

Biorremediación de suelos contaminados Estudio de casos

José A. Gálvez

*Bioprocesos, Facultad de Ingeniería,
Universidad Nacional de Cuyo,
Mendoza, Argentina*



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO
MENDOZA, ARGENTINA

BIOPROCESOS



FACULTAD
DE INGENIERÍA

RESTAURACION DE SUELOS AFECTADOS POR HIDROCARBUROS PROVENIENTES DE PILETA DE INFILTRACIÓN



Estado inicial





ETAPAS DEL PROCESO DE RESTAURACION

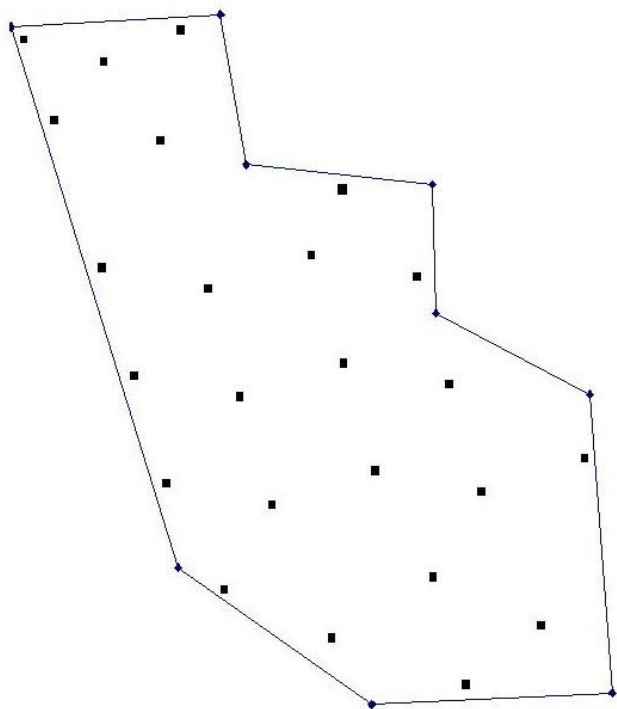
- 1. RELEVAMIENTO DEL ÁREA A TRATAR.**
- 2. ESTUDIOS PRELIMINARES DE LABORATORIO.**
- 3. CERCADO DEL SECTOR, CONSTRUCCIÓN DE UN BORDO DE CONTENCIÓN PARA EVITAR EL INGRESO DE AGUA DE ORIGEN ALUVIONAL, INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO PARA MANTENER LA HUMEDAD DENTRO DE LÍMITES ADECUADOS Y DELIMITACIÓN DE PARCELAS QUE SE TRATARON COMO UNIDADES DE TRATAMIENTO INDEPENDIENTES.**
- 4. IMPLEMENTACIÓN DE LA TÉCNICA DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO EN SUPERFICIE CON CONTROLES Y MONITOREOS DE PROCESO. ALGUNOS SECTORES LEVEMENTE CONTAMINADOS CON PRESENCIA DE HOT POINTS PEQUEÑOS SE MANTUVIERON EN PROCESO PARA ACTUAR COMO REACTORES DE TRATAMIENTO DE FASE SÓLIDA.**



- 5. CUANDO SE ALCANZÓ UNA BIOMASA ADECUADA Y SE LLEGÓ A UNA CONCENTRACIÓN RELATIVAMENTE BAJA DE HIDROCARBURO SE RECARGÓ EL SECTOR CON MATERIAL PROVENIENTE DE LAS ZONAS MÁS CONTAMINADAS PARA DISTRIBUIR EL CONTAMINANTE EN SECTORES CON MEJORES CONDICIONES MACROAMBIENTALES PARA EL PROCESO. ESTE PROCEDIMIENTO SE REPITIÓ CADA 3 MESES, CUANDO SE ALCANZARON CONCENTRACIONES BAJAS DE CONTAMINANTE (ENTRE 10000 Y 15000 PPM).**
- 6. LIBERACIÓN DE SECTORES A MEDIDA QUE SE REMEDIARON.**
- 7. UNA VEZ CONCLUIDO EL TRATAMIENTO DEL SECTOR SUPERFICIAL QUE CONSTITUYO EL 55 % DEL ÁREA SE COMENZÓ A TRABAJAR EL NÚCLEO MÁS AFECTADO HASTA UNA PROFUNDIDAD DE 3 M.**
- 8. CONTROL Y MONITOREO DEL PROCESO DE TRATAMIENTO AERÓBICO EN PROFUNDIDAD.**
- 9. LIBERACIÓN DE SECTORES A MEDIDA QUE ALCANZARON CONCENTRACIONES DEL ORDEN DEL 1 %.**
 - . ESTUDIO FINAL DE RIESGO DEL SUELO Y SUBSUELO DEL SECTOR**



Caracterización del sitio



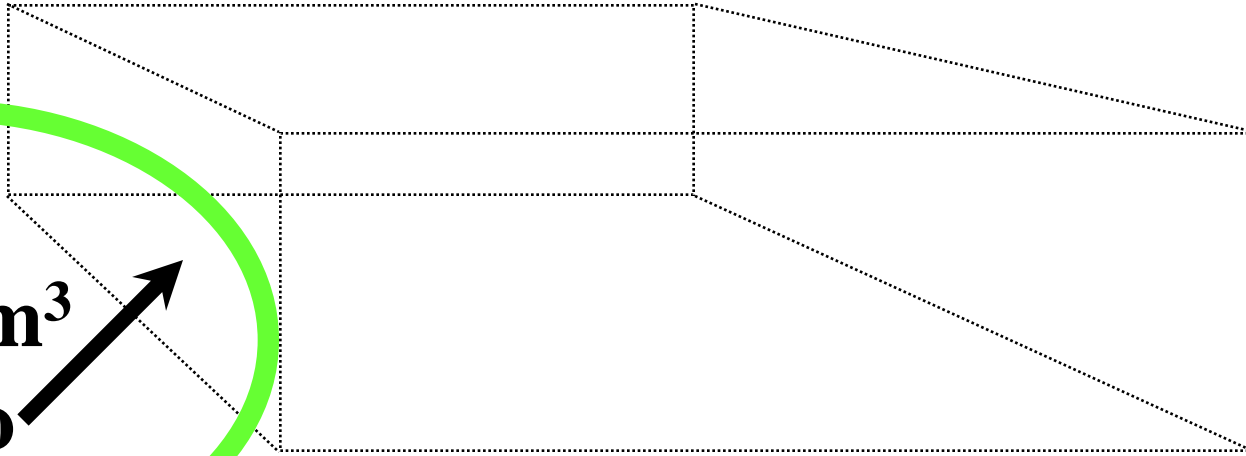


PRIMERA FASE: TRATAMIENTO EN SUPERFICIE



UNIDAD DE PROCESO

**700-800 m³
de suelo**



- *la parcela unidad se maneja bajo el concepto de reactor biológico en fase sólida*
- *cada unidad tiene una capacidad de remoción característica*
- *la unidad de reacción está sometida a recargas periódicas*



Land farming

Bordo de contención

Sector de tratamiento

Alambrado perimetral



Sistema de Remoción: arado de discos y rastra de discos remolcada por tractor.

Frecuencia de Remoción: semanal.

Profundidad de laboreo: 25 cm

Sistema de Riego: por aspersión

Profundidad de acuífero

No se construyó

impermeabilización



Sistema de Remoción: arado de discos y rastra de discos remolcada por tractor.



Biorrestauración de Suelos Afectados por Hidrocarburos.

Primera Etapa Intensiva (Noviembre 1998 - Mayo 1999)

Volumen de suelo tratado: 17128 m³

Superficie: 32208 m²

Relación A/V = 1.88

Segunda Etapa (Junio - Noviembre 1999)

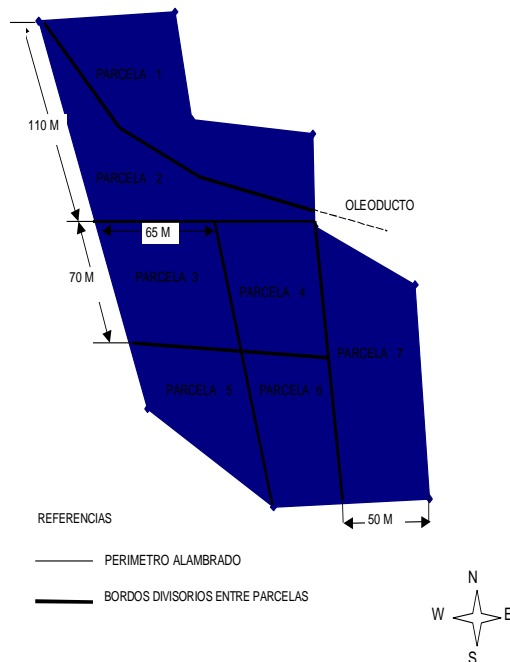
Volumen de suelo en tratamiento: 10912m³

Superficie: 28550 m²

Relación A/V = 2.61



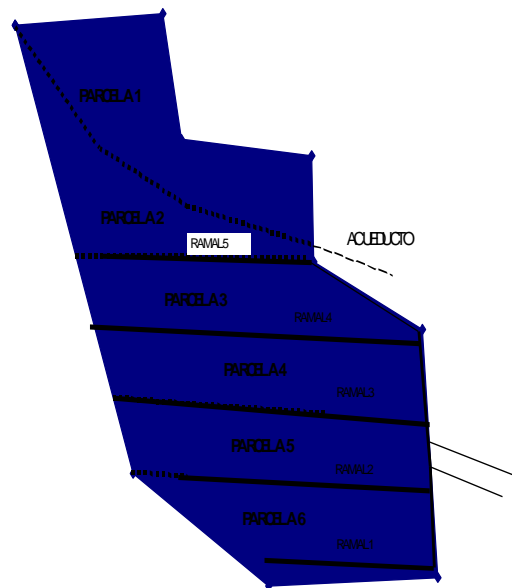
Primera Etapa



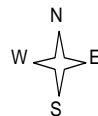
Parcela	Superficie de la Parcela	Volumen Saneado
P1	5525 m ²	3127 m ³
P2	4839 m ²	2000 m ³
P3	4510 m ²	2168 m ³
P4	3920 m ²	5010 m ³
P5	3265 m ²	4746 m ³
P6	3486 m ²	1544 m ³
P7	6663 m ²	1658 m ³
Total	32208 m²	17128 m³

Durante esta etapa se fijó como concentración a alcanzar para suelos con baja concentración de hidrocarburos (< 1,5 %) los valores estipulados por la Norma Holandesa y para suelos con mayor concentración de hidrocarburos las recomendaciones de API

Segunda etapa



- REFERENCIAS
- PERIMETRO ALAMBRADO
 - BORDOS DIVISORIOS ENTRE PARCELAS
 - CAÑERAS DE REGO



Parcela	Superficie de la Parcela	Volumen Saneado
P2	6850 m ²	2534 m ³
P3	5300 m ²	2549 m ³
P4	5990 m ²	2073 m ³
P5	5790 m ²	1787 m ³
P6	4620 m ²	1969 m ³
Total	28550 m²	10912 m³

Durante esta etapa se fijó como concentración a alcanzar las recomendaciones de API, excepto en el norte de la parcela P1



Se liberó el sector Norte de la Parcela 1 bajo la Norma Holandesa 0.26% de TPH



P1	2400 m²	2400 m³
-----------	---------------------------	---------------------------

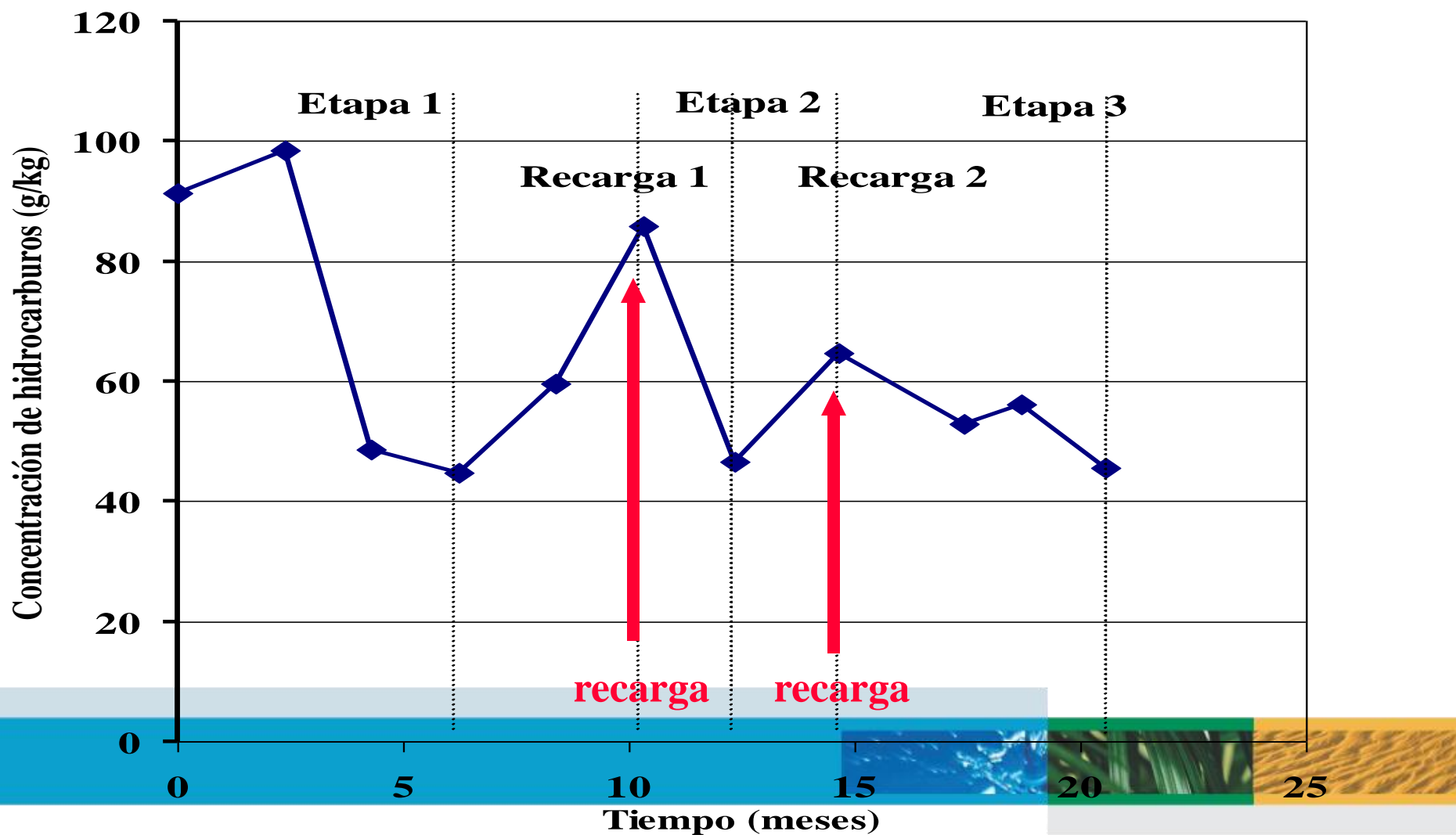


Sector Norte Parcela P1 (1999)

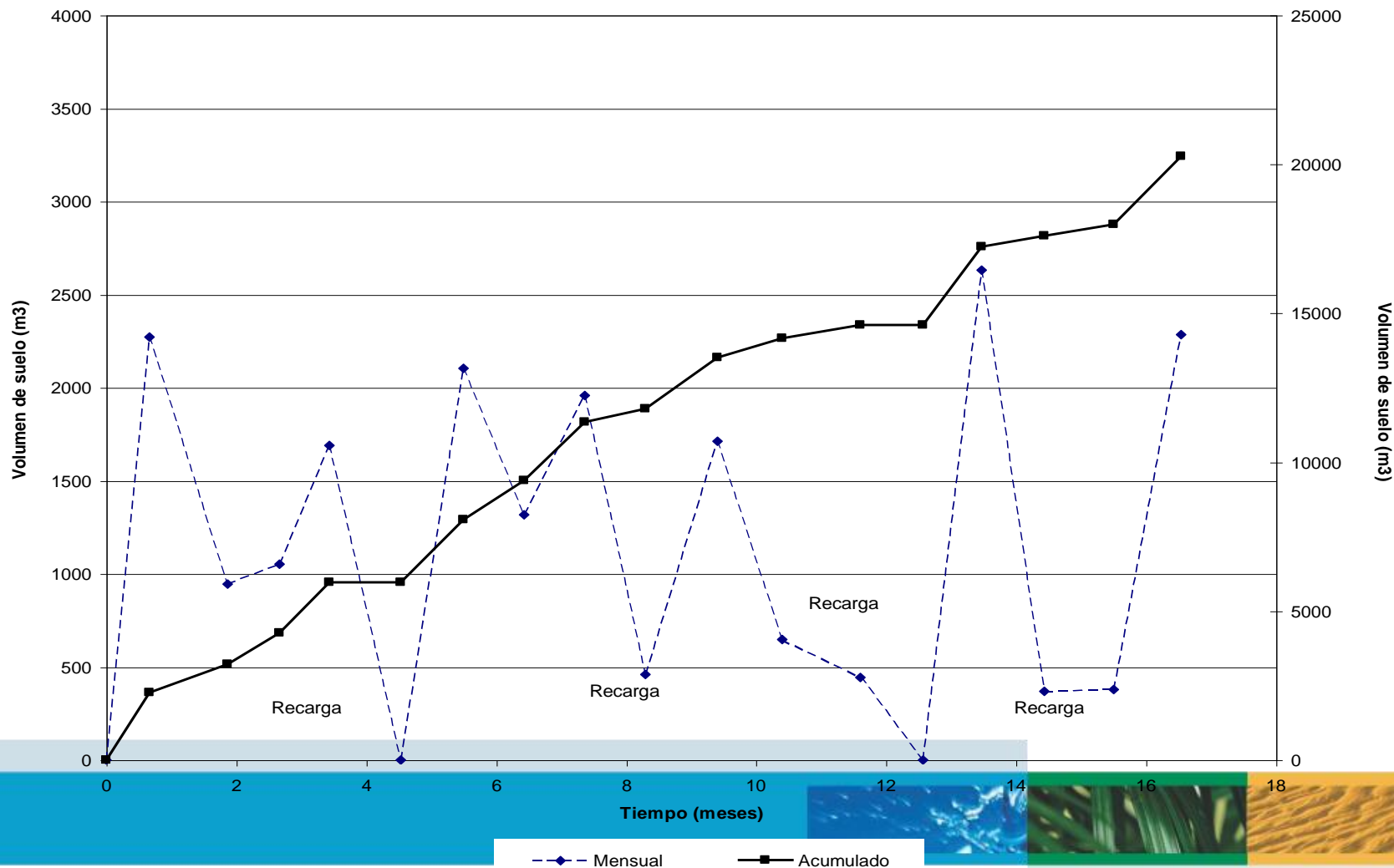
Metales	Superficie ppm	Técnica analítica	Concentración máxima permitida. Suelo industrial (ppm)
Cadmio	1,0	EPA SW 846 sección 7	20
Cinc	84,9	EPA SW 846 sección 7	1500
Cobre	25,7	EPA SW 846 sección 7	500
Cromo	14,2	EPA SW 846 sección 7	800
Mercurio	0,13	EPA SW 846 sección 7	20
Plomo	16,7	EPA SW 846 sección 7	1000
Vanadio	21,9	EPA SW 846 sección 7	200



Evolución del proceso degradativo en parcela de referencia



Volumen equivalente de suelo saneado durante el proceso de biorremediación en Puesto Hernández.



Concentración de hidrocarburos final en la superficie

Superficie: 1 %

0,5 m profundidad: 0,55 %

Metales	Superficie ppm	Profundidad ppm	Concentración máxima permitida Ley de Residuos Peligrosos. Suelo industrial (ppm)
Bario	10	5,6	2000
Cadmio	< 0,5	< 0,5	20
Cinc	0,82	1,14	1500
Cobre	< 1	< 1	500
Cromo	< 1	< 1	800
Mercurio	< 0,02	< 0,02	20
Plomo	< 2	< 2	1000
Vanadio	< 10	< 10	200

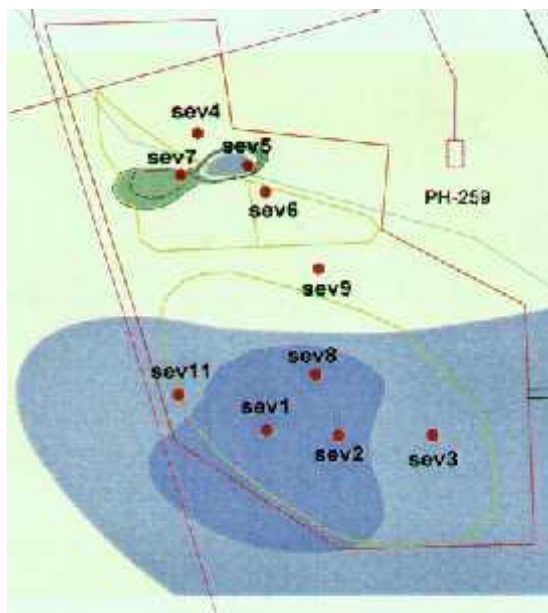
Compuesto	Concentración (ppm)	Concentración máxima permitida. Suelo industrial (ppm)
Benceno	< 0,002	5
Tolueno	< 0,002	30
Etilbenceno	< 0,002	50
Xileno	< 0,002	50

Concentración de Hidrocarburos aromáticos policíclicos

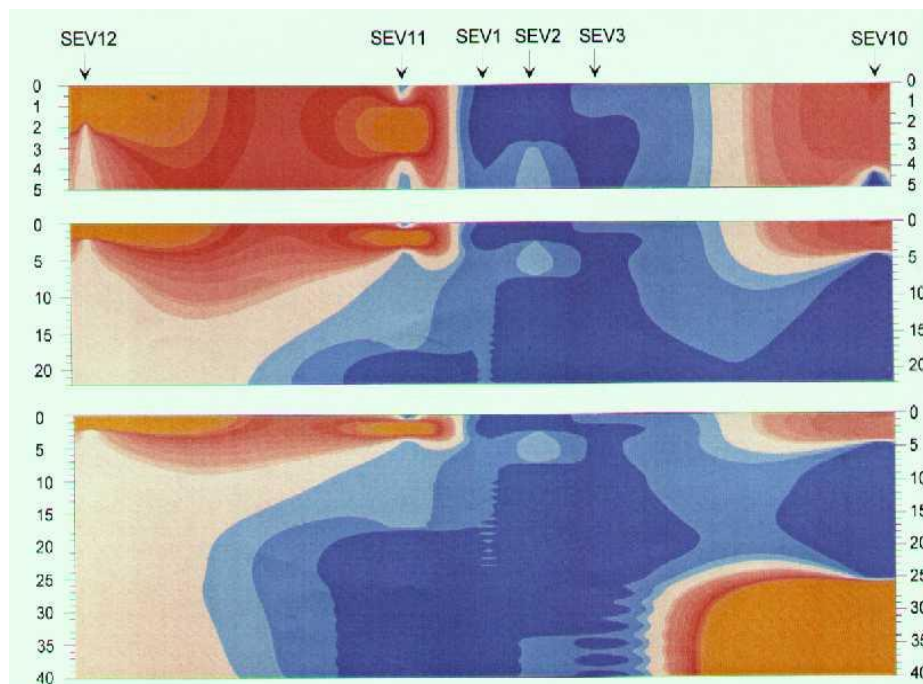
Componente	Concentración en el suelo (ppm)	Técnica analítica	Concentración máxima. Suelo industrial (ppm)
Naftaleno	0,15	EPA 8270	50
Acenafteno	<0,002	EPA 8270	No regulado
Fluoreno	0,09	EPA 8270	No regulado
fenantreno	<0,002	EPA 8270	50
antraceno	<0,002	EPA 8270	No regulado
Pireno	0,8	EPA 8270	100
benzo-a-antraceno	0,68	EPA 8270	10
Criseno	<0,002	EPA 8270	No regulado
benzo-b-fluoranteno	0,13	EPA 8270	10
benzo-k-fluorantano	0,13	EPA 8270	10
benzo-a-pireno	<0,005	EPA 8270	10
dibenzo-ah-antraceno	0,1	EPA 8270	10
benzo-ghi-perileno	0,04	EPA 8270	No regulado
Indeno-1,2,3-dc-pireno	0,18	EPA 8270	10

SEGUNDA FASE TRATAMIENTO EN PROFUNDIDAD



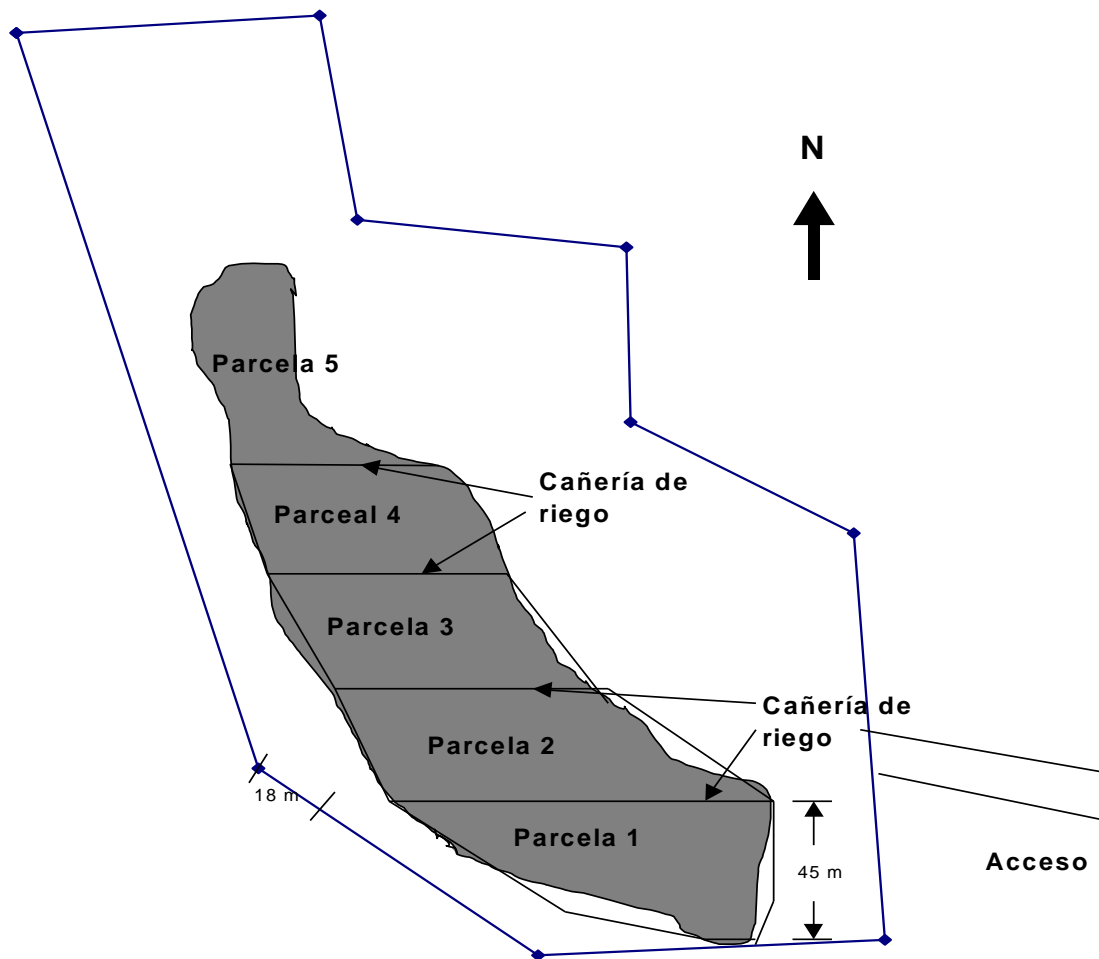


Posición SEV



Corte SEV a distintas profundidades





UNIDAD DE PROCESO



Remoción

Humectación

Nutrientes



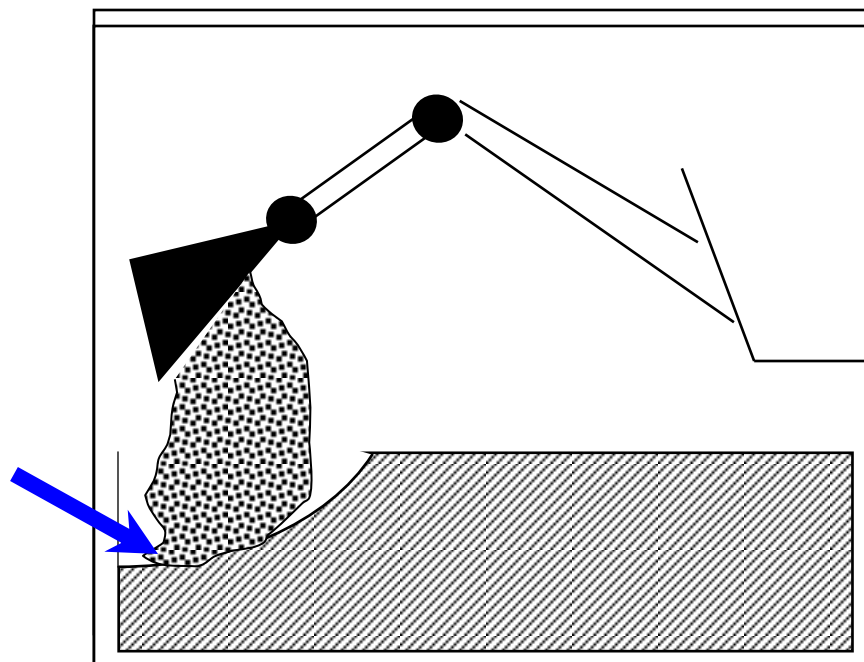
Acumulación aireada



Secuencia de Aireación, Fertilización y Riego

Agregado de Nutrientes

Riego









Concentración de hidrocarburo en superficie (0,5 m de profundidad)

Parcela	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	Parcela 5	Unidad	Técnica
Conc. HC Julio	26000	15800	20400	20400	26000	ppm	USEPA 418.1
Conc. HC Octubre	19300	12000	12700	19500		ppm	USEPA 418.1
Conc. HC Diciembre	21700	12500	17700	21500	9061	ppm	USEPA 418.1
Conc. HC Febrero	15700		17600	18500		ppm	USEPA 418.1
Conc. HC Abril	12700		12000	16790		ppm	USEPA 418.1
Conc. HC Mayo	11600		7230	19200		ppm	USEPA 418.1

Concentración de hidrocarburo intermedio (1,5 m de profundidad)

Parcela	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	Parcela 5	Unidad	Técnica
Conc. HC Julio	19400	12200	23400	22400	26000	ppm	USEPA 418.1
Conc. HC Octubre	16550	12500	16400			ppm	USEPA 418.1
Conc. HC Diciembre	16200	12700	18300	20800	2700	ppm	USEPA 418.1
Conc. HC Febrero	15800		17100	21700		ppm	USEPA 418.1
Conc. HC Abril	12700		11000	19270		ppm	USEPA 418.1
Conc. HC Mayo	11000		8500	18000		ppm	USEPA 418.1

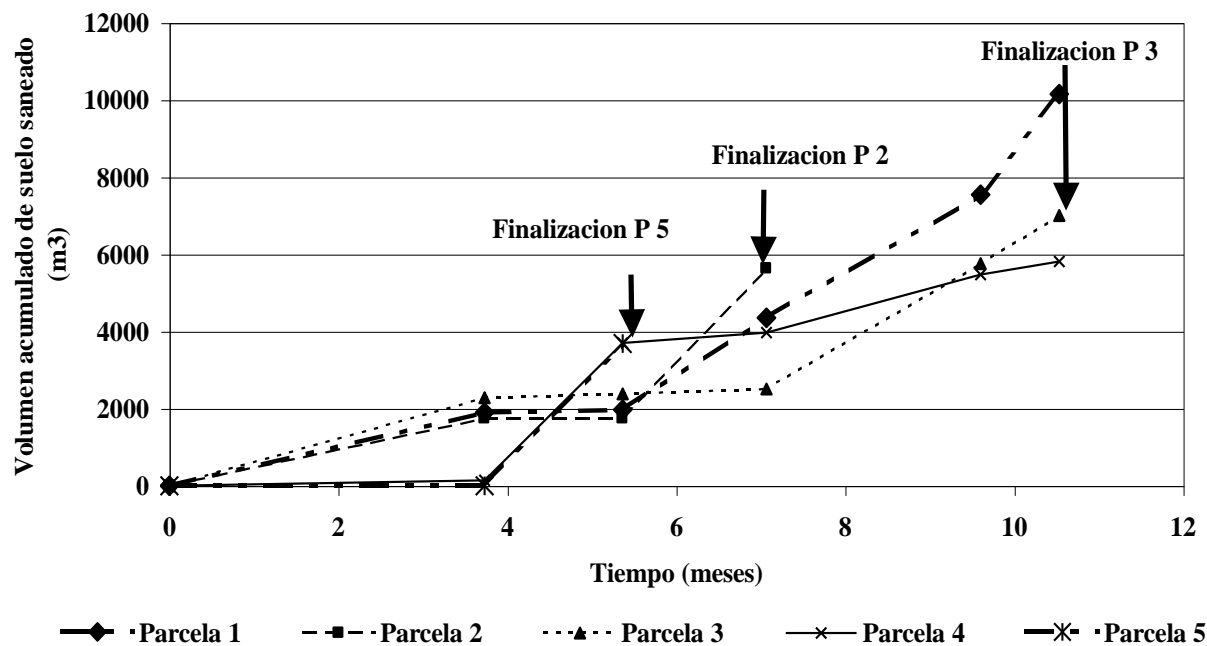
Concentración de hidrocarburo profundidad (3 m de profundidad) **BIOPROCESOS**

Parcela	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	Parcela 5	Unidad	Técnica
Conc. HC Julio	17800	11200	20400	29000	26000	ppm	USEPA 418.1
Conc. HC Octubre	16500	12000	15900			ppm	USEPA 418.1
Conc. HC Diciembre	18700	14700	15200	20800	8600	ppm	USEPA 418.1
Conc. HC Febrero	15200	10500	19200	22100		ppm	USEPA 418.1
Conc. HC Abril	9600		11800	18290		ppm	USEPA 418.1
Conc. HC Mayo	13600		7700	17300		ppm	USEPA 418.1

PARCELA	CONCENTRACION INICIAL	CONCENTRACION FINAL	FECHA
P1	21000 ppm	12000 ppm	MAYO 2001
P2	13100 ppm	10500 ppm	FEBRERO 2001
P3	21000 ppm	7800 ppm	MAYO 2001
P4	24000 ppm	18600 ppm	MAYO 2001
P5	19500 ppm	6700 ppm	DICIEMBRE 2000



VOLUMEN DE SUELO SANEADO



RESTAURACION DE SUELOS AFECTADOS POR HIDROCARBUROS Y SALES



Sitio afectado por el derrame de un tanque elevado situado en la locación de un pozo de petróleo que derivó en la afectación de suelo por hidrocarburos y agua de formación.



Particularidad del sitio: zona agrícola con acuífero libre (freático) a 3 m de profundidad (varía estacionalmente con una profundidad mínima de 2,2 m)



- Acuífero afectado
- Suelo afectado
- Vegetación afectada
- Superficie 60000 m²

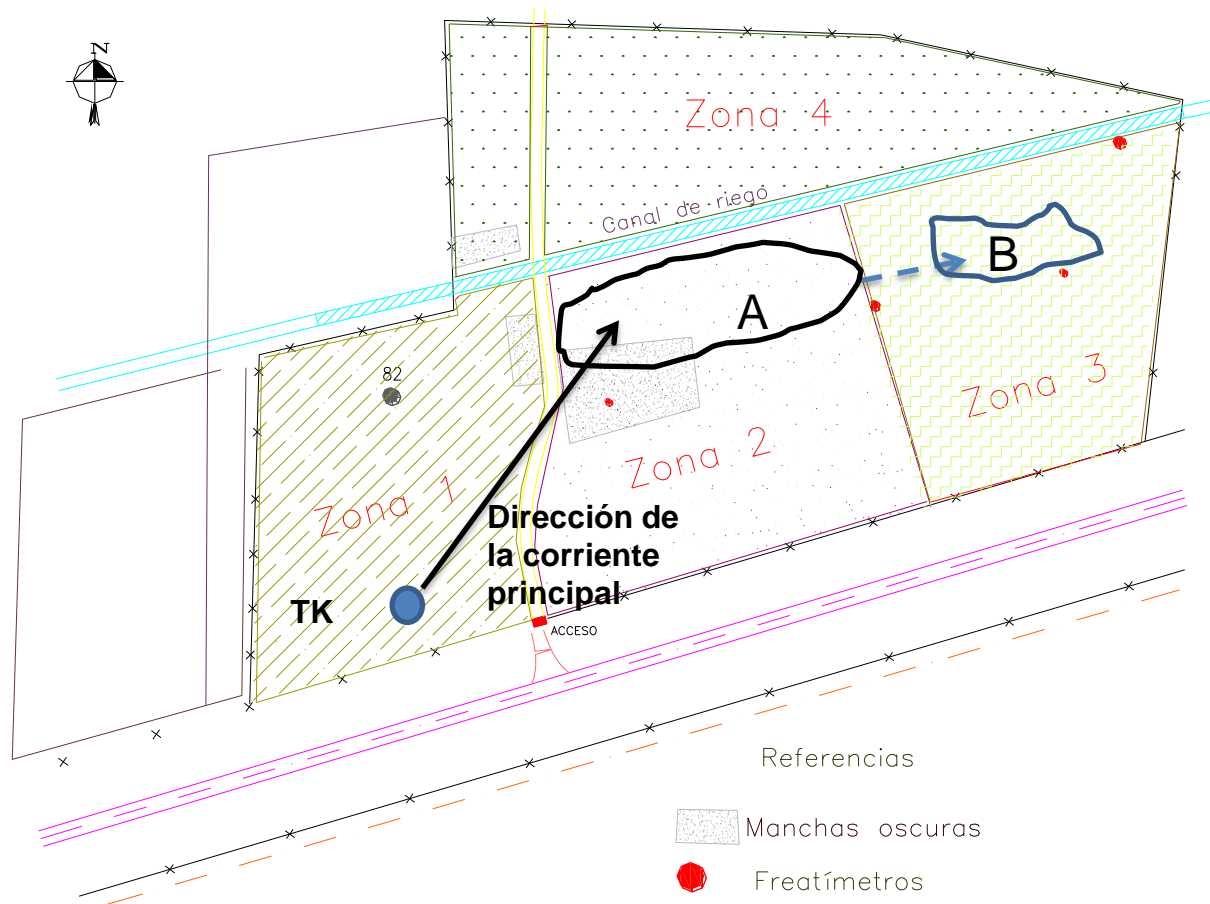


Etapas del proceso

1. Relevamiento somero del suelo y del acuífero
2. Tratamiento del acuífero por extracción de la fase no acuosa sobrenadante mediante bombeo y tratamiento: construcción de pozos de bombeo y freáticos de control
3. Relevamiento en detalle del sitio y del acuífero
4. Definición de contaminantes presentes en el sitio: hidrocarburos, sales
5. Sectorización del sitio y elaboración de mapas de contaminación
6. Definir procesos de tratamiento a aplicar en cada sector y secuencia de los mismos
7. Biorremediación de suelos empetroados in situ
8. Desalinización mediante intercambio catiónico y lavado de suelo con recuperación del agua de lavado.



Etapas 3 y 4



- Zona 1: locación poco afectada
- Zona 2: muy afectada por derrame de hidrocarburos, actuó como sumidero (A)
- Zona 3: vegetación afectada, segundo sumidero (B)
- Zona 4: zona afectada por el movimiento de suelos durante el saneamiento, fácilmente inundable



Etapas 5 y 6



Etapa 7

Biorremediación

- Hidrocarburos livianos, solubles en agua,
- Suelo salinizado por el agua de formación y pH alcalino.
- Acuífero a 2,5 – 3 m de profundidad

Dadas las condiciones del sitio, se trataron

1- Los suelos afectados por hidrocarburos primero para minimizar la lixiviación Como ventaja frente a la alta conductividad es que eran hidrocarburos livianos.

2- Una vez tratados los hidrocarburos se procedió a restaurar el suelo salinizado por el agua de formación.



- Tratamiento por biopilas in situ: volumen estimado 25000 m³
- Remoción bimestral
- Nutrientes: urea y superfosfato de calcio
- El resto de los sitios se escarificaron una vez que se retiraron las instalaciones



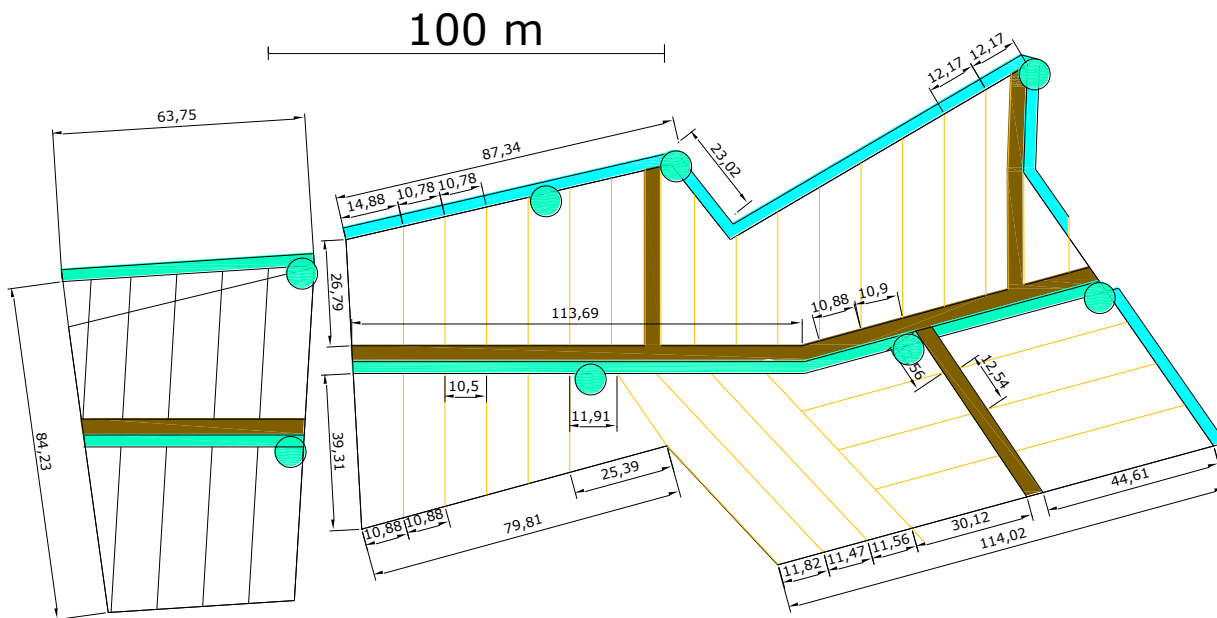
Sector escarificado



Biopilas in situ



Etapa 8



Muestreo y sectorizado del sitio
 Determinación de pendientes





Escarificado y roturado





Incorporación de enmienda
Mezclado con el suelo y roturado





Construcción de drenajes y
recolectores





Riego y recolección de drenajes

Suelo desalinizado y vegetado



GRACIAS POR SU ATENCION

