



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**EVALUACIÓN DEL USO DE BIOMASA COMO COMBUSTIBLE ALTERNO EN LA PRODUCCIÓN DE
LADRILLOS DE BARRO COCIDO EN EL MUNICIPIO DE EL TEJAR CHIMALTENANGO**

Douglas Israel Montúfar del Valle

Asesorado por el Ing. MSC. Pablo Christian De León Rodríguez

Guatemala, julio de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DEL USO DE BIOMASA COMO COMBUSTIBLE ALTERNO EN LA PRODUCCIÓN DE
LADRILLOS DE BARRO COCIDO EN EL MUNICIPIO DE EL TEJAR CHIMALTENANGO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

DOUGLAS ISRAEL MONTÚFAR DEL VALLE

ASESORADO POR EL ING. MSC. PABLO CHRISTIAN DE LEÓN RODRÍGUEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

Guatemala, julio de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
EXAMINADOR	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
EXAMINADOR	Ing. Gabriel Ordóñez Morales
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco.

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

EVALUACIÓN DEL USO DE BIOMASA COMO COMBUSTIBLE ALTERNO EN LA PRODUCCIÓN DE LADRILLOS DE BARRO COCIDO EN EL MUNICIPIO DE EL TEJAR CHIMALTENANGO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha el día 03 de agosto de 2011.


Douglas Israel Montufar Del Valle

Guatemala,
27 de noviembre de 2011

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **EVALUACIÓN DEL USO DE BIOMASA COMO COMBUSTIBLE ALTERNO EN LA PRODUCCIÓN DE LADRILLOS DE BARRO COCIDO EN EL MUNICIPIO DE EL TEJAR, CHIMALTENANGO**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Douglas Israel Montúfar del Valle, quien contó con mi asesoría.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Civil Msc. Pablo Christian de León Rodríguez
Asesor.

/bbdeb.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria-usac.edu.gt



Guatemala,
20 de febrero de 2012

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos


Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **EVALUACIÓN DEL USO DE BIOMASA COMO COMBUSTIBLE ALTERNO EN LA PRODUCCIÓN DE LADRILLOS DE BARRO COCIDO EN EL MUNICIPIO DE EL TEJAR, CHIMALTENANGO**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Douglas Israel Montúfar del Valle, quien contó con la asesoría del Ing. Pablo Christian de León Rodríguez.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Civil Guillermo Francisco Melini Salguero
Coordinador del Área de Materiales y
Construcciones Civiles



FACULTAD DE INGENIERIA
AREA DE MATERIALES Y
CONSTRUCCIONES CIVILES
USAC

/bbdeb.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria-usac.edu.gt



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Pablo Christian de León Rodríguez y del Coordinador del Área de Materiales y Construcciones Civiles, Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero al trabajo de graduación del estudiante Douglas Israel Montúfar del Valle, titulado **EVALUACIÓN DEL USO DE BIOMASA COMO COMBUSTIBLE ALTERNO EN LA PRODUCCIÓN DE LADRILLOS DE BARRO COCIDO EN EL MUNICIPIO DE EL TEJAR, CHIMALTENANGO**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, julio de 2012.

/bbdeb.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **EVALUACIÓN DEL USO DE BIOMASA COMO COMBUSTIBLE ALTERNO EN LA PRODUCCIÓN DE LADRILLOS DE BARRO COCIDO EN EL MUNICIPIO DE EL TEJAR CHIMALTENANGO**, presentado por el estudiante universitario **Douglas Israel Montúfar del Valle**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 31 de julio de 2012

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Dios todo poderoso, por concederme la sabiduría para poder alcanzar tan anhelada meta.

Mis padres

Ingeniero Israel Montúfar Marroquín y Trabajadora Social Blanca Francisca Montúfar, por todo su apoyo a lo largo del tiempo.

AGRADECIMIENTOS A:

Mis padres	Ing. Israel Montúfar Marroquín y Trabajadora Social Blanca Francisca del Valle de Montúfar
Mis hermanos	Dra. Isolde Jeannette Montúfar del Valle, Geólogo Científico Robin Jaroslav Montúfar del Valle
Mi sobrina	Victoria Alexandra Escobar Montúfar
Mi cuñado	Ing. Luis Enrique Escobar
Mi asesor	MSC. Ing. Pablo Christian de León

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. APROVECHAMIENTO DE LA BIOMASA EN LA CONSTRUCCIÓN.....	1
1.1. Residuos.....	1
1.1.1. Definición	1
1.1.2. Generalidades	1
1.1.3. Clasificación.....	2
1.1.4. Gestión de los residuos	3
1.1.4.1. Definición.....	3
1.1.4.2. Características.....	3
1.1.4.3. Ventajas y desventajas	4
1.2. Residuos agrícolas	5
1.2.1. Definición	5
1.2.2. Tipos.....	5
1.2.3. Características.....	6
1.2.3.1. Volumen	6
1.2.3.2. Fuentes de generación	6
1.2.4. Usos	7
1.3. Residuos industriales	9
1.3.1. Definición.....	9

1.3.2.	Tipos	9
1.3.3.	Características	10
1.3.3.1.	Volumen	10
1.3.3.2.	Fuentes de generación.....	10
1.3.4.	Usos	11
2.	BIOMASA.....	13
2.1.	Definición	13
2.2.	Características	13
2.2.1.	Origen.....	16
2.2.2.	Componentes	19
2.2.3.	Usos	19
2.3.	Usos en la construcción	20
2.3.1.	Material construcción	20
2.3.2.	Materia prima	21
2.3.3.	Combustible	22
2.3.4.	Otros usos	23
3.	LADRILLOS	25
3.1.	Antecedentes	25
3.2.	Definición	26
3.3.	Características	26
3.3.1.	Físicas	27
3.3.2.	Mecánicas	28
3.4.	Producción	28
3.4.1.	Tecnología en la producción	30
3.4.2.	Materiales utilizados	32
3.4.2.1.	Arcilla.....	32
3.4.2.2.	Agua.....	33

3.4.3.	Proceso fabricación	33
3.4.3.1.	Equipos utilizados.....	33
3.4.3.2.	Moldes	34
3.4.3.3.	Hornos	35
3.4.3.4.	Actividades de producción	37
3.4.3.4.1.	Extracción materia prima	38
3.4.3.4.2.	Preparación materiales.....	38
3.4.3.4.3.	Amasado	38
3.4.3.4.4.	Moldeo.....	38
3.4.3.4.5.	Desecación.....	39
3.4.3.4.6.	Cocción	39
3.5.	Control de calidad.....	39
4.	INDUSTRIA LADRILLERA	43
4.1.	Antecedentes.....	43
4.2.	Características.....	43
4.2.1.	A nivel internacional.....	44
4.2.2.	A nivel nacional.....	45
4.2.2.1.	Volumen de producción	46
4.2.2.2.	Ubicación fábricas	47
4.3.	Industria ladrillera del departamento de Chimaltenango.....	47
4.3.1.	Antecedentes.....	48
4.3.2.	Descripción productos elaborados.....	48
4.3.3.	Volumen de producción	50
4.3.4.	Ubicación fábricas	50
4.3.5.	Eficiencia energética.....	52

4.3.5.1.	Tipo de combustible	52
4.3.5.2.	Tipo de horno	53
4.3.6.	Importancia socio económica	54
4.4.	Impacto ambiental	54
5.	ANÁLISIS RESULTADOS.....	57
5.1.	Generalidades	57
5.2.	Tabulación y análisis información	58
5.2.1.	Resultados de la encuesta	58
5.2.2.	Análisis resultados de la encuesta	62
5.3.	Características combustibles evaluados	64
5.3.1.	Leña	65
5.3.2.	Biomasa	68
5.4.	Evaluación combustibles.....	71
5.4.1.	Energética	71
5.4.1.1.	Leña	72
5.4.1.2.	Biomasa	73
5.4.2.	Ambiental	73
5.4.2.1.	Leña	74
5.4.2.2.	Biomasa	76
5.4.3.	Económica.....	77
5.4.3.1.	Leña	77
5.4.3.2.	Biomasa	78
	CONCLUSIONES.....	81
	RECOMENDACIONES	83
	BIBLIOGRAFÍA.....	85
	APÉNDICE	91

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figuras

1.	Uso de Pellet en horno de panadería.....	7
2.	Ciclo de generación de biomasa	15
3.	Biomasa origen desechos agrícolas-forestales.....	17
4.	Ladrillos de barro cocido	26
5.	Uso de ladrillo expuesto en edificio.....	31
6.	Caldera de biomasa para el secado de ladrillos.....	34
7.	Moldes de madera.....	35
8.	Hornos para fabricar ladrillos	37
9.	Ladrillos defectuosos (proceso de cocción inadecuado).....	40
10.	Productos elaborados municipio de El Tejar.....	49
11.	Horno típico.....	53

Tablas

I.	Descripción de las principales industrias que utilizan combustibles forestales.....	12
II.	Características y tipos de biomasa.....	14
III.	Composición porcentual materiales residuales	18
IV.	Clasificación y características biocombustibles.....	22
V.	Consumo de leña para diferentes industrias	24
VI.	Clasificación, designación y usos de los ladrillos de barro cocido en Guatemala.....	29
VII.	Requisitos físicos ladrillos de barro cocido.....	42

VIII.	Actividades proceso producción ladrillos	51
IX.	Tipos de combustibles de madera	65
X.	Consumo de leña y carbón en Centroamérica (miles de m3)	67
XI.	Poder calorífico diferentes tipos de biomasa	70
XII.	Poder calorífico de diversas especies de leña seca	72
XIII.	Variación de la cobertura forestal en los departamentos de Guatemala, Chimaltenango y Sacatepéquez	75
XIV.	Efecto contaminante de los tipos de combustibles utilizados en ladrilleras.....	76
XV.	Sistema de disposición final desechos sólidos cercanos al municipio de El Tejar.....	79
XVI.	Cobertura servicio de desechos sólidos y destino final de los mismos (toneladas métricas) 2002.....	79
XVII.	Botaderos y disposición final de los desechos.....	80

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Área
cm	Centímetro
°C	Grado Celsius
h	Hora
kg	Kilogramo
kg/cm²	Kilogramos sobre centímetro cuadrado
m	Metro
m²	Metro cuadrado
%	Porcentaje
T	Tonelada
U	Unidad

GLOSARIO

Ambiente	Conjunto o sistema de elementos naturales y artificiales de naturaleza física, química, biológica o sociocultural, en constante interacción y en permanente modificación por la acción humana o natural, que rige y condiciona la existencia y desarrollo de la vida en sus múltiples manifestaciones.
Astillas	Madera en bruto que se ha reducido deliberadamente a piezas de tamaño reducido, o residuos adecuados para fines energéticos.
Baldosas	Son ladrillos delgados, pulimentados, finos y duros que sirven para pavimentar patios, aceras y azoteas o recubrir techos.
Barbecho	Se denomina barbecho a la tierra que no se siembra durante uno o varios ciclos vegetativos, con el propósito de recuperar y almacenar materia orgánica y humedad. También se refiere a la tierra que se deja descansar por uno o varios años. Habitual en la rotación de cultivos. Durante el tiempo que permanece sin cultivar es sometido a una serie de labores con objeto de mejorar su predisposición al cultivo.

Briquetas	Cilindros de 50 a 130 mm de longitud y de 5 a 30 mm de diámetro hechos con serrín, astillas molturadas u otros residuos comprimidos que pueden utilizarse como combustibles, generalmente en chimeneas y barbacoas.
Briquetas de carbón vegetal	Producidas con carbón vegetal que, una vez triturado y secado, se moldea (generalmente a alta presión) con la adición de aglutinantes para formar piezas uniformes.
Carbón vegetal	Residuo sólido derivado de la carbonización, destilación, pirolisis y torrefacción de la madera (de troncos y ramas de árboles) y subproductos de la madera, utilizando sistemas continuos o discontinuos (hornos de pozo, ladrillo y metal). Incluye las briquetas de carbón vegetal.
Dendroenergía (energía forestal)	Toda la energía obtenida a partir de biocombustibles sólidos, líquidos y gaseosos primarios y secundarios derivados de los bosques, árboles y otra vegetación de terrenos forestales. La dendroenergía es la energía producida tras la combustión de combustibles de madera como leña, carbón vegetal, entre los más importantes.

Eficiencia energética	Relación entre la producción de energía de un Son ladrillos delgados, pulimentados, finos y duros que sirven para pavimentar patios, aceras y azoteas o recubrir techos.
Lecho fluidizado	Tecnología utilizada para la combustión de la biomasa que permite utilizar una amplia variedad de combustibles muy heterogéneos con un buen rendimiento.
Leña	Incluye la madera en bruto en piezas pequeñas (leña), astillas, pellets y/o polvo derivados de los bosques y árboles aislados, así como los subproductos de la industria de la madera y los productos leñosos recuperados.
<i>Pellets</i>	Pequeños cilindros de 6 a 12 mm de diámetro y de 10 a 30 mm de longitud hechos con serrín, astillas molturadas u otros residuos comprimidos que pueden utilizarse como combustibles.
Poder calorífico	Es la cantidad de energía que desprende la unidad de masa de un combustible cuando éste se quema. Se diferencia el poder calorífico superior (PCS), que supone la energía bruta generada, sin descontar la utilizada en la evaporación del agua producida en la combustión, del poder calorífico inferior (PCI), que es la energía neta generada, descontando la que se

utilizará en evaporar el agua producida en la combustión.

Recurso natural

Es el elemento natural susceptible de ser aprovechado por el ser humano.

Residuo

Es cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido, semisólido, líquido o gaseoso resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios, que el generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico o de disposición final.

Tejas

Pieza de barro cocido, de forma acanalada, se usa para cubrir y resguardar los techos, armaduras o cubiertas de los edificios.

RESUMEN

La industria ladrillera en Guatemala es una fuente importante de ingresos y generadora de empleos dentro de la economía local, debido a su alta demanda como material de construcción, en el municipio de El Tejar, departamento de Chimaltenango. Existen numerosas fábricas de ladrillos, la mayoría de ellas utilizan de manera regular leña como combustible para su producción, siendo la parte más compleja del proceso artesanal de su elaboración desde el punto de vista del impacto sobre el medio ambiente la cocción y principalmente, en la combustión del horno.

El presente trabajo incluye información sobre la industria ladrillera artesanal en el municipio de El Tejar, departamento de Chimaltenango, con la finalidad de describir aspectos socioeconómicos de las fábricas, sobre la producción y comercialización de ladrillos así como evaluar el uso de combustibles alternos (biomasa). Para esto se realizaron visitas a la zona de interés, entrevistas y la ejecución de encuestas a algunos productores de ladrillos.

OBJETIVOS

General

Evaluar el uso de biomasa como combustible alternativo en la producción de ladrillos de barro cocido en el municipio de El Tejar, Chimaltenango.

Específicos

1. Recopilar y analizar información documental y de campo sobre la industria ladrillera en el departamento de Chimaltenango.
2. Recopilar y analizar información documental sobre el aprovechamiento de residuos agrícolas en la construcción.
3. Conocer la ubicación, el tipo y cantidad de la biomasa que se genera actualmente en Guatemala.
4. Identificar las variables en el proceso de producción de ladrillos en el departamento de Chimaltenango.
5. Realizar propuesta sobre alternativas energéticas para las empresas que se dedican a la fabricación de ladrillos en el departamento de Chimaltenango.

6. Analizar el comportamiento general de la biomasa, para poder utilizarla como un combustible alternativo en los hornos de combustión.

INTRODUCCIÓN

Los recursos naturales son la fuente principal de riqueza de todos los países en el mundo, en Guatemala el manejo ambiental hasta la fecha ha sido inadecuado permitiendo la pérdida de una gran cantidad de la riqueza natural. Dentro de las actividades tradicionales en Guatemala está la industria ladrillera, que a nivel artesanal utiliza la leña como principal combustible causando impactos al recurso forestal nacional.

El presente trabajo ofrece información valiosa sobre el tema así como evaluar el uso de otros materiales como combustibles alternos (biomasa). Para esto se utilizaron diferentes técnicas y herramientas de investigación (encuestas, entrevistas) para la elaboración del informe final.

El capítulo uno incluye aspectos teóricos sobre el aprovechamiento de la biomasa en la construcción, como lo son los residuos sólidos, agrícolas e industriales presentando definición, generalidades y diferentes tipos. En el capítulo dos, se describen aspectos sobre biomasa, incluyendo su definición, características, usos entre otros.

Dentro del capítulo tres se presenta información valiosa sobre los ladrillos, incluyendo su definición, antecedentes, características, tecnología en la producción y los materiales utilizados. El capítulo cuatro describe la industria ladrillera internacional y nacional; incluyendo antecedentes, características, descripción productos elaborados e importancia socio económico y de impacto ambiental.

El análisis de los resultados se presenta en el capítulo cinco, así como la comparación de las alternativas propuestas dentro del estudio. Al final se incluyen las conclusiones y recomendaciones, que forman parte de todos los elementos que integran la información requerida para la elaboración del presente trabajo.

1. APROVECHAMIENTO DE LA BIOMASA EN LA CONSTRUCCIÓN

La biomasa en la construcción puede ser utilizada como un sustituto del cemento.

1.1. Residuos

Los residuos de cáscara de coco, cascara de arroz así como la caña de azúcar pueden ser utilizados como alternativa a la leña.

1.1.1. Definición

Se entiende por residuo (desecho) todo material que es destinado al abandono por su productor o poseedor, pudiendo resultar de un proceso de fabricación, transformación, utilización, consumo o limpieza.

1.1.2. Generalidades

Aunque los residuos puedan provenir de cualquier actividad, desde el punto de vista de su posible utilización industrial, los más importantes son los que provienen de la biomasa, es decir, lo que actualmente se denomina biomasa residual o residuos de origen vital, por cuanto que son renovables, es decir, que son generados año tras año.

La naturaleza de los residuos sólidos es enormemente variada y debe estudiarse en cada localidad.

1.1.3. Clasificación

Los desechos pueden ser clasificados utilizando diferentes criterios, así tenemos por ejemplo:

- Clasificación por estado: en este caso un desecho es definido de acuerdo al estado físico en que se encuentra, por lo que tendremos los siguientes grupos: sólidos, semisólidos, líquidos y gaseosos.
- Clasificación por origen: se refiere a una clasificación sectorial y no existe límite en cuanto a la cantidad de categorías o agrupaciones que se pueden realizar. A continuación se mencionan algunas categorías:
 - Domiciliarios, urbanos o municipales
 - Industriales
 - Agrícolas, ganaderos y forestales
 - Mineros
 - Hospitalarios o de Centros de Atención de Salud
 - De construcción
 - Portuarios
 - Radiactivos
- Clasificación por tipo de tratamiento al que serán sometidos: este criterio es útil para orientar la gestión integral de desechos de un País y particularmente útil cuando el objetivo es definir la infraestructura que se necesita para el tratamiento y la disposición final de los residuos, se pueden definir entre otros:
 - Desechos asimilables a residuos urbanos y que por lo tanto se pueden disponer en forma conjunta.
 - Desechos para los cuales la incineración es el tratamiento idóneo
 - Desechos que se deben disponer en rellenos de seguridad

- Desechos generados en grandes cantidades y que por lo que requieren tratamiento particular.
- Desechos pasibles de ser sometidos a un proceso de valorización
- Clasificación por los potenciales efectos derivados del manejo
- Desechos peligrosos: son aquellos que por su naturaleza son inherentemente peligrosos, pudiendo generar efectos adversos para la salud o el ambiente.
- Desechos peligrosos no reactivos: son desechos peligrosos que han sufrido algún tipo de tratamiento por medio del cual han perdido su naturaleza de peligrosos.
- Residuos inertes: son los residuos que no experimentan transformaciones

1.1.4. Gestión de los residuos

Los residuos de la agricultura pueden ser muy útiles para la construcción

1.1.4.1. Definición

Es el conjunto de operaciones y disposiciones encaminadas a dar a los residuos producidos el destino más adecuado desde el punto de vista ambiental, de acuerdo con sus características, volumen, procedencia, costos, tratamiento, posibilidades de recuperación, aprovechamiento, comercialización y disposición final.

1.1.4.2. Características

Todos los desechos deben ingresar a un sistema de gestión que incluya el manejo, tratamiento, transporte, disposición final y fiscalización, este depende

del tipo de residuo que se considere. Si bien es claro que anular completamente el problema es imposible, deben realizarse los esfuerzos y acciones necesarias que permitan un manejo correcto de los residuos industriales.

En Guatemala la gestión ambiental es un tema de interés, están involucrados diferentes sectores los que tienen que cumplir su rol aportando tiempo y recursos, cada uno con diferentes funciones, intereses y áreas geográficas de acción. Estos actores pertenecen al sector público, el sector privado, el sector académico y la cooperación internacional.

1.1.4.3. Ventajas y desventajas

Los beneficios derivados de una correcta implementación y puesta en práctica de una gestión adecuada de residuos son:

- Ahorro en costos.
- Posibilidad de vender productos tecnológicos innovadores.
- Creación de nuevos empleos, mayores ingresos y poder de compra de la fuerza laboral empleada.
- Disminución en los costos de salud, para tratar enfermedades causadas por los focos de infección y de costos de tratamiento de enfermedades respiratorias causadas por la contaminación atmosférica.
- Recuperación de terrenos para usos agrícolas, urbanos u otros, antes utilizados como vertederos de residuos.
- Mejoramiento de la imagen pública de la industria, tras la implementación de sistemas de abatimiento de la contaminación.
- Aumento del turismo en la zona, como consecuencia de un entorno más limpio y de la existencia de garantías sanitarias.

De acuerdo a cada caso se puede considerar como una desventaja la parte económica de la gestión de desechos, sin embargo la razón para destinar recursos a esta actividad tiene relación con el riesgo que implica el manejo inadecuado de los residuos.

1.2. Residuos agrícolas

En la agricultura existen varios residuos que pueden ser utilizados en la construcción, tales como: coco, caña de azúcar, arroz, etc.

1.2.1. Definición

En el contexto de la producción vegetal el concepto estricto de residuos agrícolas se aplica, bajo denominación de desechos de cosecha, a la fracción o fracciones de un cultivo que no constituyen la cosecha propiamente dicha y a aquella parte de la cosecha que no cumple con los requisitos de calidad mínima para ser comercializada como tal.

1.2.2. Tipos

Existen en la agricultura varios tipos de residuos entre ellos están la caña de azúcar, cáscara de coco, cáscara de arroz.

- Residuos agrícolas: son principalmente material y subproductos vegetales derivados de la producción, cosecha, transporte y elaboración en zonas agrícolas. Esta categoría comprende, entre otros, mazorcas de maíz, cáscaras de trigo y de maní, tallos de maíz, de trigo, de algodón, de mostaza, etc.
- Subproductos agroindustriales: subproductos de la elaboración de

alimentos, como bagazo de caña de azúcar, cáscaras de arroz y de maní, fibra y médula de coco, residuos del prensado de la oliva, etc.

1.2.3. Características

Estos materiales presentan un contenido hídrico muy variable, elevado contenido en materia orgánica, fracción mineral variable en concentración total y equilibrio (según el órgano o fracción de que se trate) y relación C/N generalmente alta, aunque con notables diferencias según la naturaleza y composición del residuo.

1.2.3.1. Volumen

El aprovechamiento de los residuos agrícolas cada vez adquiere mayor relevancia por su potencial económico, ya que existen importantes volúmenes anuales de producción agraria, cuyos subproductos se pueden usar como fuente de energía e incluso ya se están potenciando los llamados cultivos energéticos, específicos para este fin.

La preeminencia de los cereales es una característica común tanto a nivel mundial como de la Unión Europea, la producción agrícola incluye a oleaginosos, fruta dulce y viñedo, cultivos forrajeros y frutos secos.

1.2.3.2. Fuentes de generación

Se originan en los tratamientos y aprovechamientos de las masas vegetales, tanto para la defensa y mejora de éstas como para la obtención de materias primas para el sector forestal (madera, resinas, etc.), de acuerdo al tipo de residuo se tienen las siguientes fuentes de generación:

- Residuos agrícolas leñosos: las podas de olivos, viñedos y árboles frutales constituyen su principal fuente de suministro.
- Residuos agrícolas herbáceos: se obtienen durante la cosecha de algunos cultivos, como los de cereales (paja) o maíz.
- Subproductos agrícolas: se originan en la producción, cosecha, transporte y elaboración en zonas agrícolas.
- Subproductos agroindustriales: se originan en la elaboración de alimentos, como bagazo de caña de azúcar, cáscaras de arroz, cáscaras, fibra y médula de coco, cáscaras de maní, etc.

Figura 1. **Uso de Pellet en horno de panadería**



Fuente: www.diarioinformacion.com>Elche/elhornoecológico. Consulta: 11/11/ 2011.

1.2.4. Usos

Muchas industrias ya utilizan estos recursos como las de transformación agraria, sobre todo las refinerías de aceite, ladrilleras y cementeras; los cultivos

energéticos se usan para combustibles de automoción. Con un aprovechamiento adecuado de residuos agrícolas, forestales y ganaderos se podría incrementar el uso de estos recursos. Entre las opciones que se han evaluado están las siguientes:

- Restos de la limpieza de los bosques y barbechos: se puede vender la paja para fabricar papel, se pueden usar en taludes para impedir que crezcan plantas y evitar la erosión cuando llueve.
- Los residuos agrícolas y forestales constituyen una fuente importante de sustratos orgánicos para organismos que son capaces de degradar en la naturaleza la lignina y la celulosa.
 - Cáscaras de arroz: la capa exterior de los granos de arroz puede ser empleada una vez seca, tratada químicamente, o en forma de ceniza.
 - Desechos de coco: estos incluyen cáscaras frescas, conchas de coco y desechos de la industria de estopa de coco.
 - Desechos de madera: aserrín, viruta, astillas de madera y otros residuos de madera de los aserraderos se pueden emplear de manera convencional para producir tableros de partículas, fibra y lana de madera.
 - Cañas y pajas: la paja del trigo, cebada, arroz y otras plantas son prensadas en caliente, sin ningún aglomerante, para producir tableros rígidos, revestidos con papel en ambos lados.
 - Desechos de vegetales varios: una gran variedad de otros residuos agrícolas (yute y tallos de cereal, cáscaras de maní) pueden ser empleados de manera similar a los mencionados anteriormente. Los usos más comunes son en la fabricación de tableros de partículas o tableros de fibra.

1.3. Residuos Industriales

Los residuos industriales no pueden asociarse a los residuos sólidos domésticos.

1.3.1. Definición

Todo aquel residuo sólido o líquido o combinación de estos, provenientes de los procesos industriales y que por sus características físicas, químicas o microbiológicas no puede asociarse a los residuos sólidos domésticos.

1.3.2. Tipos

Se pueden aplicar diferentes criterios para su clasificación (densidad, humedad, composición química o valor calorífico), según su composición física se tienen los siguientes tipos:

- Líquidos: aguas residuales de procesos, aguas de lavado, aguas de enfriamiento y condensados de vapor, residuos de naturaleza doméstica.
- Sólidos: residuos finales de procesos, productos rechazados, embalajes, fin de la vida útil del producto.
- Emisiones atmosféricas: fuentes móviles y fijas, emisiones fugitivas.
 - Peligrosos
 - No peligrosos

1.3.3. Características

Identificar las fuentes y características de los desechos industriales es importante porque permite a las empresas tener criterios para identificar deficiencias del proceso productivo y determinar si estos están en condiciones de poder ser descargados (emisiones atmosféricas y residuos líquidos), o dispuestos en lugares adecuados (residuos sólidos).

1.3.3.1. Volumen

Los procesos industriales generan una gama de residuos de naturaleza sólida, pastosa, líquida o gaseosa, estos pueden tener diferentes fuentes de generación.

En Guatemala el mayor porcentaje de recuperación de residuos son papel y cartón, para el área metropolitana se estima que hay un 20% de recuperación de los volúmenes generados de madera, plásticos, vidrio y metales y un 50% de recuperación de textiles.

1.3.3.2. Fuentes de generación

Los procesos industriales generan una gama de residuos cuya naturaleza y peligrosidad es diversa; una de las fuentes es la industria primaria de elaboración de la madera, la industria agroalimentaria, el tratamiento de aguas residuales, plantas de energía térmica, plantas de fertilizantes, fábricas de azúcar y papel, curtidurías, industrias de carburo de calcio y sosa por mencionar algunas.

1.3.4. Usos

Se deben utilizar al máximo los desechos industriales, algunas de las opciones que se han evaluado son las siguientes:

- Azufre: como sustituto del asfalto o también en preparados de hormigón de azufre (bloques, ladrillos y tejas), sin cemento, para capas de base o sub-base de firmes de carreteras.
- Aguas residuales actualmente se tiende a no desperdiciarlas por su contenido en sólidos que sirven de abono.
- Cenizas volantes: se pueden usar en la construcción de firmes, terraplenes, ladrillos, tapias y como aditivo al hormigón, al asfalto y a algunas tierras agrícolas.
- Escorias: se usan en la construcción de carreteras como sustituto de parte de la grava, también en terraplenes o como capa final en caminos.
- Restos de canteras: con una adecuada granulometría pueden utilizarse como materiales para base o sub-base de carreteras.
- Neumáticos: se usan para proteger los laterales de los barcos, como material de construcción.
- Sulfitos de papeleras: se pueden usar para mejorar la compactación de algunas capas de firmes de carreteras, o como tratamiento superficial.
- Vidrios: se pueden usar como sustituto de la grava en hormigones y asfaltos.
- Coches viejos aplastados: se han usado en la protección de taludes de presas de embalse.
- Aceites usados de vehículos: se pueden usar como combustible en la industria del cemento. Se usan como paliativos del polvo en caminos de tierra y de macadam, o pistas del desierto.

La siguiente tabla presenta la descripción de las industrias que utilizan combustibles forestales en sus operaciones.

Tabla 1. Descripción de las principales industrias que utilizan combustibles forestales

Tipo industria	Descripción
Minería y metalúrgica.	Pequeñas empresas metalúrgicas dedicadas a la fundición de metales.
Producción de Cal	Las fábricas caleras utilizan gran cantidad de leña en sus procesos.
Construcción	Una actividad común especialmente en los centros urbanos, es la fabricación de ladrillos para la construcción.
Producción de alimentos	Muchos de los panaderos siguen utilizando leña.
Energéticos industriales	Algunas fábricas destiladoras de azúcar y oleaginosas utilizan sus residuos orgánicos como energéticos en algunos de sus procesos.

Fuente: elaboración propia.

2. BIOMASA

La biomasa es el conjunto de materia orgánica renovable de origen vegetal, animal o procedente de la transformación natural o artificial de la misma.

2.1. Definición

Por biomasa se entiende el conjunto de materia orgánica renovable de origen vegetal, animal o procedente de la transformación natural o artificial de la misma. Aunque los residuos puedan provenir de cualquier actividad, desde el punto de vista de su posible utilización industrial, los más importantes son los que provienen de la biomasa, es decir, lo que actualmente se denomina biomasa residual o residuos de origen vital, por cuanto que son renovables, es decir, que son generados año tras año.

2.2. Características

La biomasa no es más que materia orgánica no fósil, en la que la radiación solar ha reducido el hidrógeno y el carbono mediante el proceso básico de la fotosíntesis, permitiendo así que pueda tener un aprovechamiento de tipo químico-industrial y, sobre todo, energético. Debido a los procesos de conversión a que se ve sometida, origina residuos, considerados así porque en el contexto en que son generados no tienen valor económico alguno. Incluso es de señalar que la mayor parte de estos residuos no sólo no se aprovechan, sino que además afectan negativamente al medio ambiente.

Las energías renovables representan un pequeño porcentaje del consumo de energía primaria.

Las características y los tipos de biomasa se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 2. Características y tipos de biomasa

Recurso biomasa	Tipo de residuo	Características físicas
Residuos forestales	Restos de procesamiento de madera	Polvo, sólidos, humedad relativa (HR) > 50 %
	Restos de producción productos madereros	Polvo, sólidos, HR 20-45 %
	Restos de plantaciones	Sólidos, HR > 55 %
Residuos agrícolas	Cáscara y pulpa de frutas y vegetales	Sólidos, alto contenido de humedad
	Cáscara y polvo de granos secos	Polvo, sólidos, HR < 25 %
	Estiércol	Sólidos, alto contenido de humedad
	Residuos de cosechas	Sólidos, HR < 20 %
Residuos industriales	Cáscara y pulpa de frutas y vegetales	Sólidos, humedad moderado
	Residuos de procesamiento de carne	Sólidos, alto contenido de humedad
	Aguas de lavado y pre cocido de carnes y vegetales	Líquido
	Grasas y aceites vegetales	Líquido grasoso
Residuos urbanos	Aguas negras	Líquido
	Desechos domésticos urbanos	Sólidos, alto contenido de humedad
	Basura orgánica	Sólidos, alto contenido de humedad

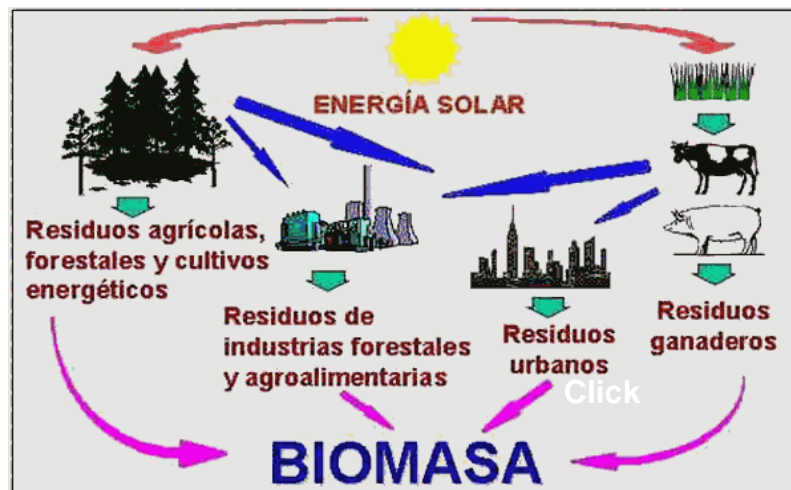
Fuente: elaboración propia.

Existen varios criterios para la clasificación de la biomasa, a continuación se presenta uno de ellos:

- Natural: producida en ecosistemas naturales.
- Residual, que comprende:

- Residuos forestales
 - Residuos agrícolas
 - Residuos de industrias forestales
 - Residuos de industrias agrícolas
 - Residuos biodegradables
- Cultivos energéticos
 - Especies leñosas y herbáceas
 - Cultivos para producir etanol
 - Cultivos para producir biodiesel
- Excedentes agrícolas: sirven para completar los cultivos no alimentarios y sustituir parcialmente los biocarburantes y los combustibles fósiles en su caso.

Figura 2. **Ciclo de generación de biomasa**



Fuente: Estudio comparativo de bloques sólidos combustibles y maderas en la obtención de ecomateriales.

2.2.1. Origen

Los recursos de biomasa natural varían en cantidad y tipo dependiendo de su localización geográfica. Se puede diferenciar tres regiones:

- Regiones templadas: se produce madera, residuos de las cosechas y residuos animales y humanos.
- Regiones áridas ó semiáridas: hay muy poca vegetación en exceso para combustible. La gente que vive en estas zonas es la más afectada por la desertificación.
- Regiones húmedas tropicales: se produce abundante suministro de madera, residuos de las cosechas, desperdicios animales y humanos, así como residuos provenientes de las actividades comerciales, industriales, y del procesado de alimentos.

De acuerdo a su origen se puede tener la siguiente clasificación para la biomasa

- Residuos agrícolas y forestales: comprenden todas las partes de los cultivos alimentarios o industriales que no son consumibles o comercializables. Constituyen una serie muy heterogénea de productos, con el denominador común de una gran dificultad de eliminación, por tener como ya se ha mencionado, en muchos casos un elevado potencial contaminante.
 - Los residuos agrícolas pueden clasificarse en tres tipos:
 - Raíces, hojas o frutos no aprovechables.
 - Tallos y en general, la parte aérea de la planta que es preciso separar para facilitar la recolección o las labores agrícolas.

- Residuos con potencial interés energético.
- Los residuos forestales con la explotación anual de los bosques da lugar a la recuperación de maderas y troncos descorchados, mientras quedan sobre el terreno cortezas, ramas y hojas (aproximadamente la tercera parte del árbol) que aparecen en forma de residuos.

En la siguiente figura se muestran algunos tipos de biomásas de origen de desechos agrícolas - forestales

Figura 3. **Biomasa origen desechos agrícolas-forestales**



Fuente: El Tejar, Chimaltenango.

- Residuos ganaderos y agroindustriales:
 - Los residuos ganaderos, como el estiércol, que ha pasado, en gran medida, a ser un residuo al ser sustituido por abonos sintéticos.

- Los residuos de las industrias agroalimentarias corresponden a aquellos de naturaleza orgánica que son producidos por las industrias derivadas de la agricultura (azucareras, fábricas de cervezas, destilerías, etc.) y la ganadería (mataderos, lecherías, etc.).
- Residuos sólidos urbanos: procedentes de la actividad humana en los núcleos urbanos, pueden dividirse en dos grandes grupos:
 - Residuos sólidos urbanos (R.S.U.) o materiales procedentes de un proceso de fabricación, transformación, utilización y consumo cuyo poseedor los destina al abandono.
 - Aguas residuales, es decir, líquidos contaminados en su utilización con sustancias orgánicas o inorgánicas. El fango obtenido en la depuración de las aguas residuales tiene un alto contenido en materia orgánica y, por tanto, puede ser utilizado como residuo energético.

La composición porcentual de algunos materiales residuales se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 3. **Composición porcentual materiales residuales**

Composición porcentual materiales residuales			
Tipo material	Celulosa	Hemicelulosa	Lignina
Madera, viruta, aserrín	40-50	30-40	15-20
Madera blanda, viruta, aserrín	40-50	20-30	25-30
Pajas de trigo, rastrojos	30	50	15
Material de desecho, cáscaras, pulpa residual de frutas	30-40	20-30	5-10

Fuente: elaboración propia.

2.2.2. Componentes

La biomasa se presenta en diferentes estados físicos, que determinan la factibilidad técnica y económica de los procesos que pueden aplicarse a cada una en particular. Así mismo sus características físicas y químicas determinan el uso que se le puede dar al material, por ejemplos los desechos orgánicos producen metano (CH_4), mientras que la madera puede producir el denominado gas pobre, las características físicas influyen en el tipo de tratamiento que se le tiene que dar al material antes de aprovecharlo.

2.2.3. Usos

En el mundo se desarrollan cada día nuevas tecnologías para dar un uso racional a estos desechos, que además contribuyen con su acumulación a la contaminación del entorno, actualmente se estima que la biomasa proporciona alrededor del 15 % de la energía consumida en el mundo, es además, la fuente principal de energía para miles de pequeñas y medianas industrias en los países en desarrollo. Dentro de los combustibles de biomasa el más importante es la madera, ya sea en forma de leña o carbón.

- Los materiales lignocelulósicos constituyen una fuente de materia prima importante para la obtención de productos de amplia utilización en la agricultura.
- Los residuos agrícolas y forestales constituyen una fuente importante de sustratos orgánicos para organismos que son capaces de degradar en la naturaleza la lignina y la celulosa.
- La utilización de la biomasa como vector energético implica un análisis detallado de la disponibilidad y distribución de los recursos, su

abastecimiento disponible con fines energéticos posee dos soluciones principales: la biomasa de origen residual y los cultivos energéticos.

- El pelet o pellet, está compuesto de material aglomerado o madera, siendo un combustible de los denominados de biomasa, se prensa y ocupa menos espacio que otros combustibles como la leña. Las cenizas originadas por su combustión, son reutilizables como abono o complemento para los animales, teniendo en su composición elementos como el potasio y el calcio.

2.3. Usos en la construcción

La biomasa puede ser utilizada en la construcción como un material cementante de bajo rendimiento.

2.3.1. Material construcción

La biomasa puede ser utilizada como material de construcción de muchas formas, algunas de ellas son.

- Restos de la industria del azúcar: se pueden utilizar las melazas en la construcción de firmes ya que pueden hacer más compactos algunos tipos de materiales, como las zahorras, o ser usados en tratamientos superficiales.
- Restos de las industrias cárnicas: concretamente de derivados del sebo, se ha evaluado el uso de los restos en carreteras.
- Materiales de construcción derivados de cascarilla de arroz: la fabricación de hormigón, tejas y bloques huecos, en los cuales se reemplaza por cascarilla sin quemar una gran parte de la mezcla de grava o arena, es de uso normal en la técnica.

- Hojas y tallos de plátano: las fibras de plátano han sido empleadas exitosamente en mezclas de concretos.
- Algunos granos no comestibles son adecuados para la carbonización (conversión en carbón mediante un cocido lento) para producir partículas de una fina estructura celular que contiene aire atrapado. Son similares y empleados de igual manera, que los áridos ligeros convencionales.

2.3.2. Materia prima

Algunos de los usos de la biomasa como materia prima son:

- Restos del maíz: se han desarrollado métodos para aprovechar los restos de las plantas para construir paneles aislantes para techos.
- Desechos de papeleras y papeles viejos: se pueden usar en paneles como aislantes de edificios.
- Desechos de coco (incluyen cáscaras frescas, conchas de coco y desechos de la industria de estopa de coco) se han utilizado para producir fuertes tableros resistentes a la humedad o tableros elásticos más livianos.
- Bagazo de caña: este es un residuo fibroso del procesamiento de caña de azúcar, con un adhesivo orgánico adecuado, se pueden hacer tableros de partículas y tableros de fibras con bagazo.
- Jacinto de agua: investigaciones en India y Bangladesh han demostrado que se pueden fabricar tableros duros flexibles, y resistentes con la pulpa fibrosa de los tallos.

Tabla 4. **Clasificación y características biocombustibles**

Clasificación de los biocombustibles		
Primer nivel	Segundo nivel	Breve definición
Combustibles de madera	Combustibles de madera directos	Madera utilizada directa o indirectamente como combustible, producida con fines energéticos
	Combustibles de madera indirectos	Principalmente, biocombustibles sólidos producidos a partir de las actividades de elaboración de la madera
	Combustibles de madera recuperados	Madera utilizada directa o indirectamente como combustible, derivada de actividades socioeconómicas ajenas al sector forestal
	Combustibles derivados de la madera	Principalmente, biocombustibles líquidos y gaseosos producidos en actividades forestales y por la industria de la madera
Agro combustibles	Cultivos destinados a ser utilizados como combustible	Plantas cultivadas para la producción de biocombustibles
	Subproductos agrícolas	Principalmente, residuos de la recolección agrícola y otros subproductos de las faenas agrícolas que quedan en los campos
	Subproductos de origen animal	Básicamente, excretas o de ganado vacuno, equino y porcino, así como de aves de corral
	Subproductos agroindustriales	Varios tipos de materiales, producidos principalmente en las industrias de elaboración de los alimentos, como bagazo y cáscaras de arroz
Subproductos de origen municipal		Residuos sólidos y líquidos de origen municipal

Fuente: elaboración propia.

2.3.3. Combustible

El uso de la biomasa como combustible alternativo al diesel está creciendo cada día, principalmente en la mayoría de los ingenios del país.

- La biomasa es uno de los principales combustibles utilizados, cerca del 80% de la energía generada a partir de biomasa proviene de leña. Su consumo está determinado por numerosos factores, tales como la

disponibilidad de otros combustibles en el lugar del proyecto (rural o urbano), y los aspectos culturales.

- En Perú se ha desarrollado con bastante éxito un proyecto piloto sobre la utilización de la cascarilla de arroz como combustible, para la fabricación de ladrillos en Piura (Perú).
- En Nicaragua están ensayando la producción de artesanía, ladrillos y tejas de barro, pero usando materia vegetal para sus hornos, en vez de leña.

2.3.4. Otros usos

- Cloruros cálcico y sódico: se pueden emplear en la construcción de parte del firme de carreteras por su efecto lubricante en capas inferiores al pavimento, también son paliativos del polvo.
- El alquitrán de cáscara de coco, obtenido durante la destilación destructiva de las cáscaras, es un líquido ligeramente viscoso con propiedades antimicrobianas.
- Los tallos y hojas de plátano, cortados y hervidos en agua, forman un líquido espeso, que es aplicado sobre techos y muros de barro para su impermeabilidad y mayor resistencia a la abrasión y al agrietamiento.
- Jacinto de agua: abono para mejoramiento de tierra y en ensilaje como alimento animal.

Tabla 5. Consumo de leña para diferentes industrias

Tipo de industria	Consumo	País
Tortillerías	1.4-2.0 kg/kg de maíz	México
	1.9 kg/kg de maíz	El Salvador
Panaderías	0.06 kg/kg de harina	Panamá
	2.66 kg/kg de harina	Honduras
Salineras	3.5 kg/kg de sal	Costa Rica
	2.5-3.5 kg/kg de sal	Nicaragua
	4.5 kg/kg de sal	El Salvador
	3.53 kg BM/kg de sal	Honduras
Caleras	1.2 kg/kg de cal	Costa Rica
	1.5 kg/kg de cal	Nicaragua
	1.6 kg/kg de cal	El Salvador
	1.2 kg BM/kg de cal	Honduras
Trapiches	1.5 kg/lata de guarapo	Nicaragua
	4.5 kg/kg de dulce	El Salvador
	1.0 kg/kg de panela	Costa Rica
	0.0013 m ³ /kg de panela	Panamá
	1.57 kg BM/kg dulce	Honduras
Ladrilleras	0.86 – 1.2 kg/ladrillo	El Salvador
	0.6 kg/ ladrillo	Guatemala
	0.4 – 0.9 kg/ ladrillo	México
	0.36 kg BM/kg ladrillo	Honduras
Alfarerías	1.6 m ³ /100 objetos	Honduras
	3001 800 kg/mes (13 m ³ /mes)	México
Producción de carbón	6.5 kg/kg	Honduras
Ingenios azucareros y destilerías	0.015 m ³ /909 kg de azúcar	Honduras
Beneficios de café	0.002 – 0.011 m ³ /kg de café	Costa Rica
	0.34 kg BM/kg de café	Honduras
Secado hojas de tabaco	0.19 m ³ / kg de hojas de tabaco	Honduras
	3.66 kg BM/kg de tabaco	Honduras

Fuente: Uso eficiente y sostenible de la energía. Boletín de servicios agrícolas de la
FAO, 2005

3. LADRILLOS

Material de construcción, generalmente cerámica y con forma ortopédica, por sus dimensiones es bastante fácil de maniobrar con una sola mano.

3.1. Antecedentes

Los ladrillos son utilizados como elemento para la construcción desde hace unos 11.000 años, se considera el adobe como el precursor del ladrillo aunque no experimenta los cambios físico-químicos de la cocción, por esta razón el ladrillo es la versión irreversible del adobe, producto de la cocción a altas temperaturas.

En Guatemala, fue en la época de la colonia cuando se utilizó el ladrillo a gran escala, después de los terremotos de 1917 y 1976 y de esa época hasta nuestros días se ha incrementado enormemente su uso, dentro de la industria ladrillera se pueden mencionar los siguientes antecedentes:

- En 1956 se fundó INMACO la primera ladrillera que utilizó maquinaria de alta tecnología y de gran producción, lo cual ayudó a mejorar la calidad de este producto en el país.
- En 1961 fue fundada la empresa Ladrillera Las Cruces por el Señor Francisco Montenegro Girón, la empresa funcionó varios años con maquinaria artesanal, y más tarde se inicio el proceso industrial.
- En el interior del país existen varios departamentos con importante producción de ladrillos, la mayoría de las fábricas trabajan a nivel artesanal.

En la siguiente figura se muestra un lote de ladrillos preparado para su distribución.

Figura 4. **Ladrillos de barro cocido**



Fuente: El Tejar, Chimaltenango.

3.2. Definición

Un ladrillo es una pieza de construcción, generalmente cerámica y con forma ortopédica, cuyas dimensiones permiten que se pueda colocar con una sola mano por parte de un operario.

3.3. Características

Los ladrillos son utilizados en construcción en cerramientos, fachadas y particiones, se utilizan principalmente para construir muros o tabiques. Aunque

se pueden colocar directamente, lo habitual es que se reciban con mortero. La disposición de los ladrillos en el muro se conoce como aparejo, existiendo gran variedad de ellos. Actualmente es uno de los materiales necesarios en la gran mayoría de las construcciones, y su aplicación no se reduce a la de simple cerramiento, sino que cumple también una función estructural en la edificación.

3.3.1. Físicas

- Aspecto: la clase de arcilla, la manera de moldearla o conformarla, la forma y grado de cocción, influyen en el aspecto del ladrillo. Además deben estar libres de piedrecillas expuestas y guijarros, no se aceptarán grietas, incrustaciones, saltaduras, ampolladuras y otros defectos superficiales que afecten su resistencia a compresión o su durabilidad.
- Peso: depende de varios factores por lo que puede variar en cada país; depende principalmente de las especificaciones y regulaciones de cada país.
- Tamaño: el tamaño del ladrillo es otra característica que puede variar; depende principalmente de las especificaciones y regulaciones de cada país.
- Absorción: es el porcentaje de humedad que absorben los ladrillos, depende principalmente de los materiales y el proceso de fabricación.
- Aislamiento térmico: propiedad física que no permite la transferencia de calor, ya que tiene una baja conductividad térmica.

3.3.2. Mecánicas

- Resistencia a la compresión: es un indicador de la calidad y durabilidad del ladrillo y del rendimiento potencial bajo ciertas condiciones ambientales.
- Resistencia a la flexión: se considera como el módulo de ruptura del ladrillo ensayado sobre una luz simple, bajo una carga central.
- Resistencia a la congelación: capacidad de los ladrillos de soportar bajas temperaturas sin perder sus propiedades ni sufrir fracturas.
- Resistencia al fuego: propiedad física de los ladrillos que consiste en soportar altas temperaturas sin sufrir daños.

3.4. Producción

En cualquier fábrica de ladrillos se llevan a cabo una serie de procesos estándar que comprenden desde la elección del material arcilloso, al proceso de empacado final. Existen diferentes formatos de ladrillo, por lo general son de un tamaño que permita manejarlo con una mano, en particular, según su forma, los ladrillos se clasifican en:

- Ladrillo perforado: son todos aquellos que tienen perforaciones en la tabla que ocupen más del 10% de la superficie de la misma. Se utilizan en la ejecución de fachadas de ladrillo.
- Ladrillo macizo: aquellos con menos de un 10% de perforaciones en la tabla.
- Ladrillo tejar o manual: simulan los antiguos ladrillos de fabricación artesanal, con apariencia tosca y caras rugosas. Tienen buenas propiedades ornamentales.

- Ladrillo hueco: son aquellos que poseen perforaciones en el canto o en la testa que reducen el peso y el volumen del material empleado en ellos, facilitando su corte y manejo.
- Ladrillo caravista: son aquellos que se utilizan en exteriores con un acabado especial.
- Ladrillo refractario: se coloca en lugares donde debe soportar altas temperaturas, como hornos o chimeneas.
- Algunos tipos de ladrillos cuentan en su composición con arcillas refractarias, las que presentan una alta temperatura de fusión que las hacen excelentes para la fabricación de ladrillos y otros elementos refractarios.

En la tabla siguiente se presenta la clasificación, designación y usos de los ladrillos de barro cocido en Guatemala propuesta en el trabajo de graduación del Ing. Miguel A. Juárez.

Tabla 6. **Clasificación, designación y usos de los ladrillos de barro cocido en Guatemala**

Tipos	Grados	Clases	Usos
Tipo A Ladrillos hechos a máquina.	1	Clase P, o perforado	Paredes con carga elevada, expuestas en sus dos caras, y clima lluvioso fuerte.
	2	Clase P, o perforado Clase T, o tubular	Paredes con carga moderada, expuestas en una cara, y clima con lluvia moderada.
	3	Clase P, o perforado Clase T, o tubular	Paredes con carga baja, expuestas en una cara, y clima con poca lluvia.
Tipo B Ladrillos hechos a mano.	3	Clase M, o macizo (Ladrillo tayuyo)	Paredes sin carga, clima con poca lluvia. No aptas para paredes expuestas.

Fuente: JUÁREZ SANDOVAL, Miguel Angel. Evaluación de las normas COGUANOR sobre ladrillos de barro cocido en relación a su aplicación local y propuesta de revisión de las mismas.

3.4.1. Tecnología en la producción

Existen dos formas de producción de ladrillos: artesanal e industrial, tienen los mismos pasos o secuencia, únicamente variando en los instrumentos, métodos, y herramientas utilizadas. La producción de ladrillos cocidos ha alcanzado un alto nivel de mecanización y automatización en muchos países, pero los métodos tradicionales de producción en pequeña escala aún están bien extendidos en la mayoría de países en desarrollo.

El nivel y tipo de tecnología disponible en las fábricas de ladrillos, dependen del lugar donde se ubique la ladrillera, por lo que en los países desarrollados estos procesos son casi 100 % automatizados, logrando niveles de producción bastante elevados y con ladrillos conocidos con el nombre de ladrillos *klinker*, que presentan una gran barrera a la penetración del agua (absorción inferior al 6%) y altísimas resistencias a la compresión (resistencias mayores a 700 kg/cm²).

En Guatemala existen fábricas de ladrillos de tipo industrial y artesanal, a continuación se presentan información sobre las que tienen mayor volumen de producción.

- Fábrica INMACO, se ubica en la zona 18 de la ciudad capital, cuenta con equipo para el quemado al vacío (2 hornos Hoffman y Zigzag), utilizan combustible es sólido de diferentes clases; las temperaturas necesarias fluctúan entre 780 y 900 °C, el producto es sometido a su máxima temperatura de cocido un promedio de 3.5 horas, al sacarlo del horno se somete a un control de calidad y posteriormente es paletizado para su despacho, ya que así el producto terminado conserva su calidad y puede ser mejor manejado en obra.

- Fábrica Las Cruces, se ubica en la zona 18 de la ciudad capital, funcionó varios años con maquinaria artesanal y más tarde se inició el proceso industrial. En 1974 se trajo maquinaria nueva y posteriormente, debido a la demanda de los productos de barro, adquirieron maquinaria Bongionanni con más capacidad de producción y se amplió nuevamente el horno Hoffman.

En Guatemala, las obras de gran infraestructura, en los últimos años, se realizan con este material, no solamente por su resistencia y durabilidad, sino también por su versatilidad y oportunidad que brinda a los arquitectos e ingenieros para desarrollar verdaderas obras de arte.

Figura 5. **Uso de ladrillo expuesto en edificio**



Fuente: zona 14, Guatemala, Guatemala.

3.4.2. Materiales utilizados

La materia prima utilizada para la producción de ladrillos es, fundamentalmente, la arcilla. Este material está compuesto, en esencia, de sílice, alúmina, agua y cantidades variables de óxidos de hierro y otros materiales alcalinos, como los óxidos de calcio y los óxidos de magnesio.

3.4.2.1. Arcilla

La arcilla es roca ígnea descompuesta que se ha formado bajo el calor y la presión tremenda de la acción volcánica, más tarde expuesta a centurias de intemperie, tiene su origen en rocas feldespáticas, la acción del sol, viento, la lluvia, el aire y el agua, rompen esas rocas en partículas cada vez más pequeñas que son transportadas por inundaciones y depositadas en lagos, campos, pantanos y lagunas.

Los cambios de la corteza terrestre, en el transcurso de los años, exponen depósitos de estas arcillas que se encuentran con frecuencia en las márgenes empinadas de los ríos y en las laderas de las montañas. Las arcillas residuales son aquellas que se encuentran en el sitio o cerca del sitio de la roca madre, como no han sido llevadas lejos de su lugar de origen, contienen menos impurezas. Mientras que las arcillas sedimentarias han sido transportadas de su lugar de origen por el agua y se han mezclado en el proceso con otros ingredientes, con frecuencia esta clase de arcillas son más plásticas que las residuales debido a sus impurezas y granos más finos.

3.4.2.2. Agua

Generalmente se recomienda no utilizar aguas residuales pues afectan el producto, se usará la cantidad necesaria para obtener la consistencia adecuada de mezcla, dependiendo de la humedad propia que contenga la materia prima.

3.4.3. Proceso fabricación

Puede ser manual, automatizado o mixto, por lo que el equipo necesario dependerá de esta condición. Siendo el molde uno de los más importantes.

3.4.3.1. Equipos utilizados

De acuerdo a las características del sistema de producción en cada caso puede ser: manual, automatizado o mixto, por lo que el equipo necesario dependerá de esta condición; pueden ser desde lo básico (picos, piochas, palas, azadones, otros) hasta modernos equipos industrializados que requieren instalaciones especiales.

En la figura se ilustra una caldera de biomasa utilizada para el secado de ladrillos.

Figura 6. **Caldera de biomasa para el secado de ladrillos**



Fuente: El Tejar, Chimaltenango.

3.4.3.2. Moldes

Los métodos de moldeado manual emplean simples moldes de madera o aluminio, hay dos técnicas tradicionales para sacar el ladrillo del molde:

- El método del moldeado deslizante: los ladrillos hechos con este método son susceptibles de desplomarse y distorsionares.
- El método del moldeado con arena: produce ladrillos más firmes y con mejor forma.

Figura 7. **Moldes de madera**



Fuente: CALDERON A., Christian H. Historia del ladrillo, p. 21.

- Mesas de moldeado: se obtienen ladrillos con formas más exactas, con menos esfuerzo y mayor producción. Cuando el moldeado se realiza igual que con los moldes de madera, los ladrillos son expulsados mediante una palanca accionada con el pie.
- Las tejas para techo se hacen con moldes de formas especiales pero casi de la misma manera que los ladrillos.

3.4.3.3. Hornos

El tamaño y capacidad de los hornos es variable, el consumo de combustible depende de estos factores. Para la selección de un horno en particular se deben de considerar los siguientes aspectos:

- Tipo y capacidad del horno
- Posibilidad de usar diferentes combustibles
- Permite elaborar diferentes productos
- Consumo de energía por unidad producida

Dentro de la industria ladrillera hay dos tipos de hornos para cocer ladrillos:

- Hornos intermitentes: incluyen mordazas y hornos «Scove» (hornos de campo tradicionales), hornos de tiro de aire superior y los de tiro de aire inferior. La eficiencia del combustible es muy baja, pero se adaptan a las cambiantes demandas del mercado. Varían en tamaño desde 10,000 a 100,000 ladrillos.
- Hornos continuos: incluyen varias versiones del horno Hoffmann (particularmente el horno de trinchera de Bull) y el horno de tiro de aire forzado, son muy eficientes en el consumo del combustible.

Figura 8. Hornos para fabricar ladrillos



Fuente: Hornos utilizados en la fabricación de ladrillos.

3.4.3.4. Actividades producción

Como prioridad esta la preparación de la materia prima. También es de suma importancia el adecuado manejo de los moldes a utilizar.

3.4.3.4.1. Extracción materia prima

Antes de incorporar la arcilla al ciclo de producción, hay que someterla a ciertos tratamientos de trituración, homogeneización y reposo en acopio, con la finalidad de obtener una adecuada consistencia y uniformidad de las características físicas y químicas deseadas. De esta manera se obtiene un material completamente inerte y poco dado a posteriores transformaciones mecánicas o químicas.

3.4.3.4.2. Preparación materiales

Después de la maduración que se produce en la zona de acopio, sigue la fase de preelaboración que consiste en una serie de operaciones que tienen la finalidad de purificar y refinar la materia prima. En esta última fase se consigue la eventual trituración de los últimos nódulos que pudieran estar, todavía, en el interior del material. A la fase de pre-elaboración, sigue el depósito de material en silos especiales en un lugar techado, donde el material se homogeniza definitivamente tanto en apariencia como en características físico químicas.

3.4.3.4.3. Amasado

Antes de llegar a la operación de moldeo, se saca la arcilla y se le agrega agua para obtener la humedad precisa.

3.4.3.4.4. Moldeo

Normalmente, se hace en caliente, procediendo de esta manera, se obtiene una humedad más uniforme y una masa más compacta, puesto que el vapor tiene un mayor poder de penetración que el agua.

3.4.3.4.5. Desecación

Es una de las fases más delicadas del proceso de producción, de esta etapa depende, en gran parte, el buen resultado y calidad del material, más que nada en lo que respecta a la ausencia de fisuras.

3.4.3.4.6. Cocción

Se acomodan los ladrillos secos dentro del horno, la cocción resulta una de las instancias cruciales del proceso en lo que a la resistencia del ladrillo respecta. La temperatura de cocción varía de acuerdo con el tipo de mezcla y con el tipo de elemento que se quiera fabricar. Para los productos de arcillas y tierras, la temperatura del horno oscila entre los 800 y los 1000 °C aproximadamente.

3.5. Control de calidad

El control de calidad se debe realizar a los materiales, procesos y el producto terminado de acuerdo a las especificaciones y procedimientos indicados en las normas técnicas aplicables en cada país, la diferencia en la calidad del producto disminuye su valor de venta llegada la etapa de comercialización.

En Guatemala la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR) es la institución responsable de la emisión y revisión de las normas de uso oficial sobre ladrillos.

La calidad de los productos de arcilla cocida varía no sólo de acuerdo al tipo y cantidad de los componentes del suelo sino también con el tipo del mineral de la arcilla, afecta también el lugar del horno en que se realice la cocción, los ladrillos adquieren diversos tonos: los de la parte superior son más claros y propensos a desmoronarse, los que se hallan en el medio tienen igual defecto y absorben humedad y los de abajo suelen estar bien cocidos, pero a veces presentan manchas más claras y otras coloreadas. En la siguiente figura se muestra un lote de ladrillos con defectos (proceso de cocción inadecuado).

Figura 9. **Ladrillos defectuosos (proceso de cocción inadecuado)**



Fuente: El Tejar, Chimaltenango.

Para producir tejas y ladrillos de buena calidad se necesitan realizar cuidadosos ensayos de los materiales y productos elaborados.

- En fábrica:
- - Mediante inspección visual, eliminar del lote todos aquellos Los ladrillos que presentan fisuras, desconchamientos o irregularidades muy notorias de sus caras.
 - Los ladrillos estarán libres de defectos, deficiencias, y tratamientos superficiales, incluyendo recubrimientos, que pudieran interferir con la adecuada colocación del ladrillo o perjudicar significativamente la resistencia o el desempeño de la construcción.
 - Si se requiere que los ladrillos tengan un color particular, textura, acabado, uniformidad, o límites de grietas, alabeo u otra imperfección en desmedro de la apariencia estos son adquiridos bajo la Norma ASTM C 216.
 - Las tejas deben ser impermeables, resistentes y de sonido claro al chocarlas.
- En laboratorio: se deben de evaluar como mínimo los siguientes parámetros: dimensiones, peso, absorción, resistencia a compresión y flexión.

Tabla 7. **Requisitos físicos ladrillos de barro cocido**

Requisitos	Tipo MQ, ladrillos hechos a máquina.					Tipo MA, hechos a mano.		
	Clase M, o macizo Clase P, o perforado			Clase T o tubular		Clase M, o macizo (tayuyo)		
	Grado 1	Grado 2	Grado 3	Grado 2	Grado 3	Grado 1	Grado 2	Grado 3
Resist. Compresión Mpa								
- Promedio de 5 unidades	12	8	4.5	8	4.5	12	8	4.5
- Individual	9	6	3.5	6	3.5	9	6	3.5
Absorción, (%) (máximo)								
- Promedio de 5 unidades	12	14	18	14	18	14	16	20
- Individual	14	16	20	16	20	16	18	24
Tolerancia en las dimensiones en mm. , máximo	± 5	± 5	± 5	± 5	± 5	± 5	± 5	± 5

Fuente: JUÁREZ SANDOVAL, Miguel Angel. Evaluación de las normas COGUANOR sobre ladrillos de barro cocido en relación a su aplicación local y propuesta de revisión de las mismas.

4. INDUSTRIA LADRILLERA

La industria ladrillera es para la construcción una de las más importantes, sin embargo debido a la mucha competencia; la industria del ladrillo artesanal ha disminuido mucho en su comercio.

4.1. Antecedentes

El producto debe tener ciertas características, propiedades y condiciones para poder ser considerado como ladrillo. Un ladrillo considerado como bueno debe ser sólido, resistente, sin fisuras y que se pueda fracturar de un solo golpe. Así mismo debe contar con una geometría homogénea, compacta, luciente y exenta de caliches; no debe estar demasiado cocido ni tampoco poco cocido o blando, pues podría desmoronarse fácilmente. Básicamente las características físicas del ladrillo son que debe tener una buena cocción, un color uniforme, un sonido claro y seco al ser golpeado.

4.2. Características

La industria ladrillera es una actividad ligada al sector minero con el cual se articula hacia atrás mediante la explotación de yacimientos de arcilla de donde obtiene la materia prima, indirectamente también está ligada al sector comercial para la adquisición de equipos de molienda y mezcla y al sector metalúrgico para el abastecimiento de partes consumibles de los molinos.

La industria ladrillera se encuentra directamente relacionada a la industria de la construcción, por ser proveedora de una de las materias primas

fundamentales para su desarrollo, radicando aquí su importancia, las ladrilleras se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Pequeños productores: producción mensual menor o igual a 12.000 ladrillos.
- Medianos productores: producción mensual mayor a 12.000 ladrillos.
- Grandes productores: las fábricas industrializadas con volumen de producción grandes.

4.2.1. A nivel internacional

En la actualidad los países desarrollados (donde la física y la química de los materiales ha alcanzado un alto grado de desarrollo), principalmente Europa; fabrican ladrillos que presentan una gran barrera a la penetración del agua (absorción inferior al 6%) y altísimas resistencias a la compresión (resistencias mayores a 700 kg/cm²), se trata de ladrillos de elite que resultan, de un manejo casi perfecto de los procesos de formulación de la pasta y cocción del ladrillo seco, entre los que se pueden mencionar:

- Ladrillos Top: ladrillos huecos, de colores firmes y variados y dotados de una barrera al paso del agua; en estos ladrillos los más utilizados en los países industrializados, la conductividad térmica es controlada al menos parcialmente, por las perforaciones y la repelencia o barrera al agua exhibida por la superficie del ladrillo.
- Ladrillos prensados: que se caracterizan por su excelente planeidad y el uso de espesores mínimos de mortero en las juntas (2-4 mm). El procesamiento de la arcilla en seco y la utilización de prensas, son requeridos para la fabricación de este tipo de ladrillos.

- Productos desarrollados en España con una pasta cerámica diferente, llamada termo arcilla.
- En Bangladesh el programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el Fondo para el Medio Ambiente Mundial han implantado recientemente una nueva tecnología para la fabricación de ladrillos que ahorra energía. Cada año se fabrican 8,6 mil millones de ladrillos en los hornos bangladesíes, y la demanda sigue aumentando a un ritmo constante de alrededor de 5.28% por año.
- En México fabricaron un horno que utiliza la energía del sol, para cocción de tabiques de arcilla (ladrillo rojo).

4.2.2. A nivel nacional

Entre los antecedentes de la industria ladrillera en Guatemala, se puede mencionar que en la época de la Colonia se utilizó el ladrillo a gran escala en las construcciones de templos y edificios públicos, después de la Colonia, el ladrillo se utilizó en un porcentaje muy bajo. No fue sino hasta después del terremoto de 1917, cuando su demanda aumentó en las construcciones y de esa época a la actualidad se ha incrementado enormemente.

Las ladrilleras pequeñas y micro son en su gran mayoría informales y utilizan técnicas de fabricación variadas que pueden ser artesanales en todo el proceso o una combinación de artesanales con mecanización en algunas etapas, generalmente se agrupan en zonas geográficas lo más cercanas posible a la fuente de materia prima.

Las ladrilleras grandes ubicadas en la capital tienen características de alta producción, poseen en su mayoría tecnología moderna, a continuación se presentan información sobre algunas de éstas:

- El Ingeniero Arturo Paiz Bolaños en 1956 funda la primera ladrillera industrial (INMACO), utilizando maquinaria de alta tecnología (horno Hoffman), el horno Zigzag fue introducido en 1964. Actualmente los productos de INMACO se venden en los mercados de Guatemala, México, Honduras, El Salvador, Costa Rica, Panamá y Estados Unidos.
- Don Francisco Montenegro Girón junto con varios socios crean la Ladrillera las Cruces, la empresa funcionó varios años con maquinaria artesanal, y más tarde se inicio el proceso industrial. En 1974 se trajo maquinaria nueva de la marca Bongionanni con más capacidad de producción y se amplió nuevamente el horno Hoffman con que contaban. En el año 2000 la empresa amplía sus mercados e inicia exportaciones a El Salvador, Honduras, Nicaragua y Costa Rica.

4.2.2.1. Volumen de producción

El comportamiento de la industria ladrillera nacional, está fuertemente determinado por el de la industria de la construcción. Se presenta información sobre las empresas que destacan por su volumen de producción en Guatemala:

- Fábrica INMACO:
 - En 1956 su producción diaria era de 5,000 ladrillos; con horno Hoffman.
 - En 2001 su producción era un promedio de 100,000 ladrillos diarios, amplía la oferta de sus productos a: tejas, baldosas, fachaletas y adoquines adicionalmente a los ladrillos.
 - En 2007 en alianza estratégica con la empresa mexicana Tejas El Águila, amplía su gama de productos e incluye la exclusiva teja cerámica.
- Fábrica Las Cruces:

- En el año 2000 Ladrillos Las Cruces amplia sus mercados e inicia exportaciones a El Salvador, Honduras, Nicaragua y Costa Rica.
- La capacidad instalada es de 4,500 toneladas métricas mensuales y se producen alrededor de 170,000 fachaletas diarias o 140,000 ladrillos, producción que fluctúa dependiendo de la demanda.
- La producción artesanal de ladrillos es muy importante, debido a su alta demanda como material de construcción.

4.2.2.2. Ubicación fábricas

Son varios los factores que deben de ser considerados para evaluar la ubicación de las fábricas de ladrillo, siendo los más importantes los siguientes:

- Ubicación de mercado y materias primas.
- Clima.
- Mano de obra.
- Disponibilidad de de servicios y recursos.
- Ordenamiento territorial en la zona.

En Guatemala se encuentran una gran variedad de arcillas, algunos de las ubicaciones de los bancos son: San Antonio La Paz, el Progreso; Salamá, Rabinal Baja Verapaz; Totonicapán; Jalapa; Chimaltenango; Mixco y Guatemala, lugares donde existen ladrilleras funcionando.

4.3. Industria ladrillera del departamento de Chimaltenango

La industria ladrillera en el departamento de Chimaltenango, particularmente en el municipio de El Tejar, ha sido por muchos años la mayor fuente de ingresos para las familias de este municipio.

4.3.1. Antecedentes

Los municipios de Chimaltenango y El Tejar están situados al lado de la carretera Panamericana, en un valle al este de la capital nacional, sus terrenos, en su mayoría, son planos y llenos de árboles. Desde hace varias generaciones, la fabricación del ladrillo común ha sido en estas comunidades una práctica habitual, generadora de puestos de trabajo y a la vez, productora de grandes cantidades de uno de los materiales más utilizados en la construcción tradicional; la mayoría de las fábricas funcionan de manera artesanal.

Con el fin de conocer más a fondo la industria ladrillera del municipio de El Tejar se realizó una encuesta en una muestra de las fábricas existentes; es importante señalar que la capacidad instalada no funciona al 100%.

4.3.2. Descripción productos elaborados

El municipio de El Tejar es un lugar característico en la elaboración de ladrillo y teja, también ofrecen productos y materiales para pisos y decoración, lo que permite enriquecer los diseños arquitectónicos, algunos productores envían material fino al extranjero tanto Centroamérica, Canadá, Venezuela, y estados unidos. Los principales productos que se elaboran en el municipio son los siguientes:

- Ladrillos: son pequeñas piezas cerámicas, de forma de bloques, formadas por tierras arcillosas, moldeadas, comprimidas y sometidas a una cocción conveniente.
- Pueden utilizarse en toda clase de construcciones por ser su forma regular y fácil su manejo.

- Tejas: piezas de barro cocido, de forma acanalada, que se usan para cubrir y resguardar los techos, armaduras o cubiertas de los edificios. Se clasifican en curvas (árabes son acanaladas y flamencas sección en forma de S) o planas, también existen tejas decorativas, con las cuales puede lograrse bonitos efectos artísticos.
- Baldosas: son ladrillos delgados, pulimentados, finos y duros que sirven para pavimentar patios, aceras y azoteas o recubrir techos, muchas veces se les aplica barniz o esmalte y se deja una cara áspera, con el fin de lograr mejor adherencia con los morteros, generalmente son cuadradas, rectangulares o hexagonales.

La siguiente figura muestra algunos de los productos elaborados por la industria ladrillera de El Tejar.

Figura 10. **Productos elaborados municipio de El Tejar**



Fuente: El Tejar, Chimaltenango.

4.3.3. Volumen de producción

La industria del ladrillo en el municipio de El Tejar se puede clasificar como sector industrial a nivel de pequeña y mediana empresas, tomando como base el número de personas que en ellas trabajan, en la mayoría su organización es informal y de tipo familiar, esta situación condiciona en muchos casos el volumen de producción de cada fábrica.

Actualmente existe un promedio de 80 ladrilleras en el municipio, aunque el número varía ya que algunos propietarios suspenden de manera temporal su producción, lo que no permite determinar con exactitud el volumen de esta en el municipio.

A manera de ilustración en la siguiente tabla se describen las principales actividades que se realizan en la producción de ladrillos.

Las técnicas de quemado que se utilizan en El Tejar son distintas a las de Quiche, Petén y otros lugares por la forma de quemado. La producción por clase o estilo de producto se relaciona con la demanda que tengan en el mercado.





4.3.4. Ubicación fábricas

En todo el municipio existen alrededor de 127 fábricas dispersas, entre los sectores con más presencia de ladrilleras se pueden mencionar:

- Cantón Rastro Viejo
- Colonia Santo Domingo
- A lo largo de la carretera interamericana

- Aldea San Miguel Morazán

Tabla 8. **Actividades proceso producción ladrillos**

Actividad	Figura
i. Inicia con la selección y extracción de la materia prima (arcilla), el material es traslado hacia las fábricas.	
ii. Preparación del material: por medio de trituración y cernido se eliminan las partículas más gruesas.	
iii. Elaboración de mezcla: luego de preparar el material, este se mezcla con agua hasta alcanzar la consistencia deseada.	
iv. Posteriormente se crean los diseños de acuerdo al producto que se trate, luego de afinarlos se ponen a secar (generalmente bajo el sol).	
v. Las piezas se introducen al horno por el tiempo y calor necesarios de acuerdo al tipo de producto.	
vi. Luego se saca, revisa y clasifica el producto terminado, el queda listo para su venta.	

Fuente: fábricas de ladrillo, El Tejar Chimaltenango.

Actualmente la arcilla y leña que utilizan ya no la compran en el municipio, sino tienen que ir a la cabecera departamental o al municipio de Sumpango lo que repercute en los costos de producción.

4.3.5. Eficiencia energética

Las fábricas de ladrillos en su mayoría no cuentan con la tecnología adecuada para conservar y potenciar el calor en los hornos utilizados en la cocción, por lo que requieren de grandes cantidades de leña, con lo cual deterioran cada vez el medio ambiente. El tamaño de los hornos es variable así también la cantidad de material que es capaz de quemar, la cantidad de leña a consumir depende del tamaño del horno.

La eficiencia en el consumo del combustible depende principalmente del diseño del horno:

- Los hornos continuos retienen por más tiempo el calor y utilizan el calor de los ladrillos calientes. Los ladrillos crudos son precalentados por los gases de evacuación.
- Los hornos intermitentes tienen que calentar todo el lote nuevamente, cada vez que se cuece cada lote.

4.3.5.1. Tipo de combustible

Según la FAO, el 14% de la energía mundial proviene de la dendroenergía y en especial de la leña y el carbón, en un estudio realizado por el INAB (Instituto Nacional de Bosques) se determinó que el 65.8 % de guatemaltecos tiene a la leña como fuente de energía.

En el municipio de El Tejar la mayoría de hornos utilizan leña como fuente de energía para su producción, debido a la escasez de leña en el municipio esto ha generado que actualmente tengan que adquirirla fuera del municipio, lo que incrementa los costos de producción. Guatemala a nivel Centroamericano ocupa el tercer lugar respecto al consumo de leña y carbón.

4.3.5.2. Tipo de horno

Existe una gran similitud entre los hornos que se utilizan en el municipio, por lo que algunas características pueden ser consideradas similares, la mayoría han sido construidos por los mismos dueños o por personas que han trabajado durante mucho tiempo en esta actividad.

El tamaño de los hornos es variable lo que limita la cantidad de material que se puede cargar, en el municipio de El Tejar existen hornos de dos y cuatro bocas.

Figura 11. Horno típico



Fuente: El Tejar Chimaltenango.

4.3.6. Importancia socioeconómica

La elaboración y venta de ladrillos de barro cocido es una actividad importante en la economía del municipio de El Tejar; el 18 de julio del 2010 el municipio celebró sus 100 años de vida, por esta razón las autoridades municipales declararon a todas las ladrilleras “Patrimonio del municipio”, de acuerdo al censo realizado en ese momento existían un promedio de 80 ladrilleras, aunque el número varía debido a que algunos propietarios suspenden su producción y posteriormente reactivan la misma (de acuerdo a la demanda o temporada del año).

4.4. Impacto ambiental

Los aspectos ambientales propios de la fabricación de ladrillos incluyen: emisiones a la atmósfera, calidad del suelo, generación de residuos sólidos, consumo de energía y combustibles, siendo los principales impactos que genera la industria ladrillera los siguientes:

- Sobre la calidad del aire: debido principalmente a las emisiones de humos procedentes de los hornos en la etapa de cocción, las que están constituidas por el vapor de agua resultante de la deshidratación de la masa de ladrillos crudos. Otras fuentes menores son las emisiones fugitivas de partículas asociadas con la manipulación y manejo de la materia prima incluido la molienda y el mezclado, la descarga de los ladrillos cocidos, la manipulación y almacenamiento de combustibles sólidos.
- Respecto a la morfología del terreno: porque la explotación de las canteras produce excavaciones que no solamente afectan el paisaje sino también la estructura y configuración del terreno.

- La actividad no genera efluentes de proceso, pero si residuos sólidos inertes constituidos por los escombros provenientes de los productos rechazados por rotura o deficiente cocción.
- La materia prima para la fabricación de ladrillos no contiene elementos contaminantes porque está constituida básicamente por arcilla con agua, es por ello que los agentes contaminantes de las emisiones gaseosas de este subsector son casi en su totalidad los que están presentes en el combustible que se utiliza en la cocción, cuyos componentes son:
 - Óxidos de Azufre, SO_x
 - Óxidos de Nitrógeno, NO_x
 - Monóxido de Carbono, CO

En México se ha determinado que durante la quema en un horno tradicional (artesanal) que utiliza predominantemente leña como combustible (consumo entre 3 y 5 toneladas de de leña por quema en un lapso de entre 10 y 36 horas), se producen 4.7 kg de óxido de nitrógeno, 61.6 kg de compuestos orgánicos volátiles y 279.9 kg de monóxido de carbono.

5. ANÁLISIS RESULTADOS

A continuación se presenta el respectivo análisis de los resultados obtenidos a lo largo de este trabajo de investigación.

5.1. Generalidades

La industria ladrillera del municipio de El Tejar se encuentra directamente relacionada con la industria de la construcción, sin embargo, es frecuente observar técnicas obsoletas y bajo grado de desarrollo tecnológico en los productores de ladrillo de la zona. Para realizar la investigación se utilizó la siguiente metodología:

- **Visitas:** Se realizaron con el objetivo de conocer las condiciones de la Industria ladrillera en el municipio de El Tejar.
- **Entrevistas:** Con la finalidad de conocer las zonas donde se ubican las fábricas de ladrillos, conocer los antecedentes de la actividad ladrillera y disponer de información cualitativa actualizada sobre algunas características importantes de la población objetivo.
- **Definición muestra estudio (población objetivo):** de acuerdo a las condiciones se definió la muestra a evaluar.
- **Elaboración material apoyo:** encuestas, listas de verificación, otros.
- **Aplicación de encuesta:** su finalidad fue obtener información sobre las características de la población objetivo y otros aspectos que se presentan en la producción de ladrillo de arcilla como: Tecnológicos, económicos, sociales, ambientales y comercialización.

- Tabulación y análisis resultados.

5.2. Tabulación y análisis información

El análisis de los resultados se presentara en forma de tablas. Estas tablas nos ayudaran a explicar de manera más clara los resultados que se obtuvieron.

5.2.1. Resultados de la encuesta.

Se realizaron un total de 10 encuestas a la población directamente involucrada (productores de ladrillos), la boleta incluía un total de 52 preguntas sobre diferentes temas. Para el análisis solo se consideraron las boletas que incluían el nombre del entrevistado y que respondieron a la mayoría de las preguntas (siete boletas), a continuación se presentan los resultados de la encuesta realizada.

- Información general entrevistado
- El total de los entrevistados fueron hombres, lo que indica que la actividad sigue siendo principalmente desarrollada por este género
- Edad: Varía entre 17 y 73 años
- Nivel de estudios: 1 no tiene estudios (14 %), 4 nivel primaria 57%), 1 nivel medio (14 %), 1 con título nivel medio (14 %).
- (Calidad del entrevistado en la fábrica: 4 propietarios (57 %), tres trabajadores (43 %).
- Tiempo de realizar actividad: varía entre un mes y cuarenta y cinco años, 1 con 1 mes (14 %), 3 años (28 %), 10 años (14 %), 14 años (14 %), 20 años (14 %), 45 años (14 %).

- Puesto en la empresa: la mayoría de los entrevistados fueron trabajadores que realizan funciones administrativas y de producción
- Información general empresa
- Tiempo de funcionar: varía entre cinco y cuarenta años, 2 con 5 años (28 %), 1 con 10 años (14 %), 1 con 14 años (14 %), 1 con 30 años (14 %), 1 con 40 o más años (14 %), 1 no contestó (14 %)
- Tipo de negocio: 5 empresa familiar (72 %), 1 individual (14 %), 1 no contestó (14 %)
- Principales actividades o servicios que ofrecen: todas se dedican a la producción, venta y distribución de sus productos
- Cómo se administra la fábrica: 5 propietarios (72 %), 2 administradores (28 %)
- Número de trabajadores: varía entre dos y quince trabajadores, 1 con 2 (14 %), 2 con 3 (28 %), 2 con 4 (28 %), 1 con 7 (14 %), 1 con 15 (14 %)
- Información instalaciones
- Dimensiones (área m²) y tipo de construcción: la información que se obtuvo fue variable de acuerdo a las condiciones de cada fábrica, la mayoría están contruidos con mampostería y cuentan con área administrativa y de producción
- Califique el estado de las instalaciones: 5 buenas (72 %), 2 regular (28%)
- Mencione los principales equipos que cuenta la empresa: en todas las fábricas únicamente refirieron contar con hornos y moldes
- Conoce el consumo de energía de sus equipos: 5 conocen (72 %), 2 no (28 %)
- Información operación
- El proceso que utiliza para la fabricación de ladrillos de barro, es tradicional o ha cambiado: en todas las fábricas refirieron que no ha cambiado el proceso de producción

- Producción mensual: varía entre siete mil a cuarenta mil unidades, 1 con 7000 (14 %), 4 con 10000 (56 %), 1 con 40000 (14 %), 1 sobre pedido (14 %)
- Tipo de productos que elaboran (en orden de mayor a menor producción): en todas las fábricas se tiene la misma tendencia de producción (el ladrillo, las tejas, baldosas, otros).
- Cuentan con control de calidad: SI (42 %) no especificaron tipo, NO (58 %).
- Está localizada cerca de las fuentes de materias primas: SI (42 %), NO (58 %).
- Conoce su volumen de desperdicios: SI (72 %) no especificaron cantidad, NO (28 %).
- Cuentan con programa de mantenimiento: SI (42 %) no especificaron tipo, NO (58 %).
- Número de hornos: varía entre uno y cinco, 4 con 1 horno (56 %), 1 con 2 hornos (14 %), 1 con 3 hornos (14 %), 1 con 5 hornos (14 %).
- Fecha de construcción (antigüedad): varía entre uno y quince años, 1 con 1 año (14 %), 2 con 3 años (28 %), 4 con 8 años (28 %), 1 con 12 años (14 %), 1 no contestó (14 %).
- Describa la forma o el tipo de horno(s): 6 forma cuadrada (84 %), 1 otra forma (14 %)
- Capacidad de producción (ladrillos): varía entre 3000 a 20000 unidades, 1 con 3000 (14 %), 1 con 6000 (14 %), 4 con 10000 (56 %), 1 con 20000 (14 %).
- Tipo de combustible que usan: todas las fábricas utilizan solo leña como combustible.

Han implementado cambios en su(s) horno(s) para mejorar el proceso de cocción: en todas las fábricas no se han realizado cambios, debido a costos y

porque conocen el proceso tradicional.

- Tipos de leña (especie árbol) que utiliza regularmente: se mencionaron las siguientes especies: aguacate, pino, gravilea, ciprés, amate, encino.
- Suministro de leña: todas las fábricas compran leña.
- Lugar donde adquiere la leña: un municipio (14 %), cuatro departamento (56 %), dos otros departamentos (28 %).
- Costo y unidad de venta (especificar si incluye flete): varía entre Q 180.00 y 250.00 por tarea de leña, 1 Q 180.00 (14 %), 1 Q 190.00 (14 %), 3 Q 200.00 (42 %), 1 Q 250.00 (14 %), 1 Q 270.00 (14 %).

* 1 Tarea de leña = 1 sección cubica de leña apilada de prisma 0.60 m x 3,32 m x 0.83 m de alto.

- Cuál cree que da mejores resultados (rendimiento, emisiones a la atmósfera, facilidad de quemado): cuatro gravilea (56 %), un ciprés (14 %), un encino (14 %), uno no contestó (14 %).
- Cantidad de leña que consume al mes: varía entre once y dieciocho tareas, 2 con 11 tareas (28 %), 1 con 15 tareas (14 %), 2 con 20 tareas (28 %), 1 con 18 tareas (14 %), 1 con 21 tareas (14 %).
- Señale ventajas y desventajas de utilizar leña como combustible: se refieren costos y funcionamiento.
- Cada mes realiza la misma cantidad de quemas: 5 SI (72 %), 2 NO (28%).
- Cuántas quemas anuales realiza: varía entre doce y cincuenta quemas, 1 con 12 (14 %), 1 con 15 (14 %), 3 con 24 (14 %), 1 con 36 (14 %), 1 con 50 (14 %).
- Cantidad de leña por quema, número de elementos producidos y costo de la quemada: varía entre tres y dieciocho tareas, 1 con 3 (14 %), 1 con

7 (14 %), 1 con 8 (14 %), 1 con 12 (14 %), 1 con 18 (14 %), 2 no contestó (56 %).

- Cantidad de personal necesaria por quemada: varía entre cuatro y ocho personas, 1 con 4 (14 %), 1 con 5 (14 %), 4 con 6 (56 %), 1 con 8 (14 %).
- Qué tiempo (en días) le lleva cada quemada (desde colocar la carga hasta retirar la producción): varía entre tres y ocho días, 1 con 3 (14 %), 3 con 4 (42 %), 1 con 6 (14 %), 2 con 8 (28 %).
- Información combustibles alternos.
- Que otros combustibles conoce para usar en la producción de ladrillos: todos los entrevistados refieren no conocer otros combustibles para su producción.
- Impactos ambientales
- Describa las acciones que realizan para prevenir daños al medio ambiente: todos los entrevistados refieren no aplicar acciones para mitigar los impactos ambientales.
- Tiene quejas de vecinos: todos los entrevistados refieren no tener problemas con los vecinos.

5.2.2. Análisis resultados de la encuesta

De acuerdo a los resultados de la encuesta, se realizan las siguientes observaciones:

- La gran parte de las ladrilleras son informales y carecen de conocimientos sobre el proceso de producción, comercialización y gestión del negocio.
- El esquema de trabajo es familiar, en la mayoría de los casos, la mayoría de las personas que trabajan en la industria ladrillera en el municipio de

El Tejar son: trabajador de la familia, ladrillero común asalariado o temporal.

- El tiempo de funcionar de las fábricas es variable, la gestión empresarial en ellas es casi inexistente sin embargo las empresas tienen gran importancia en la economía del municipio al generar fuentes de trabajo.
- Las instalaciones con que cuentan la mayoría de las fábricas son básicamente: los hornos, un espacio de terreno como patio de producción (mezcla, manejo y almacenamiento).
- El nivel de producción de las fábricas ha variado debido a varios factores (menor demanda, competencia fábricas industriales, otras fuentes de ingresos, trabajan sobre pedido). El mercado principal de los productores de ladrillo artesanal está en la actividad de construcción de viviendas particulares.
- Aunque algunas fábricas indican contar con control de calidad (42 %) no especificaron de que tipo, el resto no tiene ningún control en los materiales y productos elaborados, lo que afecta la calidad de sus productos, provoca mayor desperdicio en sus operaciones, reduciendo las ganancias y el interés del cliente.
- Los hornos en su mayoría son del tipo artesanal de fuego directo, de tiro natural y abierto a la atmósfera, geometría rectangular (84 %) solamente uno tipo colonial, en ninguna fábrica indican haber realizado mejoras en el diseño de los hornos, en el proceso de cocción o quema de ladrillos (todas las fábricas utilizan leña como combustible).
- Dadas las características de los hornos (estructura de ladrillos, los materiales utilizados para la construcción del horno son adobe y arcilla) el mantenimiento que necesitan en mínimo, del total de fábricas solo el 42 % indican contar con algún mantenimiento (no especificaron tipo).
- En el municipio de El Tejar la cocción es artesanal y depende del quemador u hornero que arma las cargas y distribuye el combustible

según su propia experiencia y apreciación. Existe poco conocimiento sobre las diferentes tecnologías y materiales que pueden ser utilizados en la industria ladrillera.

- Todas las fábricas compran la leña que utilizan como combustible, el 14 % lo hace en el municipio, el resto (86 %) la compran en lugares más alejados, la calidad y costo de la leña varían de acuerdo al lugar de origen y tipo de cada una.
- Los costos y condiciones de producción de cada fábrica varían de acuerdo a diferentes factores, la información suministrada sobre este tema fue mínima, lo dificultó integrar el costo final del producto terminado (materiales + combustible + personal + otros costos). Costo promedio del millar de ladrillos Q700 y el de tejas Q1500
- En la mayoría de las fábricas no se aplican prácticas de seguridad en el trabajo, los operadores no utilizan equipos de protección personal para sus actividades.
- De acuerdo a los resultados de la encuesta y el trabajo de campo realizado, se observa que el proceso de producción no ha cambiado.

5.3. Características combustibles evaluados

Idealmente para la selección de un combustible se analizan los requerimientos del transporte, manipulación, almacenaje y combustión, calidad del servicio energético, impactos al medio y sobre los productos, residuales y desechos, etc., y luego, a partir de las características físicas y químicas se escoge el método de preparación y densificación óptima, la máquina capaz de lograrlo, la transportación y el almacenaje, el sistema de combustión, etc. Para propósitos de este trabajo únicamente se consideraron los siguientes tipos de combustibles:

- Leña
- Biomasa
 - Desechos madereros
 - Desechos agrícolas (Bloque sólido de combustible).

Tabla 9. **Tipos de combustibles de madera**

Combustibles de madera	Combustibles de madera directos	Madera utilizada directa o indirectamente como combustible, producida con fines energéticos
	Combustibles de madera indirectos	Principalmente, biocombustibles sólidos producidos a partir de las actividades de elaboración de la madera
	Combustibles de madera recuperados	Madera utilizada directa o indirectamente como combustible, derivada de actividades socioeconómicas ajenas al sector forestal
	Combustibles derivados de la madera	Principalmente, biocombustibles líquidos y gaseosos producidos en actividades forestales y por la industria de la madera

Fuente: elaboración propia.

5.3.1. Leña

La leña como combustible es ampliamente usada en los países subdesarrollados ya que posee múltiples beneficios económicos, sociales y ambientales; estimaciones para el balance energético nacional según el Ministerio de Energía y Minas da cuenta que el 74% de la energía que se consume en el país proviene de la leña.

De un árbol corriente se obtienen menos de las dos terceras partes para su ulterior elaboración, mientras el tercio restante o se queda abandonado, se quema o lo recogen como leña los habitantes del lugar; después de la elaboración, sólo un 28 % del árbol se convierte en madera aserrada, quedándose el resto en residuos.

Dentro de los datos interesantes del uso de leña en Guatemala se pueden mencionar los siguientes:

- Se calcula que cada año en Guatemala se queman 19 millones 456 mil 552 metros cúbicos sólidos. Aparte de los usados en la pequeña y mediana industria.
- Especies de leñas que se utilizan en el departamento de Sacatepéquez: aliso, encino, pino, gravilea y ciprés.
- El largo del leño que se comercializa varía entre 33 y 60 cm.
- Los comerciantes apilan y venden la leña por tarea, metro y tercio.
- La tarea convencional mide 0.84 m de altura, 3.35 m de largo y 0.40 m de ancho.
- La leña es energía renovable y menos contaminante, no contribuye al cambio climático global, siempre y cuando provenga de un manejo sustentable del recurso.

Información sobre el consumo de leña y carbón en Centroamérica se incluyen en la siguiente tabla.

Tabla 10. **Consumo de leña y carbón en Centroamérica (miles de m³)**

País	001	002	003	Consumo per cápita (m ³)	Población usa leña
Belice	26	26	26	0.47	-
Guatemala	4540	4870	5207	1.0	60
Honduras	732	720	710	1.26	-
El Salvador	518	518	518	0.65	26 (urbano) 100 (rural)
Nicaragua	756	791	827	1.06	64.3
Costa Rica	486	474	463	0.81	11.8
Panamá	280	264	248	0.38	20.7

Fuente: Revista Domingo No. 236, 11 de enero 2009. Prensa Libre.

La Asociación Energética Finlandesa realizó un manual para clasificar la calidad de la madera para su utilización como combustible a través de una serie de características:

- Especie del árbol: dependiendo de la especie de árbol de que se trate, su comportamiento energético será diferente, ya que esto condiciona las características de densidad, poder calorífico, entre otras
- Poder calorífico: el poder calorífico inferior de la leña oscila entre las 3.000 - 4.000 kcal/kg dependiendo de la especie que se trate y sobre

todo la humedad que contenga

- Longitud: 25-33 cm es la ideal para chimeneas y estufas, mientras que la mayor es utilizada principalmente para grandes estufas como calefacciones centrales y horno
- Densidad: la densidad de dos piezas de madera para un mismo volumen determinado y poder calorífico, nos indica que, aquella que tenga más peso contendrá más energía que aquella que pese menos
- Diámetro: el mínimo diámetro debe ser de 4 cm, mientras que el máximo debe rondar por los 10-15cm
- Contenido en humedad. es uno de los factores más importantes. Debe ser el más bajo posible para conseguir alcanzar el máximo poder calorífico que contenga la madera

5.3.2. Biomasa

El aprovechamiento de residuos agrícolas ha adquirido cada vez mayor importancia debido al aumento en los precios de los combustibles fósiles, además es la única fuente de energía natural que contiene carbono, que existe en gran cantidad y puede ser usada como sustituto de los combustibles fósiles.

Por esta razón, evaluar el uso la biomasa como combustible en la industria ladrillera del municipio de El Tejar constituye un reto importante, los canales de distribución de la biomasa no está tan desarrollados como los de otros combustibles lo que afecta su uso.

No obstante, para poder utilizar esta energía renovable es necesario cumplir dos condiciones:

- Disponer de una fuente de biomasa cercana a precios razonables

- Tener una demanda energética suficiente para que la instalación sea rentable

Su uso plantea ventajas como bajos costos de adquisición por ser productos de desechos agroindustriales y su uso constituye una mejora en la producción más limpia de ladrillos, reduciendo el alto impacto ambiental. Se debe tener en cuenta que en determinadas aplicaciones de biomasa es necesario un proceso previo de secado, además se deben manejar altos volúmenes, conocer el poder calorífico comparado con el uso de combustibles tradicionales (la biomasa posee menor densidad energética, o lo que es lo mismo, para conseguir la misma cantidad de energía es necesario utilizar más cantidad de recurso).

La biomasa supone algo más del 50% de las fuentes de energía renovables utilizadas actualmente. En los restos de madera podemos encontrar poderes caloríficos superiores de entre los 16.000 KJ/kg de las podas de cultivos leñosos o de la corteza del eucalipto y los más de 20.000 KJ/kg de la madera de pino.

A continuación se presentan algunos valores de calor específico para ciertos tipos de biomasa.

Tabla 11. **Valores de calor específico diferentes tipos de biomasa**

Tipo de combustible	MJ/kg
Madera 0% humedad	20.0
Madera 20% humedad	15.0
Papel	17.0
Hueso de aceituna 9% humedad	17.0
Pellets 5.4% humedad	18.47
Paja	14.0
Cáscara de arroz seca	15.0
Caña de azúcar seca	14.0
Cáscara de almendra 12% humedad	15.8
Carbón	28.0

Fuente: elaboración propia.

- **Bloque Sólido Combustible (BSC).**

La fabricación de los BSC es una importante contribución al uso de energías limpias no contaminantes y al reciclaje de desechos que en muchos casos no tienen un destino previsto, de modo que se trata de una tecnología que disminuye el impacto ambiental. Para su fabricación se utilizan prensas de pistón que actúan mediante compresión (elevadas presiones), mediante las que se obtienen aglomerados cilíndricos o prismáticos continuos que se cortan posteriormente según la necesidad de producción.

Puede ser una variante energética viable para los medianos y pequeños productores de ladrillos que podrían de este modo contribuir de forma estable al desarrollo comunitario con un importante impacto social creando además nuevas fuentes de empleo.

Dentro de los residuos que se pueden aprovechar para ser utilizados como combustibles están la cascarilla de café, (posee un buen poder calorífico), cascarilla de arroz (actualmente es subutilizada en Guatemala, su poder calorífico es similar al de la leña).

5.4. Evaluación combustibles

La evaluación de la biomasa como un combustible alternativo será necesaria antes de poder sugerirlo como un sustituto a los combustibles tradicionales.

5.4.1. Energética

El ladrillo necesita alrededor de 30.000 BTU para su fabricación, siendo necesaria una cocción a altas temperaturas que se consigue a través de la quema de combustibles en los hornos. El combustible es el principal factor en la actividad ladrillera, una combustión eficiente es vital para alcanzar una buena eficiencia térmica, lo que implica aprovechar al máximo la energía disponible en el combustible.

Con el nombre de poder calorífico se designa la cantidad de calor, expresada en kilocalorías, que libera la combustión completa a una presión constante de un kilo de combustible (sólido o líquido) o de un m³ de combustible gaseoso.

5.4.1.1. Leña

Dependiendo de la variedad y su contenido de humedad, el poder calorífico de la leña oscilar entre 4.000 y 5.000 Kcal/kg; por peso, todas las maderas tienen aproximadamente el mismo poder calorífico, pero por volumen las maderas duras tienen un poder calorífico más alto que las blandas.

El valor calorífico de la madera depende de las especies y de la parte del árbol que se aproveche; varía entre 17 y 23 MJ/kg de madera en seco (MS); generalmente las coníferas tienen valores calóricos superiores a las maderas duras o frondosas, con un valor medio de 21 MJ/kg (MS) para maderas resinosas y 19,8 MJ/kg (MS) para otras maderas que se emplean, por esta razón la corteza con un alto contenido de goma y resina, suele tener un valor superior al de la madera.

Tabla 12. Poder calorífico de diversas especies de leña seca

Especie	PCS, Kcal/kg
Eucalipto	4.593
Pino	4.892
Cedro	4.316
Ciprés	5.123
Encino	4.658
Roble	4.083

Fuente: elaboración propia.

5.4.1.2. Biomasa

El contenido energético de la biomasa se mide en función del poder calorífico del recurso, aunque para algunos de ellos, como es el caso de la biomasa residual húmeda o de los biocarburantes, se determina en función del poder calorífico del producto energético obtenido en su tratamiento. Un kilogramo de biomasa permite obtener 3.500 Kcal, mientras que un litro de gasolina tiene aproximadamente 10.000 Kcal, por cada tres kilogramos que desperdiciamos de biomasa, se desaprovecha el equivalente a un litro de gasolina.

De acuerdo a lo establecido anteriormente, se presenta información sobre las alternativas evaluadas:

- El poder calorífico de las briquetas de algodón es (4.488 T cal/10:3 TM) superior al de la leña (3.6 T cal/10:3 TM) por lo que la cantidad de briquetas por quemar a consumir sería inferior a la de la leña.
- La pulpa deshidratada del café se comporta como buen combustible, capaz de proveer hasta 4200 Kcal/kg.
- El ladrillo de combustible sólido posee un valor calorífico similar al de la leña húmeda, por lo que puede reemplazar satisfactoriamente a una gran parte de la leña en la producción de ladrillos.

5.4.2. Ambiental

La actividad de fabricación de ladrillos genera impactos sobre la calidad del aire (emisiones de humos procedentes de los hornos en la etapa de cocción) y sobre la morfología del terreno (explotación de las

canteras); la actividad no genera efluentes de proceso, pero si residuos sólidos inertes.

Los factores que influyen en el grado y riesgo de contaminación ambiental por la industria ladrillera artesanal en el municipio de El Tejar y que pueden ser mejorados son:

- Ubicación de la planta productora
- Materia prima
- Tipo de combustible utilizado
- Tecnología de fabricación empleada: Mezcla, moldeo y cocción
- Sistemas de control, eficiencia y prácticas operativa

5.4.2.1. Leña

Mucho se habla del aporte que la leña hace a la contaminación del aire, ya que su uso no sólo involucra la liberación de CO₂ y otras partículas, sino que además la tala de los bosques. Las emisiones no solo dependen de las tecnologías antiguas, de la calidad de la leña (tamaño inadecuado, % humedad), si no también; de las etapas de combustión, tiempo de encendido, y de una nueva recarga (aumentan las emisiones).

La leña en sí misma no es contaminante, los principales problemas de contaminación, están asociados a los productos de una combustión incompleta e ineficiente los que pueden generar emisiones tóxicas como: material particulado (MP₁₀), monóxido de carbono (CO), componentes orgánicos volátiles (COVS), compuestos orgánicos policíclicos (HAPS), óxidos de nitrógeno (NO_x), pequeñas cantidades óxidos de azufre (SO_x) y residuos minerales cenizas (Na y K), contaminantes y que no contribuyen a una

combustión eficiente.

El material particulado (MP₁₀), se encuentra entre las sustancias contaminantes más importantes, corresponde a partículas sólidas o líquidas con un diámetro inferior a 10 micrómetros, en donde la fracción más pequeña de MP₁₀ es 100% respirable, y se conoce como MP_{2.5}.

Durante la quema en un horno tradicional que utiliza predominantemente leña como combustible se producen 4.7 kg de óxido de nitrógeno, 61.8 kg de compuestos orgánicos volátiles y 279.9 kg de monóxido de carbono.

Un horno de este tipo consume entre 3 y 5 toneladas de leña por quema en un lapso de entre 10 y 36 horas. En general, el contenido de humedad de la leña recién cortada varía entre el 40 a 50%; luego de estar expuesta a la intemperie, en época no lluviosa, la humedad promedio de la leña disminuye.

Tabla 13. **Variación de la cobertura forestal en los departamentos de Guatemala, Chimaltenango y Sacatepéquez**

Departamento	Cobertura forestal (km ²)		Deforestación anual	
	1977	1992	km ²	%
Alta Verapaz	4218.0	1943.0	151.7	3.6
Baja Verapaz	1310.0	972.0	22.5	1.7
Chimaltenango	680.0	552.0	8.5	1.3
Escuintla	147.0	181.0	-2.3	1.5
Guatemala	543.0	251.0	19.5	3.6
Sacatepéquez	147.0	100.0	3.1	2.1

Fuente: elaboración propia.

5.4.2.2. Biomasa

La principal ventaja de la biomasa frente a otras alternativas energéticas es su carácter de fuente energética renovable, su aprovechamiento como fuente energética puede considerarse especialmente beneficioso, ya que por sus características no requiere actividades extractivas responsables de impactos ambientales graves y de difícil recuperación posterior, no plantea problemas en su transporte, ni existe la posibilidad de graves accidentes en su manipulación, almacenamiento y aprovechamiento.

Otro aspecto que es importante mencionar del proceso de cocción de ladrillos es que los hornos utilizan combustibles diferentes, estos al ser quemados afectan a los trabajadores en las ladrilleras y a los vecinos de las comunidades productoras.

Tabla 14. **Efecto contaminante de los tipos de combustibles utilizados en ladrilleras**

Combustible	Grado de Contaminación Atmosférica	Efecto adicional sobre el entorno
Llantas usadas	Muy alto, cancerígeno	Ennegrecimiento del entorno, suelo, casas, etc.
Plásticos (bolsas, botellas, etc)	Muy alto, cancerígeno	No precisado
Ramas y hojas frescas de eucalipto	Alto, gran cantidad de humo denso dificulta la visibilidad	Deforestación por consumo indiscriminado, erosión de suelos, disminución de lluvias
Leña seca de eucalipto u otra especie	Medio	Deforestación por consumo indiscriminado, erosión de suelos, disminución de lluvias
Cáscaras de arroz o café	Medio	Aprovechamiento de residuos
Aserrín de madera	Medio	Aprovechamiento de residuos
Hidrocarburo líquido (diesel, residual)	Medio	Riesgo de contaminación de suelos por derrames
Carbón de piedra (Antracita)	Bajo	No representativo
Gas (GLP, GNP)	Muy bajo	No representativo

Fuente: Análisis de los parámetros y selección de hornos para la combustión de biomasa. 2009

5.4.3. Económica

Tradicionalmente, la economía del municipio de El Tejar se ha basado en la fabricación de ladrillos y tejas, de donde surge el nombre del municipio, actualmente el número de hornos ha declinado y la mayoría de ladrilleras hallan difícil mantener a sus empleados, pues las maquiladoras ofrecen oportunidades de empleo más atractivas y menos duras físicamente, los pequeños productores, también sufren de altos costos de producción y bajos precios por sus productos.

Desde el punto de vista productivo, la artesanía se concibe como una actividad industrial, aunque en algunos casos los márgenes de ganancia y el mercadeo de la producción sea realizada en condiciones diferentes.

El sector ladrillero artesanal se caracteriza por ser una economía de subsistencia, utilización de una gran cantidad de mano de obra poco calificada, escasa tecnificación y desfavorables condiciones de comercialización.

5.4.3.1. Leña

Los bosques del mundo son una fuente renovable de materiales, energía y servicios, entre otros, contribuyendo al bienestar social y económico de la población, además de formar un componente vital en el ambiente. Como recurso natural, representa un activo que genera un amplio flujo de bienes y servicios que van desde los fácilmente valorables hasta los difícilmente valorables.

- La tarea de leña cuesta Q240.00, y se necesitan 5 trabajadores para meterla al horno durante medio día.

* 1 Tarea de leña = 1 m³ de leña apilada de prisma 60 cm x 3,32 m. x 83 cm de alto

- Hornos tienen que ser calentados con leña 24 horas antes de la cocción de los ladrillos.

5.4.3.2. Biomasa

El fomento de la producción de biomasa para uso energético permite el desarrollo de una nueva actividad en las áreas rurales, sobre la base de un mercado con una demanda continua y sin fluctuaciones, que genera puestos de trabajo estables, bien remunerados y supone una nueva fuente de ingresos para las industrias locales.

- Independencia de las fluctuaciones de los precios de los combustibles provenientes del exterior (no son combustibles importados)
- Mejora socioeconómica de las áreas rurales

En general los costos de inversión para instalaciones de biomasa son superiores a sus homólogos para instalaciones de combustibles convencionales. Además los costos debidos al suministro de la biomasa varían según la cantidad demandada, la distancia de transporte y los posibles tratamientos para mejorar su calidad, como el secado, el astillado o la peletización.

La información existente sobre sistemas de disposición final de desechos sólidos, cobertura de servicios y disposición final en regiones cercanas al municipio de El Tejar se presenta en las siguientes tablas.

Tabla 15. **Sistemas de disposición final desechos sólidos cercanos al municipio de El Tejar**

Sistemas de disposición final de DS (construidos/proyecto)			
Departamento	Municipios beneficiados	Sistema	Estado actual
Chimaltenango	San Martín Jilotepeque	Incinerador	
Sacatepéquez	San Antonio Aguas Calientes	Sistema de manejo de DS	Operando parcialmente

Fuente: elaboración propia.

Tabla 16. **Cobertura servicio de desechos sólidos y destino final de los mismos (toneladas métricas), 2002**

Cobertura de servicio de desechos y destino final de los mismos por departamento (toneladas métricas)								
Departamento	Zonas urbanas			Zonas rurales			Total recolectado	
	Cobertura recolección (%)	Destino (T/año)		Cobertura recolección (%)	Destino (T/año)		Destino (T/año)	
		Botaderos municipales	tras*		Botaderos municipales	tras*	/año	
Guatemala	81.3	323976.42	4518.56	29.2	16932.73	1056.07	40909.15	3.41
Chimaltenango	48.3	6625.82	985.19	4.3	778.77	7332.26	304.59	.36
Sacatepéquez	47.9	25933.52	8207.44	2.9	909.8	0462.48	8843.32	.99

Otros* formas de disposición final de los desechos: botaderos clandestinos, quemas y enterramiento de desechos.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 17. **Botaderos y disposición final de los desechos**

Identificación de botaderos y disposición final de basura						
Depto.	Origen			Agua		Total
	Municipal	llegal	Insignificante	Sobre vertiente	Sobre río o lago	Basurero s
Guatemala	1	29	-	-	-	30
Sacate- péquez	15	89	50	47	7	104
Chimal- tenango	7	96	73	20	10	103

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. La producción de la industria ladrillera del municipio de El Tejar se ha reducido de manera considerable por diferentes causas, una de éstas es la fuerte competencia de las fábricas localizadas en el área metropolitana del departamento de Guatemala, obligando a que algunas fábricas locales solo trabajen de manera temporal (sobre pedido) y otras hayan cerrado de manera definitiva.
2. En la industria ladrillera del municipio de El Tejar el proceso productivo es realizado en hornos de tecnología antigua (todas las fábricas utilizan leña), con un mayor consumo de combustible incrementando su costo de producción así como los impactos al ambiente.
3. En Guatemala es poca la información disponible sobre el aprovechamiento de los desechos agroindustriales (biomasa), por lo que es necesario realizar más investigación sobre el tema que permitan determinar la factibilidad de aprovecharlos (bagazo de caña, cáscara de arroz, cascabillo de café).
4. Para aprovechar el uso de la biomasa como combustible alternativo en la producción de ladrillos, es necesario conocer su contenido de humedad, composición química y poder calorífico (para la caracterización de la combustión y emisiones, la construcción y el funcionamiento de los equipos de combustión para usar con leña).

5. En Guatemala es poca la información disponible sobre los desechos agroindustriales lo que reduce su aprovechamiento.
6. Debido a las condiciones actuales de la industria ladrillera del municipio de El Tejar, no existe interés de parte de los propietarios de las fábricas en realizar cambios en sus instalaciones y procesos.
7. El uso de combustibles alternos a la leña (biomasa) además de propiciar la reducción de los costos reduce los impactos al medio ambiente.

RECOMENDACIONES

1. Se deben impulsar políticas que promuevan y faciliten la creación de instalaciones dedicadas al aprovechamiento y tratamiento de desechos agroindustriales.
2. Realizar una base de datos del número de ladrilleras existentes a nivel nacional, de manera que se puedan impulsar el uso de combustibles alternos en la industrial ladrillera.
3. Generar e impulsar las acciones que permitan la implementación de buenas prácticas en ladrilleras artesanales así como programas de charlas en temas de salud, tecnologías, gestión de producción, uso de equipos de protección personal, debido al desconocimiento de la mayoría de productores en estos temas.
4. Implementar mejoras en hornos tradicionales para hacerlos más eficientes y aprovechar mejor los combustibles que utilizan.
5. Elaborar proyectos piloto en el corto plazo para determinar la factibilidad de la producción de briquetas a base de desechos agros industriales, realizar pruebas a fin de demostrar no sólo la funcionalidad de estos combustibles sino también sus equivalencias energéticas con la leña en estos tipos de hornos.

6. Es importante incentivar a los propietarios de fabricas a organizarse en asociaciones para que puedan ofrecer sus productos y obtener otros beneficios (representados legalmente, concursar en licitaciones).

7. Es necesario realizar programas de capacitación sobre el tema impulsar la transferencia de tecnología apropiada a la industria ladrillera del municipio de El Tejar.

BIBLIOGRAFIA

1. American Society for Testing and Materials *Book of standards*. Cement, Concrete and Concrete Aggregates committees. USA: ASTM 2009. 175 p.
2. CALDERON A., Christian H. *Historia del ladrillo*. [en línea]. <http://www.monografias.com/trabajos14/ladrillocolomb/ladrillocolomb.shtml> [Consulta: 23 de octubre de 2011].
3. Calidad y competitividad de la agroindustria rural de América Latina y el Caribe: uso eficiente y sostenible de la energía. Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO, [en línea]. <http://www.fao.org/docrep/008/y5603s/y5603s00.Htm> [Consulta: 23 de octubre de 2011].
4. CHANDÌA MORAGA, Alfredo A. Desarrollo de un ladrillo de trayectoria térmica máxima. Facultad de Arquitectura, Construcción y Diseño. Universidad del Bío-Bío. Chile. [en línea]. cybertesis.ubibio.cl/tesis/2004chandia_a/doc/chandia_a.pdf. [Consulta 23 de octubre de 2011]
5. COGUANOR. Normas relacionadas con la industria de la Construcción. [en línea]. <http://www.coguanor.gob.gt/index.php?id=0>. [Consulta: 23 de octubre de 2011].

6. DI BERNARDO, Elio Ricardo. Sustentabilidad relativa: costos Ambientales de construcción y funcionamiento, un caso demostrativo de análisis: uso de arcillas del horizonte "A". Avance Energías. Renovables y Medio Ambiente. Vol.11. 2007. Centro de Estudios del Ambiente Humano. Facultad de Arquitectura, Planeamiento y Diseño. Universidad Nacional de Rosario. Argentina. [en línea]. www.unne.edu.ar/web/cyt/cyt/2006/07_Tecnologias/2006_T_081.pdf. [Consulta 31 octubre 2011].
7. EBEL, Gabriela A.; JACOBO, Guillermo J.; CORBALÁN, Rubén E. Desarrollo de criterios para la producción de ladrillos comunes según normas técnicas en la NEA. Jornadas de Investigación. 2007. Argentina. 2007: 4p.
8. *El Tejar cien años de historia*. El Tejar: Municipalidad Dirección Municipal de Planificación 2011. 14 p.
9. GALLEGOS R, Araceli S. Contaminación atmosférica por la fabricación de ladrillos y sus posibles efectos sobre la salud de los niños de zonas aledañas. Acta Nova; vol. 3, num. 2, junio 2006. Bolivia: Departamento de Ciencias Exactas de Ingeniería de la Universidad Católica Boliviana. 2006. 19 p.
10. GONZÁLEZ MESA, Leonardo. Estudio comparativo de bloques sólidos combustibles y maderas en la obtención de Eco materiales. [en línea]. <http://www.monografias.com/trabajos47/bloques-combustibles/bloques-combustibles.shtml> [Consulta: 24 de octubre de 2011].

11. Guía de buenas prácticas para ladrilleras artesanales. [en línea]. Perú. 2010. <http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/2/jer/AMBIENTE/guía-de-buenas-practicas-ladrilleras-artesanales.pdf> [Consulta: 24 de octubre de 2011].
12. *Informe de la Reunión de Expertos Pátzcuaro*, Michoacán México. 2002. [en línea]. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/008/y5603s/y5603s00.pdf> [Consulta: 24 de octubre de 2011].
13. MACIAS, S. Goñi; GUERRERO , A; FERNANDEZ. E. Inmovilización/ solidificación de residuos tóxicos y peligrosos en matrices de cemento. España. Instituto de Ciencias de la Construcción. Eduardo Torroja. (CSIC). 1999. 75 p.
14. MATEOS DE VICENTE, Manuel. *Los residuos- su uso ecológico en la construcción*. [en línea]. Iowa State. University. <http://www.ciccp.es/imgweb/sede%20nacional/colaboraciones/residuos.pdf> [Consulta: 25 de octubre de 2011].
15. Programa Eficiencia Energética en Ladrilleras Artesanales-EELA. Cusco. 2008. Caracterización de los hornos usados en la Industria Ladrillera. [en línea] <http://www.redladrilleras.net/documentogaleria/memoria%20descriptiva>. [Consulta: 25 de octubre de 2011].
16. Programa Regional de Aire Limpio; Ministerio de la Producción. Estudios Diagnósticos sobre las Ladrilleras Artesanales en el Perú. 2004. [en

línea].

http://www.redladrilleras.net/documentos_galeria/Sistematizacion%20ladrilleras%20Pral%20Peru.pdf [Consulta 25 de octubre de 2011].

17. RAMÍREZ PINTO, Carlos. *Utilización de residuos forestales: gestión ambiental y sostenibilidad*. [en línea]. 2006. <http://www.gestiopolis.com/canales7/ger/utilizacion-de-residuos-forestales.htm>. [Consulta 25 de octubre de 2011].
18. SÁNCHEZ, Teodoro; RAMIRO Saúl. *Uso de cascarilla de arroz como fuente energética en ladrilleras. “Una experiencia piloto desarrollada por ITDG”- Perú*. [en línea]. http://www.cedecap.org.pe/uploads/biblioteca/24bib_arch.pdf [Consulta: 25 de octubre de 2011].
19. SOLORZANO ARCE, Arturo; RODRIGUEZ RIVERA, Patricia. *Informe final investigación de alternativas energéticas y mejoramiento de hornos de producción de ladrillos y tejas de barro, en el municipio de La Paz Centro, León. Nicaragua. Proyecto Regional Centroamericano de Apoyo a la Producción y Ejecución de Proyectos Nacionales para Microempresarios (PROMICRO), Programa Nacional de Apoyo a la Microempresa (PAMIC). León, Nicaragua. 2005*. [en línea]. <http://www.microfinanzas.org/centro-de-informacion/documentos/alternativasEnergeticas>. [Consulta: 25 de octubre de 2011].

20. TOSCANO MORALES, Luis Alberto. Análisis de los parámetros y selección de hornos para la combustión de biomasa. [en línea]. Ecuador. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción (aplicación a biomasa locales típicas). Guayaquil, Ecuador. 2009. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/7776/1/D-39043.pdf>. [Consulta 26 de octubre de 2011].

APÈNDICE

Boleta encuesta Industria ladrillera municipio de El Tejar, departamento de Chimaltenango.

1. Datos generales entrevistado
 - 1.1. Nombre
 - 1.2. Edad
 - 1.3. Nivel de estudio
 - 1.4. Calidad del entrevistado: Propietario Trabajador Otro
 - 1.5. Tiempo de realizar esta actividad
 - 1.6. Puesto en la empresa: _____

2. Datos personales fábrica
 - 2.1. Nombre empresa: _____
 - 2.2. Dirección: _____
 - 2.3. Tiempo de funcionar: _____
 - 2.4. Tipo de negocio: Propio Empresa familiar Sociedad Otro
 - 2.5. Características administración interna
 - 2.5.1. Número de trabajadores:
 - 2.5.2. Cómo se administra la fábrica:
Se divide en departamentos Dueño administra
Administrador Otro
 - 2.5.3. Jornada de trabajo: _____
 - 2.5.4. Principales actividades o servicios que ofrecen: _____

2.6. Características instalaciones:

2.6.1. Dimensiones o Área que ocupa: _____

2.6.2. Tipo de construcción: mampostería concreto informal

2.6.3. El área para almacenamiento de materiales es adecuada:

SI NO

2.6.4. Las áreas para secado y almacenamiento de producto terminado son adecuadas:

SI NO

3. Datos operación fábrica

3.1. Producción

3.1.1. Tipo de productos que elaboran: _____

3.1.2. Capacidad de producción: _____

3.1.3. Número de hornos: _____

3.1.4. Tipo de hornos: _____

3.2. Control de calidad

3.2.1. Cuentan con control de calidad SI NO

1.1.1. De que tipo: _____

1.1.1 Cuentan con control de materiales: SI NO

1.1.3. De que tipo: _____

3.3. Combustibles operación hornos

3.3.1. Señale los tipos de materiales que pueden servir como combustible:

Leña Subproductos de madera (aserrín, trozos, otros)

Residuos Plásticos Residuos agrícolas (maíz, café)

3.3.2. Tipo de combustible que utilizan:

Solo leña Combinan leña con otro tipo

* Si su respuesta incluye leña continúe en la pregunta

** Si su respuesta incluye otros tipos de combustible continúe en la pregunta 3.2.10

3.3.3. Forma de adquirir la leña:

Compra Fuente propia Otro:

3.3.4. Lugar donde adquiere la leña:

En el municipio En el departamento Otros departamentos

3.3.5. Tipos de leña (árbol) que utiliza como combustible:

3.3.6. Costo de cada una: (especificar si incluye-flete)

3.3.7. Cual cree que le da mejores condiciones de quemado:

3.3.8. Cantidad de leña que consume al mes:

3.3.9. Señale ventajas y desventajas de utilizar solo leña como combustible:

3.3.10. Forma de adquirir los materiales:

Compra Fuente propia Otro:

3.3.11. Lugar donde adquiere los materiales:

En el municipio En el departamento Otros departamentos

3.3.12. Tipos de materiales que utiliza como combustible:

3.3.13. Costo de cada uno: (especificar si incluye flete):

3.3.14. Cuál cree que le da mejores condiciones de quemado:

3.3.15. Cantidad de materiales que consume al mes:

3.3.16. Señale las ventajas y desventajas de utilizar otros materiales como combustible:_____

3.3.17.

3.4. Proceso de quemado

4. Producción

4.1. Lista de productos y subproductos elaborados_____

4.2. Cuentan con control de producción SI NO

4.3. De que tipo:_____

4.4. Cuentan con control de materiales SI NO

4.5. De que tipo:_____

4.6. Conoce su volumen de desperdicios SI NO

4.7. Cuando revisó sus procesos productivos por última vez

Hace un año Hace tres años + de cinco

Comentario:_____

4.8. La empresa cuenta con un plan destinado al ahorro de energía

SI NO

4.9. Si su respuesta fue si, hace cuanto tiempo:_____

5. Equipos

5.1. Mencione los principales equipos que cuenta la empresa

5.1. Indique tiempo de servicio de los equipos

Menos de cinco años Más de cinco años Más de diez años

5.2. Califique la eficiencia de sus equipos

Buena Mala Regular Comentario:

5.3. Conoce el consumo de energía de sus equipos SI NO

5.4. Cuentan con programa de mantenimiento SI NO

5.5. Cuentan con bitácora de mantenimiento SI NO

5.6. Considera que existen equipos que generen consumos altos de energía, agua, aire comprimido, energía hidráulica

SI NO

5.7. Cuáles _____

6. Aspectos ambientales

6.1. Cuentan con un instrumento de gestión ambiental SI NO

Especifique _____

6.2. Tiene un plan de inversión de nuevas tecnologías previstas en el presente año

6.3. Está dispuesto a efectuar cambios de proceso en su empresa

SI NO

6.4. Tiene problemas de contaminación la empresa actualmente

SI NO

6.5. Tiene quejas de vecinos SI NO

6.6. La empresa estaría en condiciones de invertir para mejorar sus problemas de generación de desperdicios y contaminación

- ambiental SI NO
- 6.7. Su planta cuenta con el equipamiento seguridad de su personal
SI NO
- 6.8. Desechos sólidos
- Servicio de extracción SI NO
 - Conoce la cantidad y tipo de Desechos sólidos SI NO
 - Tienen algún plan de educación de desechos o desperdicios
SI NO
 - Tiene algún plan de reciclamiento de desechos
SI NO
- 6.9. Agua potable
- Cuenta con programa de monitoreo calidad del agua
SI NO
 - Nombre Empresa responsable_____
 - Tienen algún plan de reducción de consumo de agua
SI NO
 - Indique Consumo de agua
Consumo de agua de la red_____m³/año
Consumo de agua de pozo:_____m³/año
Consumo otras fuentes: _____m³/año
Especificar:
Total: _____m³/año

6.9.1. Aguas residuales

6.9.2. Consumo de energía y combustibles

- Energía Consumida (total): _____KWh/año
- Autogeneración

Combustibles:

Otros:

Especificar:

Fecha: _____

Firma: _____

Fuente: elaboración propia.