

PROGRAMA DE SANEAMIENTO "IN SITU" DE VIEJAS PILETAS QUE PRESENTARON DEFICIENCIAS EN SU SANEAMIENTO ORIGINAL

Alberto Caligari,* Juan Lucas Fidel,** María Graciela Pozzo Ardizzi**

*Petrolera Entre Lomas S.A.

**GEOciencia S.R.L.

“Petrolera Entre Lomas S.A., en su carácter de operador del Área Entre Lomas, asume el compromiso de preservar el Medio Ambiente en el cual opera y promueve la seguridad y salud de su personal, contratistas y comunidades vecinas. Por ello su dirección considera su Política de Medio Ambiente, Seguridad y Salud Ocupacional como parte integral de sus negocios y, por lo tanto, prioritaria en toda su línea gerencial, asegurando su difusión, comprensión y cumplimiento”. En el marco de esta Política se realizan monitoreos periódicos que permiten detectar alteraciones ambientales, en un plan de vigilancia ambiental y mejora continua. Como resultado de los monitoreos se detectaron afloramientos y manchas de petróleo en suelos donde originalmente existieron piletas que fueron oportunamente saneadas y tapadas, dando cumplimiento a la legislación vigente (Resoluciones SE 105/92, 252/93 y 341/93).

Para resolver esta problemática ambiental frecuente y reiterada en los yacimientos petroleros, se elaboró el siguiente Programa de Saneamiento:

- Relevamiento de piletas con afloramientos superficiales.
- Monitoreo en el perfil del suelo para detectar materiales residuales que no se hayan manifestado en superficie.
- Apertura de piletas y retiro de materiales contaminantes.
- Oxidación química.
- Biodegradación microbiana para biotratar los hidrocarburos residuales.
- Restitución del material saneado a su lugar de origen.
- Acciones para facilitar el repoblamiento vegetal.

El programa de saneamiento se comenzó a ejecutar en el 2001 y se continúa; a la fecha se han saneado treinta piletas y veinte se encuentran en tratamiento. El biotratamiento permitió alcanzar los objetivos de remediación llegando a concentraciones de contaminantes críticos por debajo de los niveles establecidos, para suelos de uso agrícola, por la normativa internacional (Canada).

Introducción

Petrolera Entre Lomas S.A. es operadora del Área Entre Lomas, que comprende yacimientos ubicados en las provincias de Río Negro y Neuquén.

En el marco de su Política Ambiental la empresa “asume el compromiso de preservar el Medio Ambiente en el cual opera y promover la seguridad y salud de su personal, contratistas y comunidades vecinas. Por ello su dirección considera esta Política como parte integral de sus negocios y, por lo tanto, prioritaria en toda su línea gerencial, asegurando su difusión, comprensión y cumplimiento”.

Para hacer efectivo el cumplimiento de este compromiso, la empresa ejecuta un plan de vigilancia ambiental, realizando monitoreos periódicos, con el objetivo de detectar alteraciones ambientales. Como resultado de los monitoreos se detectaron afloramientos y manchas de petróleo en suelos ubicados en proximidad de algunas locaciones. Del relevamiento realizado se concluyó que en los sitios detectados originalmente existieron piletas que oportunamente fueron saneadas y tapadas, dando cumplimiento a la legislación vigente (Resoluciones SE 105/92, 252/93 y 341/93). Evidentemente el material aflorante respondía a un saneamiento defectuoso o incompleto.

Para resolver esta problemática ambiental se elaboró un Programa de Saneamiento que incluyó:

- estudio de sitio
- evaluación de riesgo ambiental
- remediación del sitio
- restauración.

El Programa de Saneamiento, previa aprobación de las respectivas Autoridades de Aplicación, se comenzó a ejecutar en el año 2001 y se continúa. A la fecha se han saneado treinta piletas y veinte se encuentran en tratamiento.

Desarrollo

El Programa de Saneamiento fue confeccionado con el objetivo de disponer de una herramienta que permita la gestión de los sitios contaminados con criterio de sustentabilidad.

Los sitios contaminados se definen como “lugares donde ha habido depósito, enterramiento y/o vertido de sustancias contaminantes persistentes o residuos que las contienen, vinculados a actividades industriales, comerciales, agrícolas y domésticas; en un sitio contaminado estas sustancias están concentradas, superando los niveles de seguridad recomendados para un determinado uso”

Las sustancias contaminantes, una vez liberadas al ambiente, pueden afectar negativamente la calidad del suelo, agua y aire. Por otro lado, dependiendo de las características de la sustancia, la concentración de la misma y la frecuencia de exposición pueden ocasionar daños en la salud o a las componentes ambientales.

Los objetivos del Programa de Saneamiento son identificar y evaluar sitios contaminados en el Área Entre Lomas; los sitios identificados como potencialmente contaminados se caracterizaron en el estudio de sitio para, en una etapa posterior, proponer medidas para la prevención, mitigación y minimización de riesgos para la salud y el ambiente.

Estudio de Sitio (ES)

El objetivo de estos estudios es recoger información sobre las condiciones del sitio y las vías de exposición. Esta información se usa para identificar y determinar áreas críticas y requerimientos de remediación. Generalmente un ES consiste en una evaluación preliminar (EP) seguida de una inspección del sitio (IS).

La EP colecta rápidamente la información disponible de un sitio, generando un listado. Una EP se diseña para reconocer los sitios que tienen alguna amenaza hacia la salud humana y el ambiente y en base a ella se determina si requieren de una investigación detallada. Si la EP recomienda una investigación extensa, entonces se realizará la inspección del sitio (IS).

La IS es la etapa que sigue a la confección de un listado de sitios peligrosos. La inspección debe realizarse con la calidad y detalle suficiente para concluir con certeza si un sitio está o no contaminado. La fase de IS comprende cinco actividades: visita al sitio, monitoreo de la contaminación ambiental, identificación y selección de contaminantes críticos, análisis preliminar de posibles receptores y rutas de exposición y estimación preliminar del riesgo. En el caso que nos ocupa se cumplieron las siguientes etapas:

- Relevamiento de piletas con afloramientos superficiales (EP).
- Sondeo evaluativo, monitoreo en el perfil del suelo para detectar materiales residuales que no se hayan manifestado en superficie, cuantificación y extensión, muestreo y caracterización fisicoquímica de los contaminantes, identificación de componentes ambientales en riesgo y posibles rutas de exposición.(IS)

Evaluación de Riesgo Ambiental (ERA)

A nivel internacional la gestión de sitios contaminados se basa en la aplicación de un enfoque basado en riesgos, lo que implica que las medidas de gestión de sitios contaminados a ser implementadas dependen de la evaluación de riesgo que se haga para cada sitio en particular.

La evaluación del riesgo es un proceso que tiene como objetivo asignar magnitudes y probabilidades a los efectos adversos de la contaminación. En consecuencia, es un instrumento que se utiliza para tomar la decisión si un sitio contaminado merece ser intervenido, es decir si en ese sitio deben aplicarse acciones correctivas basadas en riesgo. Cuando mayor sea el riesgo de que la contaminación afecte a los seres vivos, mayor será la necesidad de instrumentar acciones de restauración. En cada lugar contaminado se busca la protección tanto de los seres humanos, como de los organismos de la biota (plantas y animales). En nuestro caso se aplicaron criterios sencillos para establecer indicadores de riesgo, considerando la interacción real o potencial del sitio contaminado con población estable, ganado doméstico, pasturas palatables, fauna silvestre, reservorios de aguas de bebida (tajamares), tipo de suelo, topografía, entre otros valores ambientales en riesgo. En nuestro caso se procedió a:

- Construir una matriz de riesgo por cada sitio evaluado (MR)

Remediación del Sitio (RS)

Con los resultados del ES y su ERA, se determinan los sitios que necesitan Remediación.

En el Área Entre Lomas se han realizado proyectos de remediación de sitios y materiales contaminados con hidrocarburos aplicando técnicas de biorremediación asistida con bioaumentación. Luego de realizar pruebas de tratabilidad se decidió utilizar esta metodología para la remediación de los materiales contenidos en las piletas investigadas.

Se consideró la aplicación del biotratamiento “On site” (Se aplica cuando el suelo contaminado se excava y se traslada a un lado de la excavación), cumpliendo los pasos siguientes:

- Apertura de piletas y retiro de materiales contaminantes y disposición transitoria sobre los bordes de la locación.
- Oxidación química.
- Biodegradación microbiana para degradar los hidrocarburos residuales con laboreo agrícola (landfarming).

Restauración del sitio (RTS)

Una vez alcanzado el punto final del biotratamiento, previamente acordado con la Autoridad de Aplicación respectiva, el material biotratado se restituye a la pileta que lo contenía originalmente y se procede al laboreo del suelo superficial de la pileta y al laboreo de los bordes de la locación donde se realizó el biotratamiento, para favorecer la retención de semillas y lograr la implantación de una cobertura vegetal de especies autóctonas, cumpliendo así las siguientes actividades:

- Restitución del material saneado a su lugar de origen.
- Acciones para facilitar el repoblamiento vegetal.

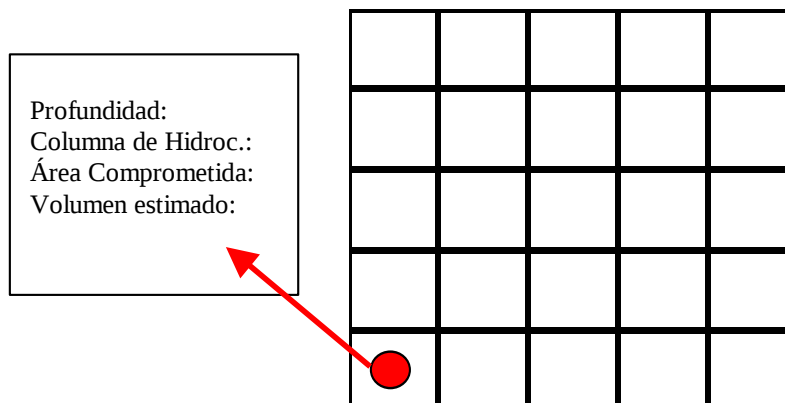
Estudio de casos:

La EP se realizó recorriendo los sitios reportados por los recorredores y superficiarios; en el año 2001 se detectaron 20 piletas que manifestaron diferente grado de contaminación residual en superficie. A continuación desarrollaremos las acciones cumplidas para el saneamiento de una pileta.

Para realizar la IS, se procedió a diseñar un procedimiento que permitiese, a través del monitoreo en el perfil del suelo comprendido en la pileta, detectar materiales residuales que no se hayan manifestado en superficie.

Teniendo en cuenta la superficie ocupada por la pileta (50m x 50m), se diseñó una grilla de muestreo superficial para realizar sondeos verticales por lo menos hasta 2,5 m de profundidad con hoyadora acondicionada a tal efecto, utilizando para su introducción en el suelo una miniexcavadora.

Grilla de sondeos:



Se confeccionó una planilla con los resultados del sondeo en cada cuadrícula:

Acciones propuestas a realizar en cada pileta del inventario generado por la EP:

1. Limpieza del área (locación y monte vecino y preparación del suelo para facilitar revegetación: retirar los residuos empetrolados que se encuentran dentro de la locación y en terrenos circundantes, utilizando maquinaria de trocha angosta para minimizar el impacto sobre la vegetación. (puede utilizarse miniexcavadora y tractor Polaris con herramientas)
2. Sondeo: de acuerdo a la grilla confeccionada, realizar sondeos hasta 2,5m de profundidad para ubicar la localización subsuperficial de los residuos empetrolados, determinar el área de apertura y estimar los volúmenes.
3. Caracterización: del contaminante, de los componentes críticos y pruebas de tratabilidad.
4. Apertura: sobre el área estimada en el sondeo realizar la apertura y extracción de los materiales a sanear con retroexcavadora y disponer en sitios vecinos previamente acondicionados para celdas de biotratamiento.
5. Biotratamiento por landfarming: una vez dispuestos los materiales en las celdas, proceder a realizar el laboreo con tractor y/o equipo Polaris y rastra de discos y cincel, herramientas que permiten el laboreo conservacionista, en áreas de poca superficie y además el laboreo dentro de la pileta abierta, asegurando el saneamiento de los materiales remanentes en el fondo de la pileta. Luego del primer laboreo se procede a la bioaumentación con cultivos microbianos hidrocarburolíticos, con microorganismos de los suelos regionales.
6. Control: realización periódica de análisis fisicoquímicos para evaluar la evolución del biotratamiento.
6. Restitución de los materiales saneados: luego de efectuar el saneamiento de los materiales biotratados, se procede a restituirlos a la pileta original.
7. Preparación de la superficie de la pileta y de los terrenos utilizados para las celdas de biotratamiento, para facilitar el repoblamiento vegetal: estas áreas superficiales se trabajan con cincel y rastra preparando el terreno y trabajando el suelo para que pueda implantarse una pastura extractiva y/o la vegetación nativa.

Ejemplo de una pileta saneada y restaurada

Resultados del ES:

Escasa vegetación.

Presencia de cráteres dispersos.

Presencia de manchas oleosas en superficie, signo de ascenso capilar de hidrocarburos residuales presentes en profundidad.

En sectores vecinos y hasta una distancia de 100 m de la locación se observaban restos de viejos derrames, causados por roturas de ductos que fueron levantados y trasladados a las celdas de biotratamiento, dejando el suelo saneado y preparado para estimular el repoblamiento vegetal con especies nativas.

El relevamiento somero realizado en el sitio, reportó la presencia de numerosos afloramientos de hidrocarburos, representando cráteres abiertos por gases de fermentación generados a causa de las deficiencias en el saneamiento y limpieza de las piletas. Estos cráteres aparecían ampliamente distribuidos sobre la superficie de la ex pileta, indicando que la presencia de hidrocarburos residuales estaría también distribuida en profundidad.

Superficialmente se estimó un 35% del área total de la pileta con signos de alerta.

Grilla completa con el detalle de observaciones realizadas y la estimación espacial de los suelos a excavar y el volumen estimado de suelos a sanear (ver gráfico adjunto)

Con los resultados del sondeo se obtiene un diagrama de las áreas a descubrir en una segunda etapa del saneamiento, por ejemplo:

Area total: 1100 m²

Altura promedio del residuo enterrado 1,00 m

Volumen estimado: 1100 m³

Por cada pileta se extraen muestras representativas de los materiales que contienen y se realiza un análisis fisicoquímico para caracterizar el contaminante e identificar componentes críticos.

Paralelamente se realizan pruebas de biotratabilidad.

ANALISIS DE SUELOS

Destinatario: Petrolera Perez Companc Area Entre Lomas (Piletas Yac. El Caracol)

Domicilio: Ruta 151 km 89 Catriel Rio Negro

Fecha: 12 de febrero de 2001

Identificación: M1, M2, M3, M4.

Ubicación: Pileta ubicada en Yac. El Caracol Provincia de Neuquén

Uso actual de la tierra:

Observaciones: Muestras extraídas por personal de Petrolera Perez Companc el 3 de febrero de 2000.

DATOS ANALITICOS

Muestra N°	M1	M2	M3	M4
Horizonte				
Profundidad				
Textura	Suelo pedregoso, fracción fina arenosa	Suelo pedregoso, fracción fina arenosa	Suelo arenoso, saturado con petróleo	Suelo limoso, muy suelto
Humedad (%)	17,20	2,99	1,20	12,58
pH (1:2,5)	7,5	8,85	8,52	9,22
Conductividad (uS)	2000	100	< 100	1100
Calcareo (reacc al HCl)	muy fuerte	N.D	N.D	muy fuerte
HTP (%)	4,18	10,23	16,23	7,56

Para evaluar el riesgo ambiental (ERA) se confeccionó, para cada sitio, la siguiente lista de verificación:

¿Existe población humana estable? (distancia al sitio y tamaño de la población)

¿Existe ganado doméstico? (distancia al sitio y tamaño de la población)

¿Existe preocupación social?

¿Existen contaminantes críticos? (toxicidad del contaminante mas significativo)

¿Los contaminantes están biodisponibles?

¿Existen evidencias de ecotoxicidad?

¿Cuáles son los puntos que presentaron mayor ecotoxicidad?

¿Se identificó algún componente de la biota que estuviese particularmente en mayor riesgo?

¿Se demostró la presencia de otros estresores en el sitio?

¿Existe riesgo ecológico?

Considerar la severidad del efecto tomando en cuenta la concentración de contaminantes, la frecuencia de la exposición, la ecotoxicidad y la dimensión de los efectos que hayan sido identificados.

Finalmente, se considera la reversibilidad del daño ecológico y/o su potencial agravamiento en caso de no introducir acciones correctivas.

Basados en las observaciones del ES, la ERA y los resultados analíticos, sumados a la experiencia obtenida en el saneamiento de materiales similares, se elevó la propuesta de restaurar estos sitios contaminados mediante biotratamiento por landfarming con bioaumentación.

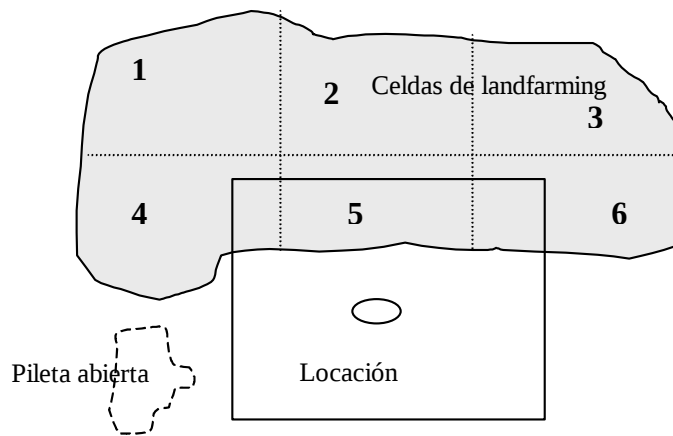
Una vez finalizada la operación de apertura y extracción de materiales contaminantes se extrajo un volumen aproximado de 1200 m³ de materiales a biorremediar dando por iniciada la etapa de RS.



Por razones de seguridad y tras acordar con el superficiario del Área, se tapó la pileta con materiales saneados provenientes del recinto de biotratamientos que existe en el Área y conjuntamente se tomó

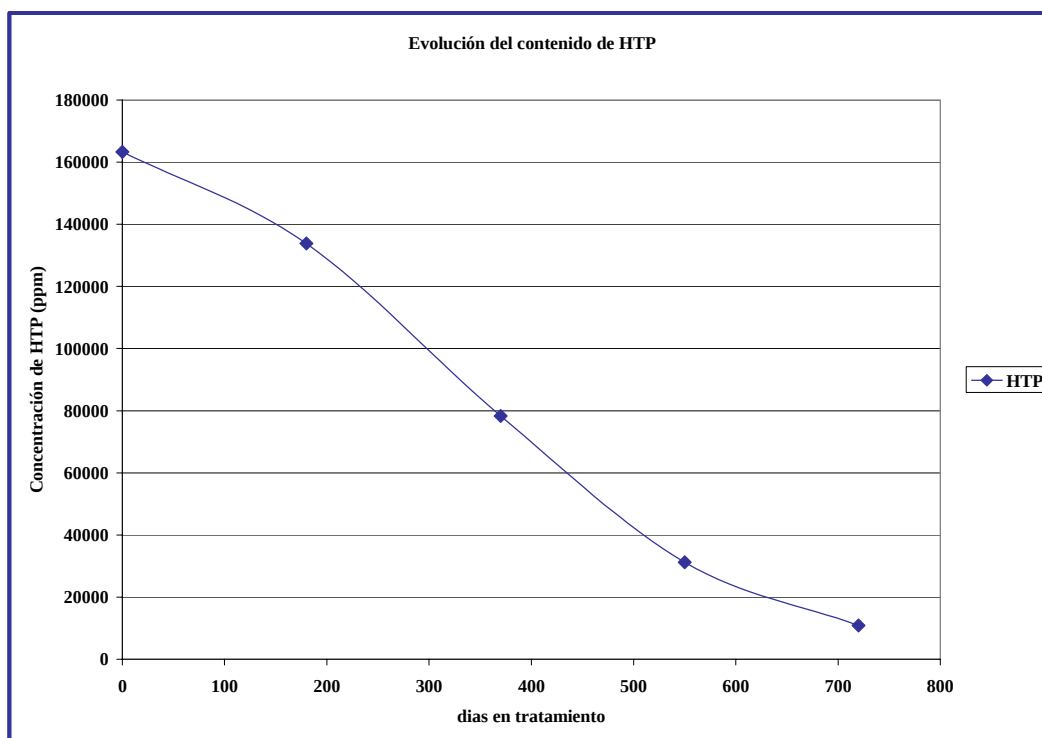
la decisión de darle disposición final a los materiales en el mismo sitio donde se está realizando el tratamiento.

Para seguir la evolución del biotratamiento se dividió la celda de landfarming en seis subceldas y en cada una de ellas se realizaron muestreos compuestos, según el siguiente diseño:



Durante los 2 años que duró el biotratamiento se realizaron laboreos mensuales y cuatro bioaumentaciones. Semestralmente se realizaron muestreos para evaluar la evolución del biotratamiento.





Para dar por concluida la etapa de biorremediación se analizaron los siguientes parámetros:

RESULTADOS:

PARÁMETROS	UNIDAD	PILETA EC5
Naftaleno	mg/kg.	< 0.1
Acenaftileno	mg/kg.	< 0.1
Acenafteno	mg/kg.	< 0.1
Fluoreno	mg/kg.	< 0.1
Fenantreno	mg/kg.	< 0.1
Antraceno	mg/kg.	< 0.1
Fluoranteno	mg/kg.	< 0.1
Pireno	mg/kg.	< 0.1
Benzo(a)antraceno	mg/kg.	< 0.1
Criseno	mg/kg.	< 0.1
Benzo(b)fluoranteno	mg/kg.	< 0.1
Benzo(k)fluoranteno	mg/kg.	< 0.1
Benzo(a)pireno	mg/kg.	< 0.1
Dibenzo(a,h)antraceno	mg/kg.	< 0.1
Benzo[g,h,i]perileno	mg/kg.	< 0.1
Indeno(1,2,3-cd)pireno	mg/kg.	< 0.1
Hid. Tot. de Petróleo (GRO + DRO)	mg/kg.	177
Fracción C6-C10	mg/kg.	< 0.50
Fracción C10-C16	mg/kg.	43.5
Fracción C16-C34	mg/kg.	89.1
Fracción > C34	mg/kg.	< 50
Humedad	% p/p.	3.2

Observaciones: Los resultados están expresados sobre base seca.

La muestra compuesta analizada contiene una concentración residual de Hidrocarburos Totales de Petróleo HTP de 177mg/Kg. Los Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares HAPs se encuentran por debajo de los niveles de riesgo.

Se solicitó la cuantificación de los Hidrocarburos caracterizados según las cuatro fracciones C6-C10; C10-C16; C16-C34 y >C34

Las cuatro fracciones se encuentran por debajo de los niveles de riesgo para uso agrícola.

A continuación se reportan los valores de riesgo fitotoxicológico para suelos de uso agrícola establecidos por Canadá para suelos contaminados con hidrocarburos que se tomaron como parámetros comparativos para asegurar la eficiencia de la biorremediación.

	Niveles Tier 1 * (mg/kg) para suelos superficiales			
Niveles Tier 1 CWS **	C6-C10	C10-C16	C16-C34	> C34
Suelos Uso agrícola (grano fino)	260	900	800	5600
Suelos Uso Comercial (grano fino)	660	1500	2500	6600
Suelos Uso Industrial (grano fino)	660	1500	2500	6600
* Los niveles se basan en criterios de fitotoxicidad				
** Canada-wide Standards				

Cumplida la etapa de biorremediación se inició la restauración del sitio (RTS). Se acondicionó el suelo remediado para sembrarlo con una pastura extractiva (agropiro). La expectativa de sobrevivencia de la especie sembrada es muy baja, por ello el objetivo radica en generar con las plantas que prosperen, barreras físicas que actúen como núcleos de acumulación de semillas que se dispersan en el ambiente natural.

Conclusiones

El objetivo propuesto al confeccionar el Programa de Saneamiento o sea, disponer de una herramienta que permita la gestión de los sitios contaminados con criterio de sustentabilidad, se ha cumplido, habiendo saneado 30 piletas en un período de cuatro años y 20 mas se encuentran en saneamiento.

La metodología usada, tanto para el ES como la ERA, responden a normas de aplicación internacional; las técnicas aplicadas a las RS y RTS son ampliamente reconocidas como sustentables y ambientalmente amigables.

Bibliografía

- Anderson, T. ; Guthrie, E. and B. Walton. 1993. Biorremediation. Environ. Sci. Technol. 27, 13 : 2630-2636.
- Calabresse, E. and P. Kostecky. 1993. Principles and practices for petroleum contaminated soils. Lewis Publishers USA.
- CONCAWE 1980. Sludge farming: a technique for the disposal of oily refinery wastes. Report N°3.
- Eusebi C. ; Sosa C ; Altamirano G. y Pozzo Ardizzi G. 1998. Modelo matemático que expresa la dinámica poblacional de los microorganismos hidrocarburolíticos en función de la disponibilidad y

concentración de hidrocarburos en suelos. Datos de una experiencia a campo. Vol 45. Revista AIDIS.

EPA. Understanding Bioremediation. A Guidebook for Citizens. EPA/540/2-91/002

EPA. Bioremediation Resource Guide. EPA/542/B-93/004

EPA. Bioremediation : Innovative Pollution Treatment Technology. EPA/640/K-93/002

IRAM 29401-4 (ISO/DIS 11074-4) Vocabulario-Parte 4: Rehabilitación de suelos y sitios.

IRAM 29481-1 Muestreo-Parte 1: Directivas para el diseño de programas de muestreo.

IRAM 29555-1 Tratamiento biológico en suelo: LANDFARMING. Parte 1.

Directivas para estudios de tratabilidad.

IRAM 29550-1 Esquema 1 Determinación de hidrocarburos en suelo.

IRAM 29481-5 (ISO 10381-5) Muestreo Parte 5: Directivas para la investigación de sitios urbanos e industriales con respecto a la contaminación del suelo.

IRAM 29523 Determinación de la composición de residuos sólidos urbanos sin tratamiento previo

Ley 24.051, de Residuos peligrosos. República Argentina.

Pozzo Ardizzi, M.G. 1995. Medio mínimo desarrollado para crecimiento facilitado de microorganismos hidrocarburofílicos in vitro. Trabajo no publicado.

Pozzo Ardizzi, M.G. y col. 1996. Biodegradación de residuos de petróleo por bioaumentación con bacterias nativas de suelos regionales. Gerencia ambiental. 25: 391-393.

Pozzo Ardizzi, M.G. y col. 1996-97-98. Informes bimensuales y semestrales presentados sobre el Trabajo de Rehabilitación de suelos para Perez Companc.

Pozzo Ardizzi, M.G. 1995. Tratamiento biológico de residuos de petróleo, "landfarming". Publicación de divulgación del Instituto Universitario en Ciencias para la Salud.

Pozzo Ardizzi, M.G.; Manacorda, A.; Altamirano, G.; Pellejero G. Aschkar, G.; Pozzo Ardizzi, M.C., Lizzi F. 1996. Biodegradación de residuos de petróleo en suelos patagónicos por bioaumentación con microorganismos autóctonos de ambientes regionales. Actas del Seminario Microorganismos útiles para la agricultura y la forestación. XV Congreso Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. 100-107.

Pozzo Ardizzi M. G. y col. 1998. Rehabilitación de áreas contaminadas por el vertido de aguas de producción de la industria petrolera. Publicado en Actas, con referato, en el Congreso de AIDIS Asociación Argentina de Ingeniería Sanitaria y Medio Ambiente. Rosario, mayo de 1998. Con obtención del premio 1ra. Mención al trabajo presentado, otorgado por AIDIS Argentina.

Pozzo Ardizzi M. G., L. Fidel y A. Caligari. 2000. Diseño y construcción de plantas de biotratamiento para remediación de suelos contaminados en recintos de acopio transitorio de suelos empetrolados. IV Jornadas de Preservación del Suelo, Agua y Aire en la industria del petróleo y del gas. Publicado en actas Tomo 1 p 121-136.