

Resumen Ejecutivo

Se presenta un panorama general de la situación de los energéticos en México y en forma específica del Distrito Federal, tomando como base los principios rectores que se establecen en la Política Nacional para: garantizar la oferta y calidad de energía; impulsar la modernización y transformación de las empresas paraestatales para hacerlas competitivas; así como para promover los criterios de desarrollo sustentable.

Se hace énfasis en el marco legal existente en México, con relación a la regulación de los aspectos energéticos y ambientales, como marco de referencia para conocer los factores esenciales que deben ser cumplidos en cualquier proyecto que se plantee para la utilización de energías renovables y en particular, relacionadas con el aprovechamiento de biomasa. El cual en ambos casos se ha ido modificando para promover y facilitar la producción y uso de este tipo de energías en el País.

Dentro de esta sección se incluyen los aspectos que involucra la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático y el Protocolo de Kyoto, en donde México ratificó su participación, adquiriendo algunos compromisos; con el objeto de indicar las oportunidades que se pueden tener y que no deben desaprovecharse para el desarrollo y aplicación de proyectos de utilización de energías renovables, con ingresos por la venta de bonos de carbono que pueden permitir su financiamiento.

Dentro del entorno nacional sobre energía se maneja al petróleo como la principal fuente de energéticos que prevalece en el País y aún a nivel internacional, con las variaciones que ha sufrido a lo largo del tiempo en su producción, junto con los combustibles primarios que se derivan de él, como son las gasolinas, diesel, combustóleo, turbosina, gas LP y gas natural (este último no tan solo derivado de las fuentes petrolíferas); indicándose las posibles tendencias a futuro que en gran medida se ven influenciadas por los mercados internacionales y por las políticas manejadas en el País conforme a los cambios de administración.

Como otros combustibles relevantes utilizados ampliamente a nivel internacional y no tanto en México (aunque también con una aportación importante), se consideraron: el carbón de origen mineral y la energía nuclear.

La estructura de producción y suministro de la energía eléctrica aún generalizado como servicio público gubernamental es un factor importante que fue considerado dentro de este documento para definir parte de la problemática actual del sector energético con relación a tener que satisfacer los requerimientos de la población sobre suministro eficiente, oportuno y continuo; para el adecuado funcionamiento del País. Evidenciándose la problemática por la necesidad que se ha tenido en los últimos años de irse abriendo en forma paulatina a la producción privada mediante las figuras de productores independientes, cogeneración y autoabastecimiento.

Se menciona el nivel de ventas de este fluido en los últimos dos años con su tendencia de crecimiento al 2013, lo que manifiesta la necesidad de tener que seguir buscando alternativas económicas y técnicamente viables, para continuar cubriendo la demanda creciente.

Se analizó la problemática de los energéticos en el Distrito Federal, que en general es reflejo del contexto en que se maneja todo el País, aunque se exagera principalmente por constituir la ciudad con mayor densidad de población fija y flotante, en donde se concentra la administración pública Federal; con las mismas necesidades que todas las demás entidades federativas, pero que no es autosuficiente en términos de energía por el tipo de uso del suelo y porque su situación geográfica, geológica, topográfica y de clima no han permitido que se desarrolle en este sentido en el pasado, mediante la utilización de energías convencionales, observándose la necesidad de buscar otras energías renovables que la pudieran hacer un poco menos dependiente de la producción y transporte desde zonas alejadas fuera de su territorio jurisdiccional.

Bajo el anterior marco de referencia, se analizó la conceptualización de “Biomasa”, así como sus tendencias de aprovechamiento a nivel internacional y se llegó a la determinación del potencial con que cuenta el Distrito Federal para su posible aprovechamiento energético.

Se toca en forma somera la forma en que en algunos países industrializados se ha generado energía eléctrica mediante el establecimiento de cultivos específicos para este propósito, con la finalidad principal de restaurar suelos degradados, como una posible alternativa a ser considerada en algunas áreas aún de tipo rural que se encuentran dentro del Distrito Federal.

Debido a que México se encuentra en una etapa en la que se están buscando formas de diversificación de los Residuos Sólidos Urbanos para un mejor aprovechamiento y disminución de las cantidades actuales que se llevan a los rellenos sanitarios, se analiza la forma en que esto se ha realizado en otros países desarrollados, que cuentan ya con gran experiencia por el tiempo que tienen aplicando diferentes tecnologías, que son dignas de considerarse.

Por lo que como un primer paso se realizó la caracterización y cuantificación de los Residuos Sólidos Urbanos en el Distrito Federal, complementando con un balance general de su manejo actual; tomando en cuenta la planeación que han hecho las autoridades competentes para su administración en tres etapas, después de la publicación reciente de la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal.

Como resultado de las anteriores determinaciones se pretende proporcionar una propuesta del aprovechamiento energético de los Residuos Sólidos Urbanos en el Distrito Federal, para ser introducida en la tercer etapa planeada, en donde se contemplan las tecnologías de incineración y de biodigestión.

Posteriormente se trataron a mayor profundidad estas tecnologías, para que por medio de su análisis se encontrara lo que podría ser lo más conveniente para el caso específico del Distrito Federal, haciendo énfasis en los requerimientos ambientales que establece la legislación correspondiente en México; en los sistemas de control de contaminantes y en los beneficios que pueden obtenerse.

Como algo que pudiera tener una aplicación más inmediata por ser más simple y a un menor costo, se investigó acerca de los rellenos sanitarios que existen en el Distrito Federal que tienen aún una generación de biogás suficiente, como para ser capturada para su aprovechamiento como energético para generar electricidad, habiéndose hecho algunos cálculos que dan una idea de este potencial; dándose como ejemplo el caso del proyecto desarrollado en Monterrey N.L.

Finalmente se dedicó una sección a la investigación de los costos que implican la aplicación de las tecnologías mencionadas y recomendadas para ser utilizadas en el Distrito Federal, con base en experiencias de otros países que se han adelantado en la explotación de la energía de los diferentes tipos de biomasa, con varios casos de éxito.

CONCLUSIONES

1.- Incertidumbre sobre la adecuada administración energética en el País.

Es primordial que los lineamientos que se fijen por las autoridades gubernamentales para proporcionar certidumbre sobre el futuro de la energía para el desarrollo y funcionamiento sostenido del País, no tan solo se orienten, sino que en la práctica se apeguen estrictamente a: garantizar la seguridad del suministro con eficiencia y oportunidad, procurando la diversificación de las fuentes energéticas, la protección del medio ambiente y la competitividad económica.

Pero aún es más importante que se tenga continuidad en las políticas administrativas basadas en estos principios, para dar oportunidad a que se alcancen los resultados que como en el caso de las energías renovables, no se logran en el corto plazo o en el que representa un sexenio de gobierno.

Para cumplir con los objetivos actuales del sector energético de efficientar los sistemas productivos paraestatales, así como de ahorro en el uso de energía en todos los sectores y niveles de la población, se requiere de medidas más rigurosas y constantes que los impulsen; debido a que constituyen factores de gran importancia para el óptimo aprovechamiento de los energéticos y asegurar el suministro al menor costo.

Una legislación adecuada permitirá la inversión privada, para no depender por completo del servicio público proporcionado por las empresas paraestatales (CFE y LFC), dado que la tendencia internacional es la diversificación de las tecnologías de producción para abastecimiento de energéticos a las poblaciones en continuo crecimiento.

Aunque se ha modificado el marco legal en materia energética para conducir a la producción de energía por particulares, mediante los mecanismos de autoabastecimiento, cogeneración y producción independiente, incorporando además las figuras de importación y exportación de energía; aún no se ha tenido el éxito esperado principalmente por desconocimiento, incertidumbre y falta de incentivos. Sin embargo, la motivación principal de los particulares es la producción para autoabastecimiento durante las horas pico de demanda máxima, para reducir costos.

Estos factores son relevantes cuando se trata de los gobiernos municipales, que a través de las energías renovables podrían cubrir una parte de sus propias necesidades energéticas, adquiriendo cierta autonomía energética, que además les representarían ahorros importantes en sus finanzas, para destinarlos a otros usos necesarios para su desarrollo.

Es importante que junto con el programa de fomento de las energías renovables que se maneja en la Comisión Nacional de Ahorro de Energía, se ofrezcan incentivos justos y confiables, que permitan el despegue de inversiones en este rubro, ya que una vez percibidos los beneficios resultantes, se establecerá un sistema que por sí mismo continuaría creciendo, conforme se ha hecho por los países industrializados.

Por otra parte, a mayor capacidad instalada de las energías renovables, se incrementará la demanda y por lo tanto, los costos se abatirán, pudiendo competir con los sistemas tradicionales; pero es necesario dar el paso que permita el comienzo de este crecimiento, principalmente a través de difusión, capacitación y de establecimiento de incentivos económicos para los inversionistas, sobre todo si se trata del propio abastecimiento de los municipios.

2.- Necesidad de alinear normatividad y mayor coordinación entre los organismos gubernamentales que pueden incidir en el fomento de las energías renovables.

En materia ambiental, las legislaciones Federal y del Distrito Federal sobre residuos sólidos, estimulan su valorización y diversificación de manejo, mediante la clasificación desde las fuentes de generación y la búsqueda de alternativas de reciclaje, reutilización o aprovechamiento; que permitan minimizar las cantidades que se llevan a los rellenos sanitarios, reduciendo de esta manera los costos de disposición de las enormes cantidades que se generan particularmente en el Distrito Federal.

Estos lineamientos en conjunto con las políticas energéticas para el fomento de las energías renovables, son una base importante que promueve el máximo aprovechamiento de los residuos sólidos y en particular de los de origen urbano como fuente de energía; por lo que de

conjuntarse los esfuerzos necesarios por parte de las autoridades gubernamentales (SEMARNAT y SENER), se podrían alcanzar mejores resultados, principalmente en el caso de los incentivos fiscales y económicos necesarios para el desarrollo de proyectos específicos. Llevando a cabo los acuerdos y convenios necesarios para la producción y transmisión para autoabastecimiento, con el Gobierno del Distrito federal.

3.- Deben aprovecharse las oportunidades que se presentan de financiamiento de proyectos.

Como resultado del Protocolo de Kyoto, se promueve la utilización de tecnologías como son las de energías renovables, para impedir o disminuir la generación de gases de efecto de invernadero a través del Mecanismo de Desarrollo Limpio, que permite entrar al mercado internacional de venta de bonos de carbono. Con lo que se tiene una gran oportunidad para financiar este tipo de proyectos, considerando que se pueden obtener de 4 a 5 US\$/Ton de CO₂ equivalente. Esto es particularmente importante para el caso de la captura y aprovechamiento de biogás de los rellenos sanitarios, para su producción y aprovechamiento controlado, así como para impedir su generación al incinerar los residuos biomásicos. Aunque deberá evaluarse primeramente si el proyecto específico supera las exigencias regulatorias (NOM-098-SEMARNAT-2002).

4.- Deben realizarse esfuerzos consistentes para adelantarse a la posible escasez energética.

En el entorno nacional el petróleo y sus derivados siguen siendo las fuentes principales de energía, con un consumo que podría llevar a que aproximadamente en 17 años se agoten las reservas (probadas, probables y posibles) cuantificadas hasta el presente; por lo que para no tener que incrementar la importación de hidrocarburos a precios cada vez más elevados, PEMEX tiene que elevar la tasa de restitución de sus reservas en explotación, incrementar la exploración y enfrentarse a la explotación de crudo en aguas profundas; esto último sin que se cuente con los recursos tecnológicos que lo permitan y por lo tanto con el apoyo de empresas transnacionales.

Aunque se ha previsto a nivel internacional que en los próximos años disminuya el consumo de los combustibles del petróleo para la generación de energía eléctrica por razones de tipo ambiental y de seguridad, con legislaciones cada vez más estrictas; se estima que en México no será así, debido al poco desarrollo que aún se tiene de otros tipos de energías; previéndose además el aumento en la producción de energía eléctrica con carbón y sólo habría un posible crecimiento de la energía nuclear por presiones de demanda, si se tuviera disponible una mejor tecnología para resolver el problema de disposición de residuos y se cambiara la percepción social del riesgo que representa.

Por lo que el objetivo final de la sustentabilidad energética es el poder obtener “energías accesibles disponibles y socialmente aceptables”, como es el caso de las “energías renovables”.

5.- Existen dificultades para cubrir las necesidades de energéticos en Distrito Federal y debe planearse la forma de comenzar a tener una cierta autosuficiencia.

El Distrito Federal demanda casi el 10 % de la capacidad efectiva de energía eléctrica del País, con un continuo crecimiento; teniéndose como mayor consumidor al sector industrial, siguiéndole en importancia el residencial y casi con la misma proporción de consumo el comercial, quedando posteriormente el de servicios; con muy bajo consumo del sector agrícola. El mayor consumo de combustibles se tiene en el transporte público, constituido por gasolinas Magna y Premium, así como diesel.

Los combustibles y energía eléctrica que consume el Distrito Federal son producidos fuera de su territorio teniéndose que transportar desde largas distancias, con el costo en infraestructura que esto implica.

Hasta la fecha se cubren en forma importante las demandas de energía eléctrica, con una porción menor de localidades que carecen de este servicio. Con relación a los combustibles se cubren las demandas de la Ciudad, a excepción de las de habitantes ubicados en zonas aún de tipo rural que utilizan leña, con el consiguiente deterioro de los ecosistemas de la periferia; teniendo las autoridades competentes cada vez mayor dificultad para proporcionar estos servicios, debido al incesante crecimiento comercial, de servicios y residencial que se presenta.

La producción de energía eléctrica con combustibles fósiles y el uso de energéticos derivados del petróleo en el Distrito Federal, implican un mayor costo por las restricciones de tipo ambiental y de seguridad que deben tenerse en esta gran metrópoli, así como por la menor eficiencia de los equipos de combustión debido a la altitud en que se encuentra. Pero es primordial el suministro de estos energéticos en forma suficiente, oportuna y con calidad para continuar con el adecuado desarrollo y funcionamiento de la economía, no tan solo de esta entidad federativa, sino por lo que cualquier paralización de sus actividades podría repercutir en la economía de todo el País; teniéndose que evaluar muy detalladamente la conveniencia de producir electricidad por los medios convencionales, representando un gran reto para las autoridades el encontrar la mejor forma de obtenerla a los costos más bajos posibles.

6.- Existe falta de atención en la explotación de energías renovables en el Distrito Federal y es imperante que se comiencen a estudiar las alternativas con que se cuenta.

No se han explotado las energías renovables a pesar de contar con grandes recursos como son el solar y la biomasa principalmente de tipo residual (forestal, agrícola, ganadera, áreas verdes, zoológicos e hipódromo, aguas residuales, residuos sólidos urbanos, entre otros); para satisfacer parte de las demandas de energéticos y sustituir en forma paulatina la mayor cantidad posible de los combustibles y la importación de energía generada con derivados del petróleo.

Existe la tecnología adecuada para el aprovechamiento de las energías renovables y en forma particular en lo que se refiere a la utilización de biomasa tanto de tipo natural como antropogénica; habiéndose demostrado que es económicamente viable por parte de los países industrializados en donde se ha aplicado e incluso llevado a países en desarrollo para cubrir parte de sus necesidades energéticas, contribuyendo a mejorar su calidad de vida y economía, principalmente en lo que se refiere a las zonas rurales.

7.- Debe darse mayor importancia a la energía de biomasa en el Distrito Federal, retomando lo que se ha avanzado al respecto a nivel internacional

La energía de biomasa, vista como un tipo de energía renovable, puede ser considerada como energía de base cuando se utiliza en sistemas híbridos que obtienen energía de fuentes renovables intermitentes.

La biomasa puede constituir por sí misma y en forma directa un biocombustible o puede convertirse mediante biodigestión anaerobia, pirólisis, gasificación u otra forma, en un biocombustible que puede ser utilizado como energético en cualquier sector: industrial, comercial, transporte, de servicios o doméstico.

A pesar de haber pasado por una gran cantidad de obstáculos (principalmente de tipo ambiental) el aprovechamiento energético de los residuos sólidos urbanos mediante su incineración, está teniendo un uso cada vez más extenso a nivel internacional, como forma de tratamiento de los mismos; pero además la tecnología ha continuado en evolución al haberse acoplado a la generación de energía eléctrica, lo que permite el ingreso de recursos por su venta, que pueden

apoyar a los presupuestos aportados por los gobiernos para la disposición de este tipo de residuos.

Se tienen adelantos importantes en la prevención y mejoramiento de los equipos de control de contaminantes a menores costos, aunque se debe insistir en la importancia de su minimización desde la fuente, la reutilización o reciclaje.

En países industrializados se diversifican los residuos sólidos urbanos, principalmente mediante su reciclaje, composteo, incineración con aprovechamiento energético y una mínima porción se dispone en rellenos sanitarios. Esto es principalmente debido a que a pesar del desarrollo de la tecnología necesaria para la mejor construcción y operación de los rellenos sanitarios, se han hecho insuficientes a causa de las cantidades crecientes de generación; con necesidad de grandes extensiones de suelo que cumplan con los estrictos requerimientos de la legislación ambiental, lo que lleva a veces (como en el caso del Distrito Federal) a ubicarlas a grandes distancias, con costos del transporte elevados; pero principalmente con la oposición de las comunidades que pudieran ser afectadas por su ubicación.

Mediante la combustión de los residuos sólidos urbanos se pueden lograr dos objetivos: la reducción de su volumen (hasta 90 %) y la utilización de su poder calorífico. Sin embargo la tecnología es compleja e implica grandes inversiones, con costos de operación elevados, por lo que la búsqueda de su aprovechamiento energético es casi obligada.

8.- Existe en el Distrito Federal un importante potencial de energía de biomasa y la necesidad de diversificar los residuos generados

En la tabla V.3.8 se muestran los resultados obtenidos de la estimación efectuada sobre el potencial energético de la principal biomasa disponible en el Distrito Federal, encontrándose que puede ser del orden de 232 MW, lo que cubriría las demandas de electricidad de aproximadamente 86,000 viviendas; con opción de utilizarse también para alumbrado público, bombeo de agua potable y residual, o venderse para obtener recursos que permitan mejorar los servicios públicos o cubrir otras necesidades básicas. Pero no tan solo puede ser utilizada esta energía para producir electricidad sino para proporcionar agua caliente a viviendas o establecimientos industriales, comerciales o de servicios; acorde a lo que más convenga económicamente, en función de los costos de producción y de transporte, considerando las demandas del mercado.

Se determinó que los residuos sólidos urbanos orgánicos, son la biomasa que presenta un mayor contenido energético, siguiéndole en importancia las aguas residuales urbanas debido a la carga orgánica que poseen, con potenciales de 84 MW y 51 MW respectivamente; teniéndose un potencial importante también en los residuos de origen agrícola con 48 MW y de áreas verdes con 42 MW. A pesar de que el sector ganadero no es muy importante en el Distrito Federal, si sus residuos se juntaran con los del zoológico e hipódromo, tendrían un potencial de casi 7 MW. El potencial de los residuos forestales es el menor, pero si se adiciona al de las áreas verdes, podría aportar un potencial de 0.56 MW.

En cuanto a la biomasa de tipo forestal, es recomendable el aprovechamiento tan solo de sus residuos y se estima que no existe suficiente territorio libre dentro del Distrito Federal, como para llevar a cabo la plantación de determinadas especies vegetales apropiadas para las condiciones climáticas existentes, con la finalidad de su aprovechamiento energético. No obstante es importante considerar la existencia de una gran necesidad de reforestación de zonas con ecosistemas muy degradados; por lo que con este objetivo primordial, pudieran encontrarse algunas zonas con cierto potencial para el aprovechamiento energético, contemplando todas las medidas necesarias para no generar problemas peores a los ya existentes, debido a la generación de contaminantes o por un mayor aprovechamiento del que puede sustentarse. Antes de pensar en la creación de cultivos energéticos, es importante mejorar la calidad de los suelos degradados

dispersando en su superficie composta o los subproductos (nutrientes) de la biodigestión de biomasa para su posterior reforestación.

Con relación a los residuos agrícolas se requerirá evaluar su uso como follaje para alimento de animales y su conveniencia para obtener biogás. Los residuos agrícolas y ganaderos pueden elevar la calidad de vida de los habitantes de las zonas rurales que aún prevalecen en el Distrito Federal. Aunque existen tecnologías como la de producción de etanol (fermentación de sorgo, cebada u otros) que producen residuos que podrían ser utilizados como alimento para animales.

Una vez separados los residuos orgánicos, conforme a la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal, pueden ser mejor utilizados para su biodigestión y generación de biogás, que puede proporcionar también un fertilizante como subproducto con una mayor concentración de nutrientes que la composta que se produce en la actualidad; con mayores beneficios a largo plazo.

Los residuos sólidos orgánicos de la rama alimenticia pudieran ser directamente derivados a instalaciones en que se aprovechen para producción de biogás y además los aceites usados para producir biodiesel.

Lo importante es tener una visión que permita la adecuada diversificación de los residuos para su aprovechamiento óptimo, evitando su traslado y disposición en un solo lugar (relleno sanitario).

9.- Se requiere planear lo más pronto posible el manejo de los residuos sólidos urbanos del Distrito Federal, en función de su contenido energético y de manera integral.

Se estimó que para el año 2006 los residuos sólidos urbanos del Distrito Federal serían del orden de 12,300 Tons/día; con una recuperación para reciclaje de 2,607 Tons/día (22 %) recolectada en camiones de limpia (20 %) y en las plantas de separación (2 %). Es de esperarse un incremento de la recuperación en los camiones de limpia una vez que se realice una mejor clasificación en las fuentes de generación, pero en las plantas existentes para este propósito no se tendría un gran aumento (hasta aproximadamente 7 %), aún con las mejoras que se piensan hacer.

Se tiene planeado el aprovechamiento energético de los residuos, lo cual es recomendable, pero tal vez lo más conveniente sería ya no realizar ninguna separación de residuos para reciclaje en estas plantas; sino dejar los residuos con contenido energético mezclados, con el objeto de elevar su poder calorífico; a excepción de los metales, plásticos con contenido de cloro, residuos peligrosos y posiblemente material inerte.

No obstante lo anterior, se requiere una mayor valorización de los residuos que pueden ser reciclados, incrementando el mercado existente.

Es primordial que aunque en el Gobierno del Distrito Federal se tenga programada una tercera etapa para el aprovechamiento energético de una porción de los residuos sólidos urbanos a largo plazo, se observe el panorama completo o de manera integral, del potencial energético con que se cuenta; para comenzar a planear a la brevedad lo que más convenga, estableciendo prioridades y un programa específico que se vaya cubriendo, conforme a tiempos establecidos; para hacer posible el aprovechamiento óptimo y alcanzar las metas que se pretenden en una forma oportuna, eficiente y al menor costo.

10.- La incineración de los residuos sólidos urbanos del Distrito Federal es una opción factible para el aprovechamiento energético de una porción mezclada y la porción orgánica separada puede utilizarse para generación de biogás; pensando en contar con verdaderas plantas de energía.

Se estimó que puede llevarse a tratamiento térmico (combustión y generación de energía eléctrica) aproximadamente el 41 % peso de los residuos sólidos urbanos generados en el Distrito Federal y que es posible someter a biodigestión el 39 % peso, correspondiente a materia orgánica para obtención de biogás y aprovechamiento de las propiedades nutrientes del subproducto como fertilizante; con lo que la cantidad a disponer en el relleno sanitario en funciones sería del 7 % en peso del total (figura IX.2.1); aunque el volumen sería mucho menor una vez quemados, ya que serían cenizas y escoria lo que se tendría que disponer. Además, si se separan los residuos peligrosos previamente a la incineración, las cenizas y escoria pueden no ser consideradas como peligrosas.

El biogás de la materia orgánica puede utilizarse para generar energía eléctrica y para cubrir las necesidades de combustible de los incineradores; por lo que es conveniente analizar la posibilidad de localización de estas instalaciones en el mismo lugar en que se tenga el sitio de disposición de los residuos.

Del balance realizado sobre los residuos sólidos urbanos generados en el D.F., se estimó que se pueden conducir a incineración y generación de energía eléctrica, la cantidad de 4,269 Tons/día, constituidos por 97 % de material inorgánico y 3 % de orgánico, conforme a la composición que se muestra en la tabla IX.4.1. Los que proporcionarían un poder calorífico inferior de aproximadamente 7 MJ/kg, dando una capacidad de generación de energía eléctrica de 121 MW (con 35 % de eficiencia de los equipos); haciendo económicamente viable el aprovechamiento energético de esta porción de los residuos.

Para esta cantidad de residuos sólidos urbanos, se recomienda la utilización de incineración en masa (sin tratamiento previo), en hornos de parrilla móvil y con paredes de agua; diseñados para operación estable, continua y para completa combustión de los residuos y gases de combustión; requiriéndose para la cantidad estimada: 4 incineradores con capacidad de 1,200 Tons/día cada uno (50 Tons/hr). En el punto XI.2.3, se indican los aspectos generales que se deben considerar.

Cada incinerador debe acoplarse a un sistema de lavado de gases, conforme se indica en el capítulo XII; para el cumplimiento con la NOM-098-SEMARNAT-2002, para un volumen de gases de combustión estimado en 2.86 m³/kg (25 °C y 1 atm) de residuos, con 7 % de exceso de oxígeno. Considerando el reciclado de los gases de combustión después de su paso por el colector de polvos de 20 – 30 % para un mejor control de contaminantes, mayor eficiencia térmica y menor cantidad de conducción de gases al resto del sistema de lavado.

Debe tomarse en cuenta que con el sistema de lavado de gases que se describe en la figura XII.1, se puede obtener yeso como subproducto, que puede representar un ingreso por su venta, teniéndose que analizar las posibilidades del mercado previamente a la selección de este sistema.

Deben tomarse en cuenta todas las medidas de prevención que se establecen en la norma mencionada anteriormente y las indicadas en los capítulos XI y XII, incluyéndose los monitoreos continuos y mediciones periódicas de contaminantes.

Debe estudiarse no tan solo la posibilidad de generación de energía eléctrica, sino también la de venta de vapor o agua caliente, para un aprovechamiento óptimo de la energía generada; considerando la ubicación de las instalaciones, que es recomendable que sea dentro de una zona industrial. También es recomendable que su ubicación sea en el mismo lugar en que se dispondrán las cenizas y escoria que se tendrán como residuos de la incineración; aunque se han realizado estudios que demuestran que éstos pueden tener un uso posterior; por lo que se aconseja mayor investigación al respecto, para reducir o evitar esta disposición.

Es indispensable una buena administración de las instalaciones, así como capacitación del personal operativo.

11.- Conforme a las cantidades y composición de los residuos sólidos urbanos generados en el Distrito Federal, solo las porciones con contenido de madera pudieran ser sometidas a los procesos de pirólisis y gasificación; así como los residuos forestales, para la producción de biocombustibles; aunque las cantidades disponibles podrían no significar un potencial muy importante.

La pirólisis y gasificación pueden ser procesos más eficientes para el aprovechamiento energético de biomasa, pero tienen mayores restricciones de capacidad para los grandes volúmenes de residuos que se generan en el DF; siendo además tecnologías más aptas para residuos leñosos por la mayor cantidad de gases que poseen. Aunque tendría que estudiarse primero la ventaja de utilizar la madera para la producción de aglomerado, como se hace en otros países.

12.- Es importante el “oportuno” aprovechamiento de biogás de los rellenos sanitarios del Distrito Federal

En el capítulo XIII se indican los requerimientos que deben cumplirse para la selección, construcción, operación y cierre de un relleno sanitario (NOM-083-SEMARNAT-2003); observándose que son cada vez más difíciles de alcanzar. No obstante, los tres rellenos sanitarios que estuvieron más recientemente en operación (Santa Catarina, Prados de la Montaña y Bordo Poniente) en el Distrito Federal, representaban un potencial importante de cerca de 140 MW un periodo de 15 a 20 años; encontrándose que en promedio pueden encontrarse en un punto medio de generación de biogás, por lo que en la actualidad tendrían una capacidad disponible de alrededor de 19 MW y es importante que si se quisiera tener un aprovechamiento energético, esto debe hacerse lo más pronto posible.

Si se hubiera captado la cantidad total de metano generado en los tres rellenos sanitarios considerados, se habría tenido una reducción neta de 28 millones de Tons de CO₂ equivalente, pero considerando que se encuentran a aproximadamente la mitad de su producción; si se comenzara a recuperar se tendría una reducción de 14 millones de Tons de CO₂ equivalente con posible ingreso de 56 millones de dólares (4 US\$/Ton).

En el caso de los nuevos rellenos sanitarios que se planeen, con aún cantidades importantes de materia orgánica, es necesario que desde su conceptualización, se prevea el aprovechamiento óptimo del biogás, ya que no es necesario esperar a su máxima producción, sino que con los equipos modulares de generación de energía eléctrica existentes en la actualidad, pueden irse incorporando unidades conforme se vaya incrementando la generación del biogás y por lo tanto la producción de energía eléctrica; ésto a su vez se puede acoplar a la introducción de los sistemas de tratamiento de los residuos sólidos urbanos en el mismo lugar (biodigestión e incineración con generación de energía eléctrica), para que también crezcan en forma paulatina, hasta su mayor producción proyectada; que es cuando se podrían tener ingresos por la venta de energía.

Además de ser muy conveniente el aprovechamiento del biogás para la obtención de recursos, sería interesante estudiar no tan solo la posibilidad de generación de energía eléctrica, sino que el potencial existente en los rellenos sanitarios analizados pudiera ser una fuente de energía para la incineración de residuos o producción de biogás, mientras dichos rellenos sigan generando biogás.

Sin embargo, si aún se tuviera suficiente espacio disponible en el Distrito Federal (algo que es bastante cuestionable), sería válido pensar en considerar la disposición de residuos orgánicos en rellenos sanitarios bien construidos (considerando todos los requisitos de protección ambiental,

por la generación de lixiviados) y bien operados, como bio-reactores para el máximo aprovechamiento de biogás y posterior utilización para reforestación.

13.- Los estudios de factibilidad y ejecución de los proyectos deben hacerse por empresas con amplia experiencia en la materia y que aseguren su adecuado funcionamiento; sin confiar demasiado en cifras exageradas de recuperación.

Cualquier tipo de biomasa que se planea explotar, primeramente se requiere hacer un estudio detallado de su costo - beneficio y debe seleccionarse cuidadosamente la localización de las instalaciones necesarias, buscando los lugares estratégicos con relación a la generación de los residuos a utilizar y las distancias a que se tienen que transportar los productos obtenidos para su distribución a los menores costos; pero además siempre con la consideración de los aspectos ambientales.

14.- Es importante tomar en cuenta el proyecto desarrollado en Monterrey para la generación de energía eléctrica con el aprovechamiento de biogás de un relleno sanitario

Se demostró ser técnica y económicamente viable, además de proporcionar varios beneficios para siete municipios; por lo que se mencionan algunos aspectos relevantes sobre el mismo en el capítulo XIII.7.

15.- Para tener una estimación de los costos reales de la generación de energía eléctrica mediante la utilización de biomasa, deben tomarse en cuenta además de los costos internos (inversiones, combustible, operación y mantenimiento), los beneficios o externalidades positivas, para obtener un mejor funcionamiento y eficacia en los mercados.

Si no se incluyen los costos asociados a los daños que se ocasionan al medio ambiente y a la salud, el precio de la generación de energía eléctrica en forma convencional es artificialmente bajo; considerándose como un subsidio.

Mientras el costo de las energías convencionales tiende a subir (sin considerar sus externalidades), la tendencia de las energías renovables es la de bajar y la tendencia de crecimiento de los costos de las convencionales es aún mayor si se consideran sus externalidades (Ver fig. XIV.1).

Al ser mucho mayores los costos externos de las energías convencionales con relación a las energías renovables, las primeras reciben un mayor subsidio, que las hace aparentar ser energías competitivas y por tanto, más atractivas para los productores.

Como principio básico para la valorización monetaria de las externalidades, debe conocerse la disposición a pagar de la sociedad de forma individual (encuestas), con relación a evitar o reducir un impacto negativo o en su caso, para obtener un impacto positivo.

Debe considerarse también en la valorización el efecto multiplicador que se obtendría por la aplicación de las energías renovables, como oportunidad para las economías de las entidades federativas y en particular de las áreas rurales.

En las tablas XIV.2.2 y XIV.2.3 se indican los beneficios cualitativos sociales de la energía de biomasa y de residuos biomásicos.

En general en el capítulo XIV se hacen una serie de estimaciones basadas en información de proyectos que se han elaborado en otros países, para dar una idea del monto de los costos de generación de energía eléctrica mediante la utilización de biomasa y residuos biomásicos; proporcionándose en la tabla XIV.4.3 un resumen de los costos unitarios resultados, en donde se

incluyen los costos de inversión, operación y mantenimiento; así como el ingreso que se puede obtener por la venta de energía eléctrica.

Se cubrió un último capítulo XV sobre algunos aspectos relevantes para el financiamiento de los proyectos.

16.- Con base en todo lo anterior y considerando las condiciones actuales de manejo de los residuos sólidos municipales en el Distrito Federal, así como la urgente necesidad de encontrar la mejor forma de su administración; se recomienda comenzar con la planeación dando a las diferentes formas de manejo el siguiente orden de importancia.

- 1) Recuperar el biogás de los rellenos sanitarios considerados en este estudio, para el mejor aprovechamiento de su energía.
- 2) Buscar un terreno que cumpla con los requisitos ambientales para la ubicación de un relleno sanitario; así como prepararlo para la disposición de residuos sólidos urbanos, conforme a la normatividad vigente; para un periodo mínimo de diez años de operación. Con los tratamientos de los residuos que se vayan implementando, se irá aumentando su tiempo de vida.
- 3) Además de todas las instalaciones que se requiere tener en un relleno sanitario normal, considerar que puede tenerse en el mismo lugar de su ubicación, la instalación del equipo necesario para los procesos de biodigestión e incineración de residuos para un mejor aprovechamiento de la energía disponible. Esto debe planearse en forma gradual, conforme se estima que se irá incrementando el nivel de clasificación de los residuos en orgánicos e inorgánicos, desde las fuentes de generación. Puede comenzarse con un biodigestor y un horno de incineración para ir incrementando poco a poco la capacidad, hasta alcanzar lo que se propone en la tercera etapa de manejo de los residuos. Una parte de los residuos orgánicos puede destinarse en un principio, a la producción de composta de buena calidad para ser aprovechada en operaciones de mejoramiento de suelos.
- 4) Pueden llevarse programas paralelos de fomento de aprovechamiento de biomasa de residuos animales incluyéndose la concentración en un solo lugar de dichos residuos, adicionando los de zoológicos e Hipódromo de las Américas, entre otros.
- 5) También en forma paralela a lo anterior, con la composta obtenida y los subproductos de la biodigestión, se pueden ir mejorando los suelos degradados para su posterior reforestación y que a futuro pudieran representar cultivos energéticos, o simplemente pensar tan solo en la reforestación.
- 6) También en forma paralela se puede ir fomentando el empleo de residuos de establecimientos alimenticios, incluyendo mercados y Central de Abastos, para la producción de biogás en instalaciones estratégicas. En esta misma forma se puede promover la utilización de aceites comestibles usados para la producción de biodiesel.
- 7) Procurar el aprovechamiento energético de las aguas residuales.
- 8) Aprovechar los residuos forestales, agrícolas y de áreas verdes así como la porción de madera contenida en los residuos sólidos urbanos, para su pirólisis o gasificación y generación de biocombustibles.