Cuautlense (INEGI, 2009); la consecuencia más importante fue la extensión de la ciudad sobre territorio que antes era ocupado con fines de producción agrícola y la construcción de más de 25 mil edificaciones, estimando lo construido hasta la última década en un total 5,472,984 m² (CEA, 2014).



| SIMBOLOGÍA | | MAPA 05 |
|--|---|---|
| Simbología Base | Simbología Temática | REESTRUCTURA TERRITORIAL CUAUTLA 1970-2010 <small>Fuente cartográfica: Elaboración propia con base en INEGI Marco Geostatístico Nacional 1995, 2013; Carta Topográfica, Aerofoto digital 1971,1973; Ortofotografía digital 1995, 2005, 2009, 2010, CONABIO.</small> |
| <ul style="list-style-type: none"> Limite Municipal Limite Municipios Colindantes Corriente de Agua Perenne Curvas de Nivel Carreteras | <ul style="list-style-type: none"> Área Urbana 70's Área Urbana 90's Área Urbana 2010 | |



| SIMBOLOGÍA | | MAPA 06 |
|-------------------------------|---------------------------------|--|
| Simbología Base | Simbología Temática | <p align="center">SUPERFICIE CONSTRUIDA CUAUTLA 2000-2010</p> <p>Fuente cartográfica: Elaboración propia con base en INEGI Marco Geoestadístico Nacional 1995, 2013, Carta Topográfica, Ortofoto digital 2005, 2009, 2010, CONABIO.</p> |
| Límite Municipal | Superficie Construida 2000-2010 | |
| Límite Municipios Colindantes | | |
| Corriente de Agua Perenne | | |
| Curvas de Nivel | | |
| Carreteras | | |

5.3 Industria de prefabricados para la construcción; el estatus de la elaboración de bloques de cemento en el municipio de Cuautla

El incremento de las áreas urbanas, así como de la cantidad de edificaciones en el municipio, ha traído consigo el uso de procesos, técnicas, y materiales para la construcción diferentes a los utilizados tradicionalmente en la localidad. En gran medida, esto ha sido consecuencia del aumento de las actividades productivas relacionadas con lo urbano (Camagni, 2005), por ejemplo, cada vez más empresas y población se asientan en la ciudad, requiriendo en la misma medida infraestructura, equipamientos, vialidades, además de vivienda. Para dar solución a estos requerimientos, a la velocidad que exige el proceso de urbanización, se introdujeron procedimientos constructivos que tienen como base el uso de materiales industrializados. Uno de los más solicitados son los bloques prefabricados de cemento, debido a que son fáciles, rápidos y económicos de elaborar, por lo que se pueden producir en grandes cantidades; su practicidad también se refleja en la construcción, debido a lo sencillo que resulta su colocación, gracias a lo cual es posible levantar estructuras en poco tiempo ahorrando materiales y mano de obra (Freyre & Deza, 2001). Las cualidades de estos bloques han sido aprovechadas en el sector de la construcción, desde el mercado inmobiliario hasta la población de escasos recursos; el primero, con la finalidad de acumular beneficios económicos, mientras que el segundo, lo hace para cubrir la necesidad de una vivienda.

En el Estado es una actividad económica relevante, dentro de su rama, está solo por detrás de la fabricación de concreto, con una producción total bruta de \$361 millones de pesos; si tomamos como referencia regional su precio actual de \$8,500.00 pesos por millar, se puede estimar que se elaboraron alrededor de 42,470,600 piezas, originando ingresos por \$108 millones de pesos. Además, esta sub-rama emplea oficialmente a 362 personas, con remuneraciones cercanas a los \$35 millones de pesos, y cuya producción se lleva a cabo en 59 unidades económicas repartidas en toda la entidad, de las cuales el 75% se asientan en las áreas metropolitanas; 35 unidades en Cuernavaca y 9 en Cuautla (INEGI, 2014), Diccionario Estadístico de Unidades Económicas (DENUE, 2017).

A pesar de su popularidad como material de edificación, también tiene consideraciones adversas, como son la extracción intensiva de recursos naturales para su confección y la contaminación al ambiente a través de la generación de residuos durante la

construcción. En este sentido, la CMIC (2017) clasifica sus desechos dentro del grupo de los premezclados prefabricados, estimando su generación en 1,456 miles de toneladas. Al igual que los elementos de concreto, representan 24% de lo originado en el país, solo debajo de lo producido por el material de excavación. Sin embargo, en Morelos no existen datos que permitan estimar su contribución a los residuos de construcción, menos aún sobre los producidos durante su fabricación, aunque la cantidad de bloqueras establecidas en la entidad y de piezas fabricadas son un número considerable, incrementando posibles impactos relevantes tanto para el ambiente como para la población.

5.3.1 Bloques de cemento, la estandarización como base de su fabricación

La importancia de los bloques de concreto para la industria de la construcción, deriva en gran parte por la simplicidad en su proceso de fabricación y de la facilidad para acceder a los materiales que los componen, razón por la cual se pueden llegar a elaborar varios millares de piezas en una sola jornada laboral, los cuales pueden ser utilizados para la edificación de forma rápida y económica.

El punto más complejo para su elaboración, se centra en la necesidad de una instalación eléctrica trifásica, así como de maquinaria especializada (ver fotografía 1 y 2), la cual consta de:

- Una revolvedora de acero con un eje metálico y aspas añadidas para mezclar el material vertido en ella, la cual funciona a partir de un motor eléctrico de 10 caballos de fuerza.
- Una banda de caucho con rieles metálicos, que cumple con la función de trasladar la mezcla ya homogenizada desde la revolvedora hasta una tolva de metal, por medio de un motor de 8 caballos de fuerza.
- Una tolva de metal, donde se deposita desde la parte superior la mezcla realizada en la revolvedora, además tiene un sistema de apertura por compuertas en la parte inferior, para dejar caer la mezcla dentro de moldes.
- Moldes metálicos, se pueden construir para darle forma a 2 o 4 piezas. Se colocan atornillados a una plancha de metal, la cual a su vez está sujeta a un sistema que la hace vibrar, a partir del movimiento generado por un motor eléctrico de 3 caballos de fuerza.

Fotografía 1. Máquina vibro-compactadora



Fuente: fotografía del autor, diciembre de 2017

Fotografía 2. Banda transportadora



Fuente: fotografía del autor, diciembre de 2017

Instalada la infraestructura, los pasos para la elaboración de block en la localidad consisten en:

- Elaborar la mezcla, la cual se lleva a acabo combinando dentro de una revolvedora cemento portland, tepecil o tepojal, arenilla y agua. Con excepción del agua, los otros materiales son de uso común y pueden comprarse en cualquier tienda materialista. Las cantidades utilizadas varían dependiendo el fabricante, pero rondan los 12m³ de tepecil, 5m³ de arenilla y 12 bultos de cemento para un millar de bloques, mientras que el agua se dispone de tal manera que permita solo mantener húmedo el compuesto.
- Una vez homogenizado el compuesto, es transferido por una banda mecanizada desde la revolvedora a una tolva en la que se almacena la mezcla, para posteriormente ser vertida a los moldes en periodos aproximados de 2 minutos.
- Debajo de los moldes se coloca una placa de madera aceitada, soportada por una mesa metálica vibradora; después de este paso, se llenan los troqueles con la mezcla, para ser compactados con un pisón metálico, al mismo tiempo que se enciende la mesa para vibrar el material; el resultado es un bloque prismático de concreto compactado, cuyas dimensiones oscilan 12 cm de ancho, 18 de alto y 40 de largo (ver fotografía 3).
- Una vez compactados, se sacan de los moldes para iniciar su proceso de secado al sol durante 24 horas, esto se hace de preferencia sobre una superficie plana para facilitar la colocación de estibas, es decir que se enciman hasta 4 tablas una sobre otra (ver fotografía 4).
- Ya secos, son retirados de las placas de madera para finalmente ser almacenados o vendidos, puesto ya alcanzaron su estado óptimo para ser utilizado en obra.

Fotografía 3. Proceso vibrado del material



Fuente: fotografía del autor, diciembre de 2017

Fotografía 4. Secado de los bloques de concreto



Fuente: fotografía del autor, diciembre de 2017

5.4 Ladrillos de arcilla, una opción artesanal para la construcción

Los procesos y procedimientos constructivos son pruebas tangibles de la evolución tecnológica del hombre a través de los siglos; estos permitieron la edificación de refugios, equipamientos públicos, e incluso algunas representaciones de poder y ostentación político, militar o económico. En este contexto, el ladrillo recocido es uno de los materiales más utilizados en todo el mundo; su relevancia consiste en la durabilidad, resistencia a la compresión, así como económicamente debido a su proceso de fabricación artesanal. Ocasionada por una creciente demanda urbana, se ha incrementado el uso de materiales constructivos prefabricados, prevaleciendo aquellos de menor costo, provocando el desuso de materiales tradicionales.

Este panorama es similar para la ciudad Cuautla, donde se ha remplazado al ladrillo por el bloque de concreto, no obstante, este se continúa produciendo; en una ladrillera tradicional Cuautlense, se llegan a realizar 2 hornadas al mes con una producción de hasta 32 millares cada una, y de las que en promedio solo salen defectuosas 600 piezas por hornada. Debido a que su elaboración es artesanal, la transmisión de conocimientos para su fabricación lo convierten en un negocio familiar que ha utilizado los mismos parámetros durante años, los que consisten en:

- Hacer una revoltura que contenga suelo arcilloso, mejor conocida entre los fabricantes como barro, además de arenilla y agua; las proporciones varían, pero rondan por millar de tabique producido los 3 m³ de arcilla, 1.4 m³ de arenilla, mientras que el agua dependerá de la consistencia de los componentes (ver fotografía 5).
- Posteriormente, por medios manuales se lleva a cabo la homogenización de la mezcla, utilizando como herramientas una pala, un bote de 19 litros y los pies del artesano para revolver los componentes. Por lo que no se requiere de una maquinaria o componentes especializados, ni del uso de energía eléctrica (ver fotografía 6).
- Una vez que se ha pisado la mezcla, esta se coloca en moldes que antes eran contruidos de madera, sin embargo, solo duraban aproximadamente 5 meses, ahora se hacen de tubulares con una duración de hasta 2 años. También cambiaron el

material del fleje o enrasador, por uno de plástico, el cual es utilizado para recortar la mezcla vertida dentro de los moldes desgastándolos menos (ver fotografía 7).

- Al sacarse de los moldes, se quedan en piso para su secado por un periodo de 15 días (ver fotografía 8). Si al secarse las piezas se rompen, entonces es señal de que la mezcla adolece de una mayor proporción de arenilla; las piezas defectuosas se reincorporan a los materiales vírgenes para realizarse nuevamente ladrillos, o se almacenan para elaborar viviendas de barro.
- Ya secas las piezas, se preparan para ser cocidas durante 27 horas en un horno sobre el que se colocan en forma piramidal, para su cocción se utiliza como combustible cascara de coco y restos de tela de mezclilla; esta etapa les confiere su color, acabado y resistencia (ver fotografía 9). El producto final denominado tabique rojo recocido, es un elemento prismático rectangular que mide 5 cm de alto, 13 de ancho y 26 de largo.

Fotografía 5. Materia prima, arcilla



Fuente: fotografía del autor, diciembre de 2017

Fotografía 6. Mezcla de arcilla y arenilla



Fuente: fotografía del autor, diciembre de 2017

Fotografía 7. Molde de tubular



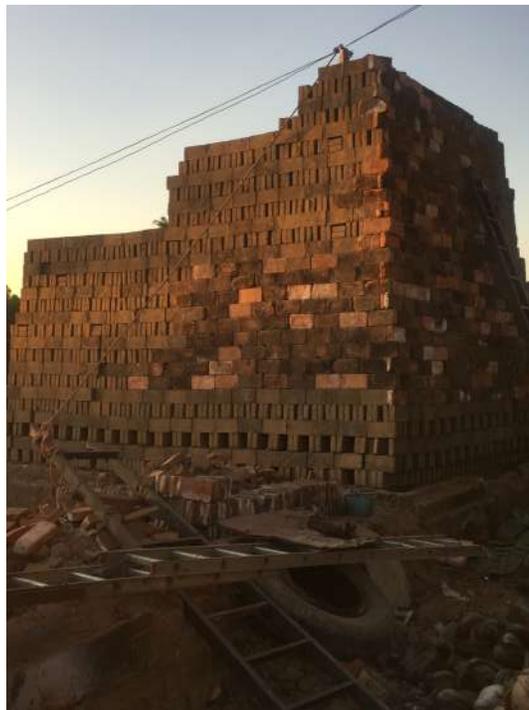
Fuente: fotografía del autor, diciembre de 2017

Fotografía 8. Secado del ladrillo



Fuente: fotografía del autor, diciembre de 2017

Fotografía 9. Horno de ladrillo



Fuente: fotografía del autor, diciembre de 2017

Capítulo VI. Consumo de materias primas en la industria bloquera regional

La generación y manejo de residuos son temas en sí mismos que desafían la administración de las ciudades, y lo es más aún, en lo referente a aquellos generados por una industria poco regulada como es la construcción y la fabricación de los materiales utilizados en dichos procesos. Bajo este esquema, la producción de bloques de cemento en Morelos genera un volumen de residuos que no ha sido cuantificada aún, sin embargo, una estrategia útil para tal propósito es su estimación con base en la producción bruta total y el costo promedio por millar *producido-ofertado* al mercado.

En este sentido, Morelos tiene una producción total bruta de \$361 millones de pesos, mientras que el costo promedio por millar de bloques de cemento es de \$8,500.00, esto equivale a la fabricación de aproximadamente 42,470,600 piezas. De acuerdo con las proporciones utilizadas por sus productores, un millar de estos bloques necesita 12 bultos con 50 kg de cemento, 12 m³ de tepecil o piedra volcánica, y de 5m³ de arenilla para cerrar los espacios huecos. Tomando como referencia las cantidades mencionadas, producir más de 42 millones de blocks requiere 25,482.36 toneladas de cemento, 509,647.2 m³ de tepecil y 212,353 m³ de arenilla.

Para la zona metropolitana de Cuautla, estos requisitos se pueden valorar a través de la homogenización de lo producido en las fábricas de la región y los días trabajados. Cada una de estas produce aproximadamente 2 millares por día, y se laboran 5.5 días, lo que equivale a 11 millares por semana. De acuerdo con el DENUE (2017) y como se puede observar en el mapa 7, en esta zona existen 9 bloqueras, las cuales manufacturan 99 mil piezas a la semana, 396 mil al mes y 4,752 miles por año; esto significa que necesita proveerse 2,851.2 toneladas de cemento, 57,024 m³ de tepecil y 23,760 m³ de arenilla.

Para el ladrillo, el cálculo del material utilizado se puede estimar de la misma forma que para los bloques de cemento; a nivel estatal su producción bruta alcanzó los \$6.9 millones de pesos, mientras que su costo promedio fue de \$2,000 pesos por millar, correspondiente a la elaboración de 3,450 miles de piezas; dicha cantidad, representa el uso de 10,350 m³ de arcilla y 5,175 m³ de arenilla. En la zona metropolitana de Cuautla, según el DENUE se establecieron 17 de las 29 ladrilleras existentes, como lo muestra el mapa 8, las cuales queman aproximadamente 64 millares de ladrillos mensuales. Es importante resaltar la relevancia de la zona para la industria ladrillera morelense, debido al número de

establecimientos radicados en ella, y por los 1,088 miles de piezas elaborada ahí; por supuesto, esta capacidad productiva requiere de una considerable cantidad de materia prima para su fabricación, que ronda los 3,264 m³ de arcilla y 1,632 m³ de arenilla.

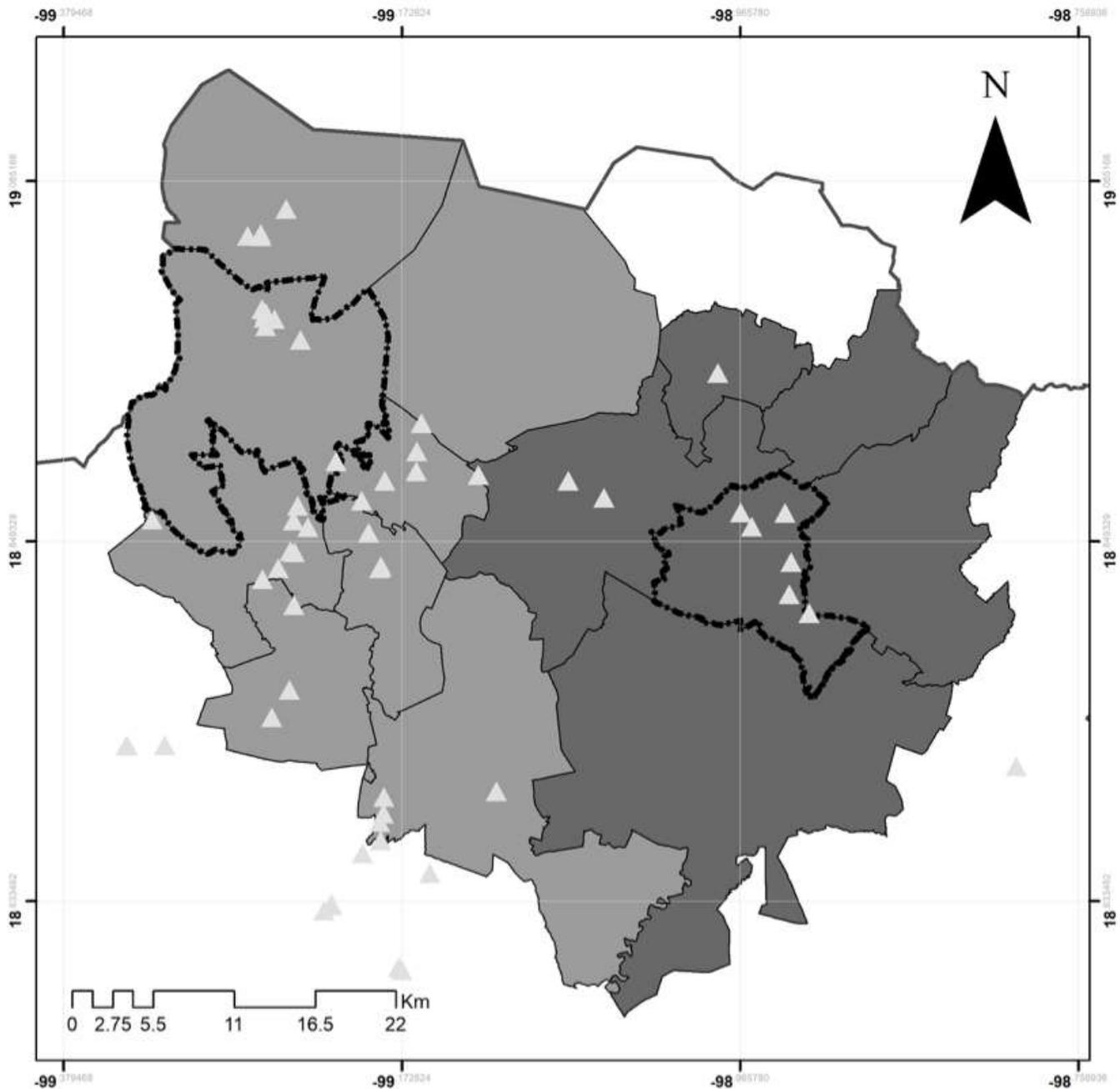
Si bien el número de piezas, así como de los materiales requeridos para la fabricación de estos productos son significativos, es necesario establecer una diferencia primordial entre ambos, y es que mientras un 1m² de muro se construye con 12 bloques de cemento, se necesitan 76 ladrillos para cubrir la misma área. Con este dato, se puede establecer la primacía del prefabricado de cemento derivada de su rendimiento, pues lo manufacturado en el estado alcanza para cubrir más de 3,227 miles de m², mientras que el ladrillo cubre solo el 1.7% de esa cantidad.

Si bien, las piezas de cemento resultan más efectivas para cubrir m² de construcción, también requieren de mayores cantidades de materiales para su fabricación, como se resume en la tabla 1, usándose como justificación para extraer grandes cantidades de recursos naturales, comparado con el proceso de elaboración tradicional del ladrillo de arcilla.

Tabla 1. Consumo de materia prima para el proceso de fabricación de bloques de cemento y ladrillos en Morelos.

| Bloques de cemento | Ladrillo |
|---------------------------------|-------------------------------|
| 42,470,600 pzas | 3,450,000 pzas |
| 25,482 ton/cemento | |
| 509,647 m ³ tepecil | 10,350 m ³ arcilla |
| 212,353 m ³ arenilla | 5,175 m ³ arenilla |

Fuente: Elaboración propia, con datos DENU E INEGI, Censo Económico 2014 INEGI, e información de campo.



Simbología Base

-  Limite Estatal
-  Municipios con mayor población áreas metropolitanas

Simbología Temática

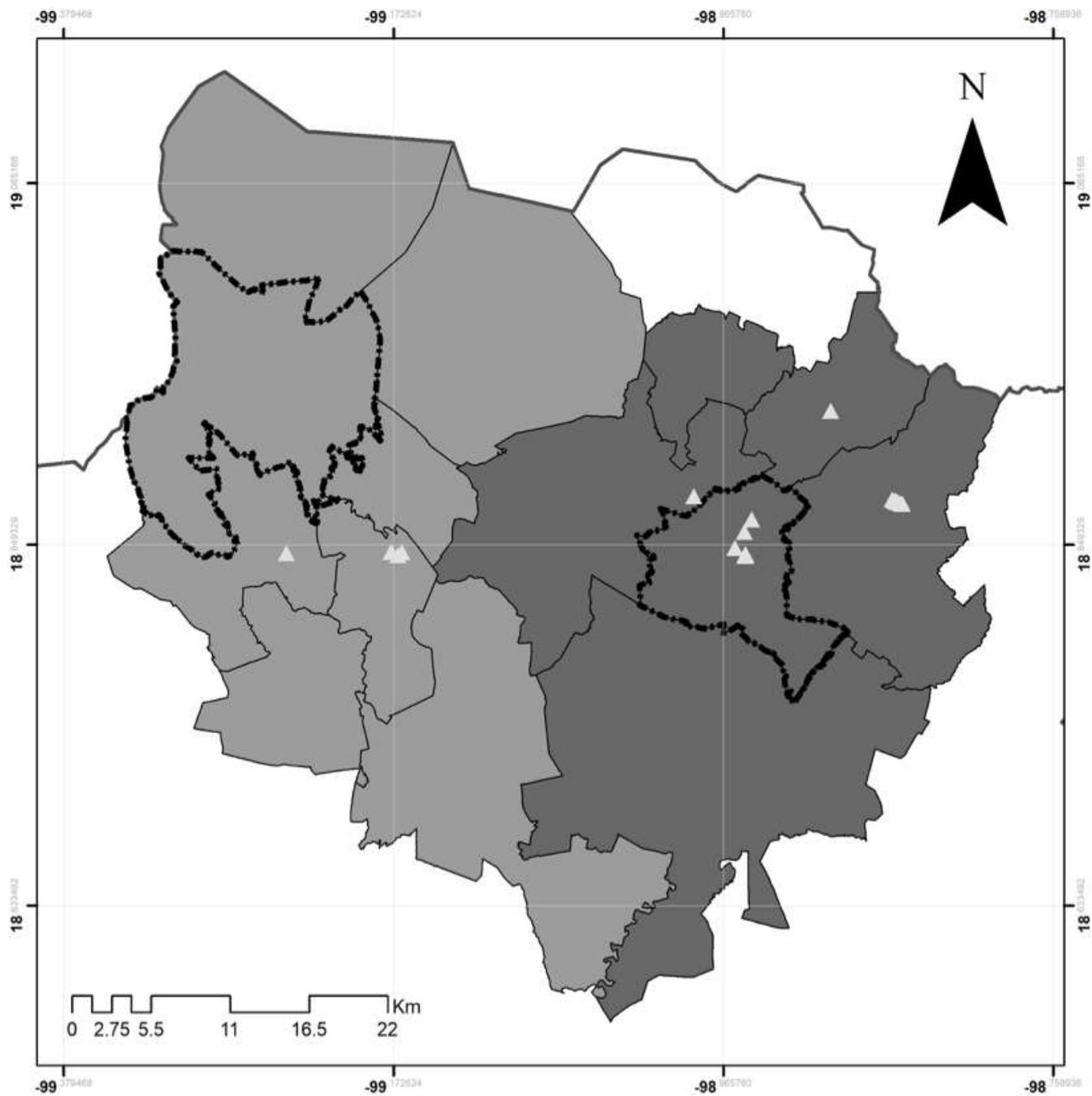
- Áreas Metropolitanas (AM)**
-  Cuautla
 -  Cuernavaca
 -  Bloques de Cemento

SIMBOLOGÍA

MAPA 07

**LOCALIZACIÓN
BLOQUERAS EN
LA REGIÓN**

Fuente cartográfica: Elaboración propia con base en INEGI Marco Geoespacial Nacional



| SIMBOLOGÍA | | MAPA 08 |
|--|--|--|
| Simbología Base | Simbología Temática | <p>LOCALIZACIÓN LADRILLERAS EN LA REGIÓN</p> <p><small>Fuente cartográfica: Elaboración propia con base en INEGI Marco Geoespacial Nacional</small></p> |
| <p>— Limite Estatal</p> <p>- - - Municipios con mayor población áreas metropolitanas</p> | <p>Áreas Metropolitanas (AM)</p> <p>■ Cuautla</p> <p>■ Cuemavaca</p> <p>▲ Ladrilleras</p> | |

6.1 Generación y manejo de residuos en la producción de bloques de cemento

A pesar de la diferencia entre las cantidades de material consumido a nivel local y regional, el proceso para la elaboración de ambos productos no varía de manera representativa, de igual forma sucede con la generación de residuos, por lo que es posible identificar los más representativos y estimarlos en ambas escalas.

Para el caso de los bloques de cemento, se reconocieron los siguientes residuos:

- Embalaje de los bultos de cemento
- Restos no utilizados de mezcla, húmedos y secos
- Piezas de bloques defectuosos o rotos
- Aceite quemado
- Planchas de madera

Los más sustanciales están asociadas al uso de materiales para su fabricación, entre las que resaltan las bolsas de papel utilizadas de envase para el cemento, los restos de mezcla y las piezas defectuosas de los bloques (ver fotografías 10 y 11).

En este sentido, se calcula que en la zona metropolitana de Cuautla las bloqueras generan alrededor de 57,024 miles de bolsas de papel, mientras que, en el Estado este número se incrementa a más de 509 miles de embalajes. Esto representa un problema ambiental, no solo por la cantidad de residuos generados sino porque la estrategia de disposición final no contempla el hecho de que los envases están cubiertos con remanentes de cemento, y su manejo se remite solo a una estrategia, la quema a cielo abierto de miles de bolsas de papel impregnadas con cemento.

Los restos de mezcla no utilizada, a pesar de ser desechos durante el transcurso del vibrado de los bloques en la maquinaria, son difíciles de cuantificar dado que se reincorporan a la cadena productiva casi de manera inmediata mientras permanezca húmeda. Los sobrantes de mezcla seca y los bloques de cemento defectuosos como los de la fotografía 12, son recolectados para posteriormente triturarse de manera manual, de este modo pueden integrarse otra vez como materiales aptos para una nueva mezcla. Este manejo de los remanentes en las bloqueras morelenses, aumenta la productividad, reduce los costos económicos, pero principalmente disminuye en gran medida la generación de residuos.

Por lo contrario, el aceite quemado y las planchas de madera se desechan en cantidades mínimas. Puesto que el primero se mantiene confinado en tambos o cubetas cerradas, que solo se abren para aceitar las placas de madera; y las segundas, son desechadas cuando se rompen, sin embargo, en promedio solo se eliminan una o dos mensualmente.

Lo que resulta imprescindible es evidenciar dentro del contexto de los residuos, que las más de 25,400 toneladas de cementante utilizado en los bloques consumirán aproximadamente 38,224 toneladas de materias primas, liberando 20,386 toneladas de CO₂ al ambiente; parte del cual, es producido por las 11,773 llantas incineradas durante su proceso de fabricación (CANACEM, 2006).

Fotografía 10. Generación de residuos bolsas de cemento



Fuente: fotografía del autor, diciembre de 2017

Fotografía 11. Almacenamiento de bolsas de cemento



Fuente: fotografía del autor, diciembre de 2017

Fotografía 12. Residuos de mezcla seca



Fuente: fotografía del autor, diciembre de 2017

6.2 Generación y manejo de residuos en la producción de ladrillos de arcilla

Para el caso de los ladrillos recocidos de arcilla, se pudo reconocer que, durante las etapas de mezclado de los materiales, en el moldeado de la mezcla, e incluso en el secado de las piezas producidas la generación de residuos es prácticamente nula, debido a que: La arcilla y arenilla, componentes principales que integran la mezcla son un tipo de suelo, cuyos restos durante esta etapa pueden ser reintegrados a la argamasa o simplemente quedarse en el sitio sin ocasionar algún efecto adverso relevante; lo mismo pasa, en la etapa en que se da forma a los ladrillos, solo cambia el hecho de que las características plásticas de la composición la hacen moldeable. En caso de que algunas piezas no tengan la consistencia deseada son enviados nuevamente a la mezcla, evitando el desperdicio de materiales, pues significan un gasto en la producción.

Durante el secado de las piezas existen algunas mermas, usualmente ocasionadas porque las porciones de los materiales en la mezcla no fueron los indicado para garantizar la cohesión del ladrillo, como se observa en la fotografía 13. En este caso, los residuos ya secos son triturados con métodos manuales para reincorporarse a la mezcla, o se conservan para construir habitaciones que son unidas con la misma argamasa con que se elaboró el ladrillo.

También, existen aproximadamente 600 piezas por cada 32 millares durante la quema de los ladrillos, sumando 1,200 ladrillos mensualmente. Las piezas defectuosas son almacenadas (ver fotografía 14), para posteriormente ser comercializado como relleno de construcción, pero además son utilizados para construir muros e incluso habitaciones que no necesitan ser junteados con mortero, pues su colocación permite que trabajen por peso propio los muros, como se puede apreciar en la fotografía 15 y 16.

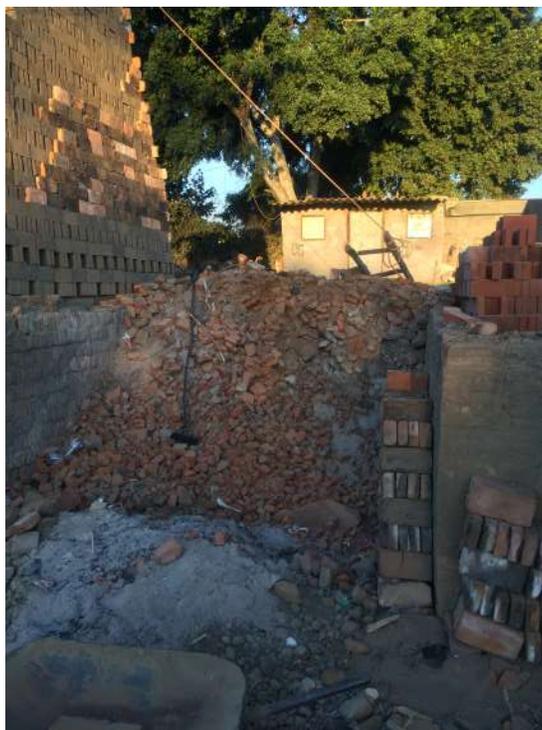
El ladrillo recocido y los bloques de cemento tienen una coincidencia común, y es que durante su elaboración los dos desprenden cantidades considerables de CO₂; en Morelos, se estima que su producción bruta total genera alrededor de 4,036 toneladas al ambiente, Eficiencia Energética en Ladrilleras Artesanales (EELA, 2011).

Fotografía 13. Almacenamiento de ladrillos defectuosos secos



Fuente: fotografía del autor, diciembre de 2017

Fotografía 14. Almacenamiento de ladrillos defectuosos horneados



Fuente: fotografía del autor, diciembre de 2017

Fotografía 15. Exterior de muro reutilizando ladrillos



Fuente: fotografía del autor, diciembre de 2017

Fotografía 16. Interior de vivienda construida con ladrillos reutilizados



Fuente: fotografía del autor, diciembre de 2017

Al comparar la composición (ver tabla 2) de los residuos resultantes del proceso de fabricación de los bloques de cemento y de los ladrillo de arcilla, es posible observar una diferencia considerable de elementos que son desechados durante la elaboración de los bloques, particularmente representado por la cantidad de bolsas con cemento que son enviadas a disposición final o quemadas sin ningún tipo de tratamiento, menos a un se somete el sitio a proceso de remediación en caso de ser necesario. Mientras que el ladrillo por otra parte recicla o reutiliza lo generado durante su elaboración

Tabla 2. Composición de residuos generados en el proceso de elaboración bloques de cementos y ladrillos de arcilla en Morelos

| Bloques de cemento | Ladrillo |
|--------------------------------|--|
| Embalaje de cemento | Ladrillos rotos en proceso de secado |
| Restos de mezcla húmeda y seca | Ladrillos rotos en proceso de horneado |
| Bloques secos rotos | |
| Aceite requemado | |
| Planchas de madera | |

Fuente: elaboración propia con información recabada en campo

Capítulo VII. Conclusiones preliminares

7.1 Un esquema de manejo para los residuos durante la elaboración de los bloques de cemento

La generación de residuos de la construcción, es un tema que ha quedado de lado cuando se habla de los problemas que aquejan las zonas urbana; la administración pública ha enfatizado las actividades que le permitan atraer inversiones, la construcción de infraestructura e incluso el mejoramiento en la imagen urbana sin restricción alguna para su manejo de materiales y residuos. Se edifica, pero poco se consideran los efectos de dicho proceso. En este contexto, no se tiene una sistematización de información concreta sobre el sector en términos de la cantidad de residuos generados por la industria de la construcción en un estatus de agregada o por etapa de desarrollo ni en términos cualitativos; menos aún, existe información sobre los procesos indirectos de fabricación de materiales básicos para la edificación de los cuales también resultan desechos.

En el mismo contexto nacional de desconocimiento cualitativo y cuantitativo de los residuos derivados de la edificación, Morelos contribuye con su dinámica regional y urbana correspondiente. En esta dinámica, resalta el consumo de materiales que representan ventajas de diferente orden; la producción y el uso de bloques de cemento resulta indicativo de estas condiciones, dado que existe un registro del incremento en el consumo del bien convirtiéndolo en uno de los más utilizados estatalmente. Tan solo en términos de la cantidad de blocks fabricados, este demuestra ser un producto de construcción conveniente por su rendimiento en términos de la reducción de costos y tiempos de edificación; esto últimos respecto a los m² de edificación que se consigue.

Sin embargo, su uso no ha derivado en consideraciones básicas para tomar en cuenta al ambiente, ni a la población, dando lugar a repercusiones o impactos que generan externalidades negativas importantes. En este contexto, es necesario plantear una serie de esquemas alternativos que permitan mitigar los efectos de sus residuos a través de la gestión y manejo acorde al problema. En primera instancia, tanto en Cuautla como en todo el estado de Morelos, es necesario el establecimiento de una normatividad con la que se estandaricen no solo los procedimientos de fabricación, también los ordenamientos que permitan reducir las emisiones, los embalajes y el uso de materias primas para la elaboración de este material. Al mismo tiempo, es imprescindible conocer las condiciones

en que se encuentra esta actividad a nivel municipal y regional, particularmente en términos de la actualización de los registros que contabilicen las unidades económicas orientadas a esta actividad.

Con lo anterior, es posible establecer políticas y estrategias para el manejo de sus residuos; en el caso de los envases de cementos, cuya cantidad generada por cada establecimiento bloquero, debería definirlos como residuos de manejo especial. Al respecto, en algunos países como Colombia, las cementeras dan entrenamiento a quienes utilicen este producto, para que las bolsas sean aprovechadas en la fabricación de otros productos como fibrocemento. En caso que la situación económica no permita alguno de estos procedimientos, se puede también incentivar la utilización de algún tratamiento que permita remediar algunas de las consecuencias originadas por la quema de los envases de cemento.

Otras alternativas que cada bloquera puede aplicar para reducir sus residuos son: la utilización de materiales reciclados derivados de la construcción, pueden ser usados como cementante, o como agregado, lo cual solo dependerá de la granulometría de los desechos triturados. Dicha acción, puede realizarse mecánicamente con la ayuda de maquinaria de bajo costo como hacen los pepenadores en diferentes casos, para así reincorporarlo al proceso productivo; además, desde la administración pública se podría incentivar las reducciones fiscales a los establecimientos que usen estas iniciativas. Con las acciones mencionadas se podrían reducir dos problemas: la liberación de CO² al ambiente, pues cada m² de block es igual a 6.24 kg de CO², más la quema de embalajes, electricidad, así como, la extracción de materiales vírgenes.

Sin lugar a dudas, el manejo de los residuos desde el origen es la opción más pertinente para mitigar el problema de los desechos, por lo cual es importante el incentivar alternativas que permitan a los productores deshacerse de los residuos sin que afecte su economía o proceso de producción.

Lista de Referencias

- Alarcón, C. (2013). Empleo De Bloques Con Basura En La Construcción Como Una Alternativa de Reciclaje. Recuperado de: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/6187/tesis.pdf?sequence=1>
- Banamex. (abril de 2018). Histórico dólar americano. Recuperado el 01 de abril, de: https://www.banamex.com/economia_finanzas/es/divisas_metales/dolar_interbancario.htm
- Bedoya, C. (2003). El Concreto Reciclado con Escombros como Generador de Hábitats Urbanos Sostenibles “La ciudad como ecosistema semi-cerrado, una utopía cultural”. Recuperado de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/3477/1/98589947-2003.pdf>
- BM. (abril de 2018). PIB (US\$ a precios actuales). Recuperado el 01 de Abril de 2018, de: <https://datos.bancomundial.org/indicador/ny.gdp.mktp.cd>
- Campos, Avella J., Lora, Figueroa, E., Meriño, Stand, L., Tovar, Ospino, I., Navarro Gómez, A., Quispe, Oqueña, E., Vidal, Medina, J., López, Castrillón, Y., Castrillón Mendoza R., Prias Caicedo, O. (2017). *Ahorro de Energía en la Industria del Cemento*. COLCIENCIAS Colombia, Universidad Autónoma de Occidente, Universidad del Atlántico. Colombia: Unidad de Planeación Minero Energética de Colombia.
- CANACEM. (abril, 2006). Experiencia de la Industria Cementera Mexicana en Prácticas de Coprocesamiento, Tratamiento térmico y Recuperación energética [Pdf presentación]. Recuperado de: http://www.gemi.org.mx/files/01_deguevara.pdf
- Castro, P., Gaspar, J., Palma, N. (2009). Manual de Fabricación de Tabicón solido de Concreto. Instituto Politécnico Nacional, México. Recuperado de: <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/5789/I2.1149.pdf?sequence=1>
- CEA. (2014). Plano Catastral del Municipio de Cuautla Morelos. México: INEGI
- Cementos Moctezuma. (2010). *Juntos Creciendo. Informe de Sustentabilidad 2010*
- CEMEX. (2000). *La ecoeficiencia. Informe de medioambiente, seguridad y salud 2000*. Recuperado el 18 de mayo de 2017, de: <http://www2.cemex.com/ES/Inversionistas/files/2000/Sustentabilidad.pdf>
- Centro para la Seguridad Alimentaria. (2010). Boletín Fabrican en la UNAM ecoladrillo con Residuos de Construcción: Ciudad de México. UNAM ciudad universitaria. Recuperado de: http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2015_749.html

CMIC. (2017). Plan de Manejo de Residuos de Construcción y Demolición. Recuperado de: <http://www.cmic.org.mx/comisiones/Sectoriales/medioambiente/Flayer/PM%20RCD%20Completo.pdf>

CMIC. (2017). Plan de Manejo de Residuos de Construcción y Demolición. Recuperado de: <http://www.cmic.org.mx/comisiones/Sectoriales/medioambiente/Flayer/PM%20RCD%20Completo.pdf>

CMIC. (2017). Producto Interno de la Construcción, por entidad Federativa 2016 [Pdf presentación]. Recuperado de: <http://www.cmic.org.mx/cmic/ceesco/2017/PIB%20por%20entidad%20Federativa%202016.pdf>

CMIC. (2017). Producto Interno de la Construcción, por entidad Federativa 2016 [Pdf presentación]. Recuperado de: <http://www.cmic.org.mx/cmic/ceesco/2017/PIB%20por%20entidad%20Federativa%202016.pdf>

CMIC. (diciembre de 2008). Detonador de Empleo. *Cámara Mexicana de la Industria de la construcción*. Recuperado el 08 de junio de 2017, de: <http://www.cmic.org.mx/comisiones/sectoriales/infraestructurahidraulica/noticias/cdetalle.cfm?seleccion=1083>

CMIC. (mayo 2017). Situación Actual y Perspectivas de la Industria de la Construcción en México [Pdf presentación]. Recuperado de: http://www.cmic.org.mx/cmic/ceesco/2017/Situaci%C3%B3n%20Actual%20y%20Perspectivas%20de%20la%20Industria%20de%20la%20Construcci%C3%B3n%20en%20M%C3%A9xico_22052017.pdf

CMIC. (mayo 2017). Situación Actual y Perspectivas de la Industria de la Construcción en México [Pdf presentación]. Recuperado de: http://www.cmic.org.mx/cmic/ceesco/2017/Situaci%C3%B3n%20Actual%20y%20Perspectivas%20de%20la%20Industria%20de%20la%20Construcci%C3%B3n%20en%20M%C3%A9xico_22052017.pdf

CONABIO. (1998). Carta Precipitación Total Anual. Escala 1:1000000. México

CONABIO. (2001). Carta fisionómica de la vegetación en México. Con base en Balduzzi, A. Y Tomaseli, R. 1978-1979.

CONABIO. (2001). Carta Isotermas Medias Anuales. Escala 1:1000000. México

CONEVAL. (2010). Índice de Rezago Social. Recuperado de: <http://catalogo.datos.gob.mx/dataset/indice-de-rezago-social20002005-y-2010-nacionalestatalmunicipal-y-localidad>

CONEVAL. (2012). Síntesis de Estimación de pobreza 2012. Recuperado de: https://www.coneval.org.mx/Informes/Pobreza/Informe%20de%20Pobreza%20en%20Mexico%202012/Informe%20de%20pobreza%20en%20M%C3%A9xico%202012_131025.pdf

Construcción Y Demolición generados por el Sismo del 19 de septiembre para los Estados de México, Morelos, Puebla Y Ciudad De México. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/259191/Criterios_RIC_Sismo_19_septiembre.pdf

Coordinación Nacional de Protección Civil. (agosto 2015). Normas NMX para estructuras de mampostería [Pdf presentación]. Recuperado de: <http://www.smie.org.mx/layout/eventos/2015/ponencia-mexico-cambio-para-siempre-desde-1985-norma-mexicana-nmx-c-404-onnce-2012-piezas-uso-estructural-leonardo-flores.pdf>

DENUE. (2017). Diccionario Estadístico de Unidades Económicas de México. México: INEGI. Recuperado de: www.beta.inegi.org.mx/app/descarga/

Dorado, O., Almonte, J., López, K., Ramos, F., Arias, D. (2015). Vegetación Arbórea como Indicador Ambiental. En Ortiz, L., Sánchez, E., Castrejón, L., y Romero, M. Los Indicadores Ambientales como Herramienta para la Sustentabilidad: Estudio de caso en Morelos. (pp. 27-56). México: Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y Secretaria de Desarrollo Sustentable Morelos.

EELA. (septiembre de 2011). Determinación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en Base a Factores de Emisión y Monitoreo de Eficiencia Energética en la Comunidad Ladrillera El Refugio, León Guanajuato. León, Guanajuato, México: Beatriz Cárdenas González, Claudia Márquez Estrada. Recuperado de: http://www.inecc.gob.mx/descargas/dgcnica/2011_informe_gei_ladrilleras_refugio.pdf

Estrategia para la Gestión Integral de los Residuos del Estado de Morelos. Publicado en Periódico Oficial Tierra y Libertad el 10 de febrero de 2017.

estrucplan. (01 de Abril de 2018). *estrucplan Argentina*. Recuperado el 01 de Abril de 2018, de: estrucplan Argentina: <https://www.estrucplan.com.ar/Producciones/imprimir.asp?IdEntrega=258>

Freyre, J. A., & Deza, E. P. (enero de 2001). Programa Científico PC - CISMID, 1999-2000. fabricación de Bloques de Concreto con una Mesa Vibradora. Recuperado el 12 de junio de 2017, de: <http://www.bvsde.paho.org/bvsade/e/fulltext/uni/proy8.pdf>

Gobierno de Morelos. (29 de Septiembre de 2017). *Dan a conocer sitios autorizados para la disposición final de residuos por construcción y demolición en morelos*. Recuperado el 10 de Noviembre de 2017, de: estrucplan Argentina: <http://morelos.gob.mx/?q=printpdf/prensa/nota/dan-conocer-sitios-autorizados-para-la-disposicion-final-de-residuos-por-construccion-y>

González, C., A. (2015). Condiciones de la planeación en el Estado de Morelos. Una aproximación general al municipio de Cuautla. Universidad Nacional Autónoma de México. México Distrito Federal.

Hoyos, B. A., Jiménez, C. M., A., O. M., & Montes de Correa, C. (Diciembre de 2008). Tecnologías para la reducción de emisiones de gases contaminantes en plantas cementeras. *Revista de Ingeniería e investigación*, 28(3), 41-45.

IMCYC. (abril de 2018). Proceso de Elaboración del Cemento Portland. Recuperado el 01 de abril de 2018, de: <http://imcyc.com/biblioteca/ArchivosPDF/Industria%20del%20Cemento%20en%20Mexico/4%20Proceso%20de%20elaboracion%20del%20cemento%20Portland.pdf>

IMCYC. (enero de 2016). Cementantes Hidráulicos Norma Mexicana NMX-C-414-ONNCCE-2014. *El Concreto en la Obra Problemas, Causas y Soluciones* (101), 12-15. Recuperado el 11 de julio de 2017, de: <http://www.imcyc.com/revistacyt/pdf/enero2016/problemas.pdf>

IMCYC. (marzo de 2006). Las Posibilidades del Concreto. Bloques, para hacerlos mejor. *Construcción y Tecnología*(214), 12-15. Recuperado el 11 de junio de 2017, de: <http://www.imcyc.com/ct2006/marzo06/POSIBILIDADES.pdf>

INAFED. (2010). Enciclopedia de Municipios y delegaciones de México. Recuperado el 02 de febrero de 2017 de: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM17morelos/index.html>

INECC. (2012). *Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos*. Recuperado el 10 de mayo de 2017, de: <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/Documentos/Ciga/libros2009/CD001408.pdf>

INEGI. (2000). Marco Geoestadístico Nacional. México. Recuperado de: http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geoestadistica/m_geoestadistico.aspx

INEGI. (2000). Morelos: Perfil sociodemográfico : XII Censo General de Población y Vivienda 2000. Recuperado de: http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825496654/702825496654_21.pdf

INEGI. (2009). Censos Económicos 2009. Recuperado de: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/censos/ce2009/default.asp?s=est&c=14220>

INEGI. (2010). XIII Censo de Población y Vivienda 2010. Recuperado de: <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/ccpv/2010/>

INEGI. (2011). Anuario Estadístico del Estado de Morelos. México: INEGI

INEGI. (2011). Sistema de Cuentas Nacionales. Recuperado de: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/scn/>

INEGI. (2013). Estadísticas a propósito de ... la Industria del cemento. Recuperado 14 de junio 2017 de: http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/estudios/economico/a_proposi_de/Cemento.pdf

INEGI. (2014). Censos Económicos 2014. Recuperado de: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ce/ce2014/default.aspx>

INEGI. (2015). Cuéntame INEGI. Información por Entidad, vivienda. Recuperado el 15 de junio de 2017 de: <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/mor/poblacion/vivienda.aspx?tema=me&e=17>

INEGI. (2017). Cuéntame INEGI. Información por Entidad. Recuperado el 15 de junio de 2017 de: http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/mor/poblacion/m_migratorios.aspx?tema=me&e=17

INEGI. (2017). México en Cifras. Recuperado de: <http://www.beta.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=17>

Jiménez, A. F., & Palomo, Á. (diciembre de 2009). Propiedades y aplicaciones de los cementos alcalinos. *Revista de Ingeniería y Construcción*, 24(3), 213-232.

Ley de Residuos Sólidos para el Estado de Morelos. Publicado en Periódico Oficial Tierra y Libertad el 17 de octubre de 2007.

Ley General de Protección y Gestión Integral de los Residuos. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 19 de enero de 2018

Martínez, J. A. (octubre de 2013). Use and valorization of Organic Fraction of Municipal Solid Waste in Colombia for sustainable development. *ONTARE*, 1(2), 243-254.

Mejía, E., Osorno, L., Osorio, N. (junio de 2015). Residuos de la Construcción: Una Opción para la Recuperación de Suelos. *Revista Escuela de Ingeniería de Antioquia*, 12(2), 55-60. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/1492/149240052005.pdf>

Norma ambiental para el Distrito Federal NADF-007-RNAT-2013. Publicado en Gaceta Oficial del Distrito Federal el 26 de febrero de 2015.

Norma Mexicana NMX-C-404-ONNCCE-2012. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 13 de diciembre de 2012.

Norma Oficial Mexicana NMX-C-037-1986. Recuperada 10 de junio 2017 de: <http://legismex.mty.itesm.mx/normas/scfi/NMX-C/C-037.pdf>

Norma Oficial Mexicana NOM-040-ECOL-2002. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 18 de diciembre de 2002.

Norma Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 01 de Febrero de 2013

Norma Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 01 de Febrero de 2013

ONU. (2014). Más de la mitad de la población vive en áreas urbanas y seguirá creciendo. Recuperado el 13 de junio de 2017 de ONU: <http://www.un.org/es/development/desa/news/population/world-urbanization-prospects-2014.html>

Ortiz-Hernández, L., Sánchez-Salinas, E., Castrejón-Godínez, L., Terrazas-Hoyos, H., Rodríguez, A., Quiroz-Castañeda, R., Lara, J. (2013). Morelos Frente al Cambio Climático. México: Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

Ortiz, L. (2017). Seminario Tratamiento y Remediación. Centro de Investigación en Biotecnología, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Agosto-Diciembre 2017

Párraga, V., Zambrano, E., Rivera, R. (2013). Recycling of Waste Construction in Production of Blocks in the City Of Portoviejo. *Espanciecna* (4). 91-98. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/306550549_RECYCLING_OF_WASTE_CONSTRUCTION_IN_PRODUCTION_OF_BLOCKS_IN_THE_CITY_OF_PORTOVIEJO

Recuperado el 05 junio de 2017, de: <http://cmoctezuma.com.mx/blobdescarga.xhtml?u=-3280>

Rodríguez, J., M. (2011). La especialización terciaria y los aspectos ambientales como factores determinantes en la competitividad del centro histórico de Cuernavaca. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca Morelos.

SEDESOL, CONAPO, INEGI. (2012). Delimitación de las zonas metropolitanas de México 2010. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/112786/1_DZM_2010_PAG_1-34.pdf

SEMARNAT (2004). 'Degradación del suelo en la República Mexicana - Escala 1:250 000.', escala: 1:250000. México, Distrito Federal.

SEMARNAT. (2007). Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad particular, Bloquera del Valle. Recuperado de: <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/bcs/estudios/2007/03BS2007FD081.pdf>

SEMARNAT. (2008). Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad particular, Bloquera Todos Santos. Recuperado de: <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/bcs/estudios/2009/03BS2009FD024.pdf>

SEMARNAT. (2017). Criterios Para el Manejo de los Residuos de

SEMARNAT. (abril de 2014). *El medio ambiente en México 2013-2014*. Recuperado el 09 de junio de 2017, de SEMARNAT: http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_resumen14/07_residuos/7_1_1.html

UNAM-DGCS. (2015). Boletín, Fabrican en la UNAM Ecoladrillo con Residuos de Construcción: México. UNAM Dirección General de Comunicación social. Recuperado de: http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2015_749.html

Vanguardia. (14 de diciembre de 2016). *Las bloqueras de México, un ejemplo para el mundo*. Recuperado el 15 de Abril de 2017, de: <https://www.vanguardia.com.mx/articulo/las-bloqueras-de-mexico-un-ejemplo-para-el-mundo>

Lista de Figuras

- Fotografía 1. Máquina vibro-compactadora. Pg. 41
- Fotografía 2. Banda transportadora. Pg. 41
- Fotografía 3. Proceso vibrado del material. Pg. 43
- Fotografía 4. Secado de los bloques de concreto. Pg. 43
- Fotografía 5. Materia prima, arcilla. Pg. 45
- Fotografía 6. Mezcla de arcilla y arenilla. Pg. 46
- Fotografía 7. Molde de tubular. Pg. 46
- Fotografía 8. Secado del ladrillo. Pg. 47
- Fotografía 9. Horno de ladrillo. Pg. 47
- Fotografía 10. Generación de residuos bolsas de cemento. Pg. 54
- Fotografía 11. Almacenamiento de bolsas de cemento. Pg. 55
- Fotografía 12. Residuos de mezcla seca. Pg. 55
- Fotografía 13. Almacenamiento de ladrillos defectuosos secos. Pg. 57
- Fotografía 14. Almacenamiento de ladrillos defectuosos horneados. Pg. 57
- Fotografía 15. Exterior de muro reutilizando ladrillos. Pg. 58
- Fotografía 16. Interior de vivienda construida con ladrillos reutilizados. Pg. 58
- Mapa 01. Contexto Nacional. Pg. 26
- Mapa 02. Uso de Suelo y Vegetación. Pg. 27
- Mapa 03. Contexto Local. Pg. 29
- Mapa 04. Degradación del Suelo en el Estado. Pg. 34
- Mapa 05. Reestructuración Territorial Cuautla 1970-2010. Pg. 37
- Mapa 06. Superficie Construida Cuautla 2000-2010. Pg. 38
- Tabla 1. Consumo de materia prima para el proceso de fabricación de bloques de cemento y ladrillos en Morelos. Pg. 50
- Tabla 2. Composición de residuos generados en el proceso de elaboración bloques de cementos y ladrillos de arcilla en Morelos. Pg. 59



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Centro de Investigación en Biotecnología



CEIB
CENTRO DE INVESTIGACIÓN
EN BIOTECNOLOGÍA

Especialidad en Gestión Integral de Residuos

Cuernavaca, Morelos, 30 de mayo de 2018

**COMISIÓN DE SEGUIMIENTO DE LA
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS
PRESENTE**

Como miembro del Jurado del alumno **C. CÉSAR AUGUSTO GONZÁLEZ BAZÁN** con número de matrícula **9920170202**, aspirante al grado de Especialista en Gestión Integral de Residuos y después de haber evaluado la tesina titulada **“USO Y FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CEMENTO. RESIDUOS DEL SECTOR EN CUAUTLA”**, considero que el documento reúne los requisitos académicos para su defensa oral en el examen de grado. Por lo tanto, emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente
Por una humanidad culta
Una universidad de excelencia

M.I. Ariadna Zenil Rodríguez



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Centro de Investigación en Biotecnología



CEIB
CENTRO DE INVESTIGACIÓN
EN BIOTECNOLOGÍA

Especialidad en Gestión Integral de Residuos

Cuernavaca, Morelos, 30 de mayo de 2018

**COMISIÓN DE SEGUIMIENTO DE LA
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS
PRESENTE**

Como miembro del Jurado del alumno **C. CÉSAR AUGUSTO GONZÁLEZ BAZÁN** con número de matrícula **9920170202**, aspirante al grado de Especialista en Gestión Integral de Residuos y después de haber evaluado la tesina titulada **“USO Y FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CEMENTO. RESIDUOS DEL SECTOR EN CUAUTLA”**, considero que el documento reúne los requisitos académicos para su defensa oral en el examen de grado. Por lo tanto, emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente
Por una humanidad culta
Una universidad de excelencia

Dr. Alfonso Valenzuela Aguilera



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Centro de Investigación en Biotecnología



CEIB
CENTRO DE INVESTIGACIÓN
EN BIOTECNOLOGÍA

Especialidad en Gestión Integral de Residuos

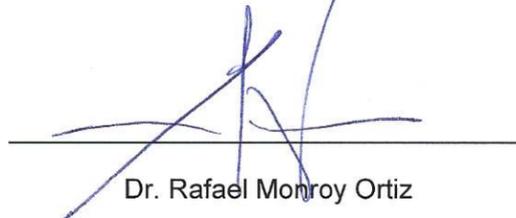
Cuernavaca, Morelos, 30 de mayo de 2018

**COMISIÓN DE SEGUIMIENTO DE LA
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS
PRESENTE**

Como miembro del Jurado del alumno **C. CÉSAR AUGUSTO GONZÁLEZ BAZÁN** con número de matrícula **9920170202**, aspirante al grado de Especialista en Gestión Integral de Residuos y después de haber evaluado la tesina titulada **“USO Y FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CEMENTO. RESIDUOS DEL SECTOR EN CUAUTLA”**, considero que el documento reúne los requisitos académicos para su defensa oral en el examen de grado. Por lo tanto, emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente
Por una humanidad culta
Una universidad de excelencia



Dr. Rafael Monroy Ortiz



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Centro de Investigación en Biotecnología



CEIB
CENTRO DE INVESTIGACIÓN
EN BIOTECNOLOGÍA

Especialidad en Gestión Integral de Residuos

Cuernavaca, Morelos, 30 de mayo de 2018

**COMISIÓN DE SEGUIMIENTO DE LA
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS
PRESENTE**

Como miembro del Jurado del alumno **C. CÉSAR AUGUSTO GONZÁLEZ BAZÁN** con número de matrícula **9920170202**, aspirante al grado de Especialista en Gestión Integral de Residuos y después de haber evaluado la tesina titulada **“USO Y FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CEMENTO. RESIDUOS DEL SECTOR EN CUAUTLA”**, considero que el documento reúne los requisitos académicos para su defensa oral en el examen de grado. Por lo tanto, emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente
Por una humanidad culta
Una universidad de excelencia



M. MRN. Julio Cesar Lara Manrique



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Centro de Investigación en Biotecnología



CEIB
CENTRO DE INVESTIGACIÓN
EN BIOTECNOLOGÍA

Especialidad en Gestión Integral de Residuos

Cuernavaca, Morelos, 30 de mayo de 2018

**COMISIÓN DE SEGUIMIENTO DE LA
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS
PRESENTE**

Como miembro del Jurado del alumno **C. CÉSAR AUGUSTO GONZÁLEZ BAZÁN** con número de matrícula **9920170202**, aspirante al grado de Especialista en Gestión Integral de Residuos y después de haber evaluado la tesina titulada **“USO Y FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CEMENTO. RESIDUOS DEL SECTOR EN CUAUTLA”**, considero que el documento reúne los requisitos académicos para su defensa oral en el examen de grado. Por lo tanto, emito mi **VOTO APROBATORIO**.

Agradezco de antemano la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente
Por una humanidad culta
Una universidad de excelencia

M. C. Enrique Sánchez Salinas