



Remediación Exitosa In Situ de Suelos Contaminados por Hidrocarburos en Sudáfrica

Lugar: PepsiCo Frito-Lay Simba Isando, Gauteng, Sudáfrica

Contexto: La planta Frito-Lay Simba Isando dejó de utilizar su área del taller automotriz debido a la tercerización del servicio. El área enfrente del patio de lavado, adyacente al taller y muro perimetral, estaba fuertemente contaminado por hidrocarburos. Esta contaminación era una mezcla de orgánicos de petróleo (PRO) y diésel (DRO) y cubría un área superficial de aproximadamente 300 metros cuadrados. La contaminación estaba presente en tres áreas principales: contaminación con DRO en 30 metros cuadrados debajo del tanque de diésel que se quitó, una mezcla de DRO y PRO que abarcaba 120 metros cuadrados enfrente del patio de lavado y unos 90 metros cuadrados de suelo cubierto con macadán alquitranado. El patio de lavado estaba contaminado con una mezcla de petróleo, diésel, aceites, alcanos y querosén. Durante el muestreo inicial, la profundidad promedio de la contaminación fue de 150 mm por debajo de la superficie, y se fijó una profundidad de remediación de 250 mm por debajo de la superficie. Para poder reutilizar este sitio, la empresa solicitó la biorremediación del suelo a un valor total de hidrocarburo de petróleo (TPH) menor a 2000 mg/k. Este valor se eligió dado que el sitio era industrial y no se iba a utilizar para uso agrícola ni residencial en el futuro próximo. Otra razón que determinó este factor es que el Departamento de Asuntos Hídricos y Forestales (DWAF) en el pasado había recomendado el uso de un factor similar para hidrocarburos en área industrial (Snyman 1996). El área se cerró con paredes de concreto en tres de los lados y la cuarta pared con ladrillo. Se optó por la biorremediación dado los siguientes beneficios:

- No era necesario quitar y reemplazar los muros
- No se requería de extraer y transportar suelo contaminado
- No se requería de tratamiento adicional
- No era necesario utilizar un vertedero, por ende no había costos de transporte ni de servicio asociados

Objetivo: Debido a las auditorías ambientales, era necesario biorremediar el suelo en un período de tiempo corto de 12 semanas. Una serie de factores fueron considerados para crear las condiciones más favorables para la biorremediación exitosa de hidrocarburos en el suelo:

1. La necesidad de utilizar productos fabricados específicamente para la biorremediación de hidrocarburos. Se seleccionó la tecnología **MICROBE-LIFT®** de EE.UU. dada su eficacia comprobada y respaldo técnico excepcional disponible por parte del fabricante, Ecological Laboratories, ubicados en Florida, EE.UU.
2. El suelo debe labrarse con regularidad hasta la profundidad de la contaminación para airear el suelo, brindando así las condiciones apropiadas para el crecimiento de las colonias bacterianas.
3. Realizar pruebas del suelo en cuanto a la relación de Carbono:Nitrógeno:Fosfato (C:N:P) y modificarla según proceda para brindar condiciones nutricionales óptimas para el crecimiento de las bacterias remediadoras.
4. Mantener el suelo húmedo, pero no saturado, para brindar el hábitat más adecuado para el crecimiento de las bacterias. Debido al tiempo limitado y presupuesto disponibles, esto se logró con un flujo de agua determinado de forma manual en lugar de un sistema

Remediación Exitosa In Situ de Suelos Contaminados por Hidrocarburos en Sudáfrica

automatizado para medir el contenido de la humedad.

5. Los productos de biorremediación se dosificaron bajo un programa regular que brinda el suministro continuo del consorcio de bacterias en el área tratada, desarrollando así la población bacteriana efectiva para la oxidación de los componentes de hidrocarburo.

Las condiciones anteriores se cumplieron usando el siguiente método. Antes de entregar el material de trabajo y producto, se tomaron muestras iniciales del suelo como línea de base para la biorremediación y determinar la relación de C:N:P. Las muestras de suelo las analizó un laboratorio independiente. Se determinaron dos áreas de muestro para calcular un valor promedio del suelo contaminado y una muestra testigo de suelo no contaminado. Las muestras se tomaron extrayendo un tubo de tierra que luego se colocó dentro de un frasco y se mantuvo a temperatura constante en un contenedor de poliestireno hasta que llegase al laboratorio.

Luego se aró el suelo a una profundidad de 250 mm.

Los valores iniciales de la relación C:N:P fueron de 100:4:1 (redondeado a la décima más cercana). Este valor se consideró lo suficientemente cercano a los valores requeridos de 100:5:1; por lo tanto, no se agregó abono.

Se instaló un sistema de riego con tubería de 25 mm. Este sistema constó de un tubo principal de suministro a lo largo de la pared oeste por 0.10 metros. Una bomba de agua de 1 kW bombeó el agua de un tanque de 60 litros. El tanque se reabastecía desde la red de agua utilizando una válvula reguladora que mantenía el volumen de agua en tanque de forma constante. Se colocaron 5 tubos a 2 metros de distancia en ángulos rectos del tubo principal hacia el este a lo largo del área contaminada. Cada 30 metros de tubería se conectaron al tubo principal con una unión en forma de T y una válvula reguladora. Se instalaron cabezales de riego con giro de 360 grados en intervalos de 2 metros a lo largo de los tubos secundarios (distribución). Este diseño creó una cuadrícula de riego cada 2 metros cuadrados. El caudal de agua se fijó de forma manual utilizando válvulas reguladoras.

Una vez se confirmó el caudal requerido a través del monitoreo de la humedad del suelo durante dos días, se regó $\frac{1}{2}$ kg de formulación **MICROBE-LIFT®** uniformemente sobre el suelo. Esta dosis de **MICROBE-LIFT®** se repitió cada dos días a partir de la fecha de inoculación.

La aplicación constó de 12 litros de formulación **MICROBE-LIFT®** que se vertieron al tanque de 60 litros. La corriente de agua que entraba al tanque creó la turbulencia suficiente para mezclar el producto con el agua. Esta mezcla se bombeó al área a través del sistema de riego. Se mantuvo un inventario de repuestos para el sistema de riego. Luego se repitió una dosis de 4 litros de **MICROBE-LIFT®** cada dos días a partir de la fecha de inoculación.

El programa de dosificación constó de 44 días a partir del 15 de mayo del 2010 al 28 de julio del 2010. El total de producto que se utilizó fue de 47 kg de la formulación **MICROBE-LIFT®**.

Luego se aró el suelo a una profundidad de 250 mm una vez cada dos semanas.

Remediación Exitosa In Situ de Suelos Contaminados por Hidrocarburos en Sudáfrica

Resultados Obtenidos: La siguiente tabla muestra los resultados del análisis de laboratorio:

Fecha	TPH mg/kg Series 1	PH mg/kg Series 2	% de Reducción en suelo contaminado
13 de mayo del 2010	17630	151	
8 de junio del 2010	16012	701	9.2
9 de julio del 2010	1684	402	89.5
28 de julio del 2010	1681	1433	89.5

Figura 1: La serie 1 es el suelo contaminado mientras la serie 2 es el suelo testigo.

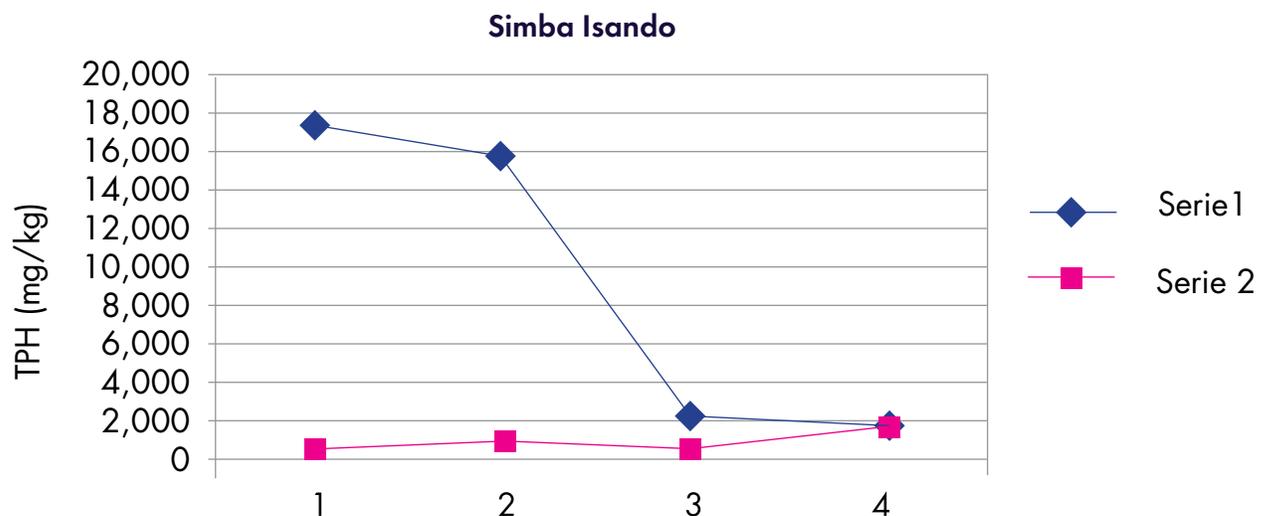


Figura 2: Representación gráfica de los resultados

La Serie 1 indica que la contaminación se redujo de un valor TPH inicial de 17,630 mg/kg a 16,012 mg/kg. Esta reducción se dio en las primeras 3 semanas después de la inoculación, lo cual indica que el consorcio de bacterias de la formulación MICROBE-LIFT® se asentó y comenzó a multiplicarse en el suelo. El crecimiento del consorcio alcanza el máximo en este período y luego comienza a estabilizarse al punto que la colonia de bacterias creció al nivel donde la relación entre la colonia y la fuente de nutrientes alcanzó el equilibrio y se obtiene la máxima oxidación de hidrocarburos.

El proceso de oxidación continuó a este nivel por un período de cuatro semanas hasta que el contenido de nutrientes suministrado por los hidrocarburos llegó al punto donde las colonias bacterianas empiezan a declinar en relación con la fuente de nutrientes.

En las últimas tres semanas de la remediación, las colonias de bacterias una vez más alcanzaron un equilibrio en relación con la fuente de nutrientes; no obstante, a un nivel más bajo. Este es un resultado esperado de la curva natural de crecimiento de los organismos en presencia de una fuente de nutrientes finita.

Remediación Exitosa In Situ de Suelos Contaminados por Hidrocarburos en Sudáfrica

La Serie 2 muestra una leve tendencia creciente en el valor TPH, donde el valor de TPH alcanza el mismo valor de TPH para la Serie 1. Esta tendencia hacia arriba se debe a que la mezcla del agua con producto crea un efecto osmótico en el suelo donde parte de la contaminación por hidrocarburos se esparce a lo largo de toda el área de tratamiento. Los resultados muestran que el valor meta de TPH de 2000 mg/kg se alcanzó y se sobrepasó durante las 10 semanas, alcanzando un valor final de 1681 mg/kg. Esto es una reducción del 89.5%.

Conclusiones: A pesar del marco de tiempo corto para la biorremediación, la formulación **MICROBE-LIFT®** logró la remediación de la contaminación con hidrocarburos. La reducción de la contaminación a una meta aceptable de 2000 mg/kg se alcanzó después de 10 semanas, dos semanas antes de lo esperado.

En resumen, Ecological Laboratories logró con éxito la biorremediación utilizando el método presentado. La tecnología **MICROBE-LIFT®** ha demostrado su capacidad para degradar hidrocarburos dentro del rango de DRO y PRO.

Para mayor información sobre la Tecnología **MICROBE-LIFT®**
contactar **Ecological Laboratories, Inc.**
www.EcologicalLabs.com

CS14203