

SISTEMA DE GESTIÓN DE RESIDUOS OPERATIVOS

Est. CONGLOS
FIGACIÓN TOPOGRAFICA

Ing. Stephen Wharton / Ing. Guillermo Mirande

TECPETROL S.A. - Area Aguara Güe (Prov. de Salta)

ABSTRACT

En respuesta a anteriores prácticas de conducir la mayoría de los residuos empetrolados generados por reparaciones de pozos ("workover" y "pullings") ó limpieza de equipos (tanques, separadores, etc.) hacia piletas de tierra ó a "piletines" (que luego se tapaban), Tecpetrol diseño en 1994 un sistema de tratamiento y disposición de estos residuos. Dicho sistema fue completado y mejorado en 1996.

Este sistema es capaz de manejar la mayor parte de los residuos oleosos de un yacimiento, y está integrado por una pileta de cemento de unos 500 m³ de capacidad - variable según el nivel de actividad de cada yacimiento - dividida en 3 compartimentos, destinadas a separar: residuos sólidos (por sedimentación, en forma de barros), petróleo y aceite, y agua (por diferencia de densidades). La pileta se complementa con rampas de descarga y extracción de residuos, bordos para prevenir desbordes y entrada de agua de escorrentía, alambrado y red (ésto en la medida de lo necesario).

El conjunto se completa con el destino final de cada producto obtenido en cada compartimento. El agua es bombeada para su inyección a formación ó pozo sumidero, el petróleo es recuperado, y los residuos sólidos son tratados - cada 6

meses a un año - con cal, y dispuestos en un área controlada de laboreo agrícola y meteorización.

La etapa de disposición final cuenta con un seguimiento por muestreo y análisis de los principales parámetros químicos.

INTRODUCCIÓN

En el marco de los estándares en la Gestión Ambiental para la exploración y producción (E&P) de hidrocarburos (HC) sustentados por la Política de Tecpetrol, y más específicamente en el estudio del destino de las distintas corrientes de contaminantes generados por las actividades de E&P, el manejo de los residuos oleosos [o empetrolados] presenta un problema singular en cuanto a su disposición, en especial en la zona del Noroeste Argentino (NOA), debido a las condiciones propias del ambiente local: altos registros de lluvias, cuencas hídricas densamente distribuidas, alta diversidad biológica, amplias superficies bajo explotación agropecuaria.

Sobre este escenario, Tecpetrol diseñó un riguroso Sistema de Gestión de Residuos Operativos (SGRO), tendiente a hacer un manejo total de estos efluentes “asociados” a la operación, abarcando desde las fuentes de generación, siguiendo por el transporte y la concentración, hasta llegar a la disposición final y degradación asistida de los HC.

El primer conflicto que este proyecto presentó, fue el control de las características críticas de la generación de lodos contaminados con petróleos: su discontinuidad de flujo, la variación en su composición, y la dispersión de ocurrencia. La respuesta a este primer planteo fue la construcción de un macro-contenedor absolutamente impermeabilizado, con capacidad suficiente de almacenamiento, y con un mecanismo sencillo de separación en tres “fases” de los vertidos, fase sólida, fase de HC y fase acuosa. Nació así la primera versión de lo que hoy denominamos “Ecopiletas”: son básicamente “Piletas API” de grandes dimensiones.

DESARROLLO

Dirigiremos el análisis a las corrientes de efluentes residuales sólidos, viscosos y líquidos, no aptos para la reinyección a formaciones no productivas, y con presencia de contaminantes que impidan su vertido directo al ambiente natural.

Tradicionalmente, estos residuos generados en las distintas etapas de la E&P (producción, mantenimiento, reparación, etc.) se disponían en piletas de tierra que se construían en las cercanías de los pozos y/o plantas que servían. Con el tiempo estas fosas se transformaron en pasivos ambientales, ya como trampas para animales, ya como contaminantes del medio circundante al rebasar su capacidad luego de las abundantes lluvias estivales, además de ser posibles fuentes de contaminación de las napas inferiores por infiltración.

Esta situación fue subsanada por Tecpetrol en una primera etapa,

- recurriendo al uso de “piletines” portátiles o contruidos sobre locaciones de pozos, y
- saneando las piletas existentes que contuvieran residuos empetrolados.

En ambos casos, los residuos, o bien volvían al circuito de producción cuando eran recuperables, o se transportaban a un Sitio de Disposición Final (SDF) donde eran tratados con altos porcentajes de cal para obtener una fijación-estabilización semi-permanente de los HC, y luego se confinaba la mezcla en recintos a tal efecto, dejando una capa de suelo orgánico de 0,80 a 1,00 metros de espesor.

Esta primera solución evitaba la dispersión no controlada de este tipo de residuos al ambiente, mitigando su impacto negativo, pero no contemplaba su manejo y disposición final óptimas, de acuerdo a estándares internacionales reconocidos (por ejemplo: American Petroleum Institute, Canadian Petroleum Association).

La solución a estas disconformidades con nuestra Política Ambiental fue la implementación del SGRO (ver Figura 1); el mismo se fundó en una infraestructura construida a las medidas de las necesidades: el punto de convergencia de los vertidos se centralizó por zonas, y lo constituyeron las “Ecopiletas” (ver Figura 2).

Estas constan de 3 (tres) compartimentos destinados, el primero, a la decantación de residuos sedimentables; el segundo, a la contención de hidrocarburos líquidos; y el

último, al almacenamiento de agua. Toda la separación se produce por el principio de la gravedad, en virtud de las diferencias de densidades de cada fase.

Al cumplirse el “Ciclo de Colmatación”, que tiene una duración igual al lapso de tiempo en el que se satura el volumen de la cámara de la fase sólida, los residuos sedimentados son evacuados y se biorecuperan en un Sitio de Disposición Final (SDF) adyacente, a través de la metodología de laboreo agrícola (“Landfarming”). En tanto que los HC son reciclados al circuito de Producción, y el agua es reinyectada a los pozos sumideros en operación. Téngase en cuenta el importante rol que juegan la volatilización y la evaporación en la disminución de los volúmenes a disponer finalmente.

Condiciones Necesarias para la Operación del SGRO:

- ✓ Identificación y codificación de las Fuentes de Generación → Esto permitirá un vertido directo de los efluentes “de rutina”, minimizando los análisis previos.
- ✓ Ubicación estratégica de las Ecopiletas → Minimizar las distancias de transporte, localizar los SDF.
- ✓ Implementación de sistemas de transporte → Disponer recursos “on line”.
- ✓ Tiempo de Colmatación > Tiempo de Remediación de los SDF → Esta condición es importante porque posibilita la utilización de un predio fijo para este fin, minimizando la afectación de nuevos sitios.
- ✓ Facilities para el vertido y evacuación de los distintos residuos (recuperación de crudo, extracción de agua para reinyección, rampas de acceso para limpieza, etc.) → Tender a la automatización del proceso.

✓ Capacitación a todo el personal sobre el funcionamiento del SGRO. →

Personal propio y de contratistas conocen el destino de los residuos.

La Ecopileta: Construcción e Inversión.

La primera versión de la ecopileta, construida en el Yacimiento Campo Durán - Ver Foto II - adyacente a la Planta de Tratamiento y Reinyección de Gas, consistía originalmente en dos compartimentos de hormigón armado, y un tercero impermeabilizado con una membrana de PVC de alta resistencia sobre una base de suelo compactado. El conjunto tenía 13 mts. de ancho por 20 mts. de largo y 1,80 mts. de profundidad, totalizando una capacidad aproximada de 500 m³.

La inversión incurrida fue de \$ 20.000 incluyendo esta cifra el costo del "upgrade" realizado en 1997 (\$ 13.000 originalmente y \$7.000 invertidos en las mejoras y ampliación), la obra se realizó en 10 semanas.

Luego de dos años de utilización y con la experiencia de otras obras similares, esta primera pileta fue ampliamente mejorada, aumentando su capacidad a 750 m³ y de esta manera prolongando el Tiempo de Colmatación a un módulo anual (factor crítico en la ecuación del sistema).

La segunda Ecopileta que se construyó fue la de Planta Lomitas - Ver Foto I - (realizada en 1995, de 800 m³ de capacidad, en un plazo de 2 meses, con una inversión de \$ 17.000), y por último se ejecutó la de Planta Chango Norte (realizada

en 1998, de 1500 m³ de capacidad, en un plazo de dos meses y medio, con una inversión de \$ 35.000).

Estas piletas incorporaron importantes mejoras tanto en el diseño como en los materiales utilizados, entre las que mencionamos:

- ✓ Base de asiento de Suelo Cemento de las tres cámaras, para aumentar el valor soporte, y minimizar las posibles infiltraciones por pérdidas.
- ✓ Cálculo del volumen del compartimento de sedimentación, según la generación ponderada de sólidos netos en el radio del área cubierta por la ecopileta en cuestión, durante el Tiempo de Colmatación deseado, considerando el máximo caudal de residuos estimado a lo largo de la vida útil de la obra.
- ✓ Se reemplazó las geomembranas de PVC de alto impacto, por materiales más flexibles, de colocación simple (con fundentes térmicos o químicos), aptos para HC , y resistentes a la intemperie. Una condición muy importante: la posibilidad de reparación sin cambio total de la membrana.
- ✓ Colocación de geotextiles entre la base de asiento y la geomembrana de la cámara de agua, para aumentar la resistencia mecánica de la cobertura.
- ✓ Implementación de detalles constructivos para posibilitar la limpieza, extracción de fluidos, acceso de personas y equipos, etc. (pozos "sumideros" para evacuación por bombeo, losas de hormigón flexible para el ingreso de personas y/o equipos de limpieza, etc.)

Obras y Detalles Complementarios:

- ✓ Rampa de descarga de residuos y barrera de protección.
- ✓ Alambrado de 5 hilos con tranquera para prevenir el ingreso de animales.
- ✓ Muros de tierra vegetados alrededor de las piletas para evitar el ingreso de agua de escorrentía, y el egreso de contaminantes por rebalse.
- ✓ Cañerías de evacuación de los fluidos desde ambas cámaras de las fases líquidas, al circuito de producción de crudo y de reinyección de agua, respectivamente.
- ✓ Extintores portátiles y carteles de seguridad e información.

La Ecopileta: Operación y Costos.

Como dijimos anteriormente, las Ecopiletas trabajan con la gravedad para la separación de las tres fases componentes de los residuos vertidos, debido a la diferencia de densidades entre los mismos.

Previamente a la puesta en marcha de una Ecopileta y durante toda su utilización, se debe verificar la existencia de un sello hidráulico entre la segunda y tercera cámara, asegurándose que las rendijas inferiores se mantengan completamente sumergidas en agua limpia, esto evita la contaminación del líquido acuoso del último recinto con HC.

La operatoria (ver figura 3) consiste en la descarga por camión de las distintas corrientes de residuos al primer compartimento, las partículas sedimentables se depositan en esta cámara, y los líquidos rebasan al segundo compartimento por la cresta del tabique divisorio. En este segundo compartimento, y por diferencia de

densidades, el agua fluye a través de las rendijas inferiores de la segunda placa al tercer compartimento, dejando atrás la fracción líquida oleosa.

Regularmente, en función del nivel de actividad existente en cada zona, se retira el petróleo sobrenadante para su devolución al circuito de tratamiento de crudo, mientras que el agua se bombea a la Pileta API de cada Planta, para su acondicionamiento y reinyección a formación.

Una vez cumplido el ciclo de colmatación, los residuos sólidos se retiran con bombas para fluidos viscosos y retroexcavadora, se vierten en los SDF que están localizados en predios adyacentes - Ver Foto III -, en los que se preparan celdas para la contención provisoria de los mismos (ver figura 4), y así posibilitar un mezclado homogéneo con suelo original del lugar. En ese momento comienza un proceso de meteorización, que en virtud de las características de los crudos de la zona, luego del mezclado del residuo con el suelo, y al aumentar la superficie específica, se produce una fuerte volatilización, verificándose una pronunciada caída del porcentaje de HC Totales presentes durante los primeros 15 días. Durante los meses siguientes se desarrolla el Landfarming, con un estricto programa de regado, laboreo agrícola, adición de nutrientes, y muestreos para análisis de la evolución del proceso.

Una vez obtenido un suelo con parámetros cuasi-normales de HC, se siembran especies oleo-resistentes, preferentemente con raíces superficiales que aseguren una

buena oxigenación que perpetúe la degradación, hasta que se cumpla nuevamente el ciclo de colmatación.

El Tiempo de Remediación real del SDF surge de este programa, a partir de los muestreos y análisis estratificados de suelos. Además apunta a identificar las condiciones de trabajo necesarias para la degradación y meteorización óptimas de los residuos.

Los SDF deben cumplir una serie de condiciones topográficas, físicas y edáficas para ser aptos para su utilización como emplazamiento del Landfarming (estos requisitos no atienden estrictamente al tema de esta presentación).

El programa inicial de ensayos a realizar para la obtención de la línea base de partida, y posterior seguimiento de la evolución del SDF, debe cubrir una amplia gama de elementos y parámetros, el segundo muestreo deberá reducirse a los indicadores cuyos resultados presentaron desviaciones según los valores normales. El esquema de análisis constará de:

- ✓ Muestreo de suelo original del lugar (previo al vertido de residuos).
- ✓ Muestreo de los residuos puros.
- ✓ Muestreo de suelo mezclado con los residuos, repetición periódica.
- ✓ Muestreo de pozos de control (contaminación por lixiviación).

En cuanto a los costos operativos, presentamos el siguiente análisis basado en las erogaciones incurridas durante un ciclo anual en una ecopileta mediana (por ej.: Lomitas). Cabe hacer notar que durante la operación rutinaria el costo es nulo, pero en términos reales esto implica una economía significativa con relación a los sistemas tradicionales de manejo de residuos operativos.

ANÁLISIS DE COSTOS OPERATIVOS DEL SGRO

Condiciones de Partida

Tiempo de Colmatación:	12 meses.
Volumen de Almacenamiento Total:	800 m ³
Distancia Media de Transporte:	2,50 Km
Porcentaje Promedio de Sólidos:	15%

CONCEPTO	RECURSOS	CANTIDAD	COSTO
Transporte de Residuos	Camiones Cisternas y Volquetes	1600 m ³	\$7.500
Evacuación Fases Líquidas	Bombas, Compresores, M. de O.	1400 m ³	\$1.200
Preparación del SDF	Retroexcavadora	12 hs	\$450
Extracción Residuos Sólidos	Bomba, Retroexcav. y Camión Volc.	500 m ³	\$5.500
Limpieza y Reparaciones	M. de O. , herramientas, etc.	120 hs	\$650
Mezclado Inicial	Topadora tipo D4	30 hs	\$1.200
Laboreo Agrícola p.d.	Contrato a Compañía Ambiental	3 meses	\$2.400
Programa de Análisis	Laboratorios Especializados	150 ud.	\$2.100
Total Anual			\$21.000
Promedio Mensual			\$1.750

CONCLUSIONES

Este sistema de gestión de residuos operativos significa una considerable reducción del pasivo ambiental presente y futuro, contrastado con la metodología de disposición que se usaba tradicionalmente antes de su implementación.

El SGRO asegura un control total de los residuos empetrolados en cualquier instancia del circuito, pudiéndose clasificar y cuantificar los mismos, y por lo tanto posibilita posteriores planes de minimización racional de la generación. Además sirve de solución concreta a posibles contingencias (por ej. Derrames).

Si bien los residuos propios de la perforación de pozos se gestionan a partir de un sistema a tal efecto, cabe remarcar que existe una vinculación entre ambos, pues utilizamos las ecopiletas para disponer, no sólo los productos del "desnate" de las trampas de aceite de las locaciones, sino también los fluidos líquidos y viscosos que no se reciclan al sistema activo de perforación y que exceden los valores aceptables de contaminantes. Además se usan los mismos SDF para tratar los "cuttings" inertizados.

Incluso con la presencia de metales pesados en las corrientes de residuos, el sistema permite mantener concentrados estos "lodos pesados" para su posterior tratamiento con otras tecnologías conocidas y practicadas por la industria. En este caso se debería trabajar por "batches" de residuos bien identificados, y tratarlos en SDF especiales. Hasta el presente no tuvimos experiencia con estos elementos.

Si bien la composición de los residuos operativos está enmarcada en un rango acotado de variación de sus componentes, debe tenerse en cuenta que corrientes de residuos con bases ácidas o alcalinas, deben ser neutralizadas previamente a su ingreso a la ecopileta (por ej. Columna recuperada en acidificación de pozos).

Figura 1:

SISTEMA DE GESTIÓN DE RESIDUOS OPERATIVOS - SGRO

Diagrama de Flujo

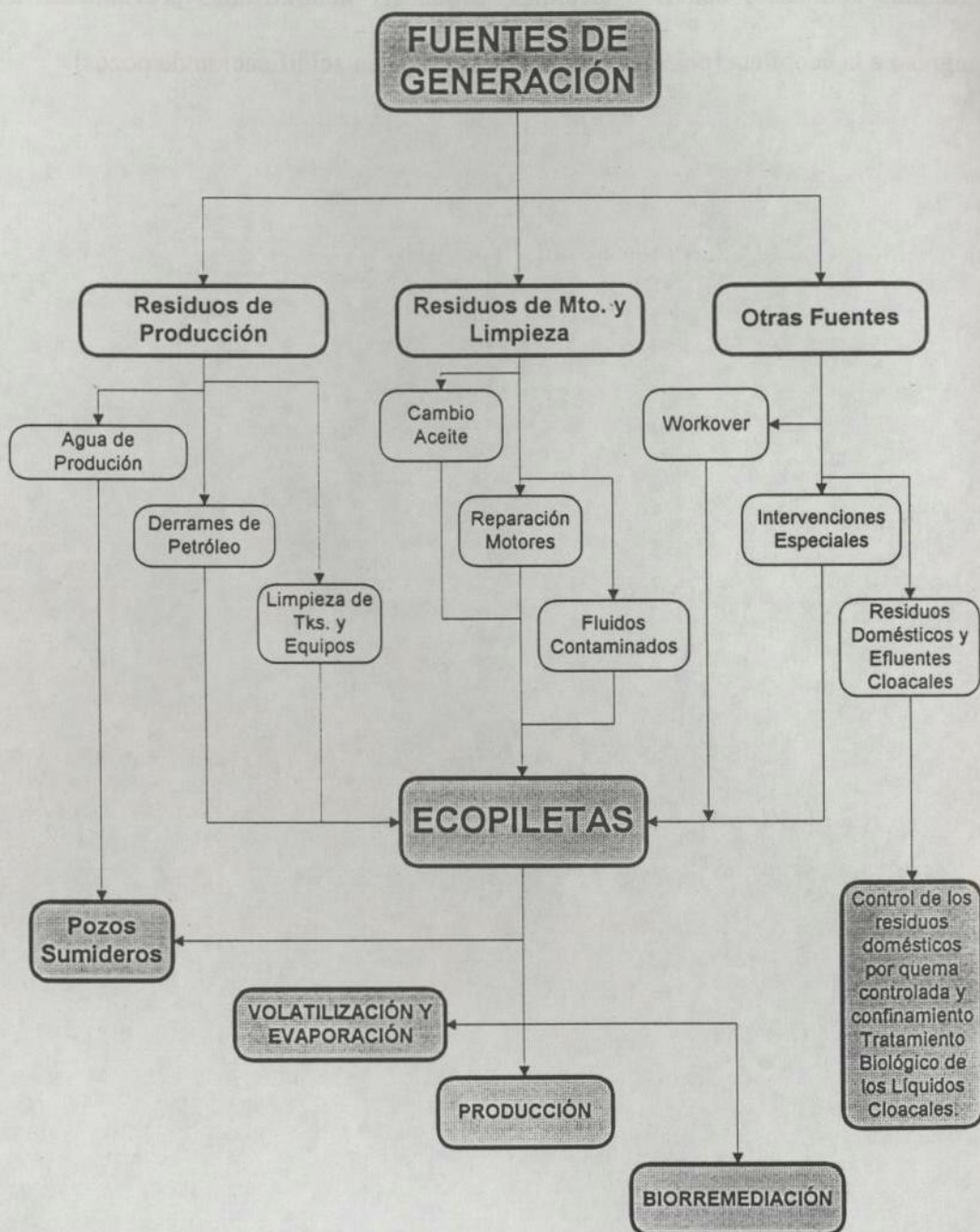


Figura 2: Planta y corte de una Ecopileta Tipo.

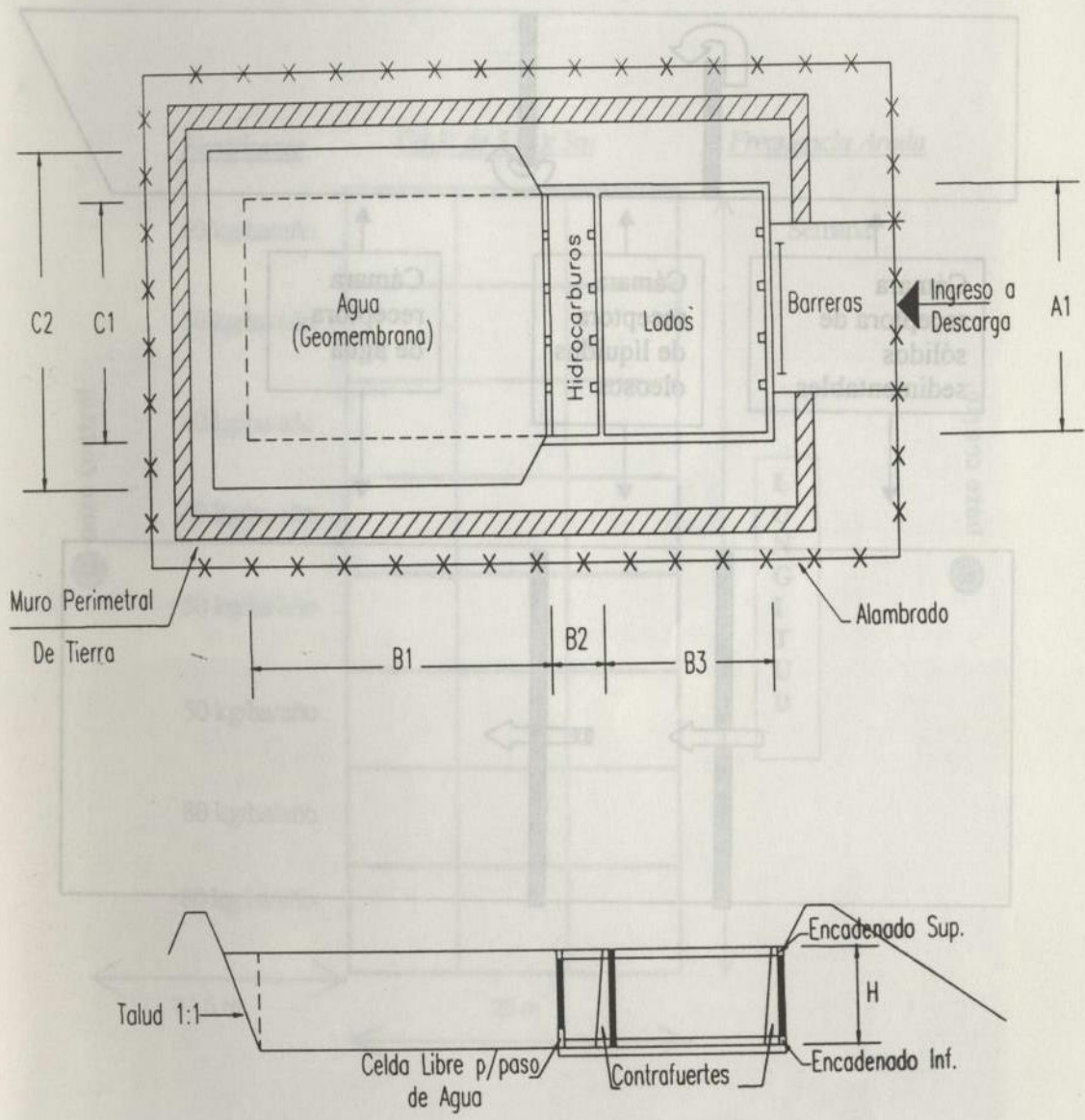
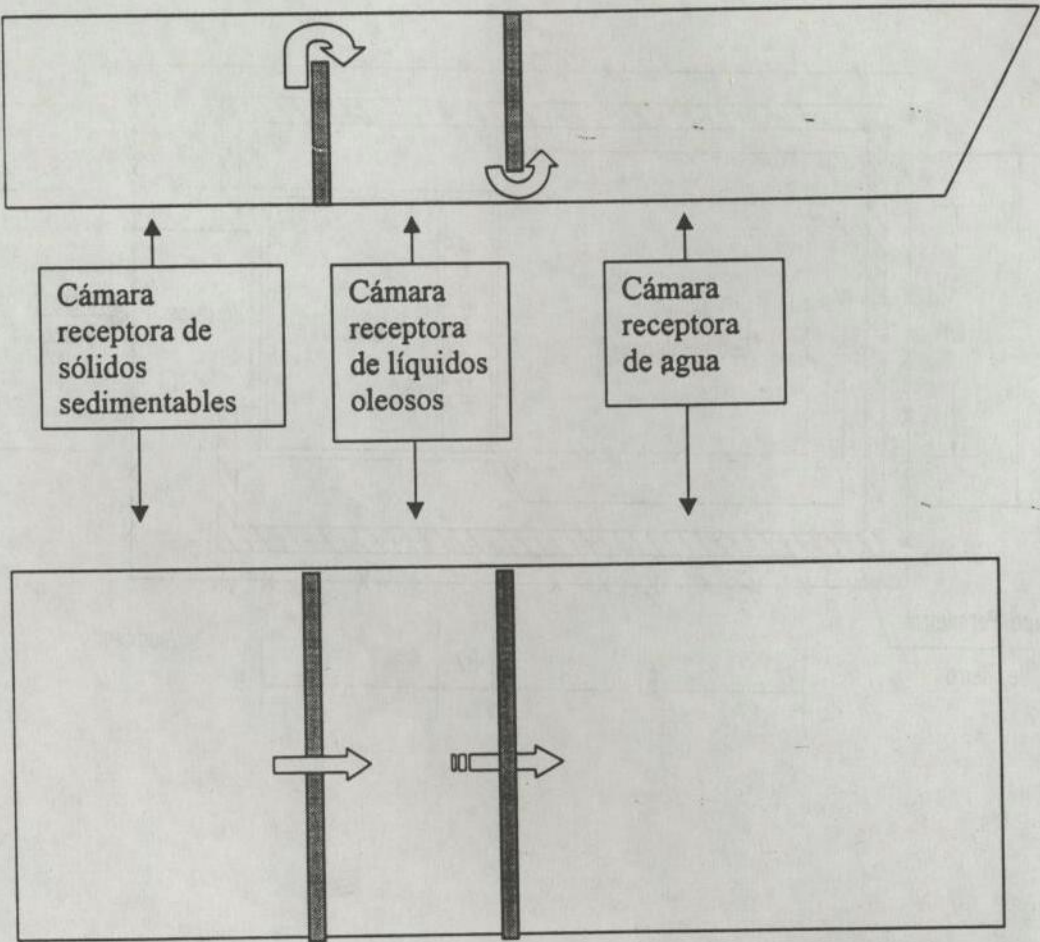


Figura 3: Principio de operación de la Ecopileta

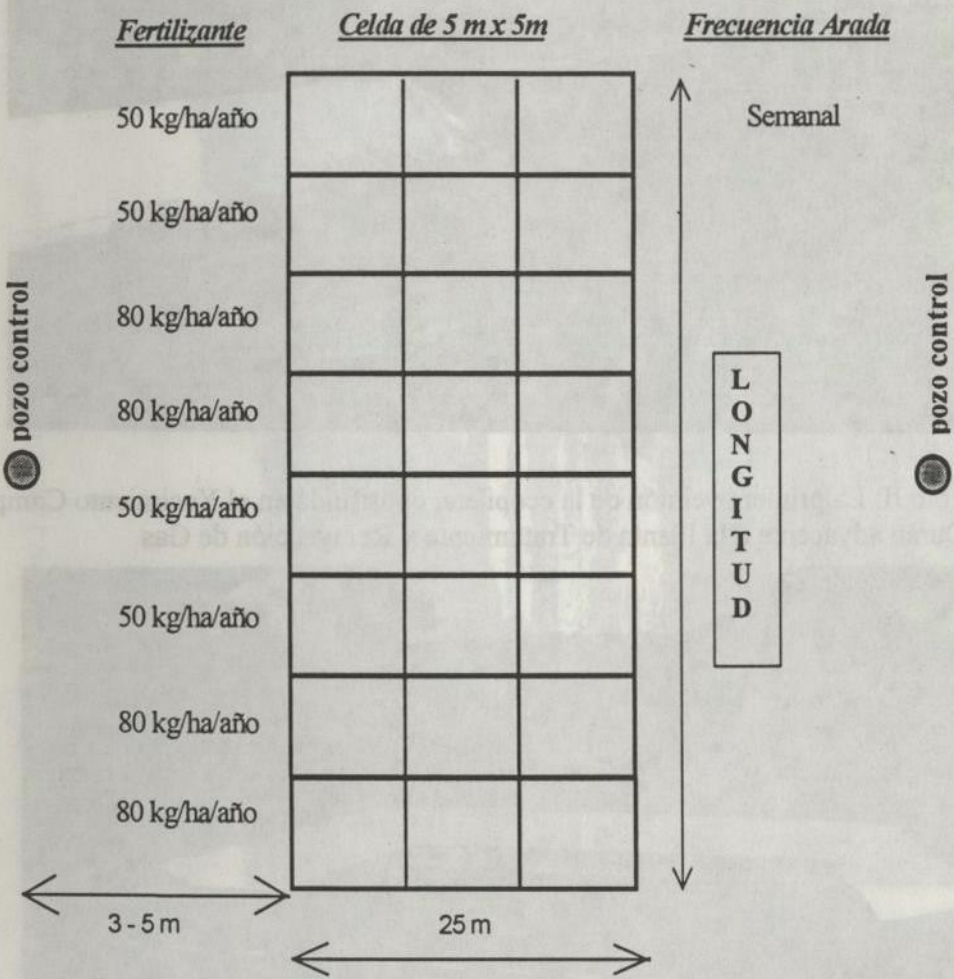
Vista lateral



Vista en planta

Figura 4: Diagrama del Sitio de Disposición Final

Sin escala



Anexo Fotográfico

Foto I: Ecopileta que se construyó en la Planta Lomitas

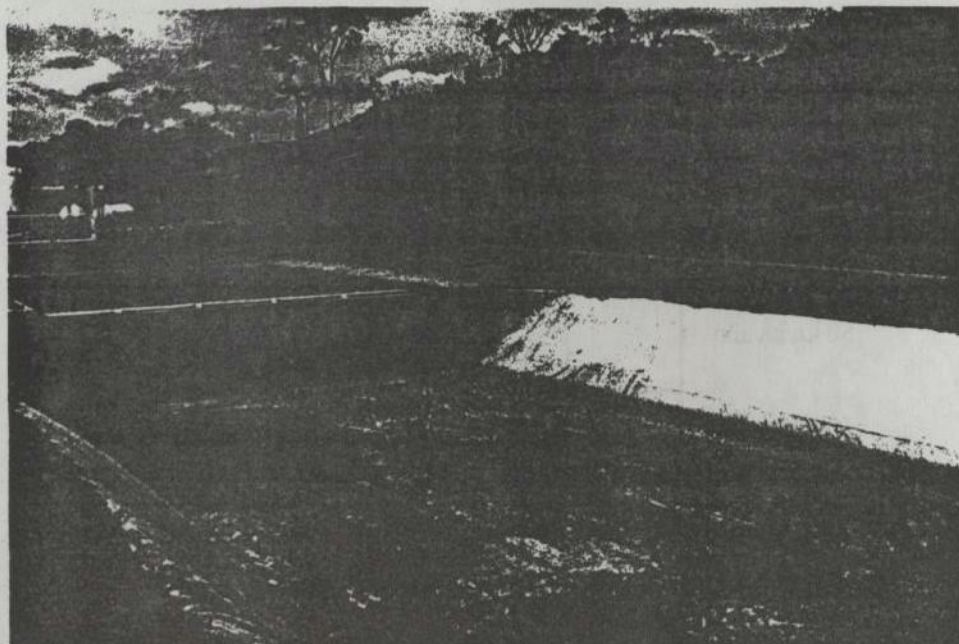


Foto II: La primera versión de la ecopileta, construida en el Yacimiento Campo Durán adyacente a la Planta de Tratamiento y Reinyección de Gas

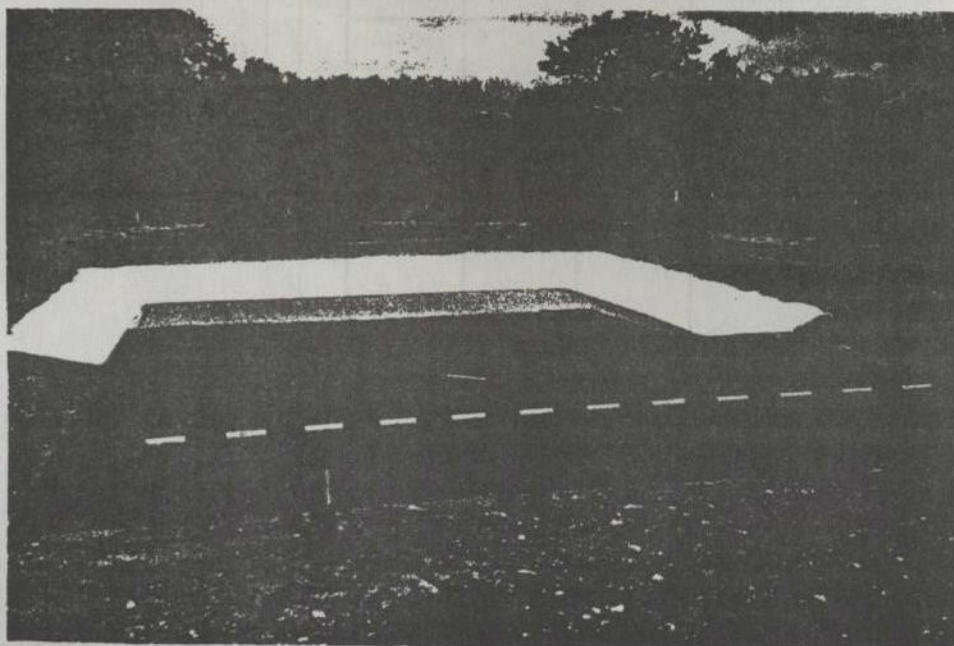


Foto III: Sitio de Disposición Final y sus celdas, localizado en un predio adyacente a la ecopileta

