



SEMINARIO INTERNACIONAL GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS Y PELIGROSOS, SIGLO XXI

LA RECUPERACION DE BIOGAS DE RELLENOS SANITARIOS EN SANTIAGO DE CHILE

Ing. Julio C. Monreal
Depto. Programas sobre Ambiente
Ministerio de Salud - Chile

RESUMEN

En el presente trabajo se describen las condiciones bajo las cuales se realiza la extracción y aprovechamiento del biogás producido por algunos rellenos sanitarios del país, señalándose, además, las circunstancias que condujeron a adoptar la decisión de explotar el biogás producido. Se describen además algunos aspectos técnicos propios de la extracción, conducción y utilización del biogás recuperado y se mencionan los principales eventos de migración de biogás desde rellenos sanitarios hacia zonas aledañas pobladas.

El relleno sanitario es el método de disposición final propuesto como procedimiento de elección por la Autoridad Sanitaria chilena, debido a su bajo costo y a sus requerimientos tecnológicos acordes con la realidad y posibilidades del país. Por regla general la ejecución de los rellenos se entrega a contratistas privados a través del sistema de licitación pública, si bien, en algunos casos excepcionales, el relleno es ejecutado por el propio municipio.

Fuera del relleno sanitario, en Chile no se utiliza ningún otro sistema de tratamiento o disposición final en el manejo de los residuos sólidos urbanos.

1.- DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS EN CHILE

De acuerdo al último censo de población, en Chile existen 409 localidades urbanas con una población total 12,3 millones de personas, de las cuales un 43% vive en la ciudad de Santiago, capital del país. La cobertura con servicios de recolección alcanza al 99,2% de la población urbana, recolectándose diariamente un promedio de 8.650 toneladas de residuos. Del total de residuos sólidos recolectados a lo largo del país, un 85% recibe adecuada disposición final en rellenos sanitarios, teniendo acceso a este tipo de facilidades un total de 184 localidades urbanas. Los rendimientos obtenidos en la ejecución de los rellenos son variables, observándose los

mayores rendimientos en los rellenos de la ciudad de Santiago, en donde se alcanzan promedios mensuales de 595 toneladas diarias por tractor. El costo de ejecución es también variable, dependiendo del tamaño y de la complejidad del relleno, obteniéndose costos unitarios que oscilan entre 6 y 12 dólares por tonelada dispuesta.

El programa de mejoramiento de la disposición sanitaria de los residuos sólidos urbanos comienza en Chile con la habilitación del relleno sanitario La Feria, en el año 1977, el que recibe el 60% de los residuos sólidos de la ciudad de Santiago. Un año después de la puesta en operación del relleno sanitario La Feria, se inaugura el segundo relleno sanitario de la ciudad, denominado Cerros de Renca, que recibe un 30% de los residuos que aún no tenían disposición final sanitaria y, por último, a comienzos del año 1979, se inicia la operación del relleno sanitario Lepanto, que da solución al 10% restante de los residuos sólidos generados por la ciudad de Santiago.

Una vez agotada la vida útil del relleno sanitario La feria, éste se reemplaza, en el año 1984, por el relleno sanitario Lo Errázuriz, el que opera hasta fines de 1997, año en que se habilita y comienza a operar el relleno sanitario Las Bateas, relleno que en la actualidad recibe la mayor parte de los residuos que genera la ciudad de Santiago.

Paralelamente al proceso anterior, y aprovechando la experiencia obtenida en la ciudad de Santiago, el Ministerio de Salud formula y pone en operación, el año 1980, el Programa Nacional de Residuos Sólidos, estableciendo un programa priorizado de habilitación de rellenos sanitarios en diferentes ciudades de las 13 regiones del país.

**COBERTURA POR RECOLECCIÓN Y POR DISPOSICION
FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS
CHILE, 1980 - 1995**

Año	Población urbana con servicios de recolección (%)	Residuos recolectados dispuestos en rellenos sanitarios (%)
1980	93,5	46,5
1985	97,4	60,4
1990	98,5	70,5
1995	99,2	85,0

2.- RECUPERACION DE BIOGAS

Actualmente en Chile se recupera biogás de cuatro rellenos sanitario, tres de ellos ubicados en la ciudad de Santiago y uno ubicado en la ciudad de Valparaíso, segunda ciudad en tamaño y principal puerto del país.

En la ciudad de Santiago, la recuperación se hace de acuerdo a dos modalidades diferentes. La mayor parte de la recuperación se hace desde dos rellenos sanitarios recientemente cerrados por agotamiento de su vida útil, pero que sin embargo continúan produciendo biogás en cantidades suficientes para hacer rentable su recuperación. El gas obtenido desde estos dos rellenos satisface el 40% de la demanda de gas de cañería que se distribuye en la ciudad. El gas recuperado del tercer relleno se conduce directamente a una industria de alimentos y satisface los requerimientos de energía para la alimentación de calderas y la producción de agua caliente para los procesos productivos.

En la ciudad de Valparaíso, el gas recuperado desde el relleno sanitario se conduce, al igual que en el caso de la ciudad de Santiago, mediante tuberías hasta la fábrica de gas, desde donde se distribuye, previa mezcla con el gas fabricado en la planta, a través de la red de tuberías para consumo doméstico e industrial. El gas recuperado del relleno sanitario satisface, en este caso, un 30% de la demanda de gas de cañería de la ciudad.

A partir de la puesta en funcionamiento del relleno de La Feria, en el año 1979, se inician las labores de investigación respecto de las alternativas de manejo del biogás producido por los rellenos sanitarios, el que en un principio es evacuado desde el interior del relleno por medio de chimeneas construidas para tal fin simultáneamente con la construcción del relleno. El gas evacuado mediante estas chimeneas es quemado a nivel de superficie.

Un hito importante en este período inicial, fue el episodio de migración lateral de biogás hacia zonas pobladas distantes alrededor de treinta de metros, medidos desde las paredes del relleno. La solución al problema de la migración lateral de biogás, se obtuvo mediante la excavación de trincheras perimetrales impermeabilizadas en su pared exterior con polietileno y rellenas con bolones de piedra, las que una vez construidas fueron provistas de tubos de evacuación cada veinte metros y selladas superficialmente, todo ello con el fin de interceptar el gas migrado y de quemarlo previamente a su evacuación a la atmósfera.

Un segundo episodio crítico se generó en este relleno al constatarse que en una zona interior al relleno, pero colindante con uno de sus costados, constituida por un antiguo acopio de bolones de piedra dejados en el lugar por la empresa que explotaba áridos en el pozo del relleno, se encontraba soportando un proceso de ignición interior, no visible exteriormente, detectable sólo por la gran cantidad de vapor emitida en la época invernal, cuando el agua de lluvia caía sobre la superficie de bolones escurría hacia el interior, alcanzando la zona de ignición.

La experiencia obtenida en el manejo del biogás durante los primeros años de funcionamiento de los rellenos sanitarios habilitados en el país, permitió demostrar que al cabo de 8 a 12 meses de comenzar la operación de un relleno la tasa de generación de biogás se mantenía relativamente

constante y que la composición del biogás generado tendía a estabilizarse, lo que llevó a concluir la conveniencia de abordar la posibilidad de aprovechar el biogás generado como fuente de energía.

Los principales incentivos para la investigación de las posibilidades de aprovechamiento del biogás de los rellenos sanitarios fueron, por una parte, el alza experimentada por el precio del petróleo crudo, a partir del año 1973, dado que Chile es un país fuertemente dependiente del petróleo importado, y por otra parte, el interés de la autoridad sanitaria nacional por buscar incentivos para la generalización del uso del relleno sanitario como solución al problema de disposición final de los residuos sólidos urbanos en el país, ya que la venta del biogás a empresas o industrias interesadas en este recurso energético podría contribuir a solventar los costos del relleno sanitario.

Por otra parte, los episodios de migración lateral de biogás, a través del terreno, hacia zonas pobladas vecinas hacían imperativo conocer en profundidad el proceso de generación y las técnicas de confinamiento y manejo del biogás producido por los rellenos sanitarios, conocimientos cuya aplicación facilitaron grandemente la explotación a escala industrial del biogás.

El año 1982 se concluyó un estudio encargado por la Corporación de Fomento de la Producción, CORFO, entidad estatal dedicada a fomentar las actividades productivas del país, destinado a conocer la factibilidad técnico-económica de aprovechar el biogás generado por el relleno sanitario de La Feria. Las principales incertidumbres respecto de la posible explotación económica del biogás producido por el relleno sanitario La Feria se referían a la tasa de generación de biogás, la evolución de la composición del biogás y el lapso durante el cual el relleno mantendría una tasa de producción de biogás cuya explotación fuese económicamente factible. Por otra parte, tampoco existía mayor conocimiento respecto de los aspectos tecnológicos propios de la extracción, conducción, tratamiento, distribución y utilización del biogás generado por los rellenos sanitarios.

El estudio realizado en el relleno La Feria mostró que la cantidad de gas producida era importante y que su explotación era económicamente factible a condición de que se dispusiera de una demanda de biogás importante y estable, que justificara la inversión necesaria para posibilitar la explotación. Aún así, persistía cierta incertidumbre respecto del período en que el relleno sería capaz de mantener sus tasas de generación de biogás, una vez que el relleno agotara su vida útil y dejara de recibir residuos, información relevante para decidir cualquier inversión en la materia. Con los resultados obtenidos en este estudio, se entregó la explotación del biogás producido por el relleno sanitario La Feria a la Compañía de Gas de Santiago, propietaria de la red de distribución de gas de cañería de la ciudad. La citada compañía recibió la concesión de explotación por un valor nominal, asumiendo la responsabilidad de efectuar a su costo, tanto la extracción como la conducción del gas hasta su planta y su posterior distribución. En el mes de julio de 1982 se inicia la explotación de biogás del relleno sanitario La feria con una extracción mensual de 215.550 m³; al cabo de un año la extracción media mensual se había incrementado hasta alcanzar 1.737.073 m³ y en julio de 1984 dicha cifra se elevaba a 2.353.243 m³.

Paralelamente a lo anterior, en el mes de noviembre de 1983 se concluyó el estudio de factibilidad

técnico económica de explotación del biogás producido por el relleno sanitario Cerros de Renca, luego de lo cual se integró este nuevo relleno a la explotación por parte de la Compañía de Gas de Santiago.

En la actualidad en la ciudad de Santiago se recupera un promedio mensual de 4 millones de m³ de biogás de un poder calorífico superior del orden de 5.000 kcal/m³. Este biogás es mezclado directamente con el gas de nafta fabricado por la empresa de gas en una proporción de 30% de biogás y 70% de gas de nafta, agregándosele posteriormente un 10% adicional de biogás previamente sometido a un proceso de craking catalítico. La mezcla final, constituida aproximadamente por 40% de biogás y 60% de gas de nafta es distribuida a través de la red de tuberías de la ciudad para consumo doméstico e industrial. El precio de venta del biogás a la Compañía de Gas es de 1.25 US\$/millón de Kcalorías.

Similar tipo de utilización se está realizando en la ciudad de Valparaíso, si bien en esta ciudad la mezcla distribuida se compone de un 30% de biogás y un 70% de gas de nafta, ya que en esta ciudad no se dispone de planta de craking. Cabe señalar que, dado que en nuestro país se ha optado por utilizar el biogás sin remoción del dióxido de carbono, no es posible sobrepasar el 30% de biogás en la mezcla final, a menos que el porcentaje adicional sea previamente crakeado, ya que proporciones mayores obligarían a introducir modificaciones en los quemadores y artefactos a nivel de usuarios, en razón de las variaciones de velocidad de llama de la mezcla y de disminución de poder calorífico.

Se han desarrollado además, con la participación del sector salud y las universidades, investigaciones tendientes a encontrar alternativas de utilización de biogás en localidades de tamaño medio que no cuentan con red de distribución de gas, buscando posibilidades de utilización directa por parte de la industria local. Entre las actividades productivas identificadas como probables usuarios de biogás están algunas faenas agroindustriales, particularmente la industria productora de fruta fresca de exportación y la industria productora de fruta deshidratada; las actividades de secado de áridos y la producción de cal.

3.- ASPECTOS TECNICOS

3.1.- GENERACION DE BIOGAS

La decisión de explotar energéticamente los rellenos sanitarios de la ciudad de Santiago y de Valparaíso, determinaron la necesidad de desarrollar estudios tendientes a evaluar el potencial de generación de biogás, tomando en cuenta la composición media de las basuras urbanas recolectadas. Conocida la composición promedio de la materia orgánica ingresada a los rellenos, así como el grado de humedad de dicha materia, la aplicación de relaciones estequiométricas condujeron a cifras del orden de 280 m³ de biogás/tonelada de basura. En la práctica esta cifra representa la generación máxima potencial, suponiendo que la totalidad de la materia orgánica biodegradable sufriera un proceso completo de descomposición anaeróbica al interior del relleno, lo que evidentemente no es lo que realmente ocurre. Por otra parte, no todo el biogás generado en el seno del relleno es recuperable, debido a la cinética propia del proceso de generación de biogás

y a las inevitables pérdidas por migración tanto lateral como superficial, lo que está directamente relacionado con las obras de impermeabilización lateral del relleno y con las características de la cobertura de las celdas.

La producción de biogás en una celda sanitaria no es constante. De acuerdo a las mediciones de terreno realizadas en celdas pilotos y en los propios rellenos sanitarios, se ha podido constatar que inicialmente no hay producción de gas metano, debido a que el oxígeno presente en los intersticios de la basura inhiben el proceso anaeróbico; posteriormente, la producción de biogás crece rápidamente, hasta alcanzar un máximo, para luego decrecer lentamente.

El modelo que mejor ha descrito este proceso de decrecimiento paulatino, período en el cual se genera la mayor parte del biogás y en el que, por lo tanto, se realiza la mayor parte de la extracción, es el modelo de cinética de primer orden asumiendo dos fracciones de materia orgánica biodegradable, una de velocidad de degradación rápida, con una vida media de 1 año, y otra de velocidad de degradación moderada, con una vida media entre 10 y 15 años.

La producción total de biogás del relleno, en un instante dado, corresponde entonces a la suma de la generación de cada una de las celdas individuales, tomando en cuenta que cada una se encuentra en una etapa diferente de generación, ya que cada una fue construida con un desfase de un día, si bien la gran mayoría de las celdas productoras de biogás se encuentran en la etapa metanogénica estable, ya que esta es la etapa de mayor duración en el proceso de estabilización de una celda sanitaria. Estas consideraciones llevan a concluir que, una vez alcanzada la fase metanogénica estable por las primeras celdas del relleno, esto es alrededor de un año después de iniciada su operación, la tasa de generación se hace relativamente constante mientras el relleno siga recibiendo, en promedio, la misma cantidad de basuras diariamente.

La experiencia chilena indica que en nuestros rellenos sanitarios la cantidad de biogás posible de ser recuperada alcanza aproximadamente a 100 m³ de biogás/tonelada de basuras y que una vez cerrado el relleno, la extracción de biogás sigue siendo económicamente factible por un período de alrededor de cuatro años.

3.2.- COMPOSICION DEL BIOGAS

La composición media del biogás generado por un relleno sanitario corresponde a la composición que presenta una celda sanitaria individual al alcanzar la etapa metanogénica estable, ya que, dado que esta es la etapa de mayor duración en el proceso de estabilización de las celdas sanitarias, el grueso del gas generado por el relleno proviene de celdas que se encuentran en esta etapa de generación.

La composición del biogás de los rellenos sanitarios nacionales se mantiene dentro de los siguientes rangos:

metano (CH ₄)	50 - 54	% vol
dióxido de carbono (CO ₂)	45 - 48	% vol
nitrógeno (N ₂)	1 - 3	% vol
oxígeno (O ₂)	0,2 - 0,9	% vol

mostrando un contenido medio de metano del orden del 52% en volumen.

La impureza más importante, desde el punto de vista de su utilización, por su carácter altamente corrosivo, es el sulfuro de hidrógeno (H₂S) siendo su contenido medio bastante bajo, alcanzando un promedio 5,680 gr/100 m³ de biogás.

3.3.- CAPTACION DEL BIOGAS

Las primeras experiencias de extracción de biogás se realizaron mediante la excavación de pozos en la masa del relleno sanitario y el sellado de las chimeneas circundantes. Una vez excavado, el pozo era entubado con un tubo de 8 pulgadas de diámetro ranurado verticalmente, con ranuras cortas alternadas, a partir de los tres metros de profundidad y llegando con las ranuras hasta el extremo inferior del tubo. El objeto de estas ranuras es permitir el ingreso del biogás.

El tubo se colocaba inserto en una perforación de 0,60 cm de diámetro, rodeado de un filtro de grava de granulometría de 1 1/2" a 2". Inicialmente se utilizó tubos de PVC, sin embargo, dadas las deformaciones propias de un relleno sanitario y la rigidez del PVC, gran parte de estos tubos se rompieron al interior de la masa de relleno, quedando inutilizados. Posteriormente se utilizó tubos de acero, a los cuales debió dotarse de un sistema de protección catódica para evitar su corrosión. Por último, se utilizó tubos de polietileno de alta densidad, entre cuyas ventajas cabe mencionar un menor costo que el acero, adecuada resistencia a la corrosión, ranuración y manipulación más barata y buen comportamiento frente a las deformaciones del relleno.

La excavación de estos pozos se vio dificultada por la presencia, al interior del relleno, de una abundante cantidad de líquidos percolados. Una vez en operación los pozos, los principales problemas que se presentaron fueron el arrastre de líquidos percolados hacia la superficie, lo que obligó a dotarlos de una cámara de retención de líquidos a nivel de superficie, y la paulatina formación de una costra, al interior del tubo que, al cabo de unos pocos meses de funcionamiento del sistema de extracción, obstruía su sección superior impidiendo el paso del biogás.

Luego ensayarse diversos diseños de pozos de extracción, con el fin de superar los inconvenientes antes descritos, se concluyó que la mejor opción era la utilización de las propias chimeneas de evacuación de gases construidas junto con el relleno, conforme al diseño comúnmente utilizado en Chile, consistente en una manga de malla de alambre de un metro cuadrado de sección, rellena con bolones de piedra. Además de su bajo costo, estas chimeneas, dada su amplia sección, no presentan el problema de obstrucción por formación de costras o depósitos en su interior.

El acondicionamiento de estas chimeneas o drenes verticales consiste básicamente en la introducción de un tubo de alrededor de 2 metros de largo en el centro del tramo superior de la chimenea, el cual se conecta en su extremo superior al sistema de succión, y en el sellado del perímetro circundante a la chimenea para evitar cualquier entrada de aire hacia el interior del relleno. Para estos efectos, se utiliza una lámina de polietileno de alta densidad de aproximadamente 20 metros cuadrados de superficie, sobre la cual se dispone una capa de arena como protección y un sello de arcilla de 60 cm de espesor.

Con la puesta en operación del relleno sanitario Lo Errázuriz, una vez que el relleno de La Feria cumplió su vida útil, se pudo poner a prueba los conocimientos adquiridos en materia de aprovechamiento de biogás, ya que este nuevo relleno fue diseñado especialmente para facilitar la recuperación de biogás. Es así como el diseño y la construcción de las chimeneas de drenaje fueron hechos de forma de permitir la extracción de biogás incluso en etapas de avance intermedias, antes de llegar a la cota final del relleno. Así mismo, las impermeabilizaciones laterales, utilizando polietileno de alta densidad de 2 mm de espesor, permitían reducir a un mínimo las pérdidas de biogás por migración lateral.

3.4.- RADIO DE INFLUENCIA DE LOS POZOS DE EXTRACCION

Un aspecto respecto del cual no se tenía mayor información al comenzar la explotación del biogás de los rellenos sanitarios era el radio de influencia de los pozos de extracción. Estudios hechos en el relleno sanitario La Feria permitieron concluir que el radio de influencia de los pozos de extracción y de las chimeneas de drenaje utilizadas para estos fines era de aproximadamente 12 metros, por lo que los pozos o las chimeneas no deberían distar más de 25 metros entre si. Dado que el relleno sanitario La Feria no había sido diseñado expresamente para la extracción de biogás, las chimeneas de drenaje distaban más de 25 metros una de otra, por lo que necesariamente debieron excavarse pozos de extracción para captar el biogás, pese a que estos eran de un alto costo y presentaban problemas de arrastre de líquidos percolados y frecuentes obstrucciones. Por el contrario, en el caso del relleno sanitario Lo Errázuriz las chimeneas fueron expresamente diseñadas formando una red en la cual ningún punto del relleno estaba a más de 12 metros de una chimenea de drenaje, lo que permitió mejorar la eficiencia de la extracción y reducir sus costos.

3.5.- EXTRACCION Y CONDUCCION DEL BIOGAS

La succión promedio aplicada a las chimeneas y pozos de extracción es de 6 a 25 cm de columna de agua, llegando en algunos casos excepcionales a 40 cm de columna de agua. Esta succión es aplicada desde la estación de control y regulada mediante válvulas colocadas en el cabezal de cada pozo. Para la construcción de la red de conducción del gas extraído se utiliza polietileno de alta densidad de diámetro variable, conforme al caudal a transportar, con uniones termosoldadas. Los colectores que reciben las contribuciones de los diferentes pozos son dispuestos a una cota superior a los cabezales, de forma de permitir el escurrimiento de los líquidos arrastrados así como de los líquidos de condensación hacia los pozos. Así mismo, los colectores están dotados de sifones para la descarga de los líquidos acumulados en su interior, ubicados en los puntos bajos de su recorrido, ya que por las características irregulares de la superficie de un relleno, debido a la existencia de asentamientos diferenciales, los colectores no pueden mantener una pendiente uniforme, por lo que para no tener que incurrir en grandes obras de movimiento de tierras cada vez que se producen asentamientos, se disponen sifones de descarga cada 150 metros aproximadamente. Finalmente, los colectores convergen a una matriz principal que conduce el gas hasta la estación de succión-compresión.

3.6.- CONDUCCION DEL BIOGAS HASTA LA PLANTA

El sistema de extracción de biogás funciona en base a una estación de succión-compresión, capaz de extraer el biogás desde los pozos y de comprimir el gas extraído para impulsarlo hasta la planta de fabricación de gas, en donde el biogás proveniente del relleno sanitario es mezclado con el gas fabricado a partir de nafta. El proceso de compresión del biogás eleva su temperatura, alcanzándose alrededor de 60°C, por lo que es necesario enfriarlo previamente a su introducción en la matriz de conducción hacia la fábrica de gas, ya que dicha matriz es de polietileno de alta densidad, material que no resiste altas temperaturas pero que si resiste muy bien la eventual corrosión que podría causar la presencia de restos de sulfuro de hidrógeno.

El enfriamiento del biogás, luego de la compresión, se realiza mediante enfriadores de columna de agua que permiten bajar la temperatura del gas a valores inferiores a 20°C. Este proceso permite además eliminar la mayor parte del sulfuro de hidrógeno contenido en el biogás.

3.7.- LIQUIDOS PERCOLADOS

Un aspecto importante de abordar en el diseño y en la operación de todo relleno sanitario dice relación con la necesidad de manejar los líquidos percolados. En nuestro país el énfasis fundamental se pone en disminuir, tanto como sea posible, la generación de líquidos percolados mediante una cobertura de las celdas sanitarias con material apropiado, de espesor suficiente y con pendientes que permitan el escurrimiento superficial de las aguas de precipitación hacia zonas fuera del relleno, evitando en lo posible su infiltración al interior de las celdas sanitarias. Aún así, se generan líquidos percolados en cantidades importantes en los rellenos ubicados en la zona central y sur del país, que son las zonas de mayor precipitación.

Un procedimiento comúnmente utilizado para manejar los líquidos percolados consiste en la inyección de estos líquidos en las celdas de mayor antigüedad del relleno, con el fin de abatir parte de su carga orgánica. Esta inyección en celdas antiguas, de baja producción de biogás, demostró tener un apreciable efecto de activación de estas celdas, llegándose, en algunos casos, a obtener tasas de generación comparables a aquellas de las celdas en plena etapa de producción, por lo que la reinyección de los líquidos percolados se considera un procedimiento a considerar ya en el diseño de un relleno sanitario, cuando éste es proyectado con miras a explotar el biogás.

4.- ASPECTOS INSTITUCIONALES, REGLAMENTARIOS Y ECONÓMICOS

La decisión de recuperar biogás del relleno sanitario La Feria, primera experiencia en la materia en el país, enfrentó a las autoridades sanitarias y municipales a un vacío legal y reglamentario que fue necesario resolver a medida que se avanzaba en la implementación del sistema de explotación. La primera gran duda a resolver fue aquella referente a la propiedad del biogás generado en el relleno, ya que si bien la recolección y disposición final de las basuras son en nuestro país una responsabilidad municipal, la municipalidad había delegado en terceros la ejecución de estas labores mediante la celebración de contratos con diversas empresas privadas, previo llamado a

licitación pública.

De esta manera, la ejecución del relleno sanitario estaba contratada con una empresa privada, en cuyo contrato solo se habían estipulado requerimientos en cuanto a la construcción de chimeneas de drenaje y a la necesidad de mantener encendidas dichas chimeneas para evitar la posible formación de bolsones de biogás y disminuir la generación de malos olores.

Finalmente, y pese a que no existía jurisprudencia sobre la materia, se concluyó que dado que los municipios estaban pagando a una empresa por el manejo de los residuos recolectados, la empresa debía cumplir las obligaciones que el respectivo contrato le señalaba, sin que por ello adquiriera ningún derecho de propiedad sobre los residuos manejados ni sobre el gas que dichos residuos pudieran generar, todo lo cual condujo a establecer que los propietarios del biogás generado eran los municipios que en conjunto habían contratado y pagaban el costo de la disposición final.

Establecida la propiedad del biogás generado en el relleno, se planteó, a continuación, la cuestión de cómo abordar la posible explotación del mismo, lo que se resolvió llamando a una licitación pública por la explotación del biogás. Dada la inexistencia de experiencias anteriores de aprovechamiento de biogás de rellenos sanitarios en el país y la carencia de conocimientos acabados sobre la evolución tanto de las tasas de generación como de la composición del biogás, así como respecto del período de generación efectivamente explotable, al llamado a licitación se presentaron solo unos pocos oferentes, declarándose desierta. En un segundo llamado a licitación sólo se presentó la Compañía de Gas de Santiago, empresa que se adjudicó la explotación del biogás por un precio nominal, en donde el precio pagado a los municipios por cada millón de kilocalorías extraídas correspondía a alrededor de la sexta parte del precio al cual la compañía vendía cada millón de kilocalorías al consumidor. Una licitación equivalente hoy en día, con la experiencia acumulada en 15 años de explotación de biogás de rellenos sanitarios y los conocimientos adquiridos en materia de generación de biogás, probablemente conduciría a la obtención de precios unitarios mucho más convenientes para los municipios involucrados.

Un punto importante a tener en cuenta al utilizar el esquema de licitaciones arriba descrito se refiere a la posible interferencia entre las actividades desarrolladas por la empresa encargada de construir el relleno sanitario y las actividades desarrolladas por la empresa que explota el biogás.

Una manera de resolver esta situación es licitar en conjunto la construcción del relleno y los derechos de explotación del biogás, dejando a criterio de la empresa ejecutora del relleno decidir si lo extrae directamente y vende el biogás extraído o negocia el sus derechos de explotación. La principal ventaja de esta modalidad es que el municipio se evita tener que enfrentar y resolver posibles conflictos entre la empresa constructora del relleno y la empresa que explota el biogás. La principal desventaja es que en tal caso la empresa constructora del relleno esta asumiendo un riesgo respecto de la venta futura del biogás y por lo tanto estará dispuesta a pagar un precio menor por su eventual explotación.

Desde el punto de vista de la autoridad sanitaria, ente sobre el cual recae en Chile la principal responsabilidad normativa en relación con el manejo de los residuos sólidos municipales, la

preocupación fundamental ha sido el introducir, al momento de aprobar los proyectos de rellenos sanitarios, cláusulas tendientes a prevenir la migración lateral del biogás, a través de exigencias relativas a la impermeabilización de las paredes del relleno, en particular cuando éste se ubica en las cercanías de áreas pobladas, y a incorporar sistemas de chimeneas de drenaje eficientes y compatibles con la eventual recuperación del biogás.

5.- COMENTARIOS FINALES

La explotación comercial del biogás generado por rellenos sanitarios en Chile se extiende ya por más de 15 años, lo que ha permitido aclarar y conocer diversos aspectos cualitativos y cuantitativos en relación con la generación y posibilidades de recuperación del biogás, a la vez que generar parámetros y criterios de diseño con miras a maximizar las posibilidades de su aprovechamiento. Paralelamente, se ha desarrollado tecnología de bajo costo que permite una recuperación y aprovechamiento económicamente conveniente y seguro desde el punto de vista sanitario y ambiental.

En la actualidad, en las ciudades en que existe red de tuberías de distribución de gas y los rellenos se encuentran a distancias prudentes de las fábricas de gas, la recuperación de biogás no ofrece mayores dificultades a condición de que el relleno haya sido diseñado y sea operado conforme a los normas vigentes.

En las ciudades de tamaño medio y pequeñas, en donde no se dispone de redes de tuberías de distribución de gas, la explotación del biogás generado por los rellenos sanitarios está condicionada a la existencia de demandas estables y suficientes para justificar la inversión en obras de extracción y conducción del biogás hasta los puntos de utilización. Si bien en la Región Metropolitana se ha desarrollado con buen éxito, por más de 10 años, la explotación de biogás desde un relleno sanitario de tamaño pequeño que satisface las necesidades de combustible de una instalación industrial, hasta ahora no ha sido posible replicar esta experiencia en otras regiones del país, fundamentalmente debido a que los rellenos susceptibles de ser explotados se encuentran a distancias considerables de las instalaciones industriales que pudieran interesarse en utilizar el biogás.

4.- REFERENCIAS

Programación Anual de los Departamentos de Programas sobre Ambiente. Ministerio de Salud. 1997.

Diagnósticos de Situación Ambiental. Ministerio de Salud (Diversos años).

Residuos Sólidos Domiciliarios. Elementos para una Política. (Documento en elaboración). Secretaría General de la Presidencia. 1996.

Juan Saitua. Aspectos Constructivos del Sistema de Captación del Biogás en Pozo La Feria de Santiago-Chile. XIX Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria. 1984.

Julio Monreal. Landfill Gas. A Model to Quantify Gas Generation. Memoria de Título. U de Pittsburgh. 1984.

Mariano José Squella. Alternativas de Utilización del Biogás del Relleno Sanitario de Rancagua. Memoria de Título. 1989.

Miguel Luis de la Fuente. Estudio de la Producción de Biogás en una Unidad Experimental de un Relleno Sanitario. Memoria de Título. 1995.

Santiago de Chile, septiembre, 1999.