

---

# Captura de biogás del relleno sanitario de Montevideo

## Evaluación de impacto ambiental



**Intendencia Municipal de Montevideo**  
Desarrollo Ambiental



## **INDÍCE**

PRÓLOGO	II
NOMENCLATURA	III
CAPÍTULO 1: Características Generales de Montevideo.	1
CAPÍTULO 2: Características del Proyecto.	7
CAPÍTULO 3: Evaluación de Impactos Ambientales.	15
CAPÍTULO 4: Plan de Manejo Ambiental.	33
CAPÍTULO 5: Requerimientos de un Plan de Contingencia.	39
CAPÍTULO 6: Plan de Monitoreo Ambiental	44
BIBLIOGRAFÍA	41
ANEXOS:	
Anexo 1: Matriz de valoración de impactos según Leopold	
Anexo 2: Análisis de las aguas subterráneas	
Anexo 3: Análisis de aguas superficiales	
Anexo 4: Informe sobre alternativas al tratamiento de lixiviados	
Anexo 5: Artículos de prensa vinculados al proyecto	

## **PRÓLOGO**

El presente informe contiene el Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto de Captura de Biogás del Relleno Sanitario de Montevideo. Dicho proyecto se inscribe en el contexto de la Convención Marco de las Naciones Unidas, sobre el Cambio Climático y el Protocolo de Kyoto, instrumento jurídico aprobado por nuestro país y por el que ha asumido el compromiso de formular medidas orientadas a la mitigación y adaptación al cambio climático, cuyo objetivo es contribuir a reducir la acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera, a través de la disminución de emisiones.

En mayo del 2005 la IMM y el Banco Mundial, aprobaron el texto del proyecto de Carta intención sobre posible Compra de Certificados de reducción de Emisiones en relación al Proyecto de Recuperación de Gas de Relleno Sanitario de Montevideo.

El presente trabajo fue elaborado por el equipo técnico municipal asignado a trabajar en el mencionado proyecto: Ing. José E. Prefumo, Ing. Ing. Raúl Blengio, Agr. Adriana Bentancur.

## NOMENCLATURA

CCZ:	Centro Comunal Zonal
CER:	Certificado de Reducción de Emisiones.
EIA:	Evaluación de Impacto Ambiental.
GEI:	Gases de efecto invernadero.
GRS:	Gas del relleno sanitario.
HAPs:	Compuestos peligrosos contaminantes del aire.
IMM:	Intendencia Municipal de Montevideo.
NMOC:	Compuestos orgánicos no metánicos.
PCG:	Potencial de Calentamiento Global.
PDD:	Documento de Diseño del Proyecto
PMA:	Plan de Manejo Ambiental.
POP:	Polutantes orgánicos peligrosos
PPA:	Polutantes peligrosos del aire.
RE:	Reducción de emisiones
ROU:	República Oriental del Uruguay
RS:	Relleno Sanitario
RSU:	Residuos sólidos urbanos
VOCs:	Compuestos orgánicos volátiles

## Capítulo 1

### CARACTERÍSTICAS GENERALES DE MONTEVIDEO

#### 1.1. Introducción

El departamento de Montevideo es la capital del ROU, limita con el departamento de Canelones y San José, está rodeada al sur por el Río de la Plata y cuenta con una extensa red hídrica; así como uno de los puertos más importantes de la región. Su ubicación le concede una serie de ventajas de comunicación y accesibilidad con los demás departamentos así como con los países vecinos. Es el lugar en donde se concentran la mayoría de los servicios, ya que vive casi la mitad de la población del país (1.335.960 habitantes), y tiene una superficie de 530 km<sup>2</sup>.

La ciudad ha ido expandiéndose a costa de la zona rural, área que no es significativa a nivel país ocupando solo el 2.6% del área productiva total, aportando el 3% de la producción nacional.

La mayoría de la población económicamente activa se dedica al sector servicios y al de comercialización. En el Plan de Descentralización de la Gestión Municipal, la ciudad se dividió en 18 Centros Comunales Zonales (CCZ), en donde la Municipalidad brinda servicios a la comunidad. En la siguiente figura vemos la división por comunales y el emplazamiento del relleno sanitario en el CCZ 9.

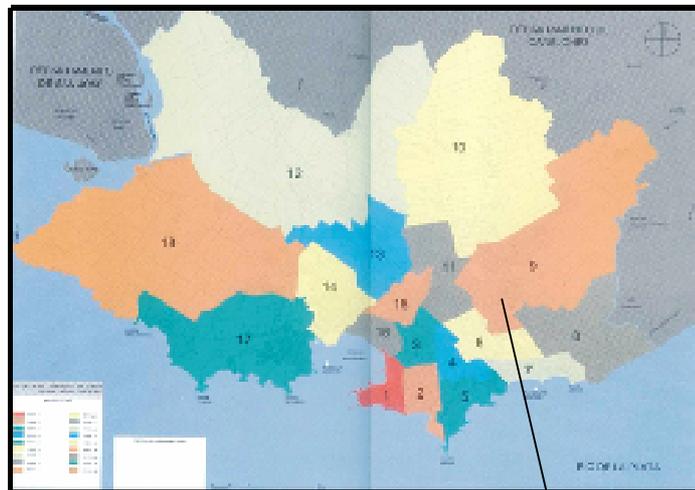


Fig. N° 1.

Ubicación del relleno sanitario

## 1.2. Medio biofísico y socio - económico

### 1.2.1. Medio biofísico

#### 1.2.1.1. Clima

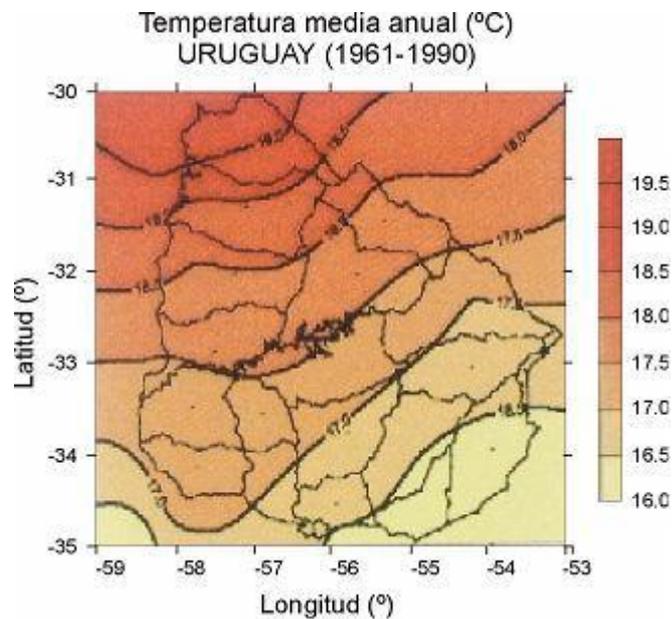
Teniendo en cuenta la influencia de las condiciones climáticas sobre el adecuado funcionamiento del proyecto que se analiza, en este apartado se detallarán algunas variables relevantes para su consideración.

Los datos climáticos corresponden a la estadística climática publicada por la Dirección Nacional de Meteorología. El clima del país es templado, húmedo y lluvioso.

#### 1. Temperatura

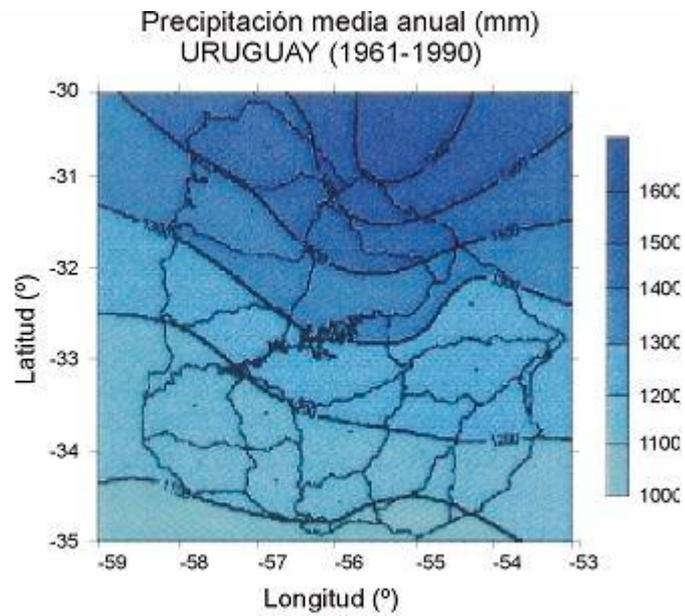
La temperatura media anual es de 17,5 °C, variando desde los 11,8 °C en los meses de invierno a los 23 °C en el verano.

Las temperaturas más altas se registran en los meses de enero – febrero, y las más bajas en junio – julio, llegando hasta 5 °C bajo cero.



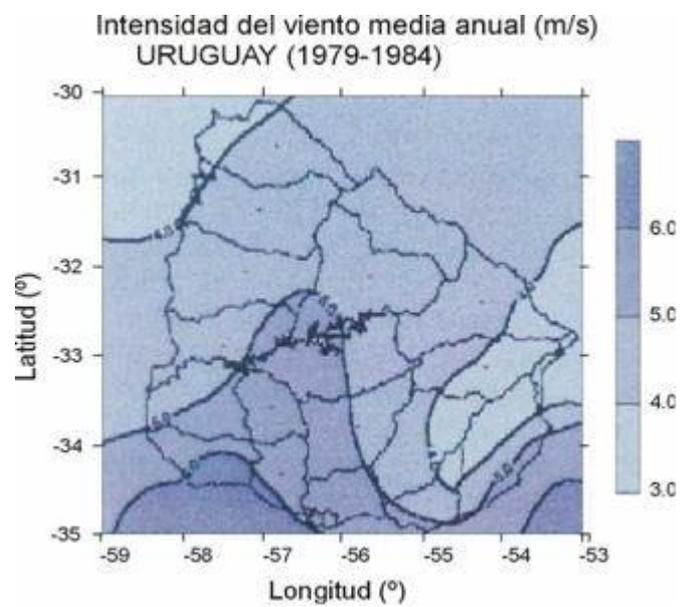
#### 2. Precipitación

El Uruguay se caracteriza por tener un clima lluvioso, muy variable y sin estación seca, las lluvias anuales promedio son de unos 1000 mm. Los meses más lluviosos corresponden al otoño con un promedio de 300 mm, acumulando el mes de marzo la mayoría de las lluvias con un promedio de 140 mm, seguidos por el invierno con un promedio de 266,3 mm. Las lluvias en Montevideo promedian los 1100 mm.



### 3. Vientos

Los vientos predominantes provienen de Noreste, con una velocidad media de 15 km/hora.



#### *4. Humedad relativa*

La humedad relativa promedio varía entre 70 y 75%, el mes más húmedo corresponde a julio con una media de 80% y el más seco a enero con una media de 65% de humedad.

##### 1.2.1.2. Recursos hídricos

El departamento cuenta con una extensa red de cursos de agua, la más importante corresponde al Río Santa Lucía, de donde se obtiene el agua potable para la ciudad.

Existen a su vez cinco arroyos de importancia, Pantanoso, Miguelete, Las Piedras, Malvín y Carrasco; este último posee 14 km de extensión, con una cuenca de 173 Km<sup>2</sup>, de los cuales 54 km<sup>2</sup> corresponden al departamento de Montevideo. En este arroyo desemboca la cañada de las Canteras que tiene una longitud de 8 km y está parcialmente entubada. Dicha cañada cruza el relleno sanitario, y es a la cual derivan los lixiviados.

##### 1.2.1.3. Geología

El substrato geológico sobre el cual se asienta el departamento es en su mayoría basamento cristalino (Complejo Basal), correspondiente a la denominada formación Montevideo. El complejo Basal está constituido por rocas de metamorfismo medio a alto, fundamentalmente gneises graníticos y subordinadamente anfibolitas, migmatitas y granitos.

Sobre estos materiales rocosos es frecuente la presencia de materiales pertenecientes a las denominadas formaciones Fray Bentos (Oligoceno Inferior), la Formación Raigón (Mio Plioceno) y Formación Libertad (Pleistoceno medio) y en menor proporción materiales de la Formación Villa Soriano y Dolores (Pleistoceno).

La Formación Libertad presenta una extensa expresión superficial en el departamento, abarcando gran parte del mismo. Se trata de sedimentos pelíticos, limo-arcillosos y arcillo-limosos, de colores pardo amarillentos, con contenido variable de gravilla y arena.

La Formación Raigón se trata de sedimentos arenosos desde gruesos y conglomerádicos hasta pelíticos (limo arcillosos y arcillo limosos).

La Formación Fray Bentos se trata litológicamente de depósitos limosos de color rojizos en la base (en contacto con el basamento), con porcentajes variables de arena fina. Ocurren asimismo areniscas finas, rosadas, cuarzosas, bien seleccionadas, con cemento calcáreo y aparecen con mayor frecuencia limolitas rosadas, bien seleccionadas, masivas con cemento carbonático y a veces silíceo.

#### 1.2.1.4. Topografía

El departamento se caracteriza por poseer un paisaje suavemente ondulado, situado sobre la Cuchilla Grande del Sur.

La altura máxima corresponde al Cerro de Montevideo con 130 metros de altura por sobre el nivel del mar, seguido por el Cerrito de la Victoria con 70 metros. Las altitudes promedio varían entre 20 y 50 metros.

Los suelos son en su mayoría melánicos (brunsoles) y suelos saturados (lixiviados argisoles y planosoles). Son tierras de muy buen potencial productivo, pero afectadas por el monocultivo y la erosión.

En la costa se encuentran fluvisoles, gleysoles e histosoles, que no presentan aptitud para el cultivo pero de gran valor paisajístico.

#### 1.2.1.5. Flora y fauna.

La vegetación del departamento sigue las características del país, con praderas de especies de ciclo invernal y estival, con arbustos y árboles de escasa altura.. Existe también una valiosa vegetación asociada a humedales como los del Santa Lucía, que pertenecen a la zona protegida del departamento.

La fauna del departamento ha ido disminuyendo a medida que la población se ha incrementado, pero pueden encontrarse aún especies de porte mediano como nutrias, carpinchos, zorros, etc.

En el área donde se ubica el relleno sanitario por ser una zona altamente antropizada las especies que se encuentran son escasas y casi todas pertenecen a las aves, fundamentalmente gaviotas sp.

### **1.2.2. Medio socioeconómico**

Se da a continuación una perspectiva general del contexto socioeconómico del Departamento y del Centro Comunal Zonal N° 9, lugar en donde se encuentra ubicado el relleno sanitario de la ciudad. Los factores relevantes del medio socioeconómico para la identificación de los impactos se detallarán posteriormente.

La población de la Ciudad de Montevideo según el último censo realizado en 1996 es de 1.335.960, generando 1.222 toneladas de residuos diarios promedio.

Luego de la crisis del 2002, la cantidad de personas viviendo en asentamientos aumentó, así como el número de personas que se dedican a la recolección y reciclaje de los residuos. El promedio de población en situación de pobreza se estima en un 44%, aumentando significativamente al 57% si se consideran solo los menores de 12 años.

El Centro Comunal N° 9, cuenta con una población de unos 136.690 habitantes de los cuales 51,9% son mujeres, 8,25% menores de 19 años. Este valor aumenta en los asentamientos en donde la población menor a 12 años es 10%, ya que son los lugares donde la tasa de natalidad es mayor.

En los alrededores del vertedero de residuos urbanos existen tres asentamientos irregulares (uno de ellos está en el límite con el CCZ 8), la mayoría de los habitantes viven del reciclaje de residuos y están agrupados en UCRUS organizados jurídicamente (Unión de Clasificadores de Residuos Sólidos Urbanos).

CCZ	Asentamiento	Pobl\Hab	Clasificadores	Ton\ día
8	Cañada de las Canteras	1755	176	3.6
9	Cañada de las Canteras	9952	299	9.5
9	Afluentes del Manga	2201	66	2.1

Existen también dos pequeños asentamientos rurales, que se dedican a la explotación de supervivencia, así como a la cría de cerdos.



Fig. N° 2 Ubicación de asentamientos y del relleno sanitario

## **Capítulo 2**

### **CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO**

#### **2.1 Objetivo**

El proyecto de Recuperación de Gas del Relleno Sanitario de Montevideo se inscribe en el contexto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático y el Protocolo de Kyoto, instrumentos jurídicos aprobados por Uruguay y por los que asume el compromiso de formular medidas orientadas a la mitigación y adaptación al cambio climático. El objetivo es contribuir a reducir la acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera, a través de la disminución de emisiones generadas en el relleno sanitario de la ciudad de Montevideo.

Asimismo, y dado que el Protocolo insta la existencia de un Mecanismo para un Desarrollo Limpio, es objetivo el logro de mejoras en las prácticas del manejo de los residuos sólidos municipales, promoviendo así un avance para Uruguay hacia el desarrollo sostenible.

#### **2.2 Ubicación**

La planta de captura y recuperación de gas se emplaza en los módulos 6 y 7 del actual relleno sanitario de la ciudad de Montevideo, el cual cuenta con una superficie de 120 hectáreas y está situada dentro del Centro Comunal Zonal N° 9. Este es operado directamente por el Servicio de Disposición Final de Residuos de la Intendencia Municipal de Montevideo.

El predio se ubica en los padrones 117.268 y 121.952, lindando al oeste con el camino Felipe Cardozo al 2500, al norte con el camino Cepeda y al este y sur con un camino perimetral interno de 2.000 metros de longitud.

La superficie de los módulos donde se implementará el proyecto tiene 29,5 hectáreas (Ver fig. N° 3).

El camino Felipe Cardozo es asfaltado y une barrios importantes de la ciudad, tales como “Curva de Maroñas” y “Punta de Rieles”. Tiene una frecuencia de tránsito relativamente importante para una población que se moviliza con variados destinos. Sobre este camino y en su faja de ensanche, próximo a la entrada al relleno sanitario, se encuentra establecido un asentamiento informal de larga data y con una población de 24 familias. La actividad de sus habitantes se inició con el hurgado en el antiguo vertedero a cielo abierto denominado Usina 5 (década del ochenta). Actualmente buena parte de los mismos se dedica directamente al clasificado de residuos que la IMM deposita diariamente en la planta construida para tal fin. Esta planta se encuentra a 400 metros del punto más próximo de accesibilidad al módulo Usina 6 y 7, ocupando hasta 150 personas durante seis horas al día.



Con un potencial de arcilla importante por sobre el cristalino fisurado, la implantación del relleno sanitario en ese sitio se vio favorecida desde sus inicios en el año 1990, ya que no se manejaba en ese momento la utilización de geomembranas impermeables de fondo. Pozos de monitoreo que se detallaran más adelante confirman tal situación.

No existen en la zona montes naturales, estando compuesta la vegetación por arbustos y ciertos paraísos crecidos en forma silvestre.

El aeropuerto de la ciudad de Montevideo se encuentra al noreste del relleno y a una distancia de 5 kilómetros, distancia suficiente para la no interferencia de actividades.

A pesar de los años de explotación, ni en los correspondientes movimientos de suelos y ni en los estudios realizados en la zona, se han detectado asentamientos arqueológicos, ni sitios culturales, resultando improbable cualquier aparición de material valioso ya sea desde el punto de vista cultural o científico.

### **2.3.1. Módulo Usina 6 y 7**

El módulo Usina 6 y 7 ocupa 29 hectáreas de las 120 indicadas, opera desde 1990 y tiene fecha prevista de cierre de acuerdo a su capacidad para enero 2006. Se operó fundamentalmente en tres etapas bien diferenciadas: Usina 6, 1990 – 1994; Usina 7, 1994 – 1998; unión de módulos 6 y 7, 1998 – 2005.

La altura del tirante actual de dichos módulos es de 32 metros y dadas las pendientes generadas, el escurrimiento de las precipitaciones es conducido a través de cunetas. A pesar de contar con buen material de cobertura, el promedio anual de precipitaciones (1100 mm) dificulta un mejor manejo de las infiltraciones, generando niveles altos de lixiviados. Aquellos lixiviados que migran al exterior ingresan al sistema de cunetas para diluirse luego en la cañada limítrofe situada al pie de camino perimetral. Aguas abajo y a unos 700 metros, esta es bombeada al sistema de alcantarillado de la ciudad.



Fig. N° 4. Vista del Modulo 6/7

En estos módulos se ha operado en celdas tanto ascendentes como descendentes, dependiendo de requerimientos de caminería o situación operacional del equipo utilizado. La cobertura transitoria ha sido de variada continuidad, debido a las dificultades causadas por las precipitaciones y al equipamiento disponible. La operativa ha sido llevada a cabo por el municipio. Se dispone en el mismo predio un taller para mantenimiento de equipos.

Para su clausura se prevé actividades de acondicionamiento, minimizando el impacto visual del mismo.

En el siguiente cuadro se muestra la caracterización del residuo que llega al relleno de acuerdo a dos estudios realizados.

<b>Fracción</b>	<b>IMM 1996</b>	<b>Plan Director 2004</b>
Materia Orgánica	56,0%	58,3%
Plásticos	13,0%	13,8%
Chatarra	7,0%	1,3%
Vidrio	4,0%	3,4%
Papel y Cartón	8,0%	10,5%
Otros	12,0%	12,7%

Si bien el proyecto se enmarca dentro del módulo Usina 6 y 7, corresponde describir el módulo Usina 8. Este módulo se construyó con la particularidad de ser lindero con los anteriores, separados apenas por un camino público. Comenzó a operarse a partir de mayo de 2002, esperando recibir un mayor volumen de residuos una vez cerrado la 6 y 7. La Usina 8 tiene la característica de poseer membrana impermeable de PVC en su fondo y laterales, estando protegida a su vez con 40 centímetros de arcilla. Maneja drenes de fondo para escurrimiento de lixiviados y se prevé un tirante similar al de Usina 6 y 7. Se movieron para su construcción 600.000 metros cúbicos de suelos y se colocaron 220.000 metros cuadrados de geomembrana. Ocupa un área construida de 20 hectáreas, disponiéndose de terrenos propios que permiten su ampliación en otras 20 hectáreas.

### **2.3.2. Características del subsuelo en la zona de implantación del proyecto.**

La información disponible sobre las características del subsuelo de la zona a implantarse el proyecto y sus alrededores es el estudio realizado por la consultora

CEAMSE, previos a la construcción de la Usina 8. Se construyeron 5 pozos de monitoreo realizados en sitios relativamente próximos al perímetro de la zona del proyecto en primera etapa (Usinas 6 y 7).

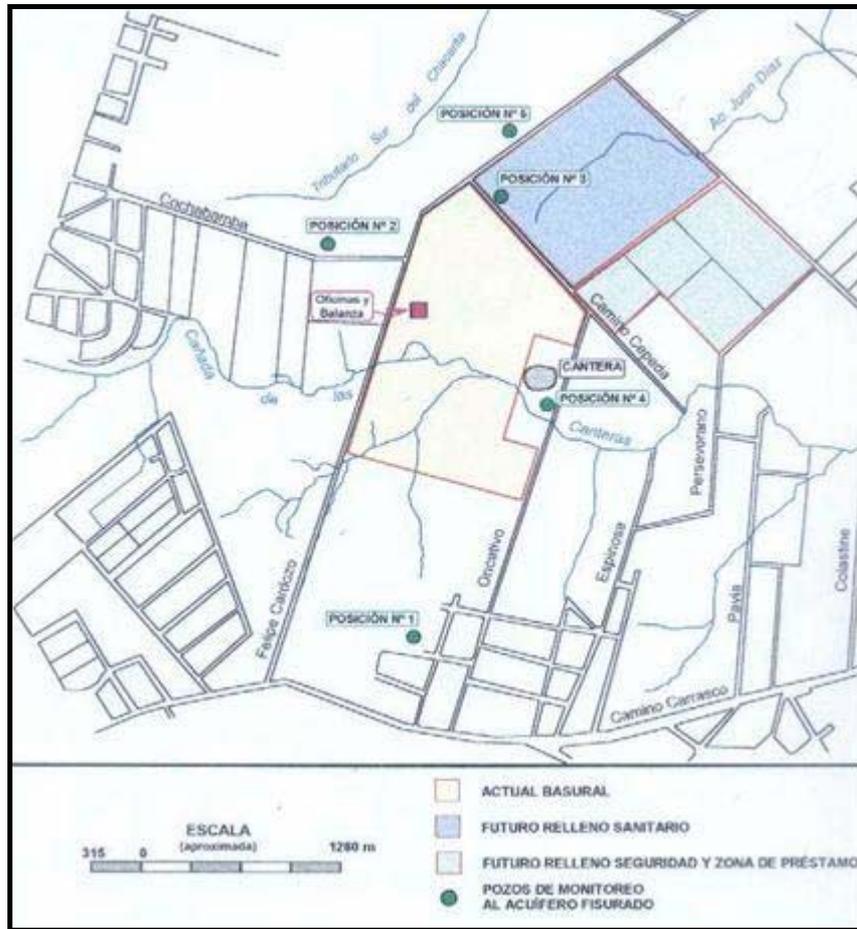


Fig.Nº 5 Ubicación de pozos de monitoreo.

Los pozos número 2, 3 y 5 son los más cercanos al lugar del proyecto. A continuación se describe las características generales del perfil del suelo según el estudio mencionado.

El manto superior del perfil está compuesto por una arcilla de potencia mínima de 4m, teniendo en los restantes espesores algo mayores y que en uno de los casos llega a los 32 metros.

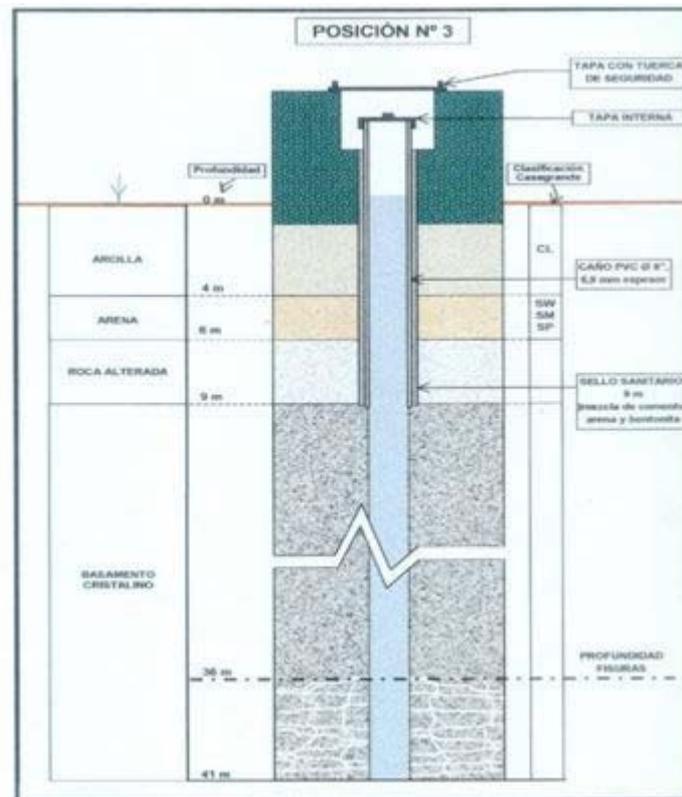


Fig. N° 6. Perfil del pozo N° 3

Estos materiales, pertenecientes a la denominada Formación Libertad, tratan de suelos con porcentaje de finos (materiales que pasan por el tamiz de número 200) superior al 90% y con Índices Plásticos entre 20 y 30. Se clasifican como tipo CL según el sistema S.U.C.S. y como del tipo A-6 y A-7-6 según la clasificación A.A.S.H.T.O.

Son suelos de baja permeabilidad, con valores de  $K$  menores a  $1 \times 10^{-6}$  cm/s, pudiendo llegar a tener permeabilidad aún muy inferiores al valor antes mencionado. Por debajo de dichos materiales arcillosos, se presenta en algunos cateos, un material de características netamente arenosas, pertenecientes a la Formación Raigón, con espesores que varían entre 0 a 6 metros. Estos suelos se clasifican mayoritariamente como del tipo SP según el Sistema Unificado, siendo la permeabilidad de los mismos alta (superior a  $1 \times 10^{-3}$  cm/s).

Inmediatamente por debajo, se presenta el manto rocoso, el cual en los niveles superiores (1 a 3 m) tiene un grado de alteración muy importante (niveles descompuestos y desagregados). Subyacentemente se presenta la roca (basamento Cristalino) con poco grado de alteración.

En el informe, no se señala presencia de agua libre hasta profundidades variables entre 30 a 40 m, dónde la roca tiene un alto nivel de fisuras.

### 2.3.2. Situación aspirada con la implantación del proyecto.

Con el módulo ya cerrado, se tendrán actividades de sellado y cobertura final. Las actividades siguientes están vinculadas al proceso de construcción de la planta de captura de gas (pozos de extracción, tuberías de succión, equipo soplador, sector de tratamiento de gases que incluya tanque de separación de condensados y una antorcha de combustión), un proceso operativo (manipulación controlada y monitoreo) y el proceso de clausura del proyecto.

EPA (2002-a) señala como principio de operación básico para la extracción del gas del relleno la aplicación de vacío. Bombas mediante y los correspondientes controles que eviten entradas excesivas de oxígeno permitirán su adecuada captura.

La construcción de la planta de captura de gas requiere de hasta 48 pozos verticales de extracción de 15 metros de profundidad y a una distancia entre ellos de 30 metros. Una red de tuberías principales se conectará a través de cabezales a ramales secundarios distribuidos por sobre todo el módulo. Sopladores del tipo centrífugo forzarán la conducción del gas desde las tuberías hasta la unidad de tratamiento. Se considerarán sopladores de bajos niveles de ruidos y vibración. La unidad de tratamiento del gas será un tanque donde se separará el condensado, continuando el gas hacia la antorcha de combustión. Dicha combustión convertirá el metano en dióxido de carbono, y eliminará otros componentes gaseosos presentes en el biogás. Se monitorearán y controlarán todas las etapas de la planta (recuperación, conducción, y combustión) evaluando así su eficiencia.

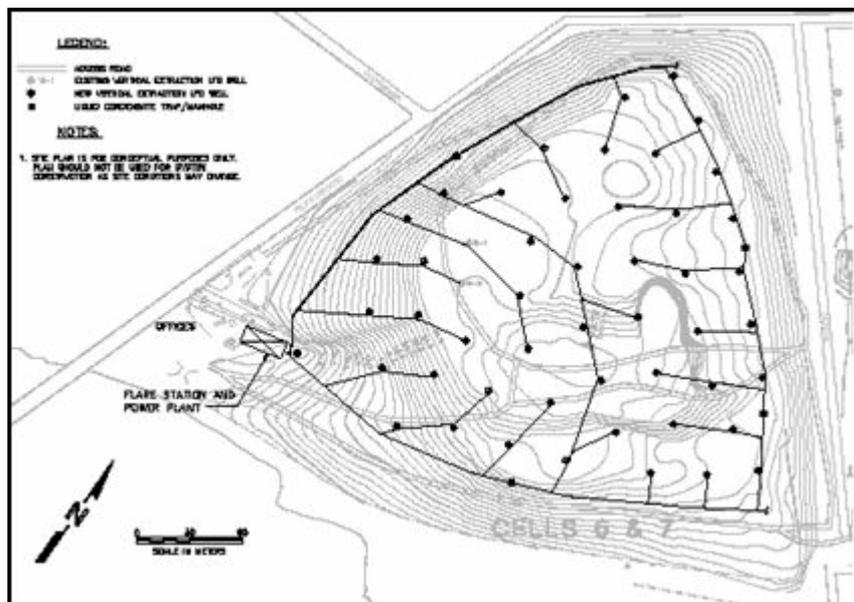


Fig. N° 7. Proyecto de ubicación de los pozos de extracción de biogás.

Serán necesarias para este proceso obras civiles de diversa envergadura que permitan la construcción de las instalaciones proyectadas. Se definirán lugares aptos para acopios de los materiales requeridos y situados a su vez próximos al sitio de su implantación final.

El proceso operativo comprende a las actividades propias de la extracción de gas, su manejo, la correspondiente eliminación de condensados y la quema del gas mediante la antorcha. Asimismo, el mantenimiento operativo de cada pozo, su accesibilidad y entorno se manejarán dentro del proceso con iguales niveles de calidad.

Respalda la viabilidad del proyecto, entre otros estudio el de prefactibilidad recientemente realizado (junio 2005) por SCS Engineers y su correspondiente Reporte de Prueba de Bombeo. Esta prueba permitió medir la relación entre la presión de vacío y flujo mientras se extrae de forma activa el biogás del relleno sanitario, medir los niveles sostenibles de metano capturado, estudiar radios de influencia lateral a través de las sondas, y la medición de niveles de oxígeno en el metano. Para ello se construyeron 3 pozos de 15 metros de profundidad y 9 sondas. Mediante una bomba de succión se ejercía vacío para extracción de gas lo que permite el estudio de caudales.

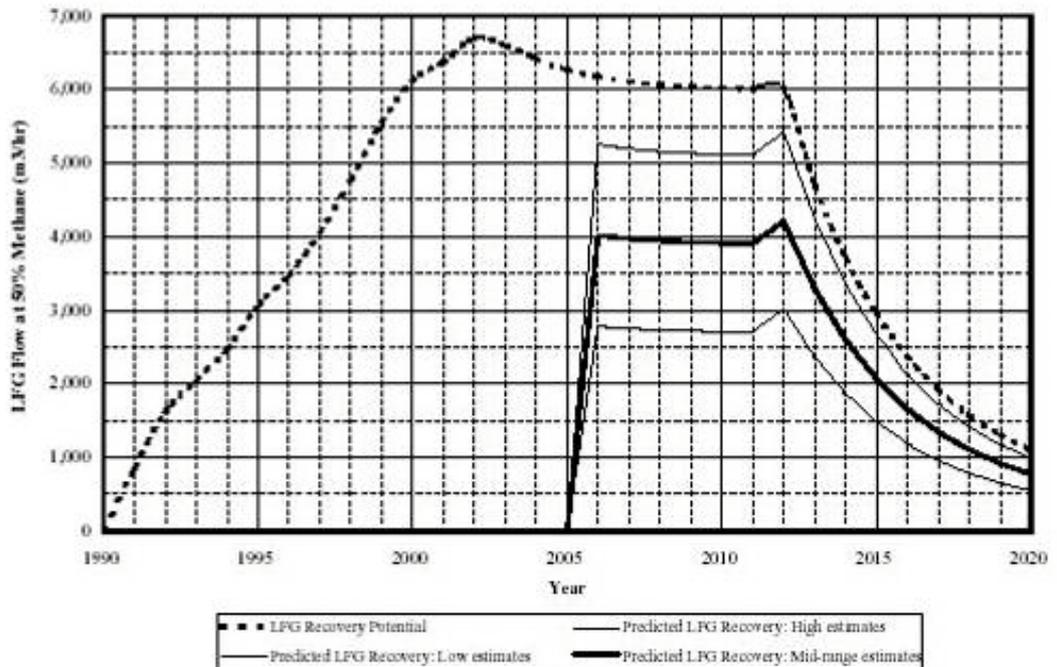


Fig. N° 8 Recuperación proyectada del Biogas 1990- 2020.

Existe también la posibilidad de utilizar el gas como fuente de energía eléctrica a través de la instalación de generadores, según estudio de prefactibilidad realizado por SCS Engineers en este caso la rentabilidad final del proyecto sería menor.

## Capítulo 3

### EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

#### 3.1. Factores biofísicos y socioeconómicos relevantes para la evaluación

En base a las actividades del proyecto, se identificaron potenciales impactos sobre algunos de los múltiples componentes ambientales. En la Tabla 3.1 se muestran los factores del medio que han sido considerados relevantes en esta evaluación y sobre los cuales se evaluará el potencial impacto.

*Tabla 3.1. Componentes ambientales: factores relevantes*

<b>Componente Ambiental</b>		<b>Factores relevantes</b>
<b>Componentes Biofísicos</b>	Aire	Ruido Olores Gases y partículas
	Agua	Superficiales Subterráneas
	Flora Fauna	Hábitat
	Suelo	Topografía Composición
	Paisaje	Impacto Visual
<b>Componentes Socioeconómicos</b>		Seguridad Laboral Empleo Nuevas Actividades Concientización Sitio de Interés Cultural

### **3.1.1. Componentes biofísicos**

#### *3.1.1.1. Aire*

##### *1. Ruido*

Es necesario identificar los niveles sonoros que producirán las actividades relacionadas con el proyecto y determinar las fuentes de emisión de los mismos, diferenciando los focos de emisión continua de los intermitentes u ocasionales

##### *2. Olores*

Se identificará si durante algunas etapas de la ejecución del proyecto, especialmente durante la combustión se generan gases que pueden producir olores desagradables, como por ejemplo el SH<sub>2</sub>.

##### *3. Gases y partículas.*

Se deben encontrar posibles fuentes de contaminación atmosférica existentes en el proyecto, como emisiones de material particulado, metano (CH<sub>4</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), oxígeno (O<sub>2</sub>), sulfuro de hidrógeno (SH<sub>2</sub>) y otros contaminantes habitualmente presentes en efluentes gaseosos.

#### *3.1.1.2. Agua*

##### *1. Superficiales*

Se realizara el análisis del impacto de las actividades del proyecto sobre los cursos de aguas superficiales, considerando los usos actuales y potenciales de las fuentes hídricas de la zona, datos de calidad físico-química y bacteriológica de las fuentes de agua de la zona del proyecto y el análisis de estabilidad de cauces y dinámica de los cambios naturales.

##### *2. Subterráneas*

El análisis de la hidrología subterránea debe basarse en los efectos de corte que pueden generar la excavación y los riesgos de contaminación, así como la evolución temporal de los niveles freáticos. Un aspecto fundamental a tener en cuenta para el eventual efecto del proyecto sobre las aguas subterráneas son las características geológicas y geotécnicas (sobretudo referente al parámetro permeabilidad) del perfil del subsuelo en la zona de implantación del proyecto

### 3.1.1.3. Flora y fauna

#### *1. Hábitat/ Microclima/ Diversidad*

Básicamente consiste en analizar si las actividades generadas en el proyecto producen modificaciones destrucción del hábitat o microclima necesario para la permanencia de las especies de flora y fauna presentes en el lugar, así como de la variedad de especies animales y vegetales presentes en el área.

### 3.1.1.4. Suelo

#### *1. Topografía/ erosión*

Deben considerarse las modificaciones en la topografía ocasionadas principalmente por los movimientos de tierra, excavaciones o terraplenes, que suponen un importante efecto sobre el terreno, generando su erosión o cambio en las condiciones de estabilidad del mismo.

#### *2. Composición (calidad)*

Este punto hace referencia a la potencial contaminación del suelo con compuestos que pueden provenir de la degradación de los residuos u otras actividades.

### 3.1.1.5. Paisaje

#### *1. Impacto visual*

El estudio de la calidad paisajística del lugar, su adecuación al entorno natural y la percepción de la población acerca del mismo, deberán ser analizados también.

## **3.1.2. Componentes socioeconómicos**

Dentro de este capítulo se deben estudiar los factores que configuran el medio social en sentido amplio, analizando y profundizando en mayor grado en aquellos factores que pueden revestir características especiales en el ámbito afectado.

### *1. Higiene y seguridad laboral*

Este punto hace referencia a la necesidad de medidas de protección para evitar posibles accidentes y/o contingencias en el área de trabajo, que pueden afectar especialmente a las personas que trabajan en el lugar

### *2. Mano de obra / empleo*

Las actividades necesarias para la construcción y operación de la planta de captura de gas demandarán personal capacitado para la concreción de las diferentes etapas de la obra, así como para el permanente monitoreo y control de algunas variables explicadas posteriormente (PMA)

### *3. Emprendimientos productivos / Nuevas actividades*

El proyecto de captura de GRS puede generar, con su puesta en marcha, el surgimiento de emprendimientos industriales a nivel local, la compra de insumos y la generación de mano de obra en otras actividades, que impacten positivamente en la economía local.

### *4. Participación ciudadana / concientización*

Un aspecto fundamental a considerar en la evaluación del proyecto es la incorporación de la opinión de la población acerca de la pertinencia y necesidad del proyecto, a través de su concientización y su participación en la toma de decisiones.

### *5. Sitios de interés arqueológico / cultural*

Se debe analizar la probabilidad de que existan restos arqueológicos en el lugar de implantación del proyecto.

### 3.2. Criterios de evaluación

Para ponderar la trascendencia de los efectos sobre el medio ambiente se utilizaron criterios de evaluación estándares. La Tabla 3.2 enumera cada uno de ellos y su correspondiente definición.

**Tabla 3.2. Criterios de evaluación ambiental**

Criterio	Evaluación	Definición
Dirección	Positiva (+)	Beneficio neto para el recurso
	Neutra (0)	Sin beneficio ni perjuicio para el recurso
	Negativa (-)	Perjuicio para el recurso
Probabilidad de ocurrencia	Incierto (0,1 - 0,3)	Probabilidad baja de ocurrencia
	Poco Prob. (0,4 - 0,7)	Probabilidad baja a media de ocurrencia
	Probable (0,8 - 1)	Probabilidad alta de ocurrencia
Duración	Corto plazo (1)	Menos de un año
	Mediano Plazo (2)	Entre 1 y 5 años.
	Largo plazo	Más de 5 años
Extensión	Puntual (1)	En el área de trabajo
	Parcial (2)	Local (abarca el área de trabajo y alrededores)
	Extenso (3)	Se extiende más allá del Centro Comunal
Magnitud	Baja (0)	No se prevé cambio
	Media – baja (1)	Se pronostica que los efectos serán algo superiores a las condiciones existentes.
	Media – alta (2)	Se prevé que los efectos serán superiores a las condiciones existentes. No superan los límites permisibles o causan cambios en parámetros económicos y/o sociales.
	Alta (3)	Los efectos superan los criterios establecidos con efectos adversos o causan cambios detectables en parámetros sociales, económicos, biológicos.
Frecuencia	Continua (4)	Se manifiesta a través de alteraciones permanentes
	Aislada (3)	Confinado a un período específico
	Periódica (2)	Intermitente y continua en el tiempo
	Ocasional (1)	Intermitente y esporádicamente
	Accidental (0)	Ocurre rara vez
Reversibilidad	Corto plazo (0)	Puede ser revertido en un año o menos
	Mediano plazo (1)	Puede ser revertido entre un año y diez
	Largo plazo (2)	Puede ser revertido en más de diez años
	Irreversible (3)	Efecto permanente

### 3.3. Metodología de evaluación

Para evaluar los impactos se utilizó una matriz de Leopold (1971) modificada, la cual permite mostrar los potenciales impactos ambientales identificados para los componentes biofísicos y socioeconómicos y determinar su significancia.

Este método utiliza los criterios de evaluación ambiental previamente definidos, y consiste en asignar parámetros semi-cuantitativos, establecidos en una escala relativa a cada “actividad de proyecto/impacto ambiental” interrelacionado. La evaluación crea un índice múltiple que refleja las características cuantitativas y cualitativas del impacto.

Sobre la base de asignar valores a los respectivos “puntajes”, se elaboró una matriz que determina la importancia y la jerarquización de los diferentes impactos. Mediante una fórmula se incluyeron todos los atributos, de manera de obtener un valor numérico que permite realizar comparaciones.

La Clasificación Ambiental (Ca) para cada impacto, es una expresión numérica que se determina para cada uno de ellos, y es el resultado de la interacción de cada atributo para caracterizar los impactos ambientales. La clasificación ambiental Ca está representada por la siguiente expresión:

$$Ca = D.Po.(M+E+Du+F+R)$$

La Tabla 3.3 muestra los rangos utilizados para los diferentes atributos.

*Tabla 3.3. Rango de valores de los atributos*

Símbolo	Atributo	Rango de valor
D	Dirección	+1, 0, -1
Po	Probabilidad de ocurrencia	0.1 a 1
M	Magnitud	0, 1, 2, 3
E	Extensión	1, 2, 3
Du	Duración	1, 2, 3
F	Frecuencia	0, 1, 2, 3, 4
R	Reversibilidad	0, 1, 2, 3

La aplicación de los criterios depende de la evaluación que haga cada especialista ambiental, así como de las sensibilidades ambientales de los componentes que se hayan reconocido durante los estudios de referencia y en el terreno.

La ponderación de cada uno de los atributos para las tres actividades principales seleccionadas fue realizada en base a la experiencia de los profesionales a cargo del estudio, la bibliografía y material de referencia utilizado, así como recoge los aportes de las consultas realizadas a expertos en diferentes áreas vinculados o no al proyecto. La clasificación ambiental Ca mostrada en la matriz de impacto refleja las ponderaciones realizadas.

### 3.3.1. Jerarquización de los impactos

Los impactos ambientales clasificados para todos los componentes ambientales se evaluaron de acuerdo a los criterios de importancia utilizando los rangos de valor de Ca que aparecen a continuación en la Tabla 3.4:

**Tabla 3.4. Rangos de valor de la importancia**

				Código de color
15	a	10,1	Altamente positivo	
10	a	5,1	Moderadamente positivo	
5	a	0	Levemente positivo	
-0,1	a	-5	Levemente negativo	
-5,1	a	-10	Moderadamente negativo	
-10,1	a	-15	Altamente negativo	

### 3.4. Evaluación ambiental de los potenciales impactos

A través de la metodología descrita en el inciso se construyó la matriz de Leopold modificada para la planta de captura de GRS (relativa a la situación actual, relleno sanitario sin captura de gas) que se muestra en la Tabla 3.5

**Tabla 3.5 Matriz de impacto para el proyecto.**

Categorías Ambientales	Matriz de impacto para la recuperación del Biogas															
	Componentes biofísicos										Componente Socio economicos					
	Aire				Agua		Flora y Fauna		Suelo		Paisaje		Seguridad laboral	empleo	Nuevas actividades	Concientizacion
ruido	olores	Polvo	Biogas.	superficiales.	subterranas.	Flora	Fauna	Topografía	Composición (Calidad)	Impacto Visual						
Cierre del relleno	-2,4	0	-1,2	5,4	0,9	1,3	5,6	4,8	6	0	8,8	10,4	-6,3	2,2	0	0
Construcción	-7	-2,8	-4,8	-2,4	0	0	-1	-2,8	0	-4,5	-7,2	-2,4	7	4	5,4	0
Extracción de gas	-7,2	9,6	0	14	6,3	0	-1,2	0	0	0	0	-7,8	3,2	0	7	0
M de Condensados	0	-5	0	-0,9	-2,7	0	0	0	0	-1,4	-5,4	-4	5,4	0	0	0
Combustión y Manten.	-2,8	10,4	-6,4	12,6	-0,8	0	0	-5	0	-3	-12	-5,4	7,2	3,2	0	0
Clausura	-5,6	-0,8	-4	-4	0	0	8	6,4	0	8,8	12	10,8	-6,4	3,6	0	0

Se adjuntan planillas con la ponderación de cada ítem, que justifican el resultado global (Anexo 1).

### **3.6 ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS DEL PROYECTO**

#### **3.6.1 Impactos del proyecto sobre los componentes biofísicos**

##### **3.6.1.1. Etapa de cierre del relleno sanitario**

La etapa de cierre del relleno sanitario, si bien ocasionaría ruidos y emisiones de material particulado, estos impactos serían transitorios. Esta etapa, posee un **impacto positivo respecto a la adecuación del predio a su entorno**, minimizando el impacto visual provocado por el mismo. Asimismo se puede posibilitar el retorno al lugar de la fauna existente en la zona.

##### **3.6.1.2 Etapa de construcción**

###### **3.6.1.2.1 Impacto sobre el aire**

**El impacto puede considerarse como levemente negativo**, debido a la ocasión de ruidos y polución del aire ocasionando principalmente por el movimiento de maquinarias y vehículos durante la instalación de la infraestructura del proyecto y construcción de la planta.

El aumento en el nivel de ruidos está asociado principalmente al movimiento de maquinarias para realizar las perforaciones para la captura de gas. A su vez, el movimiento de maquinarias y tierras para la instalación del proyecto, así como la construcción de la obra civil, pueden acentuar la polución del aire debido a la remoción de material particulado.

De igual manera, las excavaciones sobre el terreno durante la construcción de los pozos es probable que generen mayor emanación de olores de los residuos depositados. Es de destacar el carácter transitorio de los mismos.

Además del factor temporal antes mencionado, actúa como atenuante de este eventual efecto desfavorable, el hecho de la no presencia de viviendas en las proximidades del emplazamiento del proyecto.

Por otra parte, la forestación de los alrededores del predio, prevista como medida de mitigación en el P.M.A., es un factor que contribuye a revertir los aspectos negativos antes señalados.

#### **3.6.1.2.2 Impacto sobre el agua**

No se observan impactos significativos sobre el agua superficial y subterránea durante la etapa de construcción.

La posibilidad de un impacto negativo en lo que respecta al agua subterránea, debido a la operación de perforación, así como a una perturbación en los escurrimientos por la infraestructura es mínima, sino nula, en función de la longitud de la perforación (15 metros, no penetrando en el suelo natural) y a que en el sitio de emplazamiento del proyecto (Usinas 6 y 7) el perfil del subsuelo está compuesto por un manto arcilloso de espesor no menor a 3 metros de materiales pertenecientes a la denominada Formación Libertad. Estos materiales arcillosos tienen características muy poco permeables (valores de  $k$  menores a  $1 * 10^{-6}$  cm/s).

En análisis realizados por el Laboratorio de Higiene en agosto del año 2000, solo se encontró en uno de los puntos (Nº 1) concentraciones algo elevadas de nitratos en estas (10.3, 10.7, 10.9, siendo lo máximo aceptado 10 mg/l) pero no necesariamente se debe a contaminación por los líquidos del relleno. (ver Anexos Nº 2)

#### **3.6.1.2.3 Impacto sobre flora y fauna**

El efecto sobre este medio estaría dado por el movimiento de maquinarias tanto en las etapas de construcción como de operación, ahuyentando temporalmente a especies que tienen su hábitat en alrededores. Es de señalar, que este efecto ya se ha producido por la operación normal del relleno sanitario, por lo que se considera prácticamente nulo el efecto adicional provocado por el proyecto.

#### **3.6.1.2.4 Impacto sobre el suelo**

Los mayores impactos sobre este medio, en cuanto a erosión del suelo y modificaciones temporales de la topografía ya han sido previamente ocasionados por la construcción y operación del relleno.

La instalación de la infraestructura es la que provocará mayor efecto, ya que en el sitio de su implantación el impacto será irreversible.

#### **3.6.1.2.5 Impacto sobre el paisaje**

**El impacto visual sobre el paisaje es considerado como un impacto desfavorable** del proyecto tanto en la etapa de construcción, como en la de operación del relleno. La mayor parte de estos efectos negativos son revertidos en la clausura del mismo.

El movimiento de maquinarias generará un impacto visual negativo durante la construcción, siendo de carácter muy transitorio.

La instalación de la red de tuberías para la captura del gas con los sistemas anexos de transporte y tratamiento del gas hasta la planta provocará cierto impacto visual negativo, respecto a un terreno totalmente parquizado como hubiera ocurrido de haberse diseñado la clausura del módulo sin la captura del gas.

### **3.6.1.3 Etapa de operación**

#### **3.6.1.3.1 Impacto sobre el aire**

##### *1) Ruido*

**El impacto puede considerarse como levemente negativo**, ya que durante la operación habría también ruidos provenientes tanto de la extracción del gas como del funcionamiento de la antorcha que si bien son permanentes, la intensidad es baja.

El mantenimiento de los equipos contribuirá a mantener los niveles de ruido, dentro de los parámetros adecuados. Se considera importante el mantenimiento periódico realizado sobre los ventiladores ya que mitigará efectos adversos vinculados a ruidos y vibraciones.

##### *2) Olores*

**El impacto del proyecto sobre este medio es claramente favorable**, ya que durante las etapas de extracción de gas y combustión, el impacto del proyecto es altamente positivo, ya que la recolección del gas y su posterior quema, disminuye las fugas atmosféricas actuales del mismo por venteo, y en consecuencia una disminución de los olores.

##### *3) Partículas*

Durante el quemado del gas, a pesar de la instalación de filtros, fracciones de material particulado son generados, tales como sales de metales derivados de la corrosión de componentes de la planta y carbono producido por combustión incompleta, según normativa en elaboración dicho material no podrá ser superior a 250 mg/m<sup>3</sup>.

##### *4) Gases*

Con respecto a los gases emitidos a la atmósfera, **el impacto del proyecto es sumamente positivo**, ya que la captura del metano y su posterior combustión

en antorcha convierte el metano en dióxido de carbono, disminuyendo el efecto sobre el calentamiento global.

El potencial de calentamiento global del metano, que compone en aproximadamente un 50% el biogás, es 21 veces mayor que el producido por el dióxido de carbono. En la combustión del biogás se desprenden, además de  $\text{CO}_2$ , otros gases.

A continuación se describen algunas características de los **productos de la combustión** de GRS más importantes ya sea por su proporción o por sus efectos.

*Dióxido de carbono  $\text{CO}_2$ .* Es un componente natural del GRS y producto de su combustión incompleta. Se mide en concentraciones en % en volumen y generalmente las emisiones de la planta de combustión serán inferiores a las medidas en el GRS a causa de la dilución con aire primario y secundario introducido durante el proceso de combustión.

*Monóxido de carbono  $\text{CO}$ .* Es un producto de la combustión incompleta y debe ser monitoreado como un parámetro de control que indique la eficiencia de la combustión en los sistemas de utilización y quemado de GRS.

*Oxidos de nitrógeno  $\text{NO}_x$ .* Son productos de la combustión derivados de la oxidación del nitrógeno contenido en los compuestos durante la combustión. El principal óxido de nitrógeno producido durante la combustión es el óxido nítrico (NO) que luego se convierte en óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), particularmente durante la combustión a baja temperatura, y cuya mezcla se conoce como  $\text{NO}_x$ . Debido a la oxidación con oxígeno atmosférico y luego de un período de tiempo los  $\text{NO}_x$  se convierten en dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ) que luego es emitido al aire.

Los  $\text{NO}_x$  producidos durante la combustión del GRS pueden tener tres fuentes potenciales:

- la oxidación del nitrógeno presente en el aire e introducido en la planta durante el proceso de combustión
- la oxidación de las especies nitrogenadas presentes en el GRS (incluido el nitrógeno)
- las reacciones entre el nitrógeno y los radicales hidrocarbonados en los gases exhaustos calientes

Se encuentran concentraciones altas de  $\text{NO}_x$  en las emisiones de plantas de combustión de GRS cuando el proceso se realiza en condiciones de mayor eficiencia a temperaturas altas.

*Oxidos de azufre  $\text{SO}_x$ .* Son compuestos de la oxidación a partir de sulfuros contenidos en el GRS. Estos componentes incluyen mercaptanos, sulfuros dialquilados y disulfuros (por ejemplo sulfuro de dimetilo y sulfuro de hidrógeno). Estos se oxidan durante la combustión a dióxido de azufre  $\text{SO}_2$  y en menor proporción a  $\text{SO}_3$ , denominados óxidos de azufre  $\text{SO}_x$ . Estos

compuestos pueden reaccionar con vapor de agua a bajas temperaturas y producir ácido sulfúrico.

*Cloruro y Fluoruro de hidrógeno ClH-FH.* Estos ácidos gaseosos son producto de la combustión completa del GRS a partir de una rango amplio de compuestos orgánicos clorados y fluorados que se encuentran en el gas. Son altamente reactivos y están asociados con aceleradas velocidades de corrosión del equipamiento de la planta.

*Dibenzo dioxinas policloradas (DDPC) y dibenzo furanos policlorados (DFPC).* Estos son productos térmicos generados por la combustión de compuestos orgánicos y clorados de materiales contenidos en el GRS. Su formación se favorece cuando existen emisiones particuladas y determinadas condiciones termodinámicas tales como bajas temperaturas y tiempos cortos de combustión. DDPCs y DFPCs se encuentran a relativamente bajas concentraciones en las emisiones de plantas de combustión de GRS.

*Compuestos orgánicos volátiles no metánicos NMVOCs.* Se han reportado una gran cantidad de estos compuestos en las emisiones de la combustión de GRS en concentraciones de trazas. Los compuestos detectados en las emisiones de los gases exhaustos pueden provenir de:

- el GRS residual no quemado
- la combustión incompleta
- las reacciones de síntesis dentro de los gases exhaustos calientes

Algunos de estos componentes no han sido reportados como componentes del GRS lo que sugiere que su origen se encuentre en la descomposición térmica durante la combustión. Estos compuestos incluyen benzaldehído y nitrometano.

En cuanto al mercurio contenido en el GRS, la combustión reduce la toxicidad de esas emisiones pues convierte los compuestos orgánicos de mercurio, incluido el metilato de mercurio, en compuestos menos tóxicos y peligrosos como son los compuestos de mercurio inorgánicos (EPA, 2003).

Los principales factores que influyen en la combustión del GRS y en las emisiones de la antorcha son tres: la temperatura, el tiempo de residencia y la turbulencia. La antorcha a instalar en la planta de recuperación de GRS asegura una temperatura mínima de combustión de 1000 °C y durante un tiempo de 0.5 segundos, condiciones operativas que aseguran que el proceso se realiza bajo condiciones adecuadas.

La tabla 3.6. resume en forma cualitativa las diferencias en los impactos potenciales del GRS crudo y las emisiones de su combustión sobre la salud humana y el ambiente.

A continuación se presenta un estimado de las reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero (en unidades de toneladas métricas de metano por año y toneladas métricas de CO<sub>2</sub> equivalente, utilizando un factor de equivalencia de metano/CO<sub>2</sub> de 21) para el periodo de evaluación.

**Tabla 3.6.1 RESUMEN DE REDUCCIONES PROYECTADAS DE EMISIONES DE GHG (\*)**

Año	Reducciones Proyectadas de GHG ( ton. CO <sub>2</sub> eq/año)
2006	245,652
2007	243,045
2008	241,265
2009	240,099
2010	239,390
2011	239,018
2012	257,270
2013	201,340
2014	158,728
2015	126,201
2016	101,311
2017	82,211
2018	67,502
2019	56,125
Total	2,499,160

(\*) Fuente: Estudio de prefactibilidad del proyecto realizado por consultora SCS Engineers en febrero del 2005

El biogás contiene VOCs y HAPs en concentraciones pequeñas. El proceso de colección y combustión de biogás resulta en una reducción neta de las emisiones de VOCs y HAPs emitidas por el relleno

Se presenta a continuación la reducción prevista de emisiones de VOCs y HAPs para el periodo de evaluación.

**Tabla 3.6.2 RESÚMEN DE LAS REDUCCIONES PROYECTADAS DE EMISIONES DE VOC Y HAP (\*)**

<b>Año</b>	<b>Reducción de Emisiones de VOC ( toneladas)</b>	<b>Reducción de Emisiones de HAP (toneladas)</b>
2006	<b>28.55</b>	<b>7.88</b>
2007	<b>28.08</b>	<b>7.44</b>
2008	<b>27.87</b>	<b>7.38</b>
2009	<b>27.74</b>	<b>7.34</b>
2010	<b>27.65</b>	<b>7.32</b>
2011	<b>27.61</b>	<b>7.31</b>
2012	<b>29.73</b>	<b>7.89</b>
2013	<b>23.23</b>	<b>6.10</b>
2014	<b>18.28</b>	<b>4.73</b>
2015	<b>14.50</b>	<b>3.69</b>
2016	<b>11.61</b>	<b>2.89</b>
2017	<b>9.39</b>	<b>2.28</b>
2018	<b>7.76</b>	<b>1.99</b>
2019	<b>6.44</b>	<b>1.62</b>
<b>Total</b>	<b>290</b>	<b>79</b>

(\*) Fuente: Estudio de prefactibilidad del proyecto realizado por consultora SCS Engineers en febrero del 2005

Las emisiones debidas a la combustión del biogás incluyen emisiones de Nox, Co, Sox, y PM.

NMOCs, VOCs, y HAP no son destruidos totalmente y son emitidos aunque en menores cantidades que cuando no se quema el biogás.

A continuación se presenta un estimado de las posibles emisiones de Nox, Co, Sox, y PM para el período.

**Tabla 3.6.3 RESUMEN DE EMISIONES DE CONTAMINANTES CRITICOS**

Año	Emisiones de Nox (toneladas)	Emisiones de CO (toneladas)	Emisiones de Sox (toneladas)	Emisiones de PM (toneladas)
2006	17.11	5.70	4.32	4.78
2007	32.20	41.96	4.28	7.23
2008	32.08	41.92	4.25	7.20
2009	32.00	41.89	4.23	7.18
2010	31.95	41.87	4.21	7.16
2011	31.92	41.86	4.21	7.16
2012	33.20	42.29	4.53	7.51
2013	29.30	40.99	3.54	6.42
2014	26.33	40.00	2.79	5.59
2015	24.07	39.24	2.22	4.96
2016	22.33	38.67	1.78	4.48
2017	21.00	38.22	1.45	4.10
2018	12.34	19.72	1.19	2.57
2019	11.55	19.46	0.99	2.34
<b>Total 357.4</b>	<b>357.4</b>	<b>493.8</b>	<b>43.99</b>	<b>78.7</b>

(\*) Fuente: Estudio de prefactibilidad del proyecto realizado por consultora SCS Engineers en febrero del 2005

**La combustión en antorcha, provoca efectos positivos sobre la calidad del aire.**

Las antorchas utilizan el GRS como combustible y el aire como oxidante, convirtiendo en esta operación el metano en dióxido de carbono, disminuyendo el efecto sobre el calentamiento global.

El control sobre el funcionamiento del sistema de combustión y la periodicidad de los análisis de composición de los gases de la chimenea minimizarán alteraciones en la calidad del aire.

Las emisiones generadas por la combustión del GRS en antorcha, dependen de diferentes factores:

- . los componentes del GRS
- . el tipo de antorcha seleccionada.
- . la operación y el mantenimiento de la antorcha.
- . las condiciones de la combustión, como temperatura, exceso de aire, tiempo de residencia.

**Tabla 3.6.4 Resumen de las concentraciones reportadas en las emisiones por combustión de GRS en antorcha (Environment Agency , 2002)**  
(Tabla recopilada por el Ing Blanco)

Componente	Resumen de concentraciones mg/Nm <sup>3</sup> , a 3% O <sub>2</sub> seco y CNTP (0 °C y 101.3 kPa)		
	Media	Desvío std	Interv. Confianza 95%
SO <sub>x</sub>	304.8	467.6	695.7
NO <sub>x</sub>	62.3	24.9	79.2
CO	1007.1	1076.1	1730
HCl	23.3	19.9	39.9
HF	4.7	6.9	10.4
PCDD/PCDF (ng/m <sup>3</sup> )	0.0053	0.0026	0.0117
PAH	0.00068	-	-
Material Particulado	5.47	5.7	56.7
CO <sub>2</sub> (%)	7.2	3.3	9.5
THC (como C)	298.1	606.5	764.3
NMVOC	0.56	-	-
O <sub>2</sub> (%)	12.1	3.7	14.8
Humedad (%)	8.6	4.4	11.7
Temp. chimenea (°C)	782	173	914
Flujo m <sup>3</sup> /h	6086	2447	9124

Algunos reportes de la EPA indican en base a análisis locales (EEUU) e internacionales, que las concentraciones de dioxinas provenientes de gases de combustión de GRS, varían en un rango entre lo no detectable y 0.1 nanogramos de tóxico equivalente (TEQ) por metro cúbico estándar seco de gases exhaustos con 7 % de exceso de oxígeno.

En resumen, EPA considera que las emisiones potenciales de dioxinas a partir de la combustión del GRS son pequeñas.

**Según EPA, la combustión del GRS en dispositivos adecuadamente controlados, con mínima generación de dióxinas y furanos es preferible a la emisión descontrolada del GRS.**

*Comparación de los impactos potenciales de GRS crudo y las emisiones del sistema de combustión (Environmental Agency, 2002a)*

Impacto	GRS crudo	Combustión incompleta de GRS	Combustión completa de GRS
Riesgo de explosión	√√√	√√	0
Toxicidad y asfixia	√√	√√	√
Olores	√√√	√√	√
Fitotoxicidad	√	√	√
Disminución de la capa de ozono	√√	√	√
Calentamiento global	√√√	√√	√
Smog fotoquímico	√	√	√ a √√√
Formación de gas ácido	0	√√	√√√

0 Impacto nulo

√ Potencial impacto comparativamente bajo

√√ Potencial impacto comparativamente moderado

√√√ Potencial impacto comparativamente alto

**Teniendo en cuenta lo antes mencionado, se considera que la captura de GRS y su combustión bajo condiciones controladas es un impacto positivo comparado con la libre emisión de los mismos a la atmósfera a través de los sistemas de venteo del relleno sanitario actual.**

### **3.6.1.3.2 Impacto sobre el agua**

#### *1. Aguas Subterráneas.*

El impacto del proyecto sobre las aguas subterráneas durante la etapa de operación se considera prácticamente neutro.

#### *2. Aguas Superficiales*

En lo referente a la calidad de las aguas superficiales **el impacto del proyecto se considera favorable**, ya que para la extracción de gas de las perforaciones a realizarse, será necesario (en aproximadamente 50 % de estas), proceder al bombeo periódico de lixiviados. Los lixiviados extraídos serán ambientalmente dispuestos o diluidos según se menciona en el Anexo 4, lo que contribuirá en un menor aporte futuro de líquidos contaminantes a las aguas superficiales próximas al emplazamiento del proyecto.

En el Anexo N°3 se presentan resultados de análisis realizados a fines del año anterior y en el correr del presente por el Laboratorio de Higiene Ambiental. En donde se puede ver altos valores de DQO, estos lixiviados son vertidos a la Cañada de las Canteras, que según el Decreto 253/ 79 pertenece a la clase 4 y podría aceptar el vertido de líquidos con 10 veces por encima de los estándares admitidos para esta categoría.

**Es por lo tanto un impacto positivo la extracción de gas en cuanto a las aguas** superficiales, desde el punto de vista que habrá una disminución de los lixiviados. En Anexo 4 se presenta el informe realizado por el Ing. A. Capandeguy de la División de Saneamiento de la I.M.M, sobre las alternativas en estudio del tratamiento de dichos lixiviados.

#### **3.6.1.3.3 Impacto sobre flora y fauna**

El efecto puede producirse por la emisión de ruidos por algunos equipos que alejen a los animales que habiten en las cercanías. Este efecto ya se ha producido por la operación normal del relleno sanitario y por la construcción de la planta., por lo que se considera prácticamente nulo el efecto adicional provocado durante esta etapa. del proyecto.

#### **3.6.1.3.4 Impacto sobre el suelo**

Los impactos mayores sobre este medio ya han sido producidos en la etapa de construcción de la planta.

La eliminación del condensado podría aumentar la cantidad y toxicidad del lixiviado, si este entrara en contacto con el suelo, pero además de una probabilidad baja de que esto ocurra, su efecto estaría minimizado por las medidas de precaución y mitigación previstas en este estudio de EIA.

Es importante en este sentido mantener las instalaciones en las condiciones adecuadas a través de un mantenimiento periódico de las mismas.

#### **3.6.1.3.5 Impacto sobre el paisaje**

**El impacto visual sobre el paisaje es considerado como un impacto desfavorable** también durante la etapa de operación del proyecto.

El efecto más desfavorable está vinculado a la combustión en antorcha, para esto se prevé una forestación perimetral del predio, que mitigará el impacto visual provocado por la misma.

La etapa de clausura, con la parquización del módulo revierte prácticamente los efectos temporales negativos referentes al paisaje. En ningún momento está planteado el uso de estas áreas parquizadas al futuro con fines recreativos.

El impacto visual del manejo de condensados está dado por las características de estos condensados, pero el alcance de este impacto está limitado al predio del relleno, más precisamente al sitio de captura y disposición de lixiviados.

#### **3.6.1.4 Etapa de clausura**

##### **3.6.1.4.1 Impacto sobre el aire**

En esta etapa se pueden considerar los impactos levemente desfavorables generados por el movimiento de tierras y maquinarias en cuanto a la emisión de partículas y el ruido ocasionado, pero ambos son temporales.

##### **3.6.1.4.2 Impacto sobre el agua**

La clausura de la planta no presenta impactos sobre la calidad de aguas subterráneas y superficiales.

##### **3.6.1.4.3 Impacto sobre flora y fauna**

**La etapa de clausura se considera como un efecto positivo del proyecto relacionado a la fauna y flora.**

Una vez colmada la capacidad de extracción de gas, disminuyen los movimientos de maquinarias y sólo queda el control periódico en el sistema de extracción de pozos. La mayor concentración de equipamiento y controles se ubicará en la planta de tratamiento por lo que una vez clausurado los módulos sólo requerirán el cumplimiento del plan de monitoreo programado. Esto favorecerá la recuperación del hábitat de algunas especies que migraran por el efecto del movimiento de maquinarias, equipos y ruidos asociados.

##### **3.6.1.4.4 Impacto sobre el suelo**

No se detectaron impactos sobre este factor en la etapa de clausura de la planta.

##### **3.6.1.4.5 Impacto sobre el paisaje**

**El impacto se considera sumamente positivo**, porque en esta etapa se ,reduciendo el impacto visual ocasionado por la actividad de construcción y operación del relleno.

## 3.6.2 Impactos del proyecto sobre los componentes socio – económicos

### 3.6.2.1. Etapa de cierre del relleno sanitario

Esta etapa presenta un impacto desfavorable en cuanto a la demanda de mano de obra, en comparación con la situación de continuidad en la operación del relleno sanitario. Sin embargo, este efecto negativo es rápidamente revertido en la etapas siguientes del proyecto.

### 3.6.2.2. Etapa de construcción

El impacto de estas actividades puede generar **aspectos negativos sobre la higiene y seguridad laboral**, los mismos están asociados a los riesgos presentes en toda actividad de construcción. Estos se pueden prevenir tomando las precauciones necesarias y manteniendo el cumplimiento de las medidas de seguridad e higiene.

**El empleo se verá favorecido** por las actividades de construcción de la planta requiriéndose una mano de obra de un grado de especialización muy amplio.

Es probable que la instalación de la planta de captura de **gas potencie el surgimiento de nuevas actividades y emprendimientos** en otras áreas, vinculadas especialmente al desarrollo de tecnología.

**El uso potencial del suelo no se verá modificado**, ya que el sitio de implantación del proyecto se encuentra destinado en este momento al tratamiento de los residuos sólidos urbanos.

Este proyecto constituye un **interesante potencial de referencia y transferencia**, debido a lo novedoso del mismo y lo que representa en materia de gestión de residuos sólidos.

Su instalación contribuirá, sin lugar a dudas, a **contribuir a la concientización ciudadana** en las necesidades de una mejor gestión de los residuos, así como en lo relativo a la problemática del calentamiento global.

No se han detectado hasta el presente **asentamientos arqueológicos ni sitios de interés culturales** en la zona del predio.

### 3.6.2.3 Etapa de operación

#### 3.6.2.3.1 Higiene y seguridad laboral

**El impacto del proyecto en materia de higiene y seguridad laboral en esta etapa se considera como levemente desfavorable.**

A los efectos de minimizar su impacto deberán respetarse las normas de seguridad para la operación y manipuleo de residuos, como también es necesario contemplar la adecuada operación de los equipos (mantenimiento preventivo, capacitación de operadores) y la utilización de implementos de seguridad para realizar estas actividades (vestimenta adecuada, protectores auditivos, etc.).

Los efectos sobre la salud humana de compuestos orgánicos que se desprenden de las GRS varían de mediano a severo, dependiendo de la frecuencia y de la duración de la exposición, de las características de cada individuo, variando significativamente con la población y características específicas de los poluentes como toxicidad, vida media, bioacumulación o persistencia.

En ese sentido, **la extracción de gas** se considera como un impacto positivo tomando como base la situación actual, dónde los gases del relleno migran libremente a la atmósfera, disminuyendo la posibilidad de contacto con personal que trabaja en el relleno.

Asimismo **la combustión en antorcha**, bajo condiciones controladas se considera positiva, dado que al oxidar los compuestos éstos reducen su potencial de toxicidad y/o bioacumulación, minimizando de esta manera los efectos sobre los seres vivos. Se minimizan también los riesgos de accidentes causados por explosiones.

El **manejo de condensados** presenta impactos levemente negativos debido a las características de los mismos, que tornan riesgosos el contacto del personal con estos líquidos, impacto que pudiendo prevenirse con las medidas de seguridad adecuadas

#### 3.6.2.3.2. Mano de obra

**El impacto del proyecto resulta claramente favorable** ya que las actividades de operación de la planta impulsarán la demanda de mano de obra, la que requerirán diferentes grados de especialización.

#### **3.6.2.3.3. *Emprendimientos productivos y nuevas actividades***

La extracción de gas podrá dar lugar a emprendimientos productivos que consideren la utilización del mismo en alguna actividad. Una de las alternativas, analizadas por la consultora SCS, es la utilización como recurso energético, lo que permitiría la puesta en funcionamiento de una planta de energía eléctrica de 2MW.

Por otra parte, el proyecto puede generar pequeños emprendimientos vinculados a las tareas de operación y mantenimiento de la planta.

Otro resultado favorable del proyecto esta vinculado a la participación en la construcción y operación de la planta de empresas locales, lo permitiría la incorporación de “know –how” en el sector privado con oportunidades de réplicas de emprendimientos similares en otros municipios.

#### **3.6.2.3.4. *Usos potenciales del suelo***

El proyecto no modifica el uso del suelo, ya que en él está construido el relleno sanitario. No está previsto en el POT (Plan de Ordenamiento Territorial de la ciudad de Montevideo), el uso de estas áreas con fines de viviendas, ni de espacios destinados a la recreación.

#### **3.6.2.3.5. *Participación y concientización de la población***

El proyecto constituye una oportunidad para potenciar la concientización ambiental de la población en relación al manejo de los Residuos Sólidos Urbanos, así como de la problemática del cambio climático y el efecto de los gases con efecto invernadero.

Se considera de fundamental importancia, a los efectos de potenciar lo antes mencionado, además de la difusión por medios de prensa como diarios y canales de TV, generar instancias de participación ciudadana con participación de ONG, Consejos Vecinales, Universidades, etc. En el Anexo 5 se presenta artículos sobre la presentación del avance de EIA realizado por los técnicos de la IMM, en audiencia pública. Se prevé también la publicación del presente estudio en el portal de internet de la IMM.

#### **3.6.2.3.6 *Sitios de interés arqueológico/cultural***

Hasta el presente no se han detectado sitios de estas características en el predio del relleno sanitario, por lo que el impacto del proyecto se considera nulo.

#### **3.6.2.4 Etapa de clausura**

Esta etapa del proyecto presenta **aspectos muy positivos en cuanto permite la reversión de los impactos negativos** que tiene el proyecto en las etapas de construcción y operación, fundamentalmente en lo que tiene que ver con el impacto que causa el mismo al paisaje. Los aspectos levemente desfavorables están vinculados a una menor demanda de mano de obra que en las etapas anteriores.

## Capítulo 4

### PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

#### 4.1 Introducción

En este capítulo describiremos el Plan de Manejo Ambiental (PMA), en el cual identificaremos las medidas de prevención, mitigación, remediación y compensación de los impactos ambientales negativos generados por las actividades de la Planta de Recuperación de Biogás en el Relleno Sanitario. Describiremos los aspectos afectados, las medidas a tomar y los responsables de estas.

#### 4.2. Medidas ambientales

Las medidas que se adoptan en este PMA se definen a continuación:

- **Medidas de prevención:** tendientes a evitar la ocurrencia del impacto. Las medidas de prevención están asociadas al control de ciertos parámetros y al mantenimiento de equipos y procesos, por lo que muchas de estas medidas se detallan en el Plan de Monitoreo.
- **Medidas de mitigación:** asociadas a reducir el daño que el impacto ambiental ha producido.
- **Medidas de remediación:** tendientes al reacondicionamiento, redefinición, rectificación, modificación y restauración del medio que ha sido impactado.
- **Medidas de compensación:** acciones que se producirán como resarcimiento por un daño irreversible en el mismo sitio del emprendimiento u en otro.

A fin de facilitar el análisis, se han separado las medidas de acuerdo a los factores relevantes del medio ya mencionados y a los impactos identificados sobre estos medios, considerando dentro de cada uno de estos factores aquellas medidas que evitan, minimizan, remedian o compensan los efectos ocasionados.

Los impactos identificados con el signo (+) son positivos, por lo que las medidas consideradas son tendientes a **potenciar** el impacto y no ha prevenirlo, mitigarlo, remediarlo o compensarlo.

No se consideraron necesarias en este proyecto **medidas de remediación ni de compensación**, ya que no hay daños irreversibles de gran magnitud que afecten a comunidades humanas o a ecosistemas, que deban ser resarcidos o compensados.

### 4.3 Medidas sobre el medio biofísico

#### 4.3.1. Medidas de prevención y mitigación

Factores	Medidas			
	Prevención ( Potenciación en caso de impacto Positivo)		(1) Mitigación	
		Respons. y costos estimados		Respons. y costos estimados
Ruido	Uso de tecnología adecuada en perforaciones e instalación de tuberías que genere niveles de ruidos dentro de tolerancias normativas	(3)	Instalar cortina forestal en el perímetro del predio que actúe como barrera contra los ruidos generados en el lugar. Se prevé su construcción en la etapa de cierre del relleno sanitario.	(1) U\$ 5000
	Mantenimiento periódico del parque de maquinaria y resto del equipamiento.	(4) U\$ 3.200 año	Uso de equipamiento de protección contra ruidos según normas del B.S.E. por parte de operarios.  Control de tiempo de permanencia de exposición a ruido de operarios según normas ISO 18000.	(4) U\$ 500 año  (4)
	Realizar una adecuada instalación de los ventiladores y la antorcha utilizando dispositivos antivibratorios.	(3) U\$ 1600 Año		
Olores	Reducción del tiempo de realización de perforaciones y construcción de planta para minimizar fuga de gases.	(3)	Programar las tareas para que una vez realizadas las perforaciones para la captura del gas se proceda al sellado y cobertura en los alrededores de la perforación lo más rápidamente posible.	(3)
	Limpieza periódica de las trampas de drenaje de condensados	(3) U\$ 2000 año	Uso de equipamiento de protección contra olores (mascarillas) por parte de operarios, en caso de emanaciones superiores a niveles normativos.	(3) U\$ 1000 año

<b>Partículas</b>	Colocación de filtros adecuados en antorcha para reducción de emisión a la atmósfera de MP	(2) y 3) S/D U\$	Riego de caminería interna y de acceso al predio  Control de funcionamiento adecuado de los filtros, mantenimiento y recambio de los mismos	(2) y 3)  (3)
<b>Gases</b>	<p>Capacitación del personal en las operaciones de captura de gases y combustión en antorcha.</p> <p>Utilización de quemador de tipo cerrado para reducción de GHG y puntos de escape.</p> <p>Verificación de condiciones técnicas en que se realiza la combustión.</p> <p>Realizar medición y monitoreo de GRS y gases de combustión en forma rutinaria.</p> <p>Mantenimiento en buen estado de equipos vinculados a la planta de recuperación de GRS.</p> <p>Control de fugas potenciales de GRS.</p>	<p>(4) U\$ 500 año</p> <p>(3) S/D U\$</p> <p>(4)</p> <p>(4) U\$ 3500 año</p> <p>(4) U\$ 3500 año</p> <p>(4)</p>	<p>Programar adecuadamente las tareas de perforación para sellar y cubrir la zona los más rápidamente posible</p>	(3)
<b>Aguas Superficiales</b>	<p>Mantenimiento preventivo y controles periódicos del equipamiento mecánico vinculado a la operación de transporte y almacenamiento de líquido.</p> <p>Control del nivel de trampas de condensados y condensador.</p>	<p>(4) U\$ 1000 año</p> <p>(4)</p>	<p>En las condiciones actuales del relleno sanitario se constata ciertos niveles de contaminación de cursos cercanos de agua (cañadas). La extracción del lixiviado previa a la del gas disminuirá las filtraciones a los cursos de agua. Se deberá disponer en forma ambientalmente adecuada. No se deberá superar los límites establecidos por DINAMA para redes de saneamiento.</p>	(2) U\$

<b>Aguas Subterráneas</b>			No se ha constatado contaminación de napas freáticas en actuales pozos de monitoreo. Las perforaciones para extracción de gas no tienen profundidad tal que afecte la situación actual. La extracción del lixiviado disminuirá aún más la potencial de filtración y contaminación de las napas.	(4)
<b>Flora y Fauna</b>	Forestación perimetral del predio Parquización con especies diversas en etapa de clausura del proyecto	(1) (5)		
<b>Topografía</b>	Adecuar las cotas de altura máxima y mínima del relleno. Parquización en etapa de clausura	(1) (5)		
<b>Impacto visual</b>	Ubicación en lugar menos visible de antorcha. Parquización en etapa de clausura.	(2) (5)	Forestación perimetral del predio.	(5)
<b>Seguridad laboral</b>	Respetar normas de seguridad e higiene durante el montaje y operación de la planta. Capacitación periódica del personal según actividad. Proveer de implementos de seguridad Controlar la intrusión de aire exterior al sistema de captura a través del monitoreo de composición de GRS. Si el contenido de oxígeno aumenta al 0.5 % se debe activar un sistema de alarma, si este alcanza el 1 % la operación de la planta debe detenerse. Mantener señalización adecuada del predio.	(3) y (4) (3) y (4) U\$ 500 año (3) y (4) U\$ 1000 año (4) (3) y (4)		

<b>Empleo</b>	Promover la incorporación de mano de obra local para la construcción, operación y mantenimiento de la planta de captura de GRS y para el desarrollo de tecnología.	(3), (4) y (5)		
<b>Nuevas actividades</b>	Promover la participación y seguimiento para todas las etapas del proyecto.	(5)		
	Fomentar el aprovechamiento del gas capturado como fuente de energía eléctrica.	(5)		
<b>Concienciación</b>	Programar visitas guiadas a la planta de captura de GRS, especialmente a nivel de la enseñanza.	(5)		
	Realizar charlas de difusión a prensa y ciudadanos en general.	(5)		
	Trabajar con Ong's ambientalistas, para la difusión del emprendimiento	(5)		

- 1) Responsable del cierre del relleno sanitario.
- 2) Responsable del diseño de la planta.
- 3) Responsable de construcción de la planta de recuperación de gas.
- 4) Responsable de operación y mantenimiento de la planta de recuperación de gas.
- 5) Intendencia Municipal de Montevideo

Todos los valores son estimados en dólares americanos, de determinadas acciones no se puede hacer una estimación, ya que depende de las decisiones que se tomen, por ejemplo en el tratamiento de lixiviados en dónde hay dos escenarios posibles (ver Anexo 4). En otros casos como en los filtros de la antorcha, se cuantificará la opción más conveniente para cumplir con los parámetros impuestos.

## **Capitulo 5**

### **REQUERIMIENTOS DE UN PLAN DE CONTINGENCIA.**

#### **5.1 Introducción.**

En este capítulo se definen medidas a ser consideradas para prevenir o mitigar cualquier emergencia, accidente ambiental o eventos no deseados que puedan ocurrir. Se elaborará en la etapa correspondiente, un plan de seguridad e higiene laboral de acuerdo a lo establecido por el Decreto del Poder Ejecutivo.

Se busca a través de un plan de contingencia diseñar una respuesta planificada para proteger al personal afectado a la planta, instalaciones y equipamiento. También contempla la disponibilidad de equipos, los materiales necesarios frente a eventos o accidentes industriales, como fuego explosiones, derrames, u emergencias en general.

#### **5.2. Aspectos Generales.**

Las operaciones en y actividades de la planta de recuperación del GRS, se encuentran expuesta a diferentes tipos de riesgos, ellos son:

- . Incendios
- . Explosiones
- . Derrame de lixiviados
- . Desastres naturales
- . Accidentes ocupacionales
- . Sabotaje

#### **5.3. Impactos de contingencia**

Se tendrán en cuenta posibles impactos de contingencia, sobre el personal, la infraestructura y el medio ambiente.

##### *5.3.1. Sobre el personal*

- . Enfermedades laborales no previstas
- . Lesiones graves
- . Fatalidades

- . Pérdida de trabajo

#### *5.3.2. Sobre la infraestructura*

- . Pérdida de información
- . Pérdida temporal o permanente de locales y equipamiento
- . Imposibilidad de continuar en operación

#### *5.3.3 Sobre el medio ambiente*

- . Emisiones atmosféricas
- . Contaminación de aguas
- . Contaminación de suelos
- . Afectación del paisaje

### **5.4 Procedimiento para el Plan**

El Plan de Contingencia esta constituido por un conjunto de procedimientos que incluye las medidas que deben adoptarse para reducir los daños potenciales para reducir los daños potenciales surgidos de la evaluación de los riesgos.

Conformarán el Plan los siguientes elementos principalmente:

- . Métodos y procedimientos a ser llevados a cabo por el personal de la Planta y otros actores que deban participar en la situación de emergencia (comunicaciones, cuerpo médico, bomberos, policía, simulacros, etc).
- . Organización y coordinación de la acciones, responsable de tomar las decisiones durante la contingencia.
- . Equipos y procedimientos de detección rápida de la ocurrencia del accidente.
- . Inventario de equipo y recursos disponibles para responder a la contingencia (contra incendios o explosiones, comunicaciones, contención de derrames, equipos de protección personal, analizadores portátiles, etc.).
- . Procedimiento para el saneamiento y restauración de las áreas afectadas.
- . Procedimientos de reporte y documentación de la situación.
- . Programa de instrucción y capacitación del personal con responsabilidad en el Plan de Simulacro.
- . Medios de contactos actualizados del personal responsabilizado.

Este Plan de Contingencia quedará especificado a través de los procedimientos que se incluyen para la Construcción y en el Manual de Operaciones de la

Planta con toda aquella agregación que corresponda durante su funcionamiento y postclausura. Las responsabilidades del plan corresponderán a todos los involucrados en cada una de las etapas.

## **Capítulo 6**

### **PLAN DE MONITOREO AMBIENTAL**

#### **6.1 Introducción**

Para una correcta verificación de las medidas planteadas en el control de los impactos ambientales se debe realizar un plan de monitoreo. Describiremos a continuación las actividades para cumplir con dicho plan, mantener los impactos controlados y la implementación de las medidas de prevención y mitigación descritas en el capítulo 4.

#### **6.2 Monitoreo de la calidad del aire.**

El monitoreo de la calidad del aire comprende la reducción de emisiones de GRS evitadas a través de la medición de la cantidad de gas capturado y quemado (eventualmente usado en la producción de energía), todo esto transformado a CO<sub>2</sub>. Para ello se deberán determinar puntos de medición y la frecuencia de muestreo.

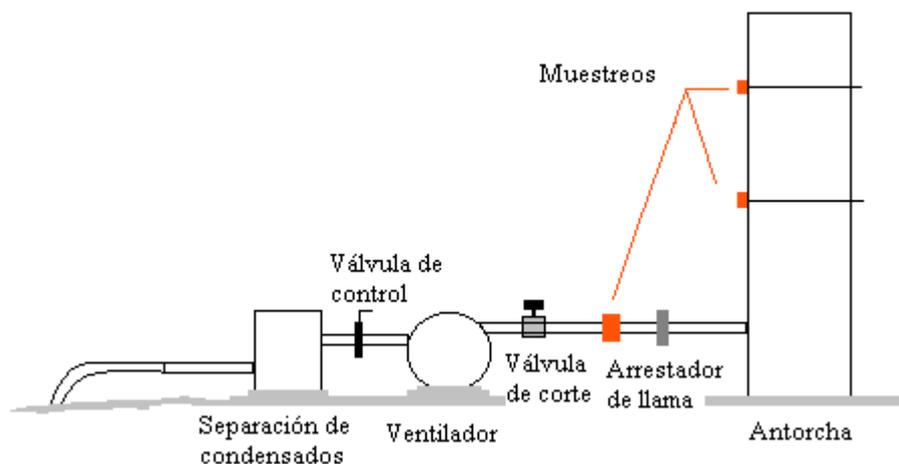
##### **6.2.1 Determinación de los puntos de muestreo.**

Los puntos de muestreo corresponderán a cada uno de los cabezales y al punto anterior a la antorcha de combustión. Será necesario establecer puntos de muestreo múltiples, ya que la variabilidad de la combustión produce emisiones cambiantes.

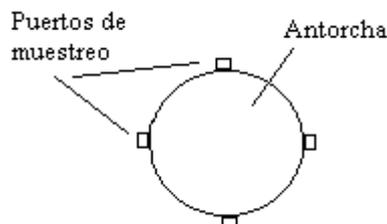
Dependiendo al tipo de antorcha a instalar, se deberá realizar dos planos perpendiculares de muestreo, a dos alturas de la antorcha con cuatro puertos localizados a cada uno de los planos transversales. Según recomendaciones del Environmental Agency (2002), el plano de muestreo superior debe estar por lo menos a 1 m de la salida de la llama asegurando que la antorcha funcione de tal manera que no haya fuego en la zona del puerto de muestreo para evitar distorsiones provocadas por la química de este y facilitar la representatividad de la muestra.

Los puntos de muestreo se determinaran de acuerdo a las dimensiones de la antorcha a instalar estableciéndose ocho puntos, cuatro por cada sección establecida y según la norma ISO 9096.

La eficiencia de la combustión se determinará por diferencia entre la calidad de metano en el gas en los puntos de muestreo anteriores a la antorcha y el metano residual en los puertos de la antorcha.



*Figura 6.1 Puntos de muestreo, vista en planta*



*Figura 6.2 Puntos de muestreo en antorcha, vista en planta*

### **6.2.2 Frecuencia de muestreo.**

Se establecerá una frecuencia de muestreo según lo dispuesto en el Documento de Diseño de Proyecto ( PDD; realizado por Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires), tabla A4.1 del Anexo 1 (Plan de Monitoreo).

La Environmental Agency (2002) recomienda como frecuencia anual la medición de las emisiones en la antorcha, pero esta deberán realizarse en un principio en forma semanal de manera de generar información para la comparación y de manera de comprobar el buen funcionamiento de la antorcha. Será necesario recabar datos por lo menos durante tres meses, para luego comenzar con una frecuencia anual. En el caso de que los valores no den dentro de lo esperado se deberá seguir con las mediciones semanales, hasta que por lo menos un mes después del último valor aceptable para dar seguridad, de que las acciones tomadas han sido eficaces.

### 6.2.3 Medición de la composición de GRS

Se deberá realizar mediciones de los parámetros primarios que son aquellos que se cuantificarán en los monitoreos diarios a través de un analizador de gas portátil (Geotechnical Instruments, Modelo GA2000). Los parámetros a medir son metano, dióxido de carbono y oxígeno en porcentaje (%), sulfuro de hidrógeno, monóxido de carbono en partes por millón (ppm) y nitrógeno de forma analítica por diferencia. Se medirá también la temperatura, presión y caudal.

Las mediciones se realizarán en los puertos de muestreos según ubicación ya mencionada anteriormente.

En la tabla 6.1 se indican los parámetros a medir.

Componente	Símbolo	Causa de la presencia	Método de referencia
Metano	CH <sub>4</sub>	Presente en el GRS	Sensor IR
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	Presente en el GRS	Sensor IR
Monóxido de Carbono	CO	Presente en el GRS	Celda electroquímica
Oxígeno	O <sub>2</sub>	Ingreso de aire exterior	Celda galvánica
Sulfuro de Hidrógeno	SH <sub>2</sub>	Presente en el GRS	Celda electroquímica
Caudal	Q		Caudalímetro
Temperatura	T		Sensor tipo TP- 100
Presión	P		Sensor de presión

#### 6.2.3.1 Medición de la cantidad de metano capturado.

La metodología se basa en la medición de la cantidad de metano capturada y destruida en la antorcha como se describe en el Documento de Diseño de Desarrollo (PDD). En función del potencial de generación de GRS, de la eficiencia de captura establecida en el PDD y del caudal y composición del GRS medidos diariamente; se analizará la posibilidad de generación de fugas del sistema.

En la tabla 6.2 se resumen los parámetros seleccionados y los procedimientos de medición para determinar las emisiones de metano capturadas

<b>Indicador</b>	<b>Datos Claves (unidades)</b>	<b>Procedimiento de monitoreo</b>
Emisiones de metano evitadas debido a la captura y quemado del GRS	GRS capturado (Nm <sup>3</sup> )	Medición del caudal de GRS en el sistema de recolección de gas.
	Temperatura y presión del GRS capturado para calcular la densidad del metano.	Medición de temperatura y presión a través de sensores específicos para la medición en los cabezales instalados en el sistema de captura de GRS.
	Eficiencia de la antorcha (o cantidad de metano no quemado)	Registro del GRS quemado en la antorcha (medición semanal del % de metano en los gases de combustión).
	Fracción de metano en el GRS (%)	Analizador de gases: medición de la composición del GRS capturado previo a la combustión.
	Disponibilidad de la antorcha	Registro diario del número de horas de operación (% horas de operación de la antorcha).
	Potencial de calentamiento global del metano	IPCC tablas

Esta metodología no permite evaluar en forma directa la eficiencia de la extracción de GRS en término de la sensibilidad de la planta de ajuste de presión y caudal de GRS. Para alcanzar un control del sistema y mantener un estado de régimen permanente de extracción de GRS es necesario determinar la composición de dicho gas a través de la medición de otros componentes del mismo, fundamentalmente de nitrógeno, el cuál es indicativo de la presión de succión a adoptar para evitar la penetración de aire y evitar riesgos de explosión (Willumsen, 2004).

### **6.2.2. Medición de las emisiones gaseosas producto de la combustión de GRS.**

Los parámetros secundarios mencionados anteriormente pertenecen a las emisiones por la combustión del GRS y son el metano no quemado, el monóxido de carbono, dióxido de carbono, oxígeno, óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre y material particulado. Las mediciones serán realizadas de forma semanal, siempre y cuando la combustión se mantenga dentro de los parámetros y no se detecten variaciones en la composición de los gases. Se podrá utilizar como guía los parámetros de la reglamentación de la EPA ya que en el país dicha reglamentación está en elaboración.

### **6.3 Monitoreo de aguas superficiales y subterráneas.**

El monitoreo de las aguas subterráneas deberá realizarse como mínimo una vez por año, para corroborar que no existe percolación de lixiviados en los tres pozos cercanos a las usinas 6/7 realizados por la empresa CEAMSE. En cuanto a las aguas superficiales se seguirá con el régimen actual con análisis realizados cada cuatro meses.

### **6.4. Monitoreo del suelo y Paisaje. (Topografía y Composición)**

Se controlara el cumplimiento de las actividades propuestas anteriormente como evitar la liberación de lixiviados y la parquización de la zona, así como la instalación de la cortina perimetral.

### **6.5 Medidas de seguridad e higiene.**

Se controlara el cumplimiento de la reglamentación vigente, así como el uso de la indumentaria adecuada. Si es necesario se realizarán cursos de actualización y de capacitación en nuevas técnicas al personal.

### **6.6. Monitoreo de emprendimientos productivos.**

Se realizará un registro de las empresas que se presenten en la licitación o estén en condiciones de hacerlo, así como de aquellas que puedan realizar tareas de usufructo del GRS. Esto será de vital importancia para evaluar el impacto del proyecto sobre la comunidad local.

### **6.7. Control y aseguramiento de la Calidad**

Este ítem contribuye a asegurar que los procedimientos utilizados en el Plan de Monitoreo Ambiental funcionan efectivamente.

Las principales actividades que establecen el sistema de aseguramiento de la calidad para la planta de recuperación de GRS son las siguientes:

- la difusión de un manual de operaciones actualizado donde consten los procedimientos a utilizar, las metodologías operación, medición y de seguridad e higiene
- el establecimiento de un régimen de inspección para asegurar que los procedimientos de control de calidad se cumplen y que se documentan las rutinas de muestreo
- el control de la documentación y del cumplimiento de registro continuo de la información (tal como se estableció en el PDD).

- la revisión y actualización de los protocolos de procedimientos en caso de que sea necesario y de acuerdo al análisis que surja de los registros de la información.

Todos los procedimientos a utilizar en el Plan de Monitoreo Ambiental deben estar sustentados en metodologías normalizadas. Las incertidumbres y los niveles de confianza de las mediciones se controlarán y contrastarán con los estándares de referencia.

Se realizará un control de las determinaciones con la finalidad de detectar incertidumbres sistemáticas, las cuales deberán minimizarse si se mantienen los procedimientos de mantenimiento y calibración de equipos e instrumental.

#### *6.7.1. Calibración*

La calibración determina la relación entre la lectura del instrumento y la concentración actual de los componentes a determinar. Se cumplirá con las especificaciones de mantenimiento y las rutinas de calibración establecidas por los fabricantes de los equipos.

De ser necesario y detectar desvíos significativos respecto de los estándares establecidos, se establecerán mediciones con metodologías alternativas normalizadas.

#### *6.7.2. Mantenimiento*

Será mantenido el servicio y soporte suministrado por los fabricantes de los equipos para mantener los instrumentos y equipos en buen funcionamiento. Se registrarán las rutinas de mantenimiento y se controlará semanalmente el estado de los equipos e instrumental.

Se deberán mantener las condiciones ambientales sugeridas por los fabricantes de equipos e instrumentos en los lugares de almacenamiento.

#### *6.7.3. Acciones correctivas*

Serán implementadas acciones para manejar y corregir desviaciones respecto al Plan de Monitoreo Ambiental, cuando estas desviaciones sean detectadas por el operador o por las auditorías internas.

Si es necesario, se realizarán reuniones técnicas entre el operador y el patrocinador del proyecto para definir las acciones correctivas a llevar a cabo.

#### *6.7.4. Auditorías en el sitio*

Se realizará auditorías periódicas a la planta de recuperación de GRS para asegurar que los procedimientos para el monitoreo y la operación están siendo cumplidos.

### 6.7.5. Capacitación

El operador capacitará al personal en la operación de los equipos, el registro de datos, la elaboración de los informes y los procedimientos para la operación, mantenimiento, monitoreo y para la aplicación de los planes de emergencia y/o contingencia.

## 6.8. Gestión del Plan de Monitoreo Ambiental

El Plan de Monitoreo Ambiental será utilizado por todas las partes involucradas en el *Proyecto de Recuperación de Gas del Relleno Sanitario* con responsabilidades y roles en la implementación del proyecto y actividades de verificación.

El patrocinador del proyecto (IMM) supervisará el desarrollo del proyecto y realizará auditorías internas en forma periódica para asegurar que las actividades del proyecto cumplen con los requerimientos para la operación y el monitoreo.

El operador del proyecto (a ser designado a través de licitación pública) adoptará las metodologías necesarias para el cumplimiento de lo propuesto y cumplirá con todas las actividades relacionadas con la implementación de los procedimientos dados en este estudio. Las principales responsabilidades del operador además de asegurar el normal funcionamiento de la planta están relacionadas con:

- *Manejo de datos*: mantener un sistema adecuado para la recolección, registro y archivo de datos, verificando regularmente la calidad de los datos, y los procedimientos de recolección y registro.
- *Informes*: preparar informes periódicos que incluyan la reducción de emisiones generadas y observaciones relacionadas a los procedimientos establecidos.
- *Capacitación*: asegurar la capacitación del personal en relación a la performance de las actividades del proyecto.
- *Control y aseguramiento de la calidad*: cumplir con los procedimientos establecidos para el control y aseguramiento de la calidad con el fin de facilitar las auditorías periódicas y la verificación.

## Bibliografía

- Carta Geológica del Uruguay. Bossi y Otros 1975.
- Carta geotécnica de la Región Metropolitana, Escala 1/100.000. Elaborada por el Depto de Geotécnica de la Facultad de Ingeniería del la Universidad de la ROU. 1997.
- Convenio Marco CEAMSE – IMM. Construcción de pozos de monitoreo para las usinas 6/7 Diciembre de 1998.
- Estudio de Impacto Ambiental. Facultad de Ingeniería. Universidad del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Partido de Olavarría. 2003.
- Estudio de Prueba de bombeo y estudio de Prefactibilidad para la recuperación de biogas y producción de energía, en el Relleno Sanitario de Montevideo, Uruguay. Preparado por SCS. Engineers. Junio 2005.
- Evaluación y Manejo Ambiental de una Planta Recicladora de Plomo. Coronel Ramírez, Jhonny Jeffry y Graefling Alva, Wilfried.
- Evaluación de Impactos Ambientales (principios y práctica). Ing. Alberto Viladrich Morera. Julio 1997.
- Environmental Protection Agency, EPA 2000. EPA on HAP in LFG. In 65 Federal Regulation.
- Manual de Tecnologías Limpias y de Final de Tuberías. UNIT Setiembre 2004.
- Manual para la preparación de proyectos de generación de energía a partir del gas de Rellenos Sanitarios en América Latina y el Caribe. Preparado para el Banco Mundial. Abril 2004.
- Marco Legal Relevante aplicable en Uruguay y proyectos de normas. UNIT Setiembre 2004.
- Método para la evaluación del impacto ambiental de un relleno sanitario. G. Andreottola, R.Cossu y R. Serra. Italia 1989. Cepis Publicaciones.
- Willumsen, H (2004) Problems with Landfill Gas and Recovery Installations. Paper presented at World Bank Mission to Argentina and Uruguay. LFG Consult.

## **Anexo 1**

### **Matriz de valoración de impactos según Leopold.**

**COMPONENTE BIOFÍSICO : AIRE**

OPERACIONES	A T R I B U T O S							Factor a evaluar
	Direc.	Prob. Ocurr.	Magnitud	Extensión	Duración	Frec.	Revers.	Ruido
Cierre del relleno	-1	0,4	1	1	1	3	0	-2,4
Construcción de planta	-1	1	1	2	1	3	0	-7,0
Extracción de gas	-1	0,8	1	1	3	4	0	-7,2
Manejo de condensados	0	0,4	1	1	3	3	0	0,0
Combustión en antorcha	-1	0,4	1	1	3	2	0	-2,8
Clausura	-1	0,8	1	2	1	3	0	-5,6

OPERACIONES	A T R I B U T O S							Factor a evaluar
	Direc.	Prob. Ocurr.	Magnitud	Extensión	Duración	Frec.	Revers.	Olores
Cierre del relleno	0	0	0					0,0
Construcción de planta	-1	0,4	1	2	1	3	0	-2,8
Extracción de gas	1	0,8	2	2	3	3	2	9,6
Manejo de condensados	-1	0,5	2	2	3	2	1	-5,0
Combustión en antorcha	1	0,8	2	2	3	3	3	10,4
Clausura	-1	0,1	1	1	3	1	2	-0,8

OPERACIONES	A T R I B U T O S							Factor a evaluar
	Direc.	Prob. Ocurr.	Magnitud	Extensión	Duración	Frec.	Revers.	Emisión de Polvo
Cierre del relleno	-1	0,2	1	1	1	3	0	-1,2
Construcción de planta	-1	0,8	1	1	1	3	0	-4,8
Extracción de gas	0							0,0
Manejo de condensados	0							0,0
Combustión en antorcha	-1	0,8	1	2	3	2	0	-6,4
Clausura	-1	0,8	1	1	1	1	1	-4,0

OPERACIONES	A T R I B U T O S							Factor a evaluar
	Direc.	Prob. Ocurr.	Magnitud	Extensión	Duración	Frec.	Revers.	Gas
Cierre del relleno	1	0,6	1	2	3	2	1	5,4
Construcción de planta	-1	0,6	1	1	1	1	0	-2,4
Extracción de gas	1	1	2	3	3	3	3	14,0
Manejo de condensados	-1	0,1	1	2	3	0	3	-0,9
Combustión en antorcha	1	0,9	2	3	3	3	3	12,6
Clausura	-1	0,8	1	1	1	1	2	-4,0

**COMPONENTE BIOFÍSICO : AGUA**

OPERACIONES	A T R I B U T O S							Factor a evaluar
	Direc.	Prob. Ocurr.	Magnitud	Extensión	Duración	Frec.	Revers.	Agua superficial
Cierre del relleno	1	0,1	1	2	2	4	0	0,9
Construcción de planta	0	0	0	0	0			0,0
Extracción de gas	1	0,7	2	2	3	1	1	6,3
Manejo de condensados	-1	0,3	2	2	3	1	1	-2,7
Combustión en antorcha	-1	0,1	1	2	3	1	1	-0,8
Clausura	0							0,0

OPERACIONES	A T R I B U T O S							Factor a evaluar
	Direc.	Prob. Ocurr.	Magnitud	Extensión	Duración	Frec.	Revers.	Agua subterránea
Cierre del relleno	1	0,1	1	2	3	4	3	1,3
Construcción de planta	0							0,0
Extracción de gas	0							0,0
Manejo de condensados	0							0,0
Combustión en antorcha	0							0,0
Clausura	0							0,0

**COMPONENTE BIOFÍSICO : FLORA Y FAUNA**

OPERACIONES	A T R I B U T O S							Factor a evaluar
	Direc.	Prob. Ocurr.	Magnitud	Extensión	Duración	Frec.	Revers.	Flora
Cierre del relleno	1	0,4	2	2	3	4	3	5,6
Construcción de planta	-1	0,2	1	1	1	2	0	-1,0
Extracción de gas	-1	0,2	1	2	1	2	0	-1,2
Manejo de condensados	0							0,0
Combustión en antorcha	0							0,0
Clausura	1	0,8	1	1	3	4	1	8,0

OPERACIONES	A T R I B U T O S							Factor a evaluar
	Direc.	Prob. Ocurr.	Magnitud	Extensión	Duración	Frec.	Revers.	Fauna
Cierre del relleno	1	0,4	1	1	3	4	3	4,8
Construcción de planta	-1	0,4	1	2	1	3	0	-2,8
Extracción de gas	0							0,0
Manejo de condensados	0							0,0
Combustión en antorcha	-1	0,5	1	1	3	4	1	-5,0
Clausura	1	0,8	1	1	2	3	1	6,4

**COMPONENTE BIOFÍSICO : SUELO**

OPERACIONES	A T R I B U T O S							Factor a evaluar
	Direc.	Prob. Ocurr.	Magnitud	Extensión	Duración	Frec.	Revers.	Topografía/Erosión
Cierre del relleno	1	0,5	1	1	3	4	3	6,0
Construcción de planta	0							0,0
Extracción de gas	0							0,0
Manejo de condensados	0							0,0
Combustión en antorcha	0							0,0
Clausura	0							0,0

OPERACIONES	A T R I B U T O S							Factor a evaluar
	Direc.	Prob. Ocurr.	Magnitud	Extensión	Duración	Frec.	Revers.	Composición/Calidad
Cierre del relleno	0							0,0
Construcción de planta	-1	0,5	1	1	3	1	3	-4,5
Extracción de gas	0							0,0
Manejo de condensados	-1	0,2	1	2	2	1	1	-1,4
Combustión en antorcha	-1	0,3	1	2	3	3	1	-3,0
Clausura	1	0,8	2	2	3	3	1	8,8

**COMPONENTE BIOFÍSICO : PAISAJE**

OPERACIONES	A T R I B U T O S							Factor a evaluar
	Direc.	Prob. Ocurr.	Magnitud	Extensión	Duración	Frec.	Revers.	Impacto Visual
Cierre del relleno	1	0,8	2	2	3	4	0	8,8
Construcción de planta	-1	0,8	2	1	3	3	0	-7,2
Extracción de gas	0							0,0
Manejo de condensados	-1	0,6	1	1	3	3	1	-5,4
Combustión en antorcha	-1	1	2	2	3	4	1	-12,0
Clausura	1	1	2	2	3	4	1	12,0

**COMPONENTE SOCIOECONÓMICOS**

A T R I B U T O S								Factor a evaluar
OPERACIONES	Direc.	Prob. Ocurr.	Magnitud	Extensión	Duración	Frec.	Revers.	Seguridad Laboral
Cierre del relleno	1	0,8	2	1	3	4	3	10,4
Construcción de planta	-1	0,3	2	1	1	3	1	-2,4
Extracción de gas	-1	0,6	2	2	3	4	2	-7,8
Manejo de condensados	-1	0,5	2	1	3	1	1	-4,0
Combustión en antorcha	-1	0,6	1	2	3	2	1	-5,4
Clausura	1	0,9	2	2	3	2	3	10,8

A T R I B U T O S								Factor a evaluar
OPERACIONES	Direc.	Prob. Ocurr.	Magnitud	Extensión	Duración	Frec.	Revers.	Mano de Obra
Cierre del relleno	-1	0,7	1	2	2	3	1	-6,3
Construcción de planta	1	1	1	2	1	3	0	7,0
Extracción de gas	1	0,4	1	2	3	1	1	3,2
Manejo de condensados	1	0,6	1	2	3	3	0	5,4
Combustión en antorcha	1	0,8	0	2	3	4	0	7,2
Clausura	-1	0,8	1	1	3	3	0	-6,4

A T R I B U T O S								Factor a evaluar
OPERACIONES	Direc.	Prob. Ocurr.	Magnitud	Extensión	Duración	Frec.	Revers.	Nuevas Actividades
Cierre del relleno	1	0,2	1	2	3	4	1	2,2
Construcción de planta	1	0,5	1	2	1	3	1	4,0
Extracción de gas	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Manejo de condensados	0							0,0
Combustión en antorcha	1	0,4	1	2	3	1	1	3,2
Clausura	1	0,4	2	2	3	1	1	3,6

A T R I B U T O S								Factor a evaluar
OPERACIONES	Direc.	Prob. Ocurr.	Magnitud	Extensión	Duración	Frec.	Revers.	Particip. ciudadana
Cierre del relleno	0							0,0
Construcción de planta	1	0,6	2	3	1	3	0	5,4
Extracción de gas	1	0,7	2	3	3	2	0	7,0
Manejo de condensados	0							0,0
Combustión en antorcha	0	0	0	0	0	0		0,0
Clausura	0	0	0	0	0			0,0

A T R I B U T O S								Factor a evaluar
OPERACIONES	Direc.	Prob. Ocurr.	Magnitud	Extensión	Duración	Frec.	Revers.	Sitios de int. cultural
Cierre del relleno	0							0,0
Construcción de planta	0							0,0
Extracción de gas	0							0,0
Manejo de condensados	0							0,0
Combustión en antorcha	0							0,0
Clausura	0							0,0

## **Anexo 2**

### **Análisis de las aguas subterráneas**

## **CAMPAÑA DE MONITOREO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS**

### **USINA DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS**

#### **UBICACIÓN DE LOS POZOS**

##### **Posición 1:**

Entrada por la fábrica de ladrillos Carrasco S.A. (Camino Carrasco 5149)

Profundidad del pozo: 50 metros

Posición fisura: 45 metros de profundidad

##### **Posición 2:**

Calle Cochabamba, a la altura de las torres de alta tensión.

Profundidad del pozo: 38 metros

Posición fisura: 35 metros

##### **Posición 3:**

Entrada por calle Cepeda al N° 5109 (a la derecha)

Profundidad del pozo: 41 metros

Profundidad de fisura: 36 metros

##### **Posición 4:**

Entrada por calle Oncativo (frente al punto de muestreo 1.3. – curso de agua)

Profundidad del pozo: 36 metros

Profundidad de fisura: 24 metros

##### **Posición 5:**

Entrada por calle Felipe Cardozo, próximo al N° 5577

Profundidad del pozo: 60 metros

Profundidad de fisura: 33 metros

**I M M**  
**LABORATORIO DE HIGIENE AMBIENTAL**  
**CONVENIO CEAMSE - IMM**  
**AGUAS SUBTERRANEAS**

**PUNTO 1**

FECHA DE MUESTREO	26/10/98	27/10/98	28/10/98	29/10/98	30/10/98	31/10/98
pH	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
CONDUCTIVIDAD mS/cm	1,42	1,46	1,46	1,50	1,38	1,15
COLOR Hanzen	< 5	< 5	5	< 5	< 5	< 5
TURBIDEZ NTU	0,5	0,6	0,7	0,6	0,4	0,4
DQO mg/L	-----	< 65	< 65	< 65	< 65	< 65
ALCALINIDAD TOTAL mg/L CaCO3	476	474	484	475	495	503
CALCIO mg/L Ca	43	50	44	45	42	39
MAGNESIO mg/L Mg	20	15	18	18	20	22
DUREZA TOTAL mg/L CaCO3	188	186	185	185	185	188
CLORUROS mg/L Cl	196	196	197	197	197	198
AMONIACO mg/L N-NH3	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
N TOTAL KJELDHAL mg/L N - NH3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
SULFATOS mg/L SO4	81	75	117	71	193	79
FOSFORO TOTAL mg/L P	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
SODIO mg/L Na	-----	295	300	296	291	301
POTASIO mg/L K	-----	3,3	3,5	3,3	3,2	3,2
ARSENICO microg/L As	-----	< 10	< 10	< 10	< 10	-----
CROMO TOTAL mg/L Cr	-----	0,005	0,006	0,011	0,010	0,017
HIERRO TOTAL mg/L Fe	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,4	< 0,1	< 0,1
CADMIO mg/L Cd	-----	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
COBRE mg/L Cu	-----	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
ZINC mg/L Zn	-----	0,04	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
NIQUEL mg/L Ni	-----	< 0,3 *	< 0,3 *	< 0,3 *	< 0,3 *	< 0,3 *
PLOMO mg/L Pb	-----	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
MANGANESO	-----	-----	-----	-----	-----	-----
MERCURIO TOTAL microg/L Hg	-----	< 5	< 5	< 5	< 5	-----
CIANURO	-----	-----	-----	-----	-----	-----

**NOTA:**

Los resultados marcados con \* se obtuvieron con AAS emisión de llama, y se repetirán por AAS horno de grafito.

**I M M**  
**LABORATORIO DE HIGIENE AMBIENTAL**  
**CONVENIO CEAMSE - IMM**  
**AGUAS SUBTERRANEAS**

**PUNTO 2**

FECHA DE MUESTREO	26/10/98	27/10/98	28/10/98	29/10/98	30/10/98	31/10/98
pH	7,4	7,4	7,5	7,4	7,4	7,4
CONDUCTIVIDAD mS/cm	1,44	1,48	1,59	1,63	1,61	1,41
COLOR Hanzen	5	10	5	5	5	< 5
TURBIDEZ NTU	2,3	3,6	1,0	1,0	0,9	0,9
DQO mg/L	-----	< 65	< 65	< 65	< 65	< 65
ALCALINIDAD TOTAL mg/L CaCO3	658	659	667	668	697	692
CALCIO mg/L Ca	39	40	57	31	63	65
MAGNESIO mg/L Mg	20	22	24	27	29	32
DUREZA TOTAL mg/L CaCO3	179	192	242	265	278	295
CLORUROS mg/L Cl	103	95	128	142	142	147
AMONIACO mg/L N-NH3	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
N TOTAL KJELDHAL mg/L N - NH3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
SULFATOS mg/L SO4	131	114	121	153	171	137
FOSFORO TOTAL mg/L P	2,2	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
SODIO mg/L Na	-----	336	336	332	322	327
POTASIO mg/L K	-----	3,5	4,2	4,6	4,7	5,4
ARSENICO microg/L As	-----	< 10	< 10	< 10	< 10	-----
CROMO TOTAL mg/L Cr	-----	0,005	0,006	0,009	0,006	0,009
HIERRO TOTAL mg/L Fe	0,2	0,2	< 0,1	0,1	0,1	< 0,1
CADMIO mg/L Cd	-----	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
COBRE mg/L Cu	-----	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
ZINC mg/L Zn	-----	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
NIQUEL mg/L Ni	-----	< 0,3 *	< 0,3 *	< 0,3 *	< 0,3 *	< 0,3 *
PLOMO mg/L Pb	-----	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
MANGANESO	-----	-----	-----	-----	-----	-----
MERCURIO TOTAL microg/L Hg	-----	< 5	< 5	< 5	< 5	-----
CIANURO	-----	-----	-----	-----	-----	-----

**NOTA:**

Los resultados marcados con \* se obtuvieron con AAS emisión de llama, y se repetirán por AAS horno de grafito.

**I M M**  
**LABORATORIO DE HIGIENE AMBIENTAL**  
**CONVENIO CEAMSE - IMM**  
**AGUAS SUBTERRANEAS**

**PUNTO 3**

FECHA DE MUESTREO	26/10/98	27/10/98	28/10/98	29/10/98	30/10/98	31/10/98
pH	7,2	7,2	7,5	7,6	7,5	7,5
CONDUCTIVIDAD mS/cm	1,46	1,46	1,46	1,52	1,52	1,25
COLOR Hanzen	< 5	5	10	5	< 5	5
TURBIDEZ NTU	1,5	1,8	10,8	1,6	0,8	0,6
DQO mg/L	-----	< 65	< 65	< 65	< 65	< 65
ALCALINIDAD TOTAL mg/L CaCO3	682	669	685	668	697	697
CALCIO mg/L Ca	59	68	67	66	67	66
MAGNESIO mg/L Mg	42	36	37	36	34	38
DUREZA TOTAL mg/L CaCO3	320	316	321	312	307	320
CLORUROS mg/L Cl	99	93	96	100	101	106
AMONIACO mg/L N-NH3	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
N TOTAL KJELDHAL mg/L N - NH3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
SULFATOS mg/L SO4	118	111	102	155	133	97
FOSFORO TOTAL mg/L P	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
SODIO mg/L Na	-----	270	270	266	266	261
POTASIO mg/L K	-----	2,7	2,8	2,4	2,5	2,6
ARSENICO microg/L As	-----	< 10	< 10	< 10	< 10	-----
CROMO TOTAL mg/L Cr	-----	0,005	0,008	0,010	0,007	0,015
HIERRO TOTAL mg/L Fe	0,1	0,3	0,9	0,3	< 0,1	< 0,1
CADMIO mg/L Cd	-----	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
COBRE mg/L Cu	-----	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
ZINC mg/L Zn	-----	< 0,03	0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
NIQUEL mg/L Ni	-----	< 0,3 *	< 0,3 *	< 0,3 *	< 0,3 *	< 0,3 *
PLOMO mg/L Pb	-----	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
MANGANESO	-----	-----	-----	-----	-----	-----
MERCURIO TOTAL microg/L Hg	-----	< 5	< 5	< 5	< 5	-----
CIANURO	-----	-----	-----	-----	-----	-----

**NOTA:**

Los resultados marcados con \* se obtuvieron con AAS emisión de llama, y se repetirán por AAS horno de grafito.

**I M M**  
**LABORATORIO DE HIGIENE AMBIENTAL**  
**CONVENIO CEAMSE - IMM**  
**AGUAS SUBTERRANEAS**

**PUNTO 4**

FECHA DE MUESTREO	26/10/98	27/10/98	28/10/98	29/10/98	30/10/98	31/10/98
pH	7,3	7,3	7,5	7,6	7,5	7,5
CONDUCTIVIDAD mS/cm	1,11	1,25	1,25	1,23	1,27	1,21
COLOR Hanzen	< 5	5	5	< 5	< 5	< 5
TURBIDEZ NTU	0,5	0,6	0,5	0,9	0,4	0,5
DQO mg/L	-----	< 65	< 65	< 65	< 65	< 65
ALCALINIDAD TOTAL mg/L CaCO3	474	495	496	509	546	535
CALCIO mg/L Ca	74	79	79	84	85	84
MAGNESIO mg/L Mg	20	23	26	22	24	27
DUREZA TOTAL mg/L CaCO3	267	289	303	299	309	320
CLORUROS mg/L Cl	100	82	100	111	120	125
AMONIACO mg/L N-NH3	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
N TOTAL KJELDHAL mg/L N - NH3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
SULFATOS mg/L SO4	133	128	128	129	130	111
FOSFORO TOTAL mg/L P	2,6	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
SODIO mg/L Na	-----	203	208	215	215	220
POTASIO mg/L K	-----	4,2	4,1	3,8	3,9	4,1
ARSENICO microg/L As	-----	< 10	< 10	< 10	< 10	-----
CROMO TOTAL mg/L Cr	-----	0,004	0,007	0,008	0,020	0,006
HIERRO TOTAL mg/L Fe	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
CADMIO mg/L Cd	-----	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
COBRE mg/L Cu	-----	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
ZINC mg/L Zn	-----	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
NIQUEL mg/L Ni	-----	< 0,3 *	< 0,3 *	< 0,3 *	< 0,3 *	< 0,3 *
PLOMO mg/L Pb	-----	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
MANGANESO	-----	-----	-----	-----	-----	-----
MERCURIO TOTAL microg/L Hg	-----	< 5	< 5	< 5	< 5	-----
CIANURO	-----	-----	-----	-----	-----	-----

**NOTA:**

Los resultados marcados con \* se obtuvieron con AAS emisión de llama, y se repetirán por AAS horno de grafito.

**I M M**  
**LABORATORIO DE HIGIENE AMBIENTAL**  
**CONVENIO CEAMSE - IMM**  
**AGUAS SUBTERRANEAS**

**PUNTO 5**

FECHA DE MUESTREO	26/10/98	27/10/98	28/10/98	29/10/98	30/10/98	31/10/98
pH	7,5	7,5	7,7	7,7	7,6	7,5
CONDUCTIVIDAD mS/cm	1,02	1,04	1,04	1,04	1,04	0,96
COLOR Hanzen	< 5	5	< 5	< 5	5	10
TURBIDEZ NTU	0,5	2,8	1,1	6,2	2,0	5,6
DOO mg/L	-----	< 65	< 65	< 65	< 65	< 65
ALCALINIDAD TOTAL mg/L CaCO <sub>3</sub>	435	430	437	437	449	456
CALCIO mg/L Ca	49	63	59	55	59	58
MAGNESIO mg/L Mg	25	18	18	21	21	22
DUREZA TOTAL mg/L CaCO <sub>3</sub>	224	230	221	225	232	234
CLORUROS mg/L Cl	68	68	68	70	75	75
AMONIACO mg/L N-NH <sub>3</sub>	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
N TOTAL KJELDHAL mg/L N - NH <sub>3</sub>	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
SULFATOS mg/L SO <sub>4</sub>	103	83	97	123	134	82
FOSFORO TOTAL mg/L P	1,2	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
SODIO mg/L Na	-----	178	178	185	174	169
POTASIO mg/L K	-----	7,8	6,3	6,4	5,2	5,1
ARSENICO microg/L As	-----	< 10	< 10	< 10	< 10	-----
CROMO TOTAL mg/L Cr	-----	0,005	0,009	0,011	0,020	0,019
HIERRO TOTAL mg/L Fe	0,2	0,1	< 0,1	1,8	0,4	0,6
CADMIO mg/L Cd	-----	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
COBRE mg/L Cu	-----	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
ZINC mg/L Zn	-----	< 0,03	< 0,03	0,03	< 0,03	0,03
NIQUEL mg/L Ni	-----	< 0,3 *	< 0,3 *	< 0,3 *	< 0,3 *	< 0,3 *
PLOMO mg/L Pb	-----	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
MANGANESO	-----	-----	-----	-----	-----	-----
MERCURIO TOTAL microg/L Hg	-----	< 5	< 5	< 5	< 5	-----
CIANURO	-----	-----	-----	-----	-----	-----

**NOTA:**

Los resultados marcados con \* se obtuvieron con AAS emisión de llama, y se repetirán por AAS horno de grafito.

**ANALISIS DE NITRATOS como mg de N - NO<sub>3</sub> / L**

**FECHA DE ANALISIS : 17/03/99**

FECHA	POSICION 1	POSICION 2	POSICION 3	POSICION 4	POSICION 5
27/10/98	8,25	7,55	1,99	4,21	7,50
28/10/98	8,24	6,55	1,47	4,45	7,77
29/10/98	8,20	6,35	2,34	4,52	7,84
30/10/98	8,39	6,31	2,37	4,68	7,84
31/10/98	8,29	6,22	2,44	4,72	7,84

Las muestras utilizadas para el análisis fueron preservadas con 2 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> cc. por litro de muestra y refrigeradas durante 5 meses a 4° C en heladera.

**I M M**  
**LABORATORIO DE HIGIENE AMBIENTAL**  
**CONVENIO CEAMSE - IMM**  
**AGUAS SUBTERRANEAS**

**PUNTO 1**

<b>FECHA DE MUESTREO</b>	<b>08-Ago-00</b>	<b>09-Ago-00</b>	<b>10-Ago-00</b>
pH	7,4	7,5	7,5
CONDUCTIVIDAD mS/cm	1,56	1,78	1,57
TURBIDEZ NTU	0,5	0,3	0,3
DQO mg/L	< 10	39	< 10
ALCALINIDAD TOTAL mg/L CaCO <sub>3</sub>	640	670	690
CALCIO mg/L Ca	39	40	39
CALCIO mg/L CaCO <sub>3</sub>	98	100	98
MAGNESIO mg/L Mg	21	21	21
DUREZA TOTAL mg/L CaCO <sub>3</sub>	185	185	185
CLORUROS mg/L Cl	199	201	202
SULFATOS mg/L SO <sub>4</sub>	19	18	20
FOSFORO TOTAL mg/L P	1,0	< 1,0	1,7
SODIO mg/L Na	369	351	364
POTASIO mg/L K	3,5	3,5	3,7
HIERRO TOTAL mg/L Fe	< 0,1	< 0,1	< 0,1
SOLIDOS DISUELTOS mg / L	1018	1011	1017
SOLIDOS TOTALES mg / L	1023	1015	1043
NITRITOS mg / L N - NO <sub>2</sub>	< 0,01	0,01	< 0,01
NITRATOS mg / L N -NO <sub>3</sub>	10,3	10,7	10,9

**I M M**  
**LABORATORIO DE HIGIENE AMBIENTAL**  
**CONVENIO CEAMSE - IMM**  
**AGUAS SUBTERRANEAS**

**PUNTO 2**

<b>FECHA DE MUESTREO</b>	<b>09-Ago-00</b>	<b>10-Ago-00</b>	<b>11-Ago-00</b>
pH	7,4	7,3	7,3
CONDUCTIVIDAD mS/cm	1,81	1,85	1,53
TURBIDEZ NTU	3,1	1,4	0,5
DQO mg/L	19	< 10	< 10
ALCALINIDAD TOTAL mg/L CaCO <sub>3</sub>	700	680	680
CALCIO mg/L Ca	47	58	57
CALCIO mg/L CaCO <sub>3</sub>	118	145	143
MAGNESIO mg/L Mg	24	29	29
DUREZA TOTAL mg/L CaCO <sub>3</sub>	215	263	262
CLORUROS mg/L Cl	105	134	140
SULFATOS mg/L SO <sub>4</sub>	53	57	58
FOSFORO TOTAL mg/L P	< 1.0	< 1.0	< 1.0
SODIO mg/L Na	398	382	379
POTASIO mg/L K	3,2	4,6	4,2
HIERRO TOTAL mg/L Fe	0,3	< 0.1	< 0.1
SOLIDOS DISUELTOS mg / L	1140	1246	1170
SOLIDOS TOTALES mg / L	1152	1249	1238
NITRITOS mg / L N - NO <sub>2</sub>	0,01	< 0.01	< 0.01
NITRATOS mg / L N -NO <sub>3</sub>	6,7	6,1	6,1

OBSERVACIONES: la muestra del día 11 de agosto sin refrigerar primeras 72 horas.

**I M M**  
**LABORATORIO DE HIGIENE AMBIENTAL**  
**CONVENIO CEAMSE - IMM**  
**AGUAS SUBTERRANEAS**

**PUNTO 3**

<b>FECHA DE MUESTREO</b>	<b>09-Ago-00</b>	<b>10-Ago-00</b>	<b>11-Ago-00</b>
pH	6,7	6,8	6,8
CONDUCTIVIDAD mS/cm	2,61	2,61	2,55
TURBIDEZ NTU	1,5	2,0	1,1
DQO mg/L	11	19	17
ALCALINIDAD TOTAL mg/L CaCO <sub>3</sub>	1096	1105	1110
CALCIO mg/L Ca	216	226	223
CALCIO mg/L CaCO <sub>3</sub>	540	565	558
MAGNESIO mg/L Mg	110	103	110
DUREZA TOTAL mg/L CaCO <sub>3</sub>	994	989	1011
CLORUROS mg/L Cl	225	229	229
SULFATOS mg/L SO <sub>4</sub>	75	78	78
FOSFORO TOTAL mg/L P	1,0	< 1,0	1,0
SODIO mg/L Na	291	295	277
POTASIO mg/L K	3,5	3,2	3,5
HIERRO TOTAL mg/L Fe	0,2	0,3	0,2
SOLIDOS DISUELTOS mg / L	1705	1582	1656
SOLIDOS TOTALES mg / L	1739	1736	1734
NITRITOS mg / L N - NO <sub>2</sub>	0,01	< 0,01	0,01
NITRATOS mg / L N -NO <sub>3</sub>	0,4	0,3	*

OBSERVACIONES: la muestra del día 11 de agosto sin refrigerar primeras 72 horas.

\* Interferencia de m.o. no permite determinar nitratos

**I M M**  
**LABORATORIO DE HIGIENE AMBIENTAL**  
**CONVENIO CEAMSE - IMM**  
**AGUAS SUBTERRANEAS**

**PUNTO 4**

<b>FECHA DE MUESTREO</b>	<b>08-Ago-00</b>	<b>09-Ago-00</b>	<b>10-Ago-00</b>
pH	7,2	7,3	7,2
CONDUCTIVIDAD mS/cm	1,45	1,61	1,83
TURBIDEZ NTU	3,0	0,6	0,4
DQO mg/L	< 10	< 10	< 10
ALCALINIDAD TOTAL mg/L CaCO <sub>3</sub>	513	536	550
CALCIO mg/L Ca	101	103	105
CALCIO mg/L CaCO <sub>3</sub>	253	258	263
MAGNESIO mg/L Mg	32	30	30
DUREZA TOTAL mg/L CaCO <sub>3</sub>	383	383	386
CLORUROS mg/L Cl	133	160	183
SULFATOS mg/L SO <sub>4</sub>	36	36	34
FOSFORO TOTAL mg/L P	< 1.0	< 1.0	< 1.0
SODIO mg/L Na	230	257	269
POTASIO mg/L K	4,6	5,0	4,8
HIERRO TOTAL mg/L Fe	0,3	< 0.1	< 0.1
SOLIDOS DISUELTOS mg / L	896	1030	1046
SOLIDOS TOTALES mg / L	927	1046	1072
NITRITOS mg / L N - NO <sub>2</sub>	< 0.01	< 0.01	< 0.01
NITRATOS mg / L N -NO <sub>3</sub>	2,5	2,8	3,1

**I M M**  
**LABORATORIO DE HIGIENE AMBIENTAL**  
**CONVENIO CEAMSE - IMM**  
**AGUAS SUBTERRANEAS**

**PUNTO 5**

<b>FECHA DE MUESTREO</b>	<b>09-Ago-00</b>	<b>10-Ago-00</b>	<b>11-Ago-00</b>
pH	7,4	7,5	7,4
CONDUCTIVIDAD mS/cm	1,23	1,26	2,32
TURBIDEZ NTU	1,3	1,5	1,0
DQO mg/L	< 10	20	11
ALCALINIDAD TOTAL mg/L CaCO <sub>3</sub>	467	463	476
CALCIO mg/L Ca	70	70	60
CALCIO mg/L CaCO <sub>3</sub>	175	175	150
MAGNESIO mg/L Mg	27	208	203
DUREZA TOTAL mg/L CaCO <sub>3</sub>	286	1033	987
CLORUROS mg/L Cl	60	63	55
SULFATOS mg/L SO <sub>4</sub>	29	27	19
FOSFORO TOTAL mg/L P	< 1.0	< 1.0	< 1.0
SODIO mg/L Na	190	197	192
POTASIO mg/L K	8,0	7,7	7,9
HIERRO TOTAL mg/L Fe	0,1	< 0.1	< 0.1
SOLIDOS DISUELTOS mg / L	586	742	592
SOLIDOS TOTALES mg / L	636	782	694
NITRITOS mg / L N - NO <sub>2</sub>	< 0.01	< 0.01	< 0.01
NITRATOS mg / L N -NO <sub>3</sub>	4,8	< 0.1	5,6

OBSERVACIONES: la muestra del día 11 de agosto sin refrigerar primeras 72 horas.

## **Anexo 3**

### **Análisis de aguas superficiales**

### Análisis de Aguas (Lab de Higiene Ambiental)

Fecha de Muestreo		pH	OD (mg/L)	SST (mg/L)	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	Grasas y Aceites (mg/L)	Amonio N-NH3 (mg/L)	Fósforo Total (mg/L P)	Cromo (mg/L)	Plomo (mg/L)	Cotiformes Fecales (ufc/100mL)
22-Ene-04	Cda. de las Canteras - Aguas Arriba de la Usina 7	7,7	2,6	100	12	110		3,4				4,2E+04
05-May-04		7,5	0,2	<b>10</b>	14	120		10	0,7			
24-Sep-04		7,7	0,2	<b>25</b>	20	100		9,1	1,1	0,01	<b>0,01</b>	2,1E+05
07-Dic-04		7,3	0,2	<b>25</b>	50	130		9,7	1,9	0,02	<b>0,01</b>	51000
20-Abr-05		7,5	0,4		17	70		5,1	1,2	0,03	<b>0,01</b>	290000
20-Jul-05		7,6	6,0		13	50		0,9	<b>0,5</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	124000
22-Ene-04	Cda. de las Canteras - Aguas Abajo de la Usina 7	7,9	2,3	40	25	180		30				5,1E+04
05-May-04		7,7	2,6	11	15	200		59	1,1	0,05	<b>0,01</b>	
24-Sep-04		8,1	0,2	<b>25</b>	50	140		35	1,4			2,5E+05
07-Dic-04		7,9	0,1	<b>25</b>	40	180		31	1,8	0,04	<b>0,01</b>	62000
20-Abr-05		8,0	2,7		17	170		39	1,5	0,07	<b>0,01</b>	31000
20-Jul-05		7,8	6,4		20	90		25	1,0	0,03	<b>0,01</b>	59000
22-Ene-04	Cda. de las Canteras - Aguas Abajo del Arroyo Juan Díaz	7,5	5,2	16	10	<b>20</b>		6,8	0,9	0,01	<b>0,01</b>	<b>1,0E+03</b>
05-May-04		7,3	4,3	<b>10</b>	4	80		14	0,5	0,02	<b>0,01</b>	
24-Sep-04		7,6	4,0	<b>25</b>	23	20		5,5	<b>0,5</b>	0,01	<b>0,01</b>	7,0E+02
07-Dic-04		7,4	4,1	<b>25</b>	6	30		2,5	<b>0,5</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	1000
20-Abr-05		7,3	2,3	25	50	130		18	2,2	0,05	<b>0,01</b>	12000
20-Jul-05		7,4	9,1	<b>25</b>	3	30		5,8	<b>0,5</b>	0,02	<b>0,01</b>	3000
22-Ene-04	A° Juan Díaz - Aguas Arriba del Lixiviado de Usina 8	7,7	<b>0,1</b>	580	160	490		23	1,6	0,10	0,01	3,0E+04
05-May-04		7,6	<b>0,1</b>	70	70	430		59	0,7	0,11	0,01	
24-Sep-04		7,5	<b>0,1</b>	250	60	220	<b>25</b>	17	1,0	0,02	<b>0,01</b>	<b>1,0E+03</b>
20-Abr-05		7,7		430	260	2500	<b>25</b>	140	3,1	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	66000
20-Jul-05		8,1			370	940		56	3,3	0,3	0,01	27000
22-Ene-04		Lixiviado de Usina 7	8,1		280	170	3800	<b>50</b>	1900		<b>0,3</b>	<b>0,3</b>
05-May-04	8,1			190	120	2200	<b>25</b>	1300	12	1,4	<b>0,3</b>	
07-Dic-04	8,5			110	290	2800	<b>30</b>	1800	13	2,3	<b>0,7</b>	
20-Abr-05	8,3			210	100	1400	<b>25</b>	1900	12	1,0	<b>0,3</b>	
20-Jul-05	7,9			150	2400	4400		4600	7,7	0,7	<b>0,3</b>	
22-Ene-04	Lixiviado de Usina 8		8,2		1500	4500	11800	<b>50</b>	850		0,7	1,5
05-May-04		8,2		120	3300	7600	<b>25</b>	850	9,1	1,8	<b>0,3</b>	
18-Jun-04		8,3			800	4300						
21-Jun-04		8,4			950	3400						
23-Jun-04		8,2			1400	4200						
25-Jun-04		8,2			870	3800						
28-Jun-04		8,3			550	3800						
30-Jun-04		8,3			710	2600						
02-Jul-04		8,2			550	4100						
05-Jul-04		8,2			570	4500						
09-Jul-04		8,5			670							
24-Sep-04		8,6		300	420	4400	<b>25</b>	930	9,0	1,9	<b>0,3</b>	
07-Dic-04		8,7		470	2500	6900	40	1300	9,6	2,3	<b>0,3</b>	
20-Abr-05		8,4		60	1600	2900	25	850	15	1,6	<b>0,3</b>	
20-Jul-05		8,4		40	410	2500		340	12	1,4	<b>0,3</b>	
11-Feb-04		8,6		740	5800	13400		760				
17-Feb-04		8,1			7100	12100			21			
25-Feb-04		7,9			13600	19200		800	9,7			
02-Mar-04		8,0			8300	14200		770	9,2			
15-Abr-04		8,2			3700	8000		1000	6,2			

Nota: Estilo Negrita significa "menor que"

## **Anexo 4**

# **Informe sobre alternativas al tratamiento de lixiviados**

## **Tratamiento y Disposición final De los lixiviados del Relleno Sanitario.**

El tratamiento y la disposición final de los lixiviados de la usina 8 ha sido concebido por etapas.

Se ha previsto en principio también incorporar los lixiviados de las usinas 6 y 7, pero las estimaciones de costos realizadas para la primera etapa podrían sufrir modificaciones al incorporar los mismos, en función de sus caudales y cargas contaminantes.

Una hipótesis fundamental adoptada para la selección de una de las soluciones, ha sido que los lixiviados han de cumplir con los requisitos que la normativa nacional (decreto 253/79 y modificativos) establece para los metales (lo que se basó en los análisis disponibles y habrá que monitorearlo) cuando los efluentes se disponen a la red pública de saneamiento.

A la fecha se ha hecho un análisis de alternativas, se ha seleccionado una y se ha efectuado un desarrollo preliminar de la primera etapa de la misma.

La primera etapa consiste en una compensación semanal de los efluentes y el bombeo de los mismos a la red de saneamiento previo su acondicionamiento con el auxilio de productos químicos de modo de evitar transformaciones que afecten al sistema de saneamiento hasta la disposición final en el Río de la Plata.

El bombeo tendrá una longitud aproximada de 4800 m y llevará los lixiviados acondicionados hasta la estación de bombeo Nueva Chacarita ubicada en la calle Géminis entre camino Maldonado y la cañada de la Chacarita. La estación Nueva Chacarita ha de descargar las aguas residuales, cuando finalice el Plan de Saneamiento Urbano III, en el sistema de saneamiento costero a través de la construcción del trasvase Malvín - Buceo. El punto de descarga de los lixiviados ha sido seleccionado en función de los caudales y cargas que llegan a la estación Nueva Chacarita, de modo de hacer mínimas las afectaciones hasta su disposición final en el Río de la Plata. En el punto de descarga no habrá prácticamente ninguna afectación en razón de la escasa significación de la carga contaminante y caudales que han de agregar los lixiviados a los líquidos residuales que vierte el saneamiento de la ciudad.

La segunda etapa consistiría en efectuar un proceso de tratamiento complementario a los lixiviados, el que dependerá de las características a determinar de los mismos a través de monitoreos en lo referente a caudales y composición y a los fenómenos que se analice ocurran en la realidad en el sistema de saneamiento.

Ing. Alvaro Capandeguy División Saneamiento.

## **Anexo 5**

### **Artículos de prensa vinculados al proyecto**



**5 de octubre de 2005**

**EL PAÍS** DIGITAL

PROYECTO

**Comuna se lanzará a la venta de biogás**

La Intendencia de Montevideo (IMM) se lanza un proyecto de "Captura del biogás de relleno sanitario".

Lo que se busca es la venta de créditos de unidades de reducción de gases de efecto invernadero generados en los rellenos sanitarios durante la descomposición de los residuos. En este caso particular, se trata de metano.

La locación de este proyecto se ubicará en la usina de Felipe Cardozo y Cochabamba.

Es ahí donde se realiza la disposición final de los residuos generados en Montevideo, finalizados mediante el sistema de relleno sanitario, según expresó un comunicado de la IMM.

Esta iniciativa se encuentra en el marco de la Convención de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y el Protocolo de Kyoto.

Según informó la IMM, el proyecto comenzó en julio con la firma de una carta intención entre la IMM y el Banco Mundial para reducir emisiones de efectos de invernadero.

Este organismo internacional está promoviendo acciones de este tipo en todo el continente.

---

Presidencia de la República e Intendencias de Montevideo, Canelones y San José.



**6 de octubre de 2005**

## **LA JUVENTUD**

Se desarrollará en la usina ubicada en Felipe Cardoso y Cochabamba  
**Presentaron proyecto de captura de biogás**

La Intendencia de Montevideo presentó en el Palacio Municipal el proyecto "Captura del biogás del relleno sanitario de residuos sólidos de Montevideo" Se enmarca en los compromisos asumidos con el Banco Mundial

en el pasado mes de julio la Intendencia de Montevideo firmó una Carta Intención con el Banco Mundial para reducir la emisión de gases de efecto invernadero, en el marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y el Protocolo de Kyoto. El objetivo es la venta de créditos de unidades de reducción de gases de efecto invernadero - en este caso metano - que se generan en los rellenos sanitarios durante el proceso de des-composición de los residuos. El Banco Mundial está promoviendo proyectos de generación de energía a partir de la captura de gases de relleno sanitario (GRS), que permite reducir las emisiones causantes de efecto invernadero. Este impulso responde al limitado número de proyectos de este tipo, la creciente demanda de inversiones en el sector de residuos sólidos y de generación de energía mediante fuentes renovables. A través de esta iniciativa han sido financiados estudios de pre factibilidad y pruebas de campo en diversos sitios seleccionados en América Latina. Como resultado, se espera que esos estudios fomenten el interés de autoridades y desarrolladores para implementar proyectos de captura de GRS y obtener Reducciones Certificadas de Emisión. El proyecto se desarrollará en la usina ubicada en Felipe Cardoso y Cochabamba, donde se realiza la disposición final de los residuos generados en la ciudad, que es finalizada mediante el relleno sanitario, siguiendo las ordenanzas técnicas, sanitarias y ambientales vigentes.

---

# NOTICIAS DEL DÍA



INTENDENCIA  
MUNICIPAL  
DE MONTEVIDEO



Servicio de Prensa,  
Comunicación y  
Relaciones Públicas

**7 de octubre de 2005**

**La República**  
EN LA RED

---

## **Proyecto: captura de biogas**

El proyecto llamado "Captura de biogas de relleno sanitario de residuos sólidos de Montevideo" fue presentado ayer por el Intendente Ricardo Ehrlich.

Continúa en página 36. Sección Comunidad.

---

**Intendencia Municipal de Montevideo**  
**Departamento de Desarrollo Ambiental**  
**División Limpieza**

**Proyecto de Captura de Biogas del Relleno Sanitario de Montevideo**  
*Centro de Conferencias Municipal - Salón Rojo 05.10.2005*

**PREGUNTAS:**

***Arq. Jorge Lima Valverde***

- 1) ¿Se realizaron cateos que aseguren la extracción de lixiviados en un volcadero de residuos cuya excavación llegó al techo de roda y no cuenta con ninguna contención inferior?
- 2) Si la respuesta es afirmativa, el Proyecto ¿incluye un tratamiento de los mismos?
- 3) Referente a la captura de gases, el relleno no se realizó uniformemente en fajas, ¿no son muy optimista los porcentajes manejados?
- 4) ¿No sería conveniente tratar de atrapar los gases para luego proceder a su captura?

***Marianela Elizalde y Carlos Mikolic***

- 1) Si el producido de biogas en la Usina 6 y 7 está en disminución, ¿no es conveniente invertir en la extracción en la Usina 8?
- 2) ¿Están considerados en el estudio los impactos de origen accidental?
- 3) ¿Se va a aplicar gestión de aspectos ambientales en la construcción y operación, más allá de la autorización de la DINAMA?

***Mario Pareja***

- 1) Dado los volúmenes de producción de biogas del sitio de Montevideo ¿cuánto tiempo llevaría para obtener el punto de equilibrio económico de la inversión según los precios de mercado actuales de las CER?
- 2) Quisiera conocer las experiencias y lecciones aprendidas por la I.M.M. En y durante las negociaciones de compra - venta de las CER con el Banco Mundial y la participación de otras instituciones del Estado (por ejemplo: DINAMA), así como del sector privado, en el proceso.

***Ana Laura García***

- 1) Exactamente ¿qué es el biogas y cómo nos beneficiaría cualesquiera de los exponentes?

***Ing. Luis Granja***

- 1) ¿Los rellenos de usinas 6 y 7 poseen una barrera en su base entre la basura y el suelo natural, como geomembranas o arcilla compactada?
- 2) Se comienza el trabajo con la extracción de lixiviados, pero las napas y las lluvias volverán a formar líquidos contaminados, ¿cómo se realiza el manejo del gas (su extracción en esta situación)?
- 3) ¿Se podría dar algún dato más, acerca de los dispositivos (por ejemplo: calderas), para la generación de energía eléctrica?
- 4) ¿Sería posible obtener la matriz de Leopold y el cuadro de comparación de nuestra Usina con otra de Estados Unidos?

***Ing. Carlos Piña***

- 1) ¿Cuáles son los escenarios desde el punto de vista del volcado de residuos?

**INTENDENCIA MUNICIPAL DE MONTEVIDEO  
DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL  
DIVISIÓN LIMPIEZA**

**PRESENTACIÓN PROYECTO  
CAPTURA DE BIOGAS DEL RELLENO SANITARIO DE MONTEVIDEO**

**CENTRO DE CONFERENCIAS I.M.M. - SALÓN ROJO - 05.10.2005**

NOMBRE	ORGANIZACIÓN/EMPRESAS	MAIL
HERBERT ICHUSTI	I.M.M. SECRETARIO GENERAL	<a href="mailto:hichusti@piso2.imm.gub.uy">hichusti@piso2.imm.gub.uy</a>
PABLO FERRER	EDIL JUNTA DEPTAL. MONTEVIDEO - COM. MEDIO AMBIENTE	<a href="mailto:pferrer@untamvd.gub.uy">pferrer@untamvd.gub.uy</a>
CRISTINA PASTRO	I.M.M. - DIRECTORA DIVISIÓN PLANIFICACIÓN TERRITORIAL	<a href="mailto:cpastro@piso9.imm.gub.uy">cpastro@piso9.imm.gub.uy</a>
ADRIANA BENTANCUR	I.M.M. - DEPARTAMENTO DESARROLLO AMBIENTAL	<a href="mailto:mbentancur@piso6.imm.gub.uy">mbentancur@piso6.imm.gub.uy</a>
ALEJANDRA OSTRIA	I.M.M. - DIRECTORA DEPTO. DESARROLLO AMBIENTAL	<a href="mailto:aostria@piso3.imm.gub.uy">aostria@piso3.imm.gub.uy</a>
ÁLVARO BASILE	I.M.M. - DEPARTAMENTO DESARROLLO AMBIENTAL	<a href="mailto:tresor@piso6.imm.gub.uy">tresor@piso6.imm.gub.uy</a>
ÁLVARO CAPANDEGUY	I.M.M. - DEPARTAMENTO DESARROLLO AMBIENTAL	<a href="mailto:acapandeguy@piso6.imm.gub.uy">acapandeguy@piso6.imm.gub.uy</a>
ÁLVARO CARAMBULA	I.M.M. - DEPARTAMENTO DESARROLLO AMBIENTAL	<a href="mailto:carapey@adinet.com.uy">carapey@adinet.com.uy</a>
AMÉRICO ROCCO	IMM - DIRECTOR DIVISIÓN SANEAMIENTO	<a href="mailto:arocco@piso6.imm.gub.uy">arocco@piso6.imm.gub.uy</a>
ANA MARÍA GARABELLI	I.M.M. - DEPARTAMENTO DESARROLLO AMBIENTAL	<a href="mailto:aggarabelli@piso3.imm.gub.uy">aggarabelli@piso3.imm.gub.uy</a>
CARLOS BARRERA	I.M.M. - DEPARTAMENTO DESARROLLO AMBIENTAL	
CARLOS PIÑA	I.M.M. - DEPARTAMENTO DESARROLLO AMBIENTAL	<a href="mailto:cpina@piso6.imm.gub.uy">cpina@piso6.imm.gub.uy</a>
DANIEL BURGUENO	BECARIO - I.M.M. - DEPARTAMENTO DESARROLLO AMBIENTAL	<a href="mailto:ynad@adinet.com.uy">ynad@adinet.com.uy</a>
DIANA PÉREZ	IMM - DIRECTORA DIVISIÓN LIMPIEZA	<a href="mailto:dperez@piso6.imm.gub.uy">dperez@piso6.imm.gub.uy</a>
ESTEBAN GARINO	I.M.M. - DEPARTAMENTO DESARROLLO AMBIENTAL	<a href="mailto:egarino@piso3.imm.gub.uy">egarino@piso3.imm.gub.uy</a>
FEDERICO CHARBONNIER	I.M.M. - DEPARTAMENTO DESARROLLO AMBIENTAL	<a href="mailto:fcharbo@dfi.imm.gub.uy">fcharbo@dfi.imm.gub.uy</a>
FERNANDO PIRIZ	I.M.M. - DEPARTAMENTO DESARROLLO AMBIENTAL	<a href="mailto:fpiriz@piso6.imm.gub.uy">fpiriz@piso6.imm.gub.uy</a>
JORGE LIMA VALVERDE	I.M.M. - DEPARTAMENTO DESARROLLO AMBIENTAL	<a href="mailto:jlima@piso6.imm.gub.uy">jlima@piso6.imm.gub.uy</a>
JOSÉ PREFUMO	I.M.M. - DEPARTAMENTO DESARROLLO AMBIENTAL	<a href="mailto:jprefumo@regeste.imm.gub.uy">jprefumo@regeste.imm.gub.uy</a>
JULIO HORTA	I.M.M. - DEPARTAMENTO DESARROLLO AMBIENTAL	<a href="mailto:jhorta@piso9.imm.gub.uy">jhorta@piso9.imm.gub.uy</a>
LEONARDO HEROU	I.M.M. - DEPARTAMENTO DESARROLLO AMBIENTAL	<a href="mailto:lherou@piso9.imm.gub.uy">lherou@piso9.imm.gub.uy</a>
LOURDES GADEA	I.M.M. - DEPARTAMENTO DESARROLLO AMBIENTAL	<a href="mailto:lgadea@piso3.imm.gub.uy">lgadea@piso3.imm.gub.uy</a>
PABLO ESCALANTE	I.M.M. - DEPARTAMENTO DESARROLLO AMBIENTAL	<a href="mailto:pescalante@correo.imm.gub.uy">pescalante@correo.imm.gub.uy</a>
RAÚL BLENGIO	I.M.M. - DEPARTAMENTO DESARROLLO AMBIENTAL	<a href="mailto:rblengio@dfi.imm.gub.uy">rblengio@dfi.imm.gub.uy</a>
	HUMEDALES RÍO SANTA LUCÍA	<a href="mailto:santalucia@piso2.imm.gub.uy">santalucia@piso2.imm.gub.uy</a>
CRISTINA FYNN	I.M.M. - DEPARTAMENTO PLANIFICACIÓN MUNICIPAL	<a href="mailto:cfynn@piso9.imm.gub.uy">cfynn@piso9.imm.gub.uy</a>
BEATRIZ SILVA	I.M.M. - MERCADO AGRÍCOLA	<a href="mailto:delfin13@adinet.com.uy">delfin13@adinet.com.uy</a>
CARLOS MIKOLIC	I.M.M. UNIDAD CONTROL DE CALIDAD	<a href="mailto:cmikolic@piso2.imm.gub.uy">cmikolic@piso2.imm.gub.uy</a>
MARIANELA ELIZALDE	I.M.M. UNIDAD CONTROL DE CALIDAD	<a href="mailto:melizalde@piso2.imm.gub.uy">melizalde@piso2.imm.gub.uy</a>
LINA MAS	UNIDAD CONTROL DE CALIDAD	<a href="mailto:imas@piso2.imm.gub.uy">imas@piso2.imm.gub.uy</a>
GONZALO FERNÁNDEZ	INTENDENCIA MUNICIPAL DE CANELONES	<a href="mailto:zaro@internet.com.uy">zaro@internet.com.uy</a> / <a href="mailto:dqqa@adinet.com.uy">dqqa@adinet.com.uy</a>
MARIO PAREJA	INTENDENCIA MUNICIPAL DE CANELONES	<a href="mailto:parejamr@hotmail.com">parejamr@hotmail.com</a>
MIREYA SORIANO	INTENDENCIA MUNICIPAL DE COLONIA	<a href="mailto:misolaga@adinet.com.uy">misolaga@adinet.com.uy</a>
LUIS SANTOS	CAMBIO CLIMÁTICO - DINAMA	<a href="mailto:lsantos@cambioclimatico.gub.uy">lsantos@cambioclimatico.gub.uy</a>
ADRIANA TORCHELO	CAMBIO CLIMÁTICO - DINAMA	<a href="mailto:atorchelo@cambioclimatico.gub.uy">atorchelo@cambioclimatico.gub.uy</a>
KEIDI SASABE		<a href="mailto:sasabe@ctii.co.jp">sasabe@ctii.co.jp</a>
ALEJANDRO GUTIÉRREZ	DIRECCIÓN NACIONAL DE ENERGÍA	<a href="mailto:alejandrogutierrez@dnc.miem.gub.uy">alejandrogutierrez@dnc.miem.gub.uy</a>
BLANCA HERRERA	MINISTERIO GANADERÍA AGRICULTURA Y PESCA	<a href="mailto:blan@adinet.com.uy">blan@adinet.com.uy</a>
MAURICIO MENDEZ	CAPITÁN PREFECTURA TROUVILLE	<a href="mailto:Mauriciomendez1968@hotmail.com">Mauriciomendez1968@hotmail.com</a>
ELENA DOMÍNGUEZ	AECI - AGENCIA ESPAÑOLA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL	<a href="mailto:elenadss@yahoo.es">elenadss@yahoo.es</a>
GABRIEL BLANCO	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO (REP. ARGENTINA)	<a href="mailto:gblanco@fio.unicent.edu.ar">gblanco@fio.unicent.edu.ar</a>
JOHANN SCHÄML	FICHTNER	<a href="mailto:johann.schaml@mobil.fcit.fichtner.de">johann.schaml@mobil.fcit.fichtner.de</a>
MARTIN STICKEL	FICHTNER	<a href="mailto:martin.stickel@mobil.fcit.fichtner.de">martin.stickel@mobil.fcit.fichtner.de</a>
MARIANA ROBANO	LK SUR	<a href="mailto:mrobano@lksur.com.uy">mrobano@lksur.com.uy</a>
ERNESTO REHERMANN	LK SUR	<a href="mailto:erehermann@lksur.com.uy">erehermann@lksur.com.uy</a>
MILUTA SOJACHENSKI	LK SUR	<a href="mailto:msojachenski@lksur.com.uy">msojachenski@lksur.com.uy</a>
JULIO GRANJA	AIDIS	<a href="mailto:jgranja@adinet.com.uy">jgranja@adinet.com.uy</a>
RICARDO MONTANDON	AIDIS	<a href="mailto:rmontandon@adinet.com.uy">rmontandon@adinet.com.uy</a>
LUIS LIEBERMAN	AIDIS	<a href="mailto:luislieb@adinet.com.uy">luislieb@adinet.com.uy</a>
LAURA STIRLING	CONSORCIO AMBIENTAL DEL PLATA	<a href="mailto:lstirling@plafico.teyma.com.uy">lstirling@plafico.teyma.com.uy</a>
GERARDO HONTY	CEUTA	<a href="mailto:ceuta@ceuta.org.uy">ceuta@ceuta.org.uy</a>
JUAN OÑA	CEUTA	<a href="mailto:ceuta@ceuta.org.uy">ceuta@ceuta.org.uy</a>
ROGELIO GARMENDIA	ABORGAM	<a href="mailto:garmendi@adinet.com.uy">garmendi@adinet.com.uy</a>
JUAN VONROTZ	CAVO	<a href="mailto:wvonrotz@adinet.com.uy">wvonrotz@adinet.com.uy</a>
ERNESTO FRANCIA	UNIÓN IBIRAPITÁ	<a href="mailto:cugasabiogas@adinet.com.uy">cugasabiogas@adinet.com.uy</a>
JUAN JOSÉ CASTRO	UNIÓN IBIRAPITÁ	<a href="mailto:cugasabiogas@adinet.com.uy">cugasabiogas@adinet.com.uy</a>
ARANDÚ CABRERA	C.S.I.	<a href="mailto:acabrera@csi.com.uy">acabrera@csi.com.uy</a>
ALEJANDRA PERRONI	C.S.I.	<a href="mailto:aperroni@csi.com.uy">aperroni@csi.com.uy</a>
LUIS HORTA	ORGANIZACIÓN SAN VICENTE	<a href="mailto:jhorta@adinet.com.uy">jhorta@adinet.com.uy</a>
HECTOR VILLAVEVERDE	GEA - CONSULTORES AMBIENTALES	<a href="mailto:hector@geaconsultores.com.uy">hector@geaconsultores.com.uy</a>
LEONARDO SEJO	EL ABROJO	<a href="mailto:leosejo@adinet.com.uy">leosejo@adinet.com.uy</a>
AMPARO DOMENECH	C.P.P. - CENTRO DE PARTICIPACIÓN POPULAR	<a href="mailto:laravuela_79@hotmail.com">laravuela_79@hotmail.com</a>
ANA LUISA AROCENA	CEMPRE	<a href="mailto:cempre@ciu.com.uy">cempre@ciu.com.uy</a>
JORGE HERNÁNDEZ	UCRUS - UNIÓN CLASIFICADORES RESIDUOS URBANOS SÓLIDOS	<a href="mailto:ucrus@internet.com.uy">ucrus@internet.com.uy</a>
DANIELA HIRSCHFELD	SEMANARIO BÚSQUEDA	
JUAN PABLO FABER	I.M.M. - PASANTE FACULTAD INGENIERÍA	<a href="mailto:jpfb@adinet.com.uy">jpfb@adinet.com.uy</a>
ANA LAURA GARCÍA	ESTUDIANTE	<a href="mailto:analula31@yahoo.com.ar">analula31@yahoo.com.ar</a>