



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

Impacto Ambiental de las Tecnologías de
Cogeneración de Energía
a partir de Biomasa

Trabajo Escrito vía cursos de educación continua

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO QUÍMICO

PRESENTA:

GERMAN LÓPEZ SANTIAGO



México,D.F.

2006



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Jurado asignado:

Presidente Prof. BENJAMIN RUIZ LOYOLA

Vocal Prof. MARIA DEL ROCIO CASSAIGNE HERNANDEZ

Secretario Prof. MARGARITA ROSA GARFIAS VAZQUEZ

1er. Suplente Prof. ALFONSO DURAN MORENO

2°. Suplente Prof. ZOILA NIETO VILLALOBOS

Sitio en donde se desarrolló el tema:

EDIFICIO "D", FACULTAD DE QUÍMICA, CIUDAD UNIVERSITARIA

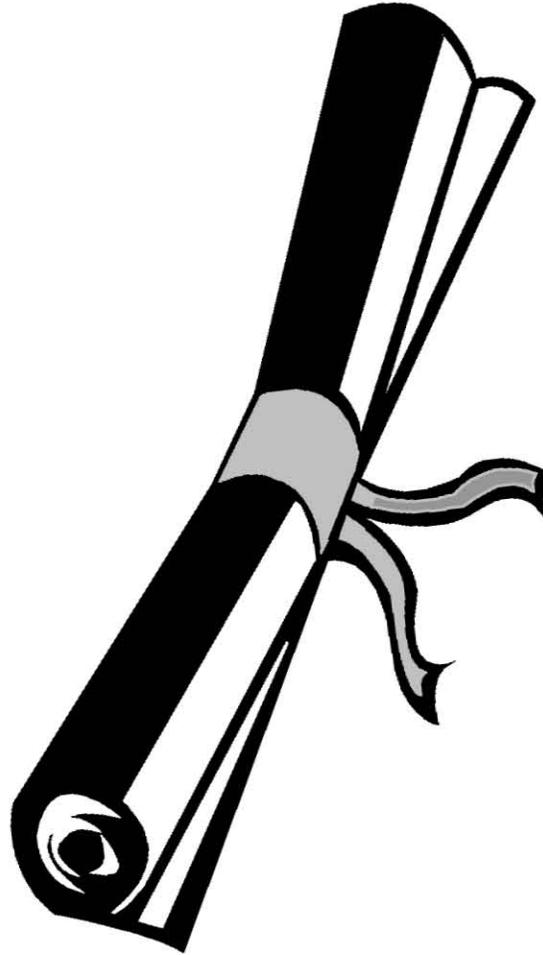
Asesor del tema

MARIA DEL ROCÍO CASSAIGNE HERNÁNDEZ

Sustentante

GERMAN LÓPEZ SANTIAGO

COMO UNA MUESTRA DE MI AMOR, CARIÑO Y
AGRADECIMIENTO



DEDICO ESTE TRABAJO A :

MIS PADRES

TEREZO LÓPEZ Y JULIA SANTIAGO

MI HERNANA

ELOISA

MI QUERIDA SOBRINA

TERESA AYDE

HOY ES UN GRAN DÍA, HOY TERMINA UNA LARGA JORNADA DE SACRIFICIOS Y DESVELOS, HOY QUIERO QUE SEPAN QUE MI PRINCIPAL MOTIVACIÓN A LO LARGO DE TODO ESTE TIEMPO HAN SIDO USTEDES QUE CONFIARON EN MI Y ME ALENTARON A SEGUIR ADELANTE. GRACIAS POR AYUDARME A HACER POSIBLE UN LOGRO MÁS, EL CUAL NO SERÁ EL ÚLTIMO PERO QUIZÁ EL MÁS IMPORTANTE.

MUCHAS GRACIAS POR SU APOYO Y POR SER UNA FAMILIA MARAVILLOSA.

A LAS FAMILIAS:

LÓPEZ Y SANTIAGO

A MIS AMIGOS:

DE LA SECUNDARIA DIURNA # 279

DORA, ARACELI, ANTONIO, LUZ MARIA, TELMA, RAQUEL,
ADRIAN, RAMON, ANA ELVIA, SUSANA, MIRRELLA,..

DEL COLEGIO DE BACHILLERES # 17

NADINE, ELIZABETH, DORA, AGUSTÍN, EDUARDO, ROBERTO, ARTURO, ERASMO, GUADALUPE, KARINA, GABRIELA, JUANA, SOLEDAD, CARMEN, SILVANA, EVA, LILIANA, MARIO, MIGUEL, FABIOLA, DOLORES.

DE LA FACULTAD DE QUÍMICA

ROSALINDA, ADRIANA, ROSARIO, RAQUEL, ROMY, PATRICIA, GRISELDA, ANTONIA, ELIZABET, LUCIA, AIDA, EDIT, LILIANA, ANA, TERE, CONCHIS, KARLITA, KARINA, PATY, ITZEL, JANET, VERÓNICA, JUANA, ALEJANDRA, LUCY, GINA, MONICA, YATENEDIN, LETICIA, MARGARITA, CRISTINA, MILDRED, MARIO(□), DARIO, ALFREDO, VENTURA, RICARDO, RAYMUNDO, JUAN CARLOS, HECTOR, JORGE, ROBERTO, JAIME, JULIO.

PORQUE SON DE ESA CLASE DE PERSONAS QUE TODO LO COMPRENDEN Y DAN LO MEJOR DE SI MISMAS SIN ESPERAR NADA A CAMBIO, PORQUE SABEN ESCUCHAR Y BRINDAR AYUDA CUANDO ES NECESARIO, PORQUE SE HAN GANADO EL CARIÑO, ADMIRACIÓN Y RESPETO DE TODOS AQUELLOS QUE LOS CONOCEN.

SINCERAMENTE GRACIAS.

GERMÁN

DEL INSTITUTO HARMON HALL SAN ANGEL

IRENE, TONY, Sra. GRACIELA, LOREYN, CLAUDIA, NANCY SERGIO, RODRIGO, MARCE, ALEJANDRA,...

A MIS COMPAÑEROS DEL DIPLOMADO

DARIO, RASARIO, NORMA, SUSANA, SARA, IVONNE,
GUILERMINA, ALEJANDRA, ISABEL, RAFAEL, DOLORES,
GABRIEL, LUCILA, LETICIA, ADRIANA.

A LA CAMUNIDAD DE SAN MIGUEL HUAUTLA NOCHIXTLAN
OAXACA.

GRACIAS POR SU APOYO INCONDICIONAL.

CON ESPECIAL AGRADECIMIENTO A LA MAESTRA

MARÍA DEL ROCIO CASSAIGNE HERNÁNDEZ

POR SU GRAN APOYO EN LA REALIZACIÓN DE ESTE
TRABAJO.

A LOS PROFESORES:

BENJAMÍN RUIZ LOYOLA

MARGARITA ROSA GARFIAS VAZQUEZ

POR SUS VALIOSOS COMENTARIOS Y APORTACIONES.

A LA ING. MARISOL PASALAGUA

POR TODAS LAS APORTACIONES DE INFORMACIÓN QUE NOS
BRINDO EN EL DIPLOMADO

CON GRAN AGRADECIMIENTO A LA UNIVERSIDAD
NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO Y EN ESPECIAL A LA
FACULTAD DE QUÍMICA.

POR TODA MI FORMACIÓN.

ÍNDICE

PÁGINA

Introducción	1
Capítulo 1. Energía	
Energía	2
Capítulo 2. Cogeneración	
¿Qué es cogeneración?	4
Clasificación de los sistemas de cogeneración	4
Descripción breve de algunos tipos de cogeneración	
Utilizados en plantas de cogeneración	7
Capítulo 3. Biomasa	
La biomasa	9
Tipos de biomasa	11
Usos de la biomasa en México	12
El uso de la biomasa como fuente de energía eléctrica	14
Situación legal de la producción de energía en México	15
¿Qué pasa en la quema de la biomasa?	15
Los tres procesos principales de la conversión termoquímica de la Biomasa	15
Capítulo 4. Impactos ambientales	
Determinación de los impactos ambientales significativos de una planta cogeneradora de electricidad mediante la utilización de biomasa como insumo	17
Metodología para determinar los aspectos ambientales	18
Discusión	25
Conclusiones	26
Bibliografía	27

ÍNDICE DE FIGURAS

PÁGINA

1	Clasificación de energía	2
2	Sistemas superiores de cogeneración.....	5
	a) Sistema superior de cogeneración con turbina de gas	
	b) Sistema superior de cogeneración con turbina de vapor	
3	Sistema inferior de cogeneración	6
	c) Sistema inferior de cogeneración con turbina de vapor	
4	Diferentes tipos de obtención de biomasa	11
5	Proceso de cogeneración	18

ÍNDICE DE CUADROS

1	Clasificación de la biomasa	9
2	Principales productos considerados como biomasa	14
3	Identificación de aspectos ambientales reales y potenciales	19
	a) Aspectos ambientales reales	
	b) Aspectos ambientales potenciales	
8	Identificación de las NOM'S aplicables ha los residuos sólidos	23
9	Identificación de las NOM'S aplicables ha las aguas residuales	24

INTRODUCCIÓN

Una de las grandes preocupaciones a nivel mundial es la buena utilización de la energía, puesto que no todos los recursos naturales son renovables y las reservas de hidrocarburos cada vez son menos, esto ha generado una gran concientización para conseguir que el mundo y en especial las grandes industrias busquen alternativas para generar su propia energía, recurriendo a nuevas tecnologías para su producción y que al mismo tiempo no altere el medio ambiente. Es por eso que en este trabajo se habla de la utilización de la cogeneración como una herramienta para la producción de energía eléctrica, su clasificación y se mencionan algunas tecnologías que se utilizan actualmente. En este caso se utiliza un residuo, la biomasa, sus diferentes tipos y se identifican los impactos ambientales significativos reales y potenciales que se generan y que deben ser tomados en cuenta para su utilización e implementación de la norma ISO 14001: 2004 y el marco legal que se aplica en nuestro país para esta tecnología y para el caso de los residuos que genere así como los elementos críticos de control en su operación

Capítulo 1. Energía

La energía juega un papel preponderante en las industrias y a nivel de los hogares; sin ella prácticamente no se podrían hacer y transformar las materias primas para hacer un producto o servicio

Figura 1. Clasificación de la energía.



Tanto en la física, la química y la biología como en la ingeniería y en general en el desarrollo tecnológico, la energía es, probablemente, el concepto de mayor importancia. Desde la ley de la gravitación universal hasta la física cuántica y la relatividad, desde el big-bang hasta las partículas elementales, la energía aparece como un elemento explicativo del universo.

La energía es también una noción indisoluble del estudio de la vida y la evolución. La vida requiere para mantenerse de una variedad de transformaciones de la energía, originalmente proveniente del sol. Asimismo, la energía es una noción esencial en el estudio de los ecosistemas. El funcionamiento de éstos depende de flujos de energía a través de las cadenas tróficas y de los ciclos de nutrientes.

La primera y segunda ley de la termodinámica son el marco de referencia en el que se sustenta el estudio de la energía.

- La primera ley de la termodinámica se refiere al concepto de energía interna, trabajo y calor. Nos dice que si sobre un sistema con una determinada energía interna, se realiza un trabajo mediante un proceso, la energía interna del sistema variará. A la diferencia de la energía interna del sistema y a la cantidad de trabajo le denominamos calor. El calor es la energía transferida al sistema por medios no mecánicos.

- La segunda ley de la termodinámica en términos más sencillos nos dice “no existe un proceso cuyo único resultado sea la absorción de calor de una fuente y la conversión íntegra de este calor en trabajo”.¹

Por otro lado, la energía, entendida como las fuentes energéticas, ha representado en el transcurso de la historia de la humanidad un elemento fundamental de desarrollo económico y tecnológico, así como fuente de conflicto y de cooperación social y cultural. Son indiscutibles por ejemplo, la relación entre el hombre y la mujer primitivos con el fuego, la agricultura con la energía hidráulica, la revolución industrial con el carbón, la modernidad con la electricidad, el transporte y la industria con el petróleo, la innovación militar y la medicina con la energía nuclear

En la actualidad, la energía es sostén de la actividad humana. Permite cocinar nuestros alimentos, provee iluminación en nuestros hogares, hace transitar a nuestros sistemas de transporte, produce movimiento y calor para hacer trabajar a nuestras fábricas y permite funcionar los sistemas de información.²

¹ La termodinámica y el concepto de entropía – Monografias.com

² Claudia Sheinbaum Pardo

Capítulo 2. COGENERACIÓN

¿Qué es Cogeneración?

Cuando una entidad presenta consumos térmicos y eléctricos importantes se puede plantear la instalación de un sistema de cogeneración, que consiste en la producción conjunta de energía térmica y eléctrica. Esta tecnología presenta como gran ventaja la consecuencia de rendimientos superiores a los sistemas de producción de energía térmica o eléctrica por separado.

El principio de funcionamiento de la cogeneración se basa en el aprovechamiento de los calores residuales de los sistemas de producción de electricidad. Aunque cada caso debe ser estudiado en detalle, en general la cogeneración es adecuada para empresas con consumos de energía eléctrica importantes, con un factor de utilización elevado (más de 5.000 h/año) y donde sea posible aprovechar energía térmica a temperatura media (alrededor de 400-500° C).

Un sistema de cogeneración basado en la utilización de biomasa permite disminuir el costo de la factura, tanto la eléctrica (existiendo la posibilidad de la venta del excedente de electricidad) como la de combustibles fósiles.¹

Clasificación de los Sistemas de Cogeneración.

Con base en la producción de electricidad y calor

Los sistemas de cogeneración pueden clasificarse de acuerdo con el orden de producción de electricidad y energía térmica en:

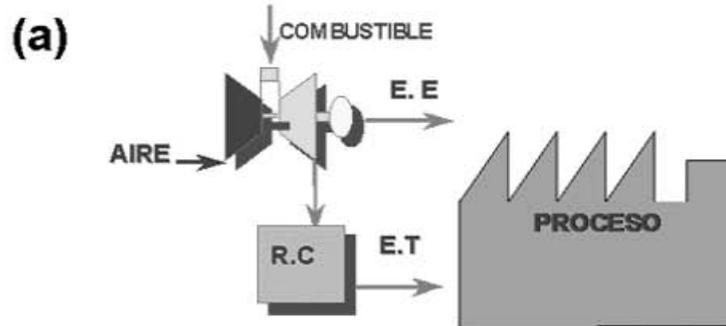
- Sistemas superiores (Topping Cycles)
- Sistemas inferiores (Bottoming Cycles)

Los sistemas superiores de cogeneración (ver figura. 2a y figura. 2b), que son los más frecuentes, son aquellos en los que una fuente de energía primaria (como el gas natural, diesel, carbón u otro combustible similar) se utiliza directamente para la generación de energía eléctrica en el primer escalón. A partir de la energía química del combustible se produce un fluido caliente que se destina para generar la energía mecánica y la energía térmica resultante, el denominado calor residual como vapor o gases calientes, es suministrada a los procesos industriales ya sea para secado, cocimiento o calentamiento, que constituyen el segundo escalón. Este tipo de sistemas se utiliza principalmente en la industria textil, petrolera, celulosa y papel, cervecera, alimenticia, azucarera, entre otras, donde sus requerimientos de calor son moderados o bajos con temperaturas de 250 °C a 600 °C.

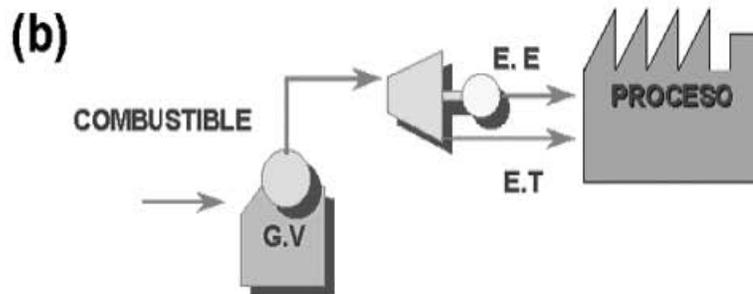
¹ Comisión Nacional Para El Ahorro de Energía CONAE

Figura 2. Sistemas superiores de cogeneración

Sistema superior con Turbina de gas



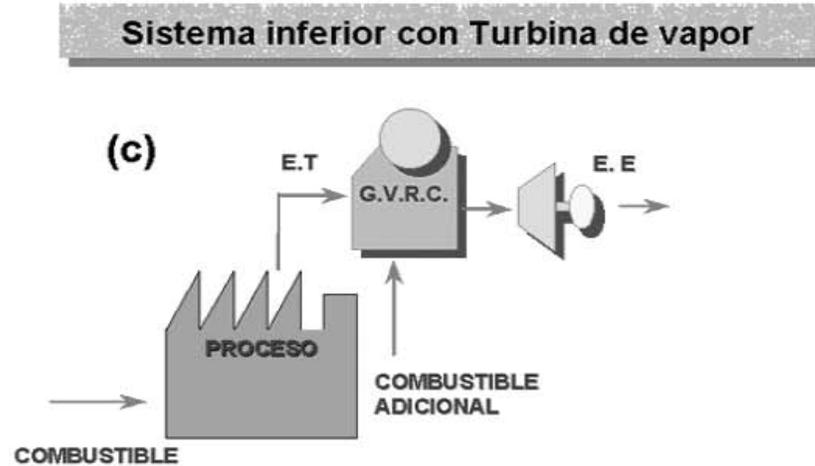
Sistema superior con Turbina de vapor



E.E. Energía eléctrica	E.T. Energía Térmica
R.C. Recuperador de calor	G.V. Generador de vapor
G.V.R.C. Generador de vapor con recuperación de calor.	

Los sistemas inferiores (ver Figura 3 c), la energía primaria se utiliza directamente para satisfacer los requerimientos térmicos del proceso del primer escalón y la energía térmica residual o de desecho, se usará para la generación de energía eléctrica en el segundo escalón. Los ciclos inferiores están asociados con procesos industriales en los que se presentan altas temperaturas como el cemento, la siderúrgica, vidriera y química. En tales procesos resultan calores residuales del orden de 900 °C que pueden ser utilizados para la producción de vapor y electricidad.

Figura 3. Sistema inferior de cogeneración



Existe una gran variedad de equipos y tecnologías que pueden ser considerados para una aplicación específica de cogeneración. Cada tecnología tiene sus características propias, que deben ser consideradas en el contexto de los requerimientos específicos del lugar.²

E.E. Energía eléctrica	E.T. Energía Térmica
R.C. Recuperador de calor	G.V. Generador de vapor
G.V.R.C. Generador de vapor con recuperación de calor.	

Descripción breve de algunos tipos de cogeneración utilizados en plantas de cogeneración

² Mario Rodríguez

Plantas de Motores Alternativos

Utilizan gas natural, gasóleo o fuel – oil como combustible. Las potencias unitarias oscilan entre 1.5 a 10 MW. Por asociación en paralelo de grupos generadores su potencia puede alcanzar tamaños muy superiores, pero partir de 15 MW, probablemente serán más rentables los ciclos con turbinas si se dispone de gas natural. El sistema de recuperación térmica se diseña en función de los requisitos de la industria y en general se basan en la producción de vapor a baja presión (hasta 10 bares), aceite térmico y en el aprovechamiento del circuito de alta temperatura del agua de refrigeración del motor.

Plantas con turbinas de gas.

La turbina de gas que se ha desarrollado en los últimos tiempos gracias a su aplicación a la industria aeronáutica y si bien sus rendimientos de conversión son diferentes a la de los motores alternativos, ofrecen la gran ventaja de la facilidad de recuperación del calor, que se encuentra concentrado en su práctica totalidad en sus gases de escape que al estar a una temperatura de unos 500 °C son idóneos para producir vapor en un generador de recuperación.- Sea que este vapor se produzca a la presión de utilización del usuario, o se genere a alta presión y temperatura para su expansión previa en una turbina de vapor, se definen como ciclos simples en el primer caso a combinados en el segundo.

Turbina de gas de ciclo simple.

Es la planta clásica de cogeneración y su aplicación es adecuada cuando los requisitos de vapor son importantes (> 10 t/h). Esta situación se encuentra fácilmente en industrias de tipo alimentario, química y sobre todo en la papelera. Son plantas de gran fiabilidad y economía cuando están diseñadas correctamente para una aplicación determinada. El diseño del sistema de recuperación de calor es crítico en este tipo de plantas, pues su economía está directamente ligada al mismo ya que a diferencia de las plantas con motores alternativos el precio del calor recuperado es esencial en un ciclo simple de turbina de gas.

Turbina de gas en ciclo combinado.

Como se ha dicho anteriormente, la recuperación de calor es esencial en un ciclo con turbina de gas. Si esta recuperación es adecuada se garantiza el éxito de la planta, y si se pierde calor éste

puede quedar altamente comprometido. Un ciclo combinado “ayuda” a absorber una parte del vapor generado en el ciclo simple y permite, por ello, mejorar la recuperación térmica, o instalar una turbina de gas de mayor tamaño cuya recuperación térmica no estaría aprovechada si no se utiliza el vapor en una segunda turbina de contrapresión. El proceso del vapor en un ciclo combinado es esencial para la eficiencia del mismo. La selección de la presión y temperatura del vapor vivo se hace en función de las turbinas de gas y vapor seleccionadas, pero a su vez esta se debe realizar con criterios de eficiencia y economía.

Ciclo combinado a condensación.

Este ciclo que se basa en procesos estrictamente cogenerativos es una variante del ciclo combinado de contrapresión clásico y tiene su fundamento en su gran capacidad de regulación ante demandas de vapor muy variables. Efectivamente, el proceso de regulación de una planta de cogeneración consiste en evacuar gases a través de un paso, cuando la demanda de vapor es menor a la producción y utilizar la postcombustión cuando sucede lo contrario.

Plantas con turbina de vapor.

Aunque el uso de esta turbina fue el primero en cogeneración, su aplicación en estos días ha quedado limitada como complemento para ciclos combinados o en instalaciones que utilizan combustibles residuales, como biomasa o residuos que se incineran.³

³ Asesoría Energética S.A.

Capítulo 3. BIOMASA

La biomasa.

La biomasa, en su definición más amplia, es toda la materia orgánica de origen vegetal o animal, incluyendo los materiales procedentes de su transformación natural o artificial.

La biomasa natural es la que se produce en la naturaleza sin la intervención humana. La biomasa residual es la que genera cualquier actividad humana, en los procesos agrícolas, ganaderos y los del propio hombre, tal como, basuras y aguas residuales.

La energía de la biomasa es aquella que se obtiene de la vegetación, cultivos acuáticos, residuos forestales y agrícolas urbanos, desechos animales, etc. Genéricamente las fuentes de biomasa se pueden clasificar como:

Cuadro 1. Clasificación de biomasa¹

- ⊗ Primaria recursos forestales
- ⊗ Secundaria básicamente los residuos como aserrín, residuos de las hojas de los árboles, agrícolas, pajas rastrojos y los urbanos.

Es la fuente energética más importante para la humanidad y en ella se basaba la actividad manufacturera hasta el inicio de la revolución industrial. Con el uso masivo de combustibles fósiles el aprovechamiento energético de la biomasa fue disminuyendo progresivamente y en la actualidad presenta en el mundo un reparto muy desigual como fuente de energía primaria. Mientras que en los países desarrollados, es la energía renovable más extendida y que más se está potenciando, en multitud de países en vías de desarrollo es la principal fuente de energía primaria lo que provoca, en muchos casos, problemas medioambientales como la deforestación, desertización, reducción de la biodiversidad, etc. No obstante, en los últimos años el panorama energético mundial ha variado notablemente.

El elevado costo de los combustibles fósiles y los avances técnicos que han posibilitado la aparición de sistemas de aprovechamiento energético de la biomasa cada vez más eficientes, fiables y limpios, han causado que esta fuente de energía renovable se empiece a considerar por las industrias como una alternativa, total o parcial, a los combustibles fósiles. La energía de

¹ Omar Guillén Solís

la biomasa proviene en última instancia del sol. Mediante la fotosíntesis el reino vegetal absorbe y almacena una parte de la energía solar que llega a la tierra; las células vegetales utilizan la radiación solar para formar sustancias orgánicas a partir de sustancias simples y del CO₂ presente en el aire. El reino animal incorpora, transforma y modifica dicha energía. En este proceso de transformación de la materia orgánica se generan subproductos que no tienen valor para la cadena nutritiva o no sirven para la fabricación de productos en diferentes aprovechamientos energéticos.²

Desde el punto de vista energético, la biomasa se puede aprovechar de dos maneras, quemándola para producir calor o transformándola en combustible para su mejor transporte y almacenamiento. La naturaleza de la biomasa es muy variada, ya que depende de la propia fuente, pudiendo ser animal o vegetal, pero generalmente se puede decir que se compone de hidratos de carbono, grasas y proteínas. Siendo la biomasa vegetal la que se compone mayoritariamente de hidratos de carbono y la animal de grasas y proteínas.

La utilización con fines energéticos de la biomasa requiere de su adecuación para utilizarla en los sistemas convencionales. Estos pueden ser:

Físicos.- Son procesos que actúan físicamente sobre la biomasa, están asociados a las fases primarias de transformación, dentro de lo que puede denominarse fase de acondicionamiento, como, triturado, astillado, compactado e incluso secado.

Químicos.- Son los procesos relacionados con la digestión química, generalmente mediante hidrólisis pirolisis y gasificación.

Biológicos.- Son los llevados a cabo por la acción directa de microorganismos o de sus enzimas, generalmente llamado fermentación. Son procesos relacionados con la producción de ácidos orgánicos, alcoholes, cetonas y polímeros.

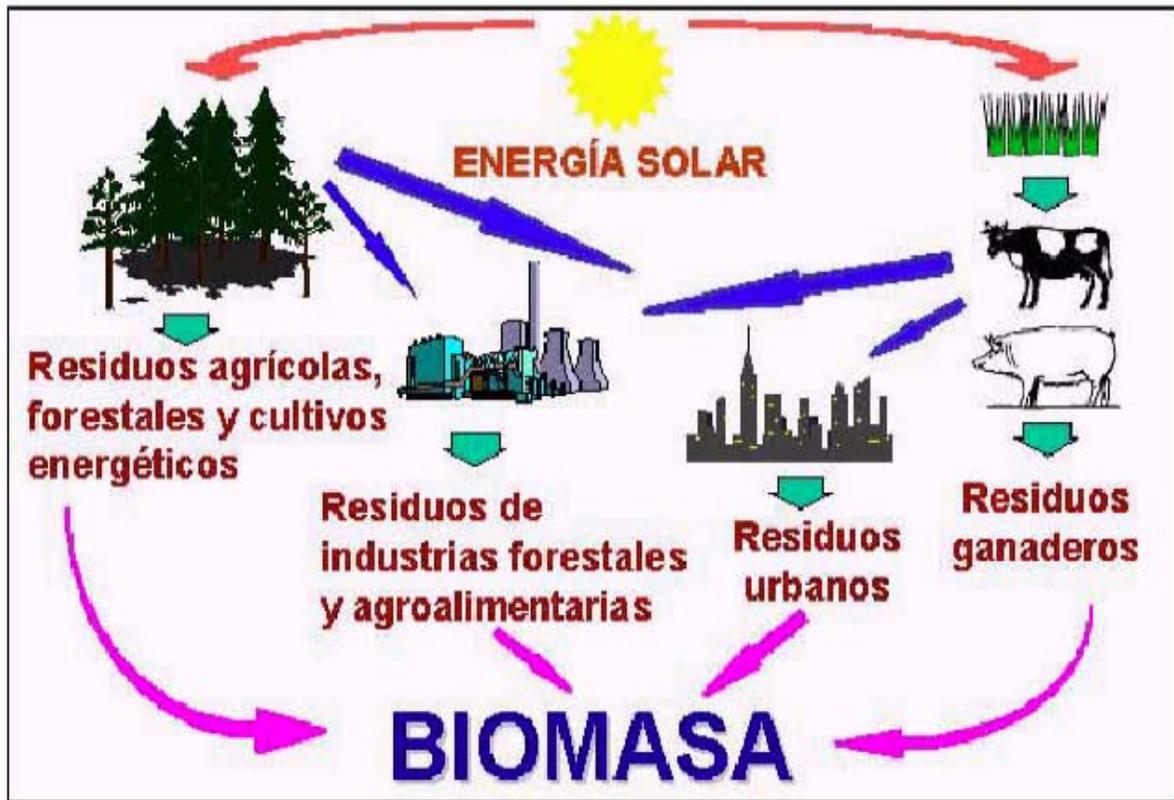
Termoquímicos.- están basados en la transformación química de la biomasa, al someterla a altas temperaturas (300 °C - 1500 °C).³

Figura 4. Diferentes tipos de obtención de biomasa⁴.

² ob.cit. Pág. 6

³ Ob.cit. Pág. 9

⁴ Pablo Salvador González



Tipos de biomasa

Existen diferentes tipos o fuentes de biomasa que pueden ser utilizados para suministrar la demanda de energía de una instalación, una de las clasificaciones más generalmente aceptada es la siguiente:

- ☞ **Biomasa natural:** es la que se produce espontáneamente en la naturaleza sin ningún tipo de intervención humana. Los recursos generados en las podas naturales de un bosque constituyen un ejemplo de este tipo de biomasa. La utilización de estos recursos requiere de la gestión de su adquisición y transporte hasta la empresa lo que puede provocar que su uso sea inviable económicamente

- ☞ **Biomasa residual seca:** se incluyen en este grupo los subproductos sólidos no utilizados en las actividades agrícolas, en las forestales y en los procesos de las industrias agroalimentarias y de transformación de la madera y que, por tanto, son considerados residuos. Este es el grupo que en la actualidad presenta un mayor interés desde el punto de vista del aprovechamiento industrial. Algunos ejemplos de este tipo de biomasa son la cáscara de almendra, el orujillo, las podas de frutales, el aserrín, etcétera

- **Biomasa residual húmeda:** son los vertidos denominados biodegradables: las aguas residuales urbanas e industriales y los residuos ganaderos (principalmente desechos de animales)

- **Cultivos energéticos:** son cultivos realizados con la única finalidad de producir biomasa transformable en combustible. Algunos ejemplos son el cardo (*cynara cardunculus*), el girasol cuando se destina a la producción de biocarburantes, el miscanto, etcétera

- **Biocarburantes:** Su origen se encuentra en la transformación tanto de la biomasa residual húmeda (por ejemplo reciclado de aceites) como de la biomasa residual seca rica en azúcares (trigo, maíz, etcétera) o en los cultivos energéticos (colza, girasol, etcétera), por sus especiales características y usos finales este tipo de biomasa exige una clasificación distinta de las anteriores⁵

USOS DE LA BIOMASA EN MÉXICO

La forma de aprovechar la biomasa como energético puede ser a través de la combustión directa, como tradicionalmente se ha aprovechado en México la leña y el bagazo de caña, o bien mediante la conversión de la biomasa en diferentes hidrocarburos a través de diferentes tipos de procesos.⁶

La leña se emplea en más de tres millones de viviendas, lo que representa una población superior a 18 millones de habitantes; en los municipios con altos índices de pobreza de los estados del sur del país, la proporción de hogares que emplean leña como combustible es superior al 60 %.

De acuerdo a la información de los censos nacionales de población y vivienda, en las últimas décadas la población que consume leña disminuyó casi un 20 %, sin embargo, en los próximos años la demanda continuará siendo alta.

El consumo anual de leña se estima en 22 millones de m³. En los estados de la región sur de Oaxaca, Guerrero y Chiapas el consumo es de los más altos del país, el cual es aproximadamente de 91 Kg/mes/hab, (SEMIP Balance Nacional de Energía).

⁵ ob.cit. Pág. 11

⁶ ob.cit. Pág. 9

El uso de leña en el país se realiza principalmente en fogones abiertos, en los cuales hay gran gasto excesivo de energía. A nivel doméstico los fogones pueden tener una eficiencia cercana al 3 % y de 27 a 30 % en las estufas mejoradas para quemar carbón.

No obstante la aparente ventaja de utilizar carbón ésta no es tan alta si se considera que cada Kg de carbón equivale de 5 a 8 Kg de leña razón por la que en las áreas rurales se prefieren utilizar leña, en caso de existir amplia disponibilidad de madera.

El consumo de leña y carbón está determinado por numerosos factores, tales como la disponibilidad de otros combustibles, el tipo de localidad (rural o urbana), el nivel de ingresos y los aspectos culturales. En las zonas urbanas, donde prácticamente todos los combustibles deben comprarse, tiende a existir una escala de uso de combustibles de acuerdo con el aparente status social y nivel de ingreso de las familias.

En esta escala, la leña ocupa la parte baja, pasando por carbón, gas y electricidad en la parte alta, por lo que los consumidores tienden a cambiar el tipo de combustible de acuerdo a cómo mejoran sus ingresos.⁷

La combustión directa que todos conocemos es el proceso por el que se aprovecha el poder calorífico de la biomasa en México, siguiendo métodos tradicionales para producir carbón.

La pirólisis del carbón puede dar lugar a líquidos como alquitrán que es un combustible con cierto poder calorífico alto de unos 9,000 o 10,000 Kcal por litro y también da lugar a la producción de monóxido de carbono que es un gas que puede emplearse como combustible.

Por el otro lado, se tienen procesos biológicos, los tradicionales, la producción de alcohol a partir de productos celulíticos que tradicionalmente se conocen como la producción de alcohol a través de una fermentación de caña. Cuando el azúcar está disponible para otros fines, alimenticios entre ellos, se piensa en residuos, en celulosa, para darles un tratamiento con ácido clorhídrico, con alta temperatura, gasificarlos, llegar a la glucosa, fermentarlos y producir el alcohol.

El proceso de la fermentación anaeróbica se puede emplear en muchos casos, por un lado el proceso produce fertilizantes o un abono orgánico, es más que un fertilizante, es un acondicionador de suelos y en muchos casos se han hecho experimentos para emplearlo como un complemento alimenticio y por el otro lado tenemos un combustible que es el conocido como biogás.

⁷ Reunión regional sobre generación de electricidad a partir de biomasa FAO

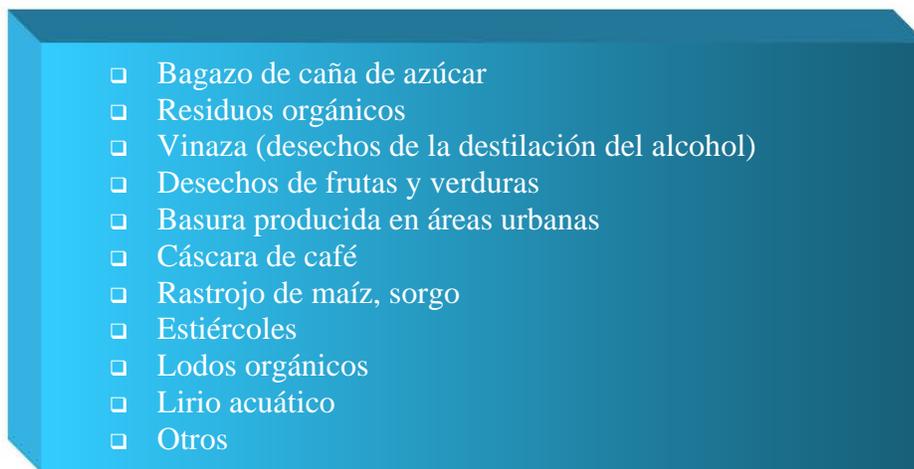
Hay una gran variedad de residuos que pueden aprovechar; agrícolas, animales, algas que se generan en grandes cantidades en las costas, el lirio acuático por ejemplo que es una plaga en las presas de México y la basura que se está generando todos los días.

La Comisión Reguladora de Energía (CRE) ha otorgado 313 permisos (cifra de abril de 2005) para autoabastecimiento en diversos ingenios azucareros del país que les permite utilizar el bagazo de caña como energético primario para generar electricidad.⁸

El uso de la biomasa como fuente de energía eléctrica.

En México se han desarrollado diversas tecnologías para el aprovechamiento de la biomasa como fuente de energía, entre los principales productos que se han investigado y en algunos de los casos ya se encuentran en operación, son los siguientes.

Cuadro 2. Principales productos considerados como biomasa.



<input type="checkbox"/> Bagazo de caña de azúcar
<input type="checkbox"/> Residuos orgánicos
<input type="checkbox"/> Vinaza (desechos de la destilación del alcohol)
<input type="checkbox"/> Desechos de frutas y verduras
<input type="checkbox"/> Basura producida en áreas urbanas
<input type="checkbox"/> Cáscara de café
<input type="checkbox"/> Rastrojo de maíz, sorgo
<input type="checkbox"/> Estiércoles
<input type="checkbox"/> Lodos orgánicos
<input type="checkbox"/> Lirio acuático
<input type="checkbox"/> Otros

En México se ha trabajado poco en la extracción de alcoholes y aceites como productos de la madera y de otros desechos orgánicos, el uso de etanol y metanol más bien ha estado enfocado a usos industriales, el carbón y la leña siguen siendo los productos de la biomasa forestal más empleados como fuente de energía calorífica en las áreas rurales.

⁸ ob.cit Pág. 9

Situación legal de la producción de energía en México

En nuestro país, por mandato constitucional, la nación tiene el derecho de administrar y regular el aprovechamiento de los recursos naturales y del medio ambiente para contribuir al mejoramiento de las condiciones de vida de sus habitantes y tender al desarrollo sustentable. Así mismo, tiene la responsabilidad de establecer las medidas necesarias para preservar el equilibrio ecológico.⁹

¿ Qué pasa en la quema de la biomasa ?

Cuando se calienta la biomasa se produce un proceso de secado y evaporación de sus componentes volátiles, seguido de reacciones descomposición de sus moléculas, seguidas por reacciones en las que los productos resultantes de la primera fase reaccionan entre sí y con los componentes de la atmósfera en la que tenga lugar la reacción, de esta forma se generan los productos finales. Según el control de las condiciones del proceso se consiguen productos finales diferentes, lo que da lugar a los siguientes procesos termoquímicos:

Los 3 procesos principales de la conversión termoquímica de la biomasa:

1. **Combustión:** Se produce en una atmósfera oxidante, de aire u oxígeno, cuando es completa, dióxido de carbono, agua y sales minerales (cenizas), obteniendo calor en forma de gases calientes.
2. **Gasificación:** Es una combustión incompleta de la biomasa a una temperatura de entre 600 °C a 1500 °C en una atmósfera pobre de oxígeno, en la que la cantidad disponible de este compuesto está por debajo del punto estequiométrico, es decir, el mínimo necesario para que se produzca la reacción de combustión. En este caso se obtiene principalmente un gas combustible formado por monóxido y dióxido de carbono, dióxido de hidrógeno y de hidrocarburos ligeros.

⁹ ob.cit Pág. 13

3. Pirólisis: Es el proceso de la descomposición térmica de la biomasa en ausencia total de oxígeno. En procesos lentos y temperaturas de 300 °C a 500 °C el producto obtenido es carbón vegetal, mientras que en procesos rápidos (segundos) y temperaturas entre 800 °C a 1200 °C se obtienen mezclas de compuestos orgánicos de aspectos aceitosos y de bajo pH , denominados aceites de pirólisis. Pudiéndose obtener combustibles sólidos (leña, astillas, carbón vegetal), líquidos (biocarburantes, aceites, aldehídos, alcoholes, cetonas, ácidos orgánicos y gaseosos (biogás, hidrógeno)¹⁰

¹⁰ ob.cit Pág. 9

Capítulo 4. IMPACTOS AMBIENTALES

Determinación de los aspectos ambientales significativos de una planta Cogeneradora de electricidad mediante la utilización de biomasa como insumo

Se parte de alguna una organización que desee tener la certificación ISO 14001: 2004 en su proceso de cogeneración mediante el uso de biomasa, para ello es necesario identificar los aspectos ambientales que se encuentran en el proceso antes mencionado. A continuación se describen las definiciones que se utilizan y que vienen descritas en la norma ISO 14001: 2004.

Definiciones

Organización: Compañía, corporativo, firma, empresa, autoridad o institución, o parte o combinación de ellas, sean o no sociedades, públicas o privadas, que tienen sus propias funciones y administración.

Impacto ambiental: Cualquier cambio en el medio ambiente, ya sea adverso o benéfico, como resultado total o parcial de los aspectos ambientales de una organización.

Medio ambiente: Entorno en el cual una organización opera, incluidos el aire, el agua, el suelo, los recursos naturales, la flora, la fauna, los seres humanos y sus interrelaciones.

Aspecto ambiental: Elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que puede interactuar con el medio ambiente.

Auditor: Persona con competencia para llevar a cabo una auditoría.

Mejora continua: Proceso recurrente de optimización del sistema de gestión ambiental para lograr mejoras en el desempeño ambiental global de forma coherente con la política ambiental de la organización.

No conformidad: Incumplimiento de un requisito.

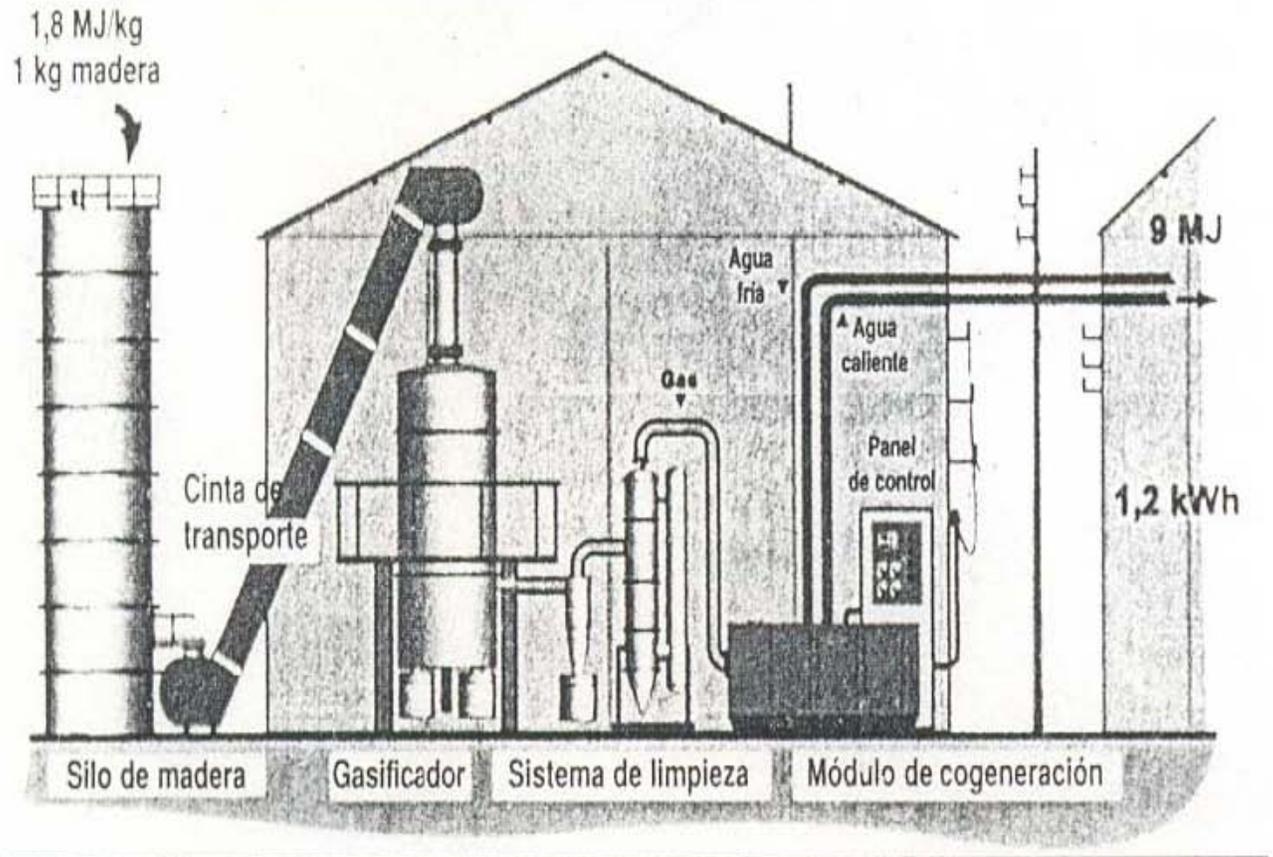
Política ambiental: Intenciones y dirección de una organización relacionadas con su desempeño ambiental como las ha expresado formalmente la alta dirección.

Desempeño ambiental: Resultados medibles de la gestión que hace una organización de sus aspectos ambientales.¹

¹ Establecidas en la NMX-SAA-14001-INMC-2004

Para saber que aspectos ambientales están presentes necesitamos conocer el proceso, a continuación se muestra el esquema del proceso.²

Figura 5. Proceso de cogeneración



Metodología para determinar los aspectos ambientales.

- 1.- Realización de un ecobalance para determinar los posibles aspectos (Cuadro 3).
- 2.- Para determinar la significancia de cada aspecto se hace de la siguiente manera, aparece alguna ley, reglamento, normas oficiales obligatorias y no obligatorias, acuerdos sectorial, tratados internacionales, leyes estatales, reglamentos estatales y bandos municipales se considera un aspecto ambiental significativo
- 3.- Presentación de los aspectos e impactos ambientales y requisitos legales aplicables.

² Infopower

Ecobalance

Cuadro 3. Identificación de aspectos ambientales reales y potenciales.

a) Aspectos ambientales reales

ORGANIZACIÓN	UN SISTEMA DE COGENERACIÓN MEDIANTE BIOMASA
ACTIVIDADES	<ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Generación de calor<input type="checkbox"/> Generación de emisiones a la atmósfera<input type="checkbox"/> Tala y poda de árboles en bosque, jardines y cultivos
SERVICIOS	<ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Residuos de industrias forestales y agroalimentarias<input type="checkbox"/> Residuos urbanos<input type="checkbox"/> Residuos ganaderos<input type="checkbox"/> Consumo de agua<input type="checkbox"/> Consumo de electricidad
PRODUCTOS	<ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Generación de ruido<input type="checkbox"/> Generación de electricidad<input type="checkbox"/> Generación de vapor<input type="checkbox"/> Generación de carbón vegetal

b) Aspectos ambientales potenciales

ACTIVIDADES	<ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Generación de humos tóxicos
SERVICIOS	<ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Al quemar los residuos, estos pueden estar contaminados por elementos pesados<input type="checkbox"/> Como se utilizan residuos existe la posibilidad que sean catalogados como Cretib.
PRODUCTOS	<ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Protección a los trabajadores en cuanto al ruido de turbinas y equipos<input type="checkbox"/> Deforestación<input type="checkbox"/> Destrucción de flora y fauna

NOM-052-SEMARNAT-1993 antes NOM-052-ECOL-1993.

Objetivo.- Esta norma oficial mexicana, establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

Campo de aplicación.- Esta norma oficial mexicana es de observancia obligatoria en la definición y clasificación de residuos peligrosos.

Definiciones:

Cretib.- El código de clasificación de las características que contienen los residuos peligrosos y que significan: corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable y biológico infeccioso.³

En la cogeneración mediante el uso de biomasa como insumo para generar electricidad se tienen 3 aspectos ambientales significativos que son:

- A. Control de emisiones a la atmósfera
- B. Residuos sólidos
- C. Aguas residuales

Los tres aspectos ambientales son considerados como significativos porque existen normas oficiales emitidas por la SEMARNAT, y Secretaria de Salud, que los hacen ser significativos y a su vez, para la organización ser tomados en cuenta para su certificación.

Normas aplicables a los aspectos ambientales significativos encontrados:

- A. Control de emisiones a la atmósfera

NOM-025-SSAA1-1993 Norma modificada y aprobada el 13 de junio 2005.

Emitida por: la Secretaria de Salud

Nombre: Salud ambiental. Criterios para evaluar el valor límite permisible para la concentración de material particulado. Valor límite permisible para la concentración de partículas suspendidas totales PST, partículas menores de 10 micrómetros PM₁₀ Y partículas menores de 2.5 micrómetros PM_{2.5} de la calidad del aire ambiental, criterios para evaluar la calidad del aire.

Breve descripción.

³ Establecido en la NOM-052-SEMARNAT-1993

Durante las últimas décadas, la calidad del aire en las principales ciudades del país y sus zonas conurbadas ha mostrado una clara tendencia al deterioro. Así mismo la capacidad de renovación y recuperación del medio ambiente y de los recursos naturales también se ha visto afectada. Consecuentemente, la salud de la población está en riesgo o ya ha sido afectada debido a la presencia de contaminantes del aire ambiente.

En materia de efectos del medio ambiente en la salud, la Ley General de Salud contempla el establecimiento de normas, medidas y actividades tendientes a la protección a la salud humana ante los riesgos y daños que representa el deterioro ambiental; así como la determinación de valores de concentraciones máxima de los contaminantes en el medio ambiente para el ser humano.

El nombre de partículas suspendidas se refiere a una diversidad de sustancias que existen en forma de material sólido o líquido finamente particulado con un amplio intervalo de tamaño (0.005 μm a 100 μm) suspendido en el aire.

Las partículas son generadas por una gran variedad de fuentes antropogénicas y naturales. Pueden ser emitidas directamente a la atmósfera (partículas primarias) o formarse por la transformación de emisiones gaseosas (partículas secundarias) como los óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles.

La toxicidad de las partículas está determinada por sus características físicas y químicas. El tamaño, que se mide en términos de diámetro aerodinámico, es un parámetro importante para caracterizar su comportamiento, ya que de él depende la capacidad de penetración y retención en diversas regiones de las vías aéreas respiratorias: también determinan su tiempo de residencia en la atmósfera y por ende la concentración a la que puede estar expuesta la población.

Los efectos en los seres humanos

Los efectos nocivos de las partículas suspendidas no se limitan al aparato respiratorio, sino que pueden dañar otros aparatos y sistemas como el sistema cardiovascular, los efectos pueden ser inmediatos o presentarse después de varios días de exposición a esos contaminantes.

Los estudios experimentales in Vitro se han desarrollado en diversas estirpes (raíces o troncos de una familia) celulares e indican que las PM_{10} en la Ciudad de México tienen efectos citotóxicos y genotóxicos. Los experimentos realizados por los investigadores mexicanos en los que se comparan partículas de tres diferentes regiones de la Ciudad, han dado luz en cuanto

a diferencias tóxicas que podrían estar relacionadas con la composición de las mismas. Se ha demostrado que los extractos orgánicos de las PM_{10} obtenidas en el centro de la Ciudad de

México tienen un mayor potencial mutagénico, al encontrarse con partículas del Norte de la Ciudad de México y que posiblemente está relacionado con el contenido de hidrocarburos policíclicos. Otros estudios que apoyan estas observaciones indican que las partículas del Norte y Centro de la ciudad tienen un mayor potencial para inducir rompimientos del ADN.

Los estudios de citotoxicidad inducidas por las PM₁₀ indican que las partículas del norte son más citotóxicas que las del centro y que las del sur. Este efecto varía dependiendo del tipo celular y de que exista proliferación celular. Estudios adicionales indican que las partículas también son capaces de inducir la secreción de moléculas proinflamatorias como TNF α y PGE, lo cual predomina con partículas del centro de la ciudad.

El factor de necrosis tumoral, TNF, abreviatura del inglés Tumor Necrosis Factor, es una sustancia química del grupo de las citoquinas que es liberada por células del sistema inmune.

Esta sustancia interviene en la inflamación y la destrucción articular secundarias a la artritis reumatoide, así como en otras patologías.

El factor de necrosis tumoral (TNF α) es miembro de un grupo de otras citocinas que estimulan la fase aguda de la reacción inflamatoria. Es una hormona glicopéptida formada por 185 aminoácidos, que procede de un propéptido formado por 212 aminoácidos. Algunas células sintetizan isoformas más cortas de la molécula. Genéticamente el TNF está relacionado con el cromosoma 7p21.⁴

PGE, abreviatura de las prostaglandinas, son un conjunto de sustancias que pertenecen a los ácidos grasos de 20 carbonos (eicosanoides), que contienen un anillo ciclopentano y constituyen una familia de mediadores celulares, con efectos diversos y, a menudo, contrapuestos.⁵

Objetivo: Esta Norma Oficial Mexicana establece los valores de concentración máxima de partículas suspendidas totales PST, partículas menores a 10 micrómetros PM₁₀ y partículas menores de 2.5 micrómetro PM_{2.5} en el aire ambiente, para protección a la salud de la población.

Campo de aplicación: Esta Norma Oficial Mexicana es aplicable en todo el territorio nacional, los valores que se establecen deben ser considerados como referencias para que dependencias, organismos e instituciones en sus respectivos ámbitos de competencia los apliquen en las acciones de prevención de la salud humana y control de la contaminación ambiental.

Referencias: Esta Norma se completa con la Norma Oficial Mexicana NOM-035-ECOL-1993, que establece los métodos de medición para determinar la concentración de partículas

⁴ Factor de necrosis tumoral - Wikipedia, la enciclopedia libre

⁵ Prostaglandina - Wikipedia, la enciclopedia libre

suspendidas totales en el aire ambiente y el procedimiento para la calibración de los equipos de medición.

Definiciones: Aire ambiente, a la porción de la atmósfera externa a las construcciones que no está influenciada directamente por fuentes específicas de emisión, y que es representativa de una comunidad.⁶

La norma anterior es muy importante para este tipo de organización, pues al estar normado es un aspecto ambiental significativo que se debe especificar en la política de la organización, para tener un control de sus emisiones a la atmósfera.

Cuadro 4. Identificación de las NOM's aplicables a los residuos sólidos

B. Residuos sólidos

# de Norma	Nombre del documento	Fecha de emisión y/o publicación
NOM-004-SEMARNAT-2002	Protección ambiental.- Lodos y biosólidos-Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.	15 de Agosto-2003
NOM-005-SEMARNAT-1997	Que establece los procedimientos y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de corteza, tallos y plantas completas de vegetación forestal.	20 de Mayo de 1997
NOM-006-SEMARNAT-1997	Que establece los procedimientos criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de hojas de palma	28 de Mayo 1997
NOM-007-SEMARNAT-1997	Que establece los procedimientos criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de ramas, hojas o pencas, flores, frutos y semillas	30 de Mayo de 1997

⁶ Establecido en la NOM-025-SSA-1993

Cuadro 5. Identificación de las NOM's aplicables a las aguas residuales

C. Aguas residuales

# de Norma	Nombre del documento	Fecha de emisión y/o publicación
NOM-001-SEMARNAT-1996 Antes NOM-001-ECOL-1997	Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas y bienes nacionales	30 de Abril de 1997
NOM-002-SEMARNAT-1996 Antes NOM-002-ECOL-1997	Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal	03 de Junio de 1998

Los residuos sólidos y las aguas residuales por el hecho de existir Normas Oficiales Mexicanas son considerados aspectos ambientales significativos, de los cuales se debe tener un seguimiento constante para no afectar al medio ambiente. Y la organización tiene por obligación el establecer los elementos críticos de control que sean necesarios para atender sus necesidades a la hora de manejar sus residuos y descargar sus aguas residuales.

La organización debe conocer estas normas para evitar no conformidades en las auditorias que se le realicen y con esto evitar tener sanciones por parte de las autoridades, si no se conociera está información, es difícil poder operar esta tecnología, pues aunque es una tecnología que utiliza un residuo primario, en su operación general los tres aspectos ambientales significativos antes mencionados están sujetos al cumplimiento legal de la región o ciudad que se trate pues las Normas son Oficiales, por lo tanto son de carácter obligatorio en toda la republica mexicana.

DISCUSIÓN

En el trabajo se obtuvieron tres aspectos ambientales significativos que son: control de emisiones a la atmósfera, generación de residuos sólidos y descarga de aguas residuales. Para una organización que desee contar con un sistema de cogeneración mediante la quema de biomasa debe conocerlos para tener un mejor desempeño ambiental, puesto que las organizaciones están cada vez más interesadas en alcanzar y demostrar este compromiso, con el control del impacto de sus actividades, productos y servicios, acorde con su política y objetivos ambientales.

El estudio de los aspectos ambientales significativos repercute en un contexto de una legislación cada vez más exigente en el desarrollo de políticas económicas y otras medidas para fomentar la protección ambiental y de un aumento de la preocupación expresada por las partes interesadas por los temas ambientales.

En cuanto a la legislación, las normas mexicanas tienen la finalidad de proporcionar a las organizaciones los elementos para evaluar los aspectos ambientales antes mencionados. En las normas se mencionan los procedimientos para medir los aspectos ambientales encontrados y describen los métodos y niveles permitidos.

CONCLUSIONES

Conociendo los aspectos ambientales significativos de un sistema de cogeneración mediante la quema de biomasa se llega a determinar que estos facilitan el proceso para llevar a cabo una certificación de tipo ISO 14001:2004, puesto que son un requisito que pide la norma, para ser auditados de forma objetivamente. Los aspectos ambientales generan que una organización detecte los requisitos que hacen falta en sus operaciones, en donde se tiene que implementar y mantener un control operacional para no causar un deterioro al ambiente. Como se menciona en el trabajo para los tres aspectos encontrados existen en el país normas oficiales que son un parámetro para los auditores que al momento de hacer una auditoría puedan levantar una no conformidad a la organización, por no cumplir con los límites que se establecen en la norma que se esté evaluando, para tal caso la organización procede a revisar sus objetivos acordes al cumplimiento legal aplicable y establece medidas de mejora para esa no conformidad.

Este trabajo sirve como referencia para las organizaciones que pretendan utilizar esta tecnología, en algún proceso o que tengan un residuo que puede ser considerado como biomasa y disminuir el consumo de energía en sus procesos para minimizar costos, ya que es una alternativa que desafortunadamente en nuestro país se conoce muy poco y se enfrenta a que por mandato constitucional el gobierno es el administrador de la energía hasta estos momentos, y solo se puede utilizar el excedente para autoconsumo o para cubrir demandas de potencia en las líneas de transmisión.

Las organizaciones que son factibles a utilizar esta tecnología en México son, por ejemplo: ingenios azucareros, aserraderos, depósitos de basura, procesamiento de alimentos, en las grandes ciudades el mantenimiento a parques y jardines por mencionar algunos. En este trabajo se describen también los aspectos ambientales potenciales que son tomados en cuenta en el momento de llevarse a cabo una auditoría y son un requisito que pide la norma ISO 1400:2004. La manera en la cual intervienen los aspectos ambientales reales y potenciales en una organización es dentro de la política de la organización, se les da prioridad a los reales porque generalmente están asociados a una norma y los potenciales son situaciones que pudieran suceder en un periodo largo de tiempo y por lo tanto la organización debe estar conciente de que esas situaciones pueden llegar a suceder.

BIBLIOGRAFÍA

Páginas de Internet

- Claudia Sheinbaum Pardo. Eficiencia energética y fuentes renovables.
<http://www.union.org.mx/guia/actividadesyagravios/eficienciaenergetica.htm>
Fecha de consulta 09-06-06
- Sandra Bustamante Martínez
<http://www.monografias.com/trabajos/termoyentropia/termoyentropia.shtml>
Fecha de consulta 27-06-06
- CONAE. Comisión para el ahorro de energía
<http://www.conae.gob.com.mx>
Fecha de consulta 08-06-06
- Asesoría Energética S.A Ingeniería, estudios y proyectos
<http://www.aesa.net/aesa/cogeneracion/ciclos.htm>
Fecha de consulta 09-06-06
- Guillén Solís Omar. El uso de cultivos energéticos en México.
<http://www.tuobra.unam.mx/publicadas/050711103036.html>
Fecha de consulta 09-06-06
- Pablo Salvador González . Biomasa. Curso provincial de energías renovables.
Universidad de Valladolid
<http://www3.uva.es/renova/esp/biomasa.pdf#search=´biomasa%20residual%20humeda´>
Fecha de consulta 09-06-06
- Balance energético nacional – México. Memoria-reunión regional sobre generación de electricidad a partir de biomasa.
<http://www.fao.org//drocrep/t23635html>
Fecha de consulta 09-06-06
- Wikipedia la enciclopedia libre - FNT
http://es.wikipedia.org/wiki/factor_de_necrosis_tumoral
Fecha de consulta 27-06-06
- Wikipedia la enciclopedia libre – prostaglandina
<http://es.wikipedia.org/wiki/prostaglandina>
Fecha de consulta 27-06-06

Normas Oficiales Mexicanas

- NMX-SSA-14001-IMNC-2004
- NOM-025-SSA1-1993
- NOM-052-SEMARNAT-93

Revistas

- “Cogeneración a partir de gasificación de madera a pequeña escala”. Infopower 41/Junio. Pag. 82 (2002)

Información del Diplomado

- Mario Rodríguez. Notas del diplomado ISO 14001: 2004 Modulo 1