



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
AREA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
MAESTRIA EN INGENIERÍA AMBIENTAL**



**MANEJO INTEGRAL AMBIENTAL PARA EL  
ESMANTELAMIENTO DE UNA INSTALACIÓN CON TETRAETILO  
DE PLOMO (TEP) DENTRO DE UNA INSTALACIÓN PETROLERA**

Autor: Ing Jesús Alejandro Arias

Tutor: Prof. Auxilia Mallia

Valencia, Juio de 2016



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
AREA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
MAESTRIA EN INGENIERÍA AMBIENTAL**

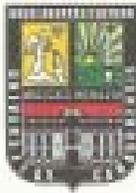


**MANEJO INTEGRAL AMBIENTAL PARA EL  
ESMANTELAMIENTO DE UNA INSTALACIÓN CON TETRAETILO  
DE PLOMO (TEP) DENTRO DE UNA INSTALACIÓN PETROLERA**

Autor: Ing Jesús Alejandro Arias

Trabajo presentado ante el Área de Estudios de  
Postgrado de la Universidad de Carabobo para  
optar al Título de Magister en Ingeniería Ambiental

Valencia, Julio de 2016



UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCIÓN DE POSTGRADO



## ACTA DE APROBACION DEL PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO

Por medio de la presente hacemos constar que el Proyecto de Trabajo de Grado titulado: "PROPUESTA DE MANEJO INTEGRAL AMBIENTAL PARA EL DESMANTELAMIENTO DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE TETRAETILO DE PLAMO (TEP) DENTRO DE UNA INSTALACIÓN PETROLERA VENEZOLANA" presentado por el ciudadano: Jesús A. Arias, alumno regular del Programa de Maestría en INGENIERIA AMBIENTAL, reúne los requisitos exigidos para la inscripción.

El Profa. Auxilia Mallia, aceptó la tutoría de este Trabajo, según Constancia anexa.

En Valencia, a los siete días del mes de octubre del año Dos mil Catorce.

Por la Comisión Coordinadora:

  
Prof. Mariela Aular  
Jefe del Programa

  
Prof. Auxilia Mallia  
Miembro



  
Prof. Laura Albano  
Miembro



UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
AREA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
MAESTRIA EN INGENIERIA AMBIENTAL



### VEREDICTO

Nosotros, Miembros del Jurado designado para la Evaluación del Trabajo de Grado titulado MANEJO INTEGRAL AMBIENTAL PARA EL ESMANTELAMIENTO DE UNA INSTALACIÓN CON TETRAETILO DE PLOMO (TEP) DENTRO DE UNA INSTALACIÓN PETROLERA, presentado por Jesús Alejandro Arias, para optar al título de: MAGISTER EN INGENIERIA AMBIENTAL estimamos que el mismo reúne los requisitos para ser considerado como APROBADO

Prof. Bety Farias  
Presidente del Jurado

Prof. Rafael Dautand  
Miembro del Jurado

Prof. Alejandro Ramos  
Miembro del Jurado

Valencia, Julio de 2016

## **DEDICATORIA**

A mi familia y amigos, que tuvieron la  
paciencia de estar ahí a pesar del tiempo que  
deje de compartir para llegar a este logro tan importante.

## AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a mi familia y amigos, que supieron esperar y aguantar tiempos de ausencia para completar esta meta, así como a mis compañeros de trabajo que supieron cubrir mi espacio para permitirme dedicarme de lleno a este trabajo, y culminar con éxito esta etapa de mi vida.

Igualmente a todos aquellos que fueron pilar en su insistencia en culminar esta meta propuesta y finalmente alcanzada.

## RESUMEN

### MANEJO INTEGRAL AMBIENTAL PARA EL ESMANTELAMIENTO DE UNA INSTALACIÓN CON TETRAETILO DE PLOMO (TEP) DENTRO DE UNA INSTALACIÓN PETROLERA

Autor: Ing. Jesús Alejandro Arias, Tutor: Prof. Auxilia Mallia

La investigación con orientación metodológica de Proyecto Factible, tuvo como objetivo el desarrollo de una propuesta para el manejo integral ambiental para el desmantelamiento de una instalación que almacenaba Tetraetilo de Plomo dentro de una refinería de petróleo, cumpliendo con las etapas previstas para este tipo de estudios. Fue realizado un diagnóstico de las instalaciones y el entorno, la selección de una tecnología factible para la resolución del problema a través de una propuesta documentada y la elaboración de una verificación experimental a escala laboratorio, utilizando la observación directa como herramienta de comprobación tanto a nivel de campo como de revisión documental. Las instalaciones presentaron condiciones de integridad mecánica comprometidas, las cuales generaban luego de su desmantelamiento tres corrientes de desechos bajo condición de contaminadas por la presencia de TEP, estas corrientes son: chatarra contaminada, lodo contaminado y suelo impregnado. Los niveles de TEP encontrado superan los límites establecidos, por lo que obliga a la aplicación de técnicas de tratamiento para el control de las condiciones de peligrosidad, utilizando el lavado con arena y el Coprocesamiento como las estrategias de tratamiento y disposición final con mejores condiciones de aplicación, obteniéndose de ambas altos niveles de remoción del plomo (>22%), así como la eliminación total del material contaminado con Plomo (mientras no exceda de 5000 ppm). Como propuesta se desarrolló un plan de manejo que oriente a la integración de una visión de prevención ambiental y protección ocupacional, en vista que el principal entorno afectado son los trabajadores dentro de la actividad y cercanos, así como la mitigación de los tres (3) impactos severos identificados.

**Palabras Claves:** Tetraetilo de Plomo, Instalaciones, Prevención Ambiental, Protección Ocupacional

## SUMMARY

### ENVIRONMENTAL MANAGEMENT FOR DEMOLITION OF AN INSTALLATION WITH tetraethyl lead (TEP) within a facility PETROLEUM

Author: BSE Jesús Alejandro Arias; Tutor: Prof. Auxilia Mallia

The Methodological Orientation used in this Research was Feasible Project, which main goal was the development of a proposal for Complete environmental management for the dismantling of a facility that stored tetraethyl lead (TEL) in an oil refinery, keeping the steps foreseen for this type of study . It was made a diagnosis of facilities and environment, the selection of a feasible technology for solving the problem through a documented proposal and the development of an experimental verification at laboratory scale, using direct observation as a verification strategy at field and document review. The facilities showed committed mechanical integrity conditions, they generate in dismantling works three streams of waste with contaminated condition by the presence of TEL, these streams are: contaminated scrap metal, sludge contaminated and soil impregnated. The Levels of TEL found in waste streams were above the limits, so it requires the application of treatment techniques for the control of hazardous conditions, using washing with sand (sandblasting) and coprocessing as strategies for treatment and final disposal with better conditions application, obtaining both high levels of lead removal (> 22%) and the total elimination of lead-contaminated materials (while not exceeding 5000 ppm). A management plan was developed that integrate a vision of environmental prevention and occupational protection, because of the main affected population are workers within the activity and near there, as well as mitigation of three (3) severe impacts identified.

Key words: Tetraethyl of Lead, Facilities, Environmental Prevention, Occupational Prevention

## INDICE

<b>Introducción</b>	1
<b>Capítulo I. El Problema</b> .....	3
1.1.-Descripción del Problema.....	3
1.2.- Formulación del Problema .....	7
1.2.1.- Situación Actual .....	7
1.2.2.- Situación Deseada .....	7
1.2.3.- Formulación del Problema .....	7
1.3.- Objetivos .....	8
1.3.1.- Objetivo General .....	8
1.3.2.- Objetivos Específicos .....	8
1.4.- Justificación .....	9
<b>Capítulo II. Marco Referencial</b> .....	11
2.1.- Antecedentes .....	11
2.2.- Revisión Bibliográfica .....	13
2.2.1.- Almacenaje de Compuestos de Hidrocarburos e insumos en la industria Petrolera .....	13
2.2.2.- Usos, Beneficios y Peligros de los Compuestos de Plomo .....	17
2.2.2.1.- Intoxicación Aguda .....	19
2.2.2.2.- Intoxicación Crónica .....	19
2.2.3.- Técnicas de Valoración de Riesgos .....	20
2.2.3.1.- Asociados a Químicos/Materiales .....	20
2.2.3.2.- Asociados a Daños Ambientales (Evaluación de Impacto Ambiental).....	23
2.2.4.- Procesos de Disposición Final .....	25
2.2.4.1.- Coprocesamiento Térmico.....	27
2.2.4.2.- Lavado Químico .....	27
2.2.5.- Medidas de Supervisión .....	28
2.2.5.1.- Supervisión Ambiental .....	28

2.2.5.1.1.- Tipos de Medidas .....	29
2.2.5.2.- Supervisión Ocupacional .....	30
2.2.5.2.1.- Evaluación de la exposición .....	31
2.2.5.2.2.- Interpretación de los resultados .....	31
2.2.5.2.3.- Mediciones de control .....	32
2.2.5.2.4.- Control Biológico .....	32
2.3.- Bases Legales .....	33
<b>Capítulo III. Marco Metodológico .....</b>	<b>36</b>
<b>Capítulo IV. Discusión y Resultados .....</b>	<b>71</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>93</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>95</b>
<b>Referencias Bibliográficas .....</b>	<b>96</b>
<b>ANEXO A. Metodología de CONESA Simplificado .....</b>	<b>101</b>
<b>ANEXO B. Información fisicoquímica sobre el Tetraetilo de Plomo .....</b>	<b>109</b>
<b>ANEXO C. Resultados de la Caracterización fisicoquímica del entorno de las instalaciones de TEP en la Refinería El Palito .....</b>	<b>114</b>
<b>ANEXO D. Matrices de evaluación de tecnologías para las corrientes de desechos contaminadas con plomo .....</b>	<b>125</b>
<b>ANEXO E. Procedimientos de trabajo a ser aplicados durante el desarrollo de las actividades de desmantelamiento de los Tanques de TEP .....</b>	<b>129</b>
<b>ANEXO F. Ejemplo de cálculo para la estimación de costo para el uso de las técnicas de lavado de material ferroso .....</b>	<b>149</b>

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Resumen de las fases a ser desarrolladas en una evaluación toxicológica de manejo de compuesto de plomo	22
<b>Tabla 2.</b> Movilidad de algunos compuestos de plomo en distintos componentes abióticos ambientales	22
<b>Tabla 3.</b> Listado de equipos, instrumentos y líneas asociadas al sistema de almacenamiento de TEP en las instalación de la Refinería El Palito	42
<b>Tabla 4.</b> Detalle de las cantidades de materiales generadas durante el proceso de desmantelamiento del sistema de tanque de TEP	46
<b>Tabla 5.</b> Comparación de los resultados obtenidos de la caracterización de lodos petrolizados contaminados con TEP y el suelo de la instalación	49
<b>Tabla 6.</b> Identificación de los Factores Ambientales que están relacionados con el proyecto	52
<b>Tabla 7.</b> Matriz de identificación de componentes ambientales afectados por las actividades	53
<b>Tabla 8.</b> Matriz de Identificación de Impactos Ambientales directos e indirectos	55
<b>Tabla 9.</b> Resultados de la tormenta de ideas para las técnicas de Tratamiento y Disposición Final de los Desechos Peligrosos.	57
<b>Tabla 10.</b> Resultados de los valores Fisicoquímicos de las distintas muestras	65
<b>Tabla 11.</b> Porcentajes de Remoción del material contaminante de la superficie metálica	65
<b>Tabla 12.</b> Valores de masa reportados de las placas utilizadas	66
<b>Tabla 13.</b> Cantidad de materiales consumibles utilizados para la aplicación de las técnicas	67
<b>Tabla 14.</b> Parámetros Fisicoquímicos Evaluados por Laboratorio Externo para Lodo contaminado con Plomo	69
<b>Tabla 15.</b> Precios Unitarios Utilizados para la estimación de los costos por tratamiento	70
<b>Tabla 16.</b> Situación Actual de los Tanques de Almacenamiento de TEP instalados en la Refinería El Palito	71
<b>Tabla 17.</b> Condición de las corrientes de desechos generadas por el proceso de desmantelamiento de los tanques de TEP	75
<b>Tabla 18.</b> Valoración de los Impactos Ambientales identificados	78
<b>Tabla 19.</b> Resultados del análisis de selección de tecnología a través de la técnica de evaluación de criterios para cada corriente de desechos	80

<b>Tabla 20.</b> Factores de riesgos asociados a las distintas corrientes de desechos con sus sustancias contaminantes	84
<b>Tabla 21.</b> Consumo de Materiales para la limpieza de las Placas Metálicas Sometidas a la evaluación	88
<b>Tabla 22.</b> Consumo de insumos para el tratamiento de la chatarra contaminada proveniente del desmantelamiento de los tanques de almacenamiento de TEP	89
<b>Tabla 23.</b> Evaluación económica para el tratamiento de la chatarra en función de las necesidades de tratamiento	90
<b>Tabla 24.</b> Resultados cualitativos sobre de evaluación de los desechos generados del desmantelamiento de los tanques de TEP para el Coprocesamiento Térmico	90
<b>Tabla 25.</b> Costos asociados a la aplicación de la técnica de Coprocesamiento en materiales contaminados con TEP	92
<b>Tabla 26.</b> Propiedades Físicoquímicas básicas del Tetraetilo de Plomo	109
<b>Tabla 27.</b> Descripción de las condiciones de interrelación del Tetraetilo de Plomo	110
<b>Tabla 28.</b> Efectos a la salud de las personas por exposición aguda al Tetraetilo de Plomo	111
<b>Tabla 29.</b> Efectos a la salud por Exposición Crónica al Tetraetilo de Plomo	112
<b>Tabla 30.</b> Límites de Exposición al TEP para cada una de las rutas de exposición de una persona	112
<b>Tabla 31.</b> Condiciones fisicoquímicas de las corrientes de desechos y sus factores de riesgos asociados	113
<b>Tabla 32.</b> Matriz de selección utilizada para la técnica y tratamiento de la chatarra contaminada	126
<b>Tabla 33.</b> Matriz de selección utilizada para la técnica y tratamiento de Lodos Petrolizados	127
<b>Tabla 34.</b> Matriz de selección utilizada para determinar la técnica y tratamiento de Escombros Contaminados	128
<b>Tabla 35.</b> Flujograma a seguir para el manejo de los desechos en la medida que se generan durante la ejecución del desmantelamiento	135

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Esquema de un tanque de almacenamiento de productos de hidrocarburos	17
<b>Figura 2.</b> Esquema de exposición humana al plomo y mecanismo de contacto con el hombre	23
<b>Figura 3.</b> Representación del sistema de almacenamiento y dosificación de TEP utilizado en la Refinería El Palito	38
<b>Figura 4.</b> Condición actual del sistema de dosificación de TEP utilizado en la REP	39
<b>Figura 5.</b> Aspectos de los Tanques de almacenamiento de TEP en las instalaciones de la REP	40
<b>Figura 6.</b> Condiciones de las bases de concreto construidas para los tanques de TEP	41
<b>Figura 7.</b> Condiciones actuales del sistema de Tanques de Almacenamiento de TEP	41
<b>Figura 8.</b> Ubicación espacial de los tanques de TEP respecto a las demás instalaciones de la REP.	43
<b>Figura 9.</b> Representación esquemática de las zonas que mantienen contacto con el Lodo contaminado con TEP	45
<b>Figura 10.</b> Diagramas indicadores del clima para la estación Puerto Cabello: (a) Climo - diagrama y (b) Precipitación vs. Evapotranspiración potencial	115
<b>Figura 11.</b> Velocidad del viento en el entorno de las instalaciones de TEP	116
<b>Figura 12.</b> Dirección del viento en la zona del entorno de las instalaciones de TEP	117
<b>Figura 13.</b> Red hidrográfica de las cuencas de los ríos Sanchón y Aguas Calientes. El recuadro presente en la imagen representa la ubicación relativa de la Refinería El Palito	121
<b>Figura 14.</b> Ruta seguida para el traslado de chatarra y material ferroso descontaminado. Desde la Refinería El Palito hasta el centro de acopio de Bariven	136
<b>Figura 15.</b> Ruta seguida para el traslado de materiales no peligrosos hacia Relleno Sanitario. Desde la Refinería El Palito hasta Sector La Paraguaita	137
<b>Figura 16.</b> Ruta seguida para el traslado de materiales contaminados con TEP. Desde la Refinería El Palito hasta sede de Industria Cementera en Puerto Cumarebo	137
<b>Figura 17.</b> Ubicación preliminar de los puntos de muestreo de calidad de aire a nivel ocupacional	146

## INTRODUCCIÓN

Los proyectos de desmantelamiento de tanques provenientes de la industria petrolera son propensos a generar impactos ambientales significativos, por lo cual deben ejecutarse bajo las más estrictas normativas ocupacionales y ambientales.

De manera particular, cuando ocurren cambios de tecnología producto de investigaciones que demuestran que el uso de una sustancia que ha sido empleada por la industria trae consecuencias graves a las personas, y afecta la calidad ambiental de los distintos factores ambientales con énfasis en las poblaciones, estos cambios deben ejecutarse bajo una planificación rigurosa que abarque una gestión integral de mitigación de los impactos ambientales generados, ya que algún aspecto que no se considere al momento de la ejecución del proyecto, puede traer como consecuencia lesiones irreparables a la salud de un grupo de personas o la afectación irreversible de algún recurso natural importante.

En el caso del Tetraetilo de Plomo (TEP), este dejó de ser empleado como aditivo en la gasolina comercial distribuida en el país desde el año 2006 bajo una resolución ministerial y exigencia presidencial; los efectos nocivos del plomo reportado en amplias investigaciones fueron avalados por el Instituto Venezolano del Petróleo (INTEVEP), instruyendo dejar fuera de servicio todas las instalaciones empleadas en los complejos refinadores del país para el almacenaje y transporte de este producto tóxico. Es por esto que en el marco de la responsabilidad ambiental que posee la industria petrolera venezolana, se elaboró un plan de saneamiento ambiental de este tipo de instalaciones, cumpliendo con las exigencias del decreto 1257 relacionado a las Normas para la Evaluación Ambiental, por lo cual es necesario presentar ante la Autoridad Nacional Ambiental planes de manejo ambiental que detallen las condiciones de trabajo que se van a implementar durante el desmantelamiento de las instalaciones y la eliminación a través de técnicas de descontaminación y valorización térmica de los desechos producto de esta actividad.

El desarrollo de esta investigación establece las bases para la aplicación de un Plan de Manejo Integral Ambiental, tomando en cuenta una la visión de los efectos sobre los recursos ambientales y sobre las personas, considerando poblaciones cercanas y trabajadores ocupacionalmente expuesta, por lo que se presenta el desarrollo de un Plan Ambiental resultado de la valoración de los riesgos presentes identificados complementado por un Plan Ocupacional, garantizando el resguardo de la calidad ambiental durante la ejecución del proyecto.

El trabajo se compone de cuatro (4) capítulos a través del desarrollo de la identificación de la problemática con sus objetivos a cumplir y su justificación, una revisión bibliográfica que plantea los conceptos necesarios para sustentar las discusiones realizadas, la descripción de la metodología aplicada para el logro de los objetivos y un capítulo de presentación y discusión de resultados.

Como producto obtenido de esta investigación, fueron identificadas la peligrosidad de las distintas corrientes de desechos con las técnicas a ser aplicadas para la disposición final de éstos, lo cual fue la base para la elaboración de procedimientos técnicos a seguir para el resguardo del entorno cercano y la salud ambiental circundante, así como la estimación de los costos asociados para la ejecución del proyecto de desmantelamiento de los tanques de almacenamiento de TEP.

## **CAPITULO I**

### **EL PROBLEMA**

#### **1.1.- Descripción del Problema**

En el afán de la mejora de la calidad de vida de las personas, se fue fomentando el desarrollo de nuevas tecnologías que la facilitara, de manera que se fueron innovando aspectos del quehacer diario para lograr mayor comodidad. Un ejemplo de esto son los vehículos de motor de combustión, en los cuales se coloca un material combustible en contacto con una fuente de ignición y producen una explosión controlada que permite el movimiento de un eje rotatorio unido a cuatro ruedas.

Los primeros prototipos de motores de combustión fueron ineficientes producto del ensayo y error durante su diseño, lo que motivó a mejoras constantes, por lo que cada nueva barrera que aparecía, producto de la investigación se fue superando. Luego de muchas mejoras sustanciales, los resultados finales para esta tecnología requería principalmente una estructura que fuera capaz de resistir altas temperaturas, altos niveles de fricción, el uso de combustibles explosivos y la incorporación de mecanismos de control para el resguardo de la integridad de la maquinaria y de las personas que hicieran uso de esto.

Como consecuencia de esto, el combustible que se adaptó en mejor manera a los requerimientos de los motores de combustión fueron los derivados de petróleo, entre ellos la gasolina, la cual se volvió de uso común con la masificación de los motores de combustión a través de los medios de transporte. La gasolina a ser utilizada en los motores de combustión debía cumplir con la condición que fuera eficiente al momento de la combustión y dejara la menor cantidad de residuos, lo cual se medía a través de los

octanajes en las gasolinas o resistencia a la ignición, representando un valor de “0” cuando el combustible no presenta resistencia a la ignición y “100” cuando tiene la máxima resistencia a la pre-ignición (ignición controlada).

La gasolina es una mezcla de distintos derivados del petróleo producto de un proceso de refinación que requiere controles rigurosos para obtener un valor de octanaje óptimo para el funcionamiento en los motores implicando altos costos en su producción. Como consecuencia fueron desarrolladas investigaciones con el objetivo de mejorar el rendimiento y eficiencia de la gasolina con un mínimo costo de inversión, de esta manera se implementa el uso de los aditivos antidetonantes de la gasolina, los cuales son compuestos que permiten el uso de combustibles de menor octanaje (menor cantidad de mezcla de derivados para gasolina) con un ingrediente adicional que permite el comportamiento de esta gasolina de bajo octanaje como una de alto octanaje, sin el peligro que ocurra una explosión no controlada dentro de los motores de combustión. Los principales compuestos antidetonantes utilizados inicialmente para las primeras décadas del siglo XX presentaban compuestos de plomo (Pb) y manganeso (Mn), siendo los compuestos de plomo los de mayor aceptación para la producción de gasolinas.

Con este descubrimiento, se inicia el uso masivo del Tetraetilo de Plomo (TEP) para la producción de gasolinas, lo cual simplifica considerablemente el proceso de refinación del hidrocarburo para la obtención de la mezcla y reduce sus costos notablemente, y para los años 70, la totalidad del parque automotor de todos los países, incluyendo Venezuela, hacía uso de estos compuestos en la gasolina.

Sin embargo, durante los años de uso del TEP en los distintos países, las emisiones de plomo y de otros contaminantes provenientes de la combustión de la gasolina alcanzaron niveles de concentración nocivos para la salud de las poblaciones, desmejorando la calidad del aire que se respiraba, manifestándose en la aparición de enfermedades respiratorias principalmente, y llegando a ser arrastrado hacia el suelo y el agua cuando

ocurren derrames de gasolinas o a través del fenómeno de la condensación de los vapores de gasolina con TEP.

Según la Organización Mundial de la Salud, en estudios para esa época presentados, el plomo es un metal tóxico presente de forma natural en la corteza terrestre, y su uso generalizado en cualquiera de sus formas: libre o combinado, ha dado lugar en muchas partes del mundo a una importante contaminación del medio ambiente, un nivel considerable de exposición humana y graves problemas de salud pública. (OMS, 2013)

Entre las principales características de la toxicidad del plomo destacan su capacidad de bioacumulación sobre los seres humanos, la incidencia en niños de corta edad, manifestación en personas expuestas a disminución de la capacidad intelectual, ataque sistemático en algunos órganos específicos del cuerpo humano y una alta morbilidad en zonas específicas del mundo, específicamente la Región del Pacífico Suroriental, Pacífico Occidental y Mediterráneo Oriental, sin la existencia de un nivel seguro para su exposición (ob. cit.).

En el momento que se hizo de dominio público los efectos del uso de la gasolina con plomo, se inició una campaña de concientización a nivel mundial con el firme propósito de eliminar la gasolina con plomo del uso de los vehículos de motor de combustión. Estas campañas fueron muy intensas en los países desarrollados y en los países productores de petróleo y sus derivados, incluyendo Venezuela. Como iniciativa de la industria petrolera venezolana acorde a los cambios a nivel mundial, los proyectos de inversión y análisis costo – beneficio realizados estuvieron orientados a la eliminación de la gasolina con plomo a través de la migración de tecnologías que sustituyeran el uso del TEP en las unidades de procesos del circuito refinador venezolano. (PDVSA, 2005)

Entre las acciones tomadas para la sustitución de la gasolina con plomo estuvo en la revisión de los estándares de calidad a partir de las normas COVENIN y la disminución

secuencial de la adición de TEP en las mezclas de gasolina para ajustarse a estándares internacional, llegando a agregar para el 2002 una dosis máxima de 0,013 mg/L. A partir de esa fecha se realizó la introducción definitiva de los sustitutos de éteres, tales como el Metil Terc-Butil Eter (MTBE) y el Terc-Amil Metil Eter (TAME), siendo la fecha tope de 2005, como fecha definitiva de eliminación y prohibición de uso de TEP en gasolinas producidas y comercializadas por PDVSA y sus empresas filiales. (Paez et al.,sf).

A partir de ese momento (2005) PDVSA deja fuera de servicio todas las instalaciones que utilizaban TEP (almacenaje y mezclado) y los considera Pasivos Ambientales, por lo que toma las acciones necesarias para su desmantelamiento a través de un plan de saneamiento ambiental, considerando el tratamiento especializado para el manejo de este tipo de instalaciones y desechos contaminados con TEP, sin embargo, no se tiene en el país de un abundante mercado de empresas especializadas en la disposición final de desechos de plomo, por lo que todas las tecnologías y estrategias disponibles deben ser probadas a distintas escalas a fin de garantizar la efectividad del tratamiento, en un tiempo y eficiencia aceptable; aunado a esto, se desconocen los daños colaterales que pudieron generarse con la permanencia de estas instalaciones en los complejos refinadores y que podrían presentarse durante los trabajos de desmantelamiento, ya que sus condiciones actuales luego de una inactividad y falta de mantenimiento cerca de 10 años, pueden estar comprometidas, viéndose afectadas las personas cercanas, sean trabajadores o poblaciones cercanas, los recursos naturales adyacentes; por lo que es importante conocer los distintos eventos sobre el suelo, drenajes inoportunos, daños en la integridad mecánicas de las instalaciones, que pudieron favorecer el contacto del material peligroso con alguno de los elementos: agua y suelo, para determinar la complejidad del pasivo a sanear y las estrategias a aplicar.

## **1.2.- Formulación del Problema**

### **1.2.1.- Situación Actual**

Se mantiene dentro de las instalaciones de Refinería El Palito, facilidades para el almacenaje y mezclado de Tetraetilo de Plomo (TEP), que se encuentran fuera de servicio, pero con contenido residual del producto dentro de las instalaciones.

En vista que esta instalación lleva inoperativa más de 10 años, es considerada un pasivo ambiental del complejo refinador, pero sin conocer con detalle los efectos de contaminación que su permanencia han ocasionado, generando condiciones para producir impactos ambientales negativos y de alto riesgo al entorno cercano de la empresa, entorno al deterioro de la integridad mecánica de los componentes del sistema de almacenaje y posibles fugas del sistema hacia el ambiente natural como laboral.

### **1.2.2.- Situación Deseada**

Disponer de una propuesta que permitirá el desarrollo de las actividades de desmantelamiento y retiro de las instalaciones que almacenaban y transportaban Tetraetilo de Plomo dentro de las instalaciones de la Refinería El Palito, desde el Terminal Marino del complejo refinador, hasta el patio de tanques de este, con el saneamiento de las áreas que se verán afectadas por la permanencia del tanque dentro de las instalaciones de la REP.

### **1.2.3.- Formulación del Problema**

¿Cuál debe ser el manejo más adecuado de las instalaciones que almacenaban TEP si no se conoce su condición actual estructural ni los riesgos asociados que presenta ni se conoce de disponibilidad en el país de tratamiento y disposición final de los desechos generados?

### **1.3.- Objetivos**

#### **1.3.1.- Objetivo General**

Elaborar una propuesta de Manejo Integral Ambiental de desmantelamiento de un tanque de almacenamiento de Tetraetilo de Plomo (TEP) dentro de una instalación petrolera venezolana

#### **1.3.2.- Objetivos Específico**

1. Realizar el diagnóstico de las condiciones actuales del Tanque de Almacenamiento de Tetraetilo de Plomo (TEP) dentro de las instalaciones de la REP.
2. Identificar las características de peligrosidad del Tanque de Almacenamiento de Tetraetilo de Plomo en la REP.
3. Determinar el impacto socio-ambiental generado por la existencia del pasivo ambiental del tanque de Tetraetilo de Plomo dentro del centro refinador y sus adyacencias.
4. Definir las tecnologías más eficaces para disminuir la peligrosidad del tanque.
5. Elaborar la propuesta para el manejo ambiental y ocupacional de los desechos con contenido de plomo durante el desmantelamiento del tanque.
6. Realizar pruebas funcionales a escala de laboratorio para el tratamiento de los desechos generados por el desmantelamiento del tanque de TEP con las tecnologías definidas.

#### **1.4.- Justificación**

La investigación llevada a cabo por el autor da respuesta a necesidades asociadas a distintos ámbitos que logran establecer una ruta a seguir para la ejecución de un proyecto con premisas que ofrecen una buena práctica de trabajo ante los riesgos latentes que existen alrededor de las instalaciones que deben ser desmanteladas una vez que ocurre el cambio de tecnología y sacar del mercado venezolano definitivamente el uso del Tetraetilo de Plomo como parte de la mezcla de gasolinas.

En el ámbito institucional, la investigación permite dar una respuesta que está en línea con la

Política Ambiental y de Salud y Seguridad en el Trabajo de Petróleos de Venezuela (PDVSA), quien al ser el único procesador de hidrocarburos en el país tiene el deber de eliminar y retirar aquellas instalaciones que sean consideradas materiales y desechos peligrosos, en especial, aquellas que aun almacenen alguna cantidad desconocida de un desecho peligroso según las clasificaciones de las normativas de este tema (decreto N° 2635). Los resultados obtenidos establecen las precauciones que serán consideradas durante el desarrollo de las actividades de desmantelamiento, con el conocimiento certero de la realidad que existe alrededor de las instalaciones que almacenaban TEP, por lo que los procedimientos seguidos para la obtención de los hallazgos principales, así como las investigaciones realizadas, sustentan las decisiones tomadas para el manejo de estos materiales, así como sus medidas preventivas y correctivas a seguir, durante las actividades de desmantelamiento y posteriores.

En el ámbito técnico, se demuestra el nivel y la capacidad de los profesionales egresados de la Universidad de Carabobo, así como de los trabajadores de Petróleos de Venezuela, que realizan estudios rigurosos considerando todas las aristas que surgen de una valoración profunda sobre los riesgos asociados a estas actividades, incluso se destaca la confiabilidad de los resultados obtenidos así como la capacidad de liderazgo de equipos

multidisciplinarios que permitieron obtener criterios válidos sobre los lineamientos cualitativos que son producto de esta investigación.

En cuanto al ámbito social, y de mayor relevancia según la opinión del autor, la investigación corrobora la responsabilidad social que tiene el profesional de la ingeniería en Venezuela, dejando de manera expresa que no sólo fue formado para lo técnico sino en valores como la preservación de la calidad ambiental y de la salud de trabajadores y personas que pudiesen verse afectada por los trabajos ejecutados. Aunado a esto, demuestra el interés y la responsabilidad social que tiene PDVSA como institución al proteger y colocar como aspecto de mayor relevancia la preservación de la salud de las personas que laboran en el entorno de las instalaciones de TEP que serán desmanteladas, sino que cumple con el precepto de corresponsabilidad establecido en la Ley Orgánica del Ambiente (2006) de evitar el traslado de un problema generado en las instalaciones de la Refinería El Palito a otro lugar, evitando que los desechos sean manejados inadecuadamente. Este aspecto impacta en la garantía de la calidad de vida y de salud de los familiares de los trabajadores y las comunidades cercanas a la Refinería El Palito y donde se vaya a hacer el manejo de los desechos, ya que los resultados aseguran el evitar llevar trazas de algún contaminante hacia los hogares de estos trabajadores, que pondría en riesgo la salud de sus familias y generar un daño irreparable hacia la vida de un venezolano.

## **CAPITULO II**

### **MARCO REFERENCIAL**

Como parte de la investigación a desarrollar, fue necesario realizar una revisión bibliográfica sobre trabajos ejecutados para el desmantelamiento de otras instalaciones que hayan contenido Tetraetilo de Plomo o productos similares, así como saneamiento de zonas y áreas impactadas por derrames de productos. El material a continuación se compone de documentos técnicos que hacen referencia a actividades similares o conexas promovidos por instituciones nacionales e internacionales, notas de prensa que describen brevemente los trabajos de desmantelamiento de tanques y de saneamiento ambiental que han realizado dentro de instalaciones petroleras, tanto en Venezuela como en otros países internacionales.

#### **2.1.- Antecedentes**

En esta sección se presentan un grupo de trabajos y notas de actividades relacionadas con el trabajo a desarrollar con la finalidad de comparar los resultados obtenidos y los esquemas metodológicos empleados para el desarrollo de este tipo de actividades. Se presentan trabajos asociados a proyectos nacionales, con apoyo de entes gubernamentales de distintos países, ya que se carece en gran medida de registros nacionales sobre este tipo de actividades, y se mencionan estudios de impacto ambiental relacionados con trabajos de desmantelamientos.

Entre los primeros documentos consultados, Martínez del Rio, et al. (1999) plantea distintos casos de remoción de las instalaciones contentivas de gasolinas, indicando las etapas a cumplir para su desmantelamiento, incluyendo el control de la variable ambiental. Los principales aportes que ofrece esta investigación son los lineamientos y las exigencias que se establecen para el momento de realizar los trabajos de extracción de los

tanques de combustibles en zonas urbanas y extraurbanas de Colombia, estableciendo recomendaciones generales sobre las técnicas de tratamiento y las de control ambiental a seguir por las empresas que realicen este tipo de actividades.

Posteriormente, en un trabajo de orden institucional llevado a cabo por la Cámara Minera de México, en un grupo dirigido por Alvarez et al, 2006, desarrollan un manual con las recomendaciones a seguir para un manejo ambiental y ocupacional de cualquier compuesto de plomo, con especial énfasis en el desempeño de las pequeñas y medianas empresas. Hace un especial énfasis en los aspectos toxicológicos que acarrea el manejo del plomo en cualquier de sus formas y los riesgos a la salud tanto para los trabajadores como para un ambiente cercano a un centro de explotación de productos de plomo, siendo este el principal aporte a la investigación.

Por otro lado, en un Informe presentado por la empresa ENAGAS, 2013, compila los planes que presenta el gobierno español de ampliación del sector eléctrico en el período 2008-2016, y en vista que la mayoría del suministro eléctrico en Barcelona proviene del uso del gas, la empresa española se ve en la necesidad de ampliar su capacidad de almacenamiento, justificando el retiro de dos tanques de 40.000 m<sup>3</sup>, realizando la actividad de cierre y desmantelamiento de estos y los análisis costos – beneficios para el desarrollo de la actividad en función de un beneficio colectivo, lo cual permite una orientación para el desarrollo de esta investigación al momento de establecer una estrategia para el desmantelamiento de los tanques de TEP de la Refinería El Palito.

La empresa Consultores Gestión Ambiental, 2012, elabora para CODELCO, empresa Chilena, elabora un documento para presentar ante las autoridades ambientales chilenas las medidas tomadas ante los impactos ambientales detectados durante el desmantelamiento de la Planta de Petróleo de la Empresa CODELCO en la Provincia de Antofagasta. El alcance contemplado en el proyecto de desmantelamiento planteado abarca el retiro superficial de una planta fuera de servicio, de toda su infraestructura: estanques, oficinas, cañerías, bombas y calderas, dejando muy en claro en el documento

que la planta únicamente tenía funciones de almacenaje de combustibles. Los aportes que se obtienen de este trabajo, se encuentra el detalle de la estrategia de trabajo a realizar para el retiro de las instalaciones almacenadoras de combustibles, así como un plan de manejo de desechos y control de impactos ambientales generados durante los trabajos de desmantelamiento.

## **2.2.- Revisión Bibliográfica**

En esta sección se va a realizar una breve descripción de los conceptos básicos que reforzarán los fundamentos teóricos necesarios para realizar las valoraciones pertinentes para determinar las mejores estrategias de manejo integral para los contaminantes y el desmantelamiento de los tanques de TEP, incluyendo un breve resumen de las etapas de Refinación de Hidrocarburos y producción de gasolinas y algunos temas conexos, la toxicidad del TEP, las técnicas a ser utilizadas para el manejo ambiental de los desechos generados, así como algunos tópicos relevantes de salud ocupacional.

### **2.2.1.- Almacenaje de Compuestos de Hidrocarburos e insumos en la industria Petrolera**

Por la naturaleza de la industria petrolera, la mayoría de los productos e insumos que se manejan dentro de una Refinería de Petróleo corresponden a grandes volúmenes de inventario, por lo que las cantidades propensas a almacenar se miden en miles de barriles del tipo de producto que se vaya a utilizar, y se emplean tanques de acero con estructura, en su mayoría cilíndricos, con condicionantes al producto que se vaya a emplear.

El almacenamiento constituye un elemento de sumo valor en la explotación de los servicios de hidrocarburos ya que:

- Actúa como un pulmón entre producción y transporte para absorber las variaciones de consumo,

- Permite la sedimentación de agua y lodos del crudo antes de despacharlo por oleoducto o a destilación,
- Brindan flexibilidad operativa a las refinerías, y
- Actúan como punto de referencia en la medición de despachos de producto, y son los únicos aprobados actualmente por aduana.

Los tanques de almacenamiento se clasifican según lo establecido en (*tanques de almacenamiento,s.f.*) de acuerdo a los siguientes criterios:

➤ Por Construcción

✓ Verticales

Techo Fijo

Techo flotante interno

Techo flotante externo

✓ Horizontales

A presión atmosférica (camiones)

A presión interna mayor que la presión atmosférica (cigarros)

✓ Esferas

Doble pared

➤ Por Uso

✓ Producción (refinerías)

✓ Yacimiento

✓ Terminal de despacho

✓ Reserva

➤ Por producto

✓ Crudo

✓ Nafta

✓ LPG

De acuerdo a (API 650, 2007), los materiales de construcción de estos tanques deben recibir tratamientos especiales que les otorgue una propiedad adicional a la intrínseca que ellos poseen que les permita y les garantice perdurabilidad en el tiempo, a fin de evitar su deterioro y un eventual colapso, por esto los materiales empleados son estrictamente inspeccionados, a fin de evitar algún tipo de daño (a las personas, al ambiente o a otras instalaciones), por lo que reciben tratamiento de tipo térmico y de impacto, a fin de garantizar la dureza y resistencia de estos materiales.

Pero adicionalmente a estos tratamientos, el espesor de estos materiales es rigurosamente cuidado al momento del diseño de los materiales, ya que es esta propiedad la que garantizará la resistencia a las altas presiones de tipo hidrostática a las que son sometidos estos contenedores de metal.

Por preferencia y propiedades de maleabilidad, el material que mayor se emplea para la construcción es el acero al carbono en distintas clases, sin embargo, el material empleado depende de las sustancias a ser empleadas, por lo que puede variar.

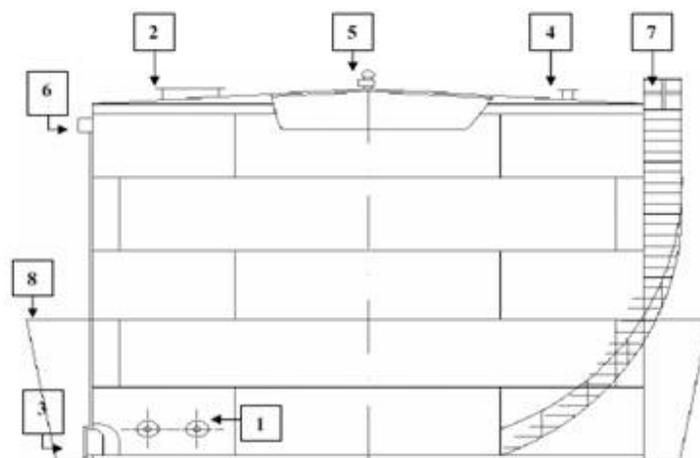
Para su construcción, estas edificaciones se construyen de forma sucesiva a través del empleo de la soldadura de las distintas láminas que son colocadas una sobre otra para ir armando el contenedor o cuerpo del tanque, a través de distintos tipos de soldadura que garantice la hermeticidad y la firmeza necesaria para mantenerse estas piezas levantadas, sobre unas bases civil bien definidas que sean capaces de soportar el peso de la estructura, una vez que se contenga el producto (ob. cit.).

En cuanto a los accesorios que conforman un tanque, de acuerdo a lo indicado en las normas COVENIN 2239-1,1989, se tienen la presencia de un pasahombre (manhole) que permite el ingreso de personas a los tanques, igualmente posee sistemas de drenajes internos y externos al tanque que permite el drenado de agua fuera del recipiente, así

como la presencia de indicadores de temperatura y nivel, en algunos casos sistemas que se encuentran automatizados.

Además los tanques de almacenamiento cuentan con válvulas de fondo o tuberías que se encuentran unidas a través de bridas soldadas alejadas de la unión de los anillos que conforman un tanque. Como aspecto adicional, y medida preventiva, es cada tanque cuenta con un área de almacenaje que debe contar con una pendiente para alejar posible derrames de los retenedores, provistas de drenajes para eliminar las acumulaciones de agua de lluvia o derrames de líquido.

De manera particular, en el caso de los tanques que almacenan sustancias altamente peligrosas, cuentan con sistemas de control completamente automatizados para disminuir el contacto de estas sustancias, además que la mayoría de estos tanques se caracterizan por ser de techo fijo, por lo que sus mecanismos de alivio hacia el exterior son regulados y muy controlados a fin de no exponer a poblaciones cercanas a concentraciones de estos químicos tóxicos.



En donde se tiene:

1. Válvulas de entrada y salida de producto o boquillas de cuerpo
2. Manhole
3. Puerta de limpieza a nivel
4. Escotilla de Aforo
5. Válvula de Relevo
6. Cámara de espuma
7. Escalinata
8. Dique

**Figura 1.** Esquema de un tanque de almacenamiento de productos de hidrocarburos

### 2.2.2.- Usos, Beneficios y Peligros de los Compuestos de Plomo

De acuerdo a lo descrito por Alvarez et al.,2006, el Plomo (Pb) es un metal pesado (densidad relativa, o gravedad específica, de 11.4 a 16 °C), que no tiene olor ni sabor especial, de color grisáceo, con aspecto brillante cuando se corta, al ser expuesto al aire se oxida rápidamente lo cual se denota a través del tono mate que adquiere. Muy dúctil, maleable y resistente a la corrosión, y pobre conductor de la electricidad, son características que lo hacen un elemento de amplia aplicación en metalurgia y electricidad. Dentro de sus propiedades fisicoquímicas destacan su Número atómico 82, masa atómica 207.19 g/mg, densidad 11.4 g/ml, funde a 327 °C y hierve a 1,725 °C, que le otorga ciertas características de reactividad. Aunque resiste la acción del ácido sulfúrico y clorhídrico, se disuelve con facilidad en ácido nítrico concentrado caliente y ácidos orgánicos (cítrico, acético), originándose sales solubles.

De manera particular, la producción del Tetraetilo de Plomo (TEP) estuvo dirigida principalmente a su uso como aditivo de la gasolina por ser un agente antidetonante, por lo tanto, la exposición a este compuesto puede ocurrir durante la síntesis, manipulación y transporte de la gasolina. Existen diversas formas para fabricarlo, sin embargo, a partir de 1974 su producción ha disminuido considerablemente para ser reemplazado por el metil-terbutil eter (MTBE).

Para el año 2010 se han realizado diversos estudios a través de los cuales se han tratado de identificar los niveles de toxicidad para el plomo y sus compuestos. Sin embargo, esta tarea es difícil debido a los numerosos factores que tienen influencia, como pueden ser las características de la persona expuesta (edad, peso, tipo de alimentación, estado de salud, estilo de vida, etc.), el tipo de compuesto, el tiempo de exposición, dosis de exposición, vías de exposición (contacto dérmico, ingestión e inhalación). También todos los compuestos inorgánicos actúan en el organismo de la misma forma una vez que han sido absorbidos, además de que por lo general son poco solubles. Es por ello que su toxicidad es relativamente escasa comparada con la de los compuestos orgánicos, los cuales difieren de los primeros en cuanto a su absorción, adsorción y distribución en el organismo.

Los resultados arrojados por las investigaciones también incluyen las alteraciones en el cuerpo humano en función de la duración de la exposición y del tipo de compuesto de plomo, además que su característica de acumulación incrementa el riesgo para la salud.

No se conoce aún una función biológica de este elemento en el ser humano y se ha detectado que los segmentos de la población más vulnerables a la exposición al plomo son los niños menores de 6 años y fetos.

De manera general se puede clasificar los tipos de intoxicación en dos clases:

### **2.2.2.1. Intoxicación Aguda**

Esta se define como “los efectos adversos totales producidos por una sustancia (en este caso el plomo) cuando se administra en dosis única o en dosis múltiples a lo largo de un período de 96 horas o menos”. Es la menos frecuente, generalmente es accidental y suele resultar de la inhalación de partículas de óxidos de plomo. Al principio se presenta un estado de anorexia con síntomas de dispepsia y estreñimiento y después un ataque de dolor abdominal generalizado, además de diarrea, sabor metálico en la boca, náuseas, vómito, lasitud, insomnio y debilidad. Los síntomas incluyen dolor tipo cólico gastrointestinal.

La encefalopatía aguda debido al plomo es rara en los adultos, pero se cuenta con información sobre diversos casos en niños intoxicados con pedazos de pintura de casas viejas, principalmente en los Estados Unidos. Las formas más severas de la encefalopatía se desarrollan de repente con pérdida de la estatura corporal y se puede presentar coma o paro respiratorio.

### **2.2.2.2. Intoxicación Crónica**

La toxicidad crónica se define como “los efectos adversos totales producidos por un agente tóxico (en este caso el plomo), cuando se administran dosis con una exposición prolongada (mayor a 96 horas) de modo intermitente a lo largo de un período considerable de tiempo (generalmente tres meses o más)”. Se presenta generalmente por la adsorción de óxidos, carbonatos y otros compuestos solubles en agua a través del tracto digestivo. Otra vía de exposición es la inhalación como sucede en las fundiciones donde los trabajadores están expuestos a humos y polvos. Los síntomas asociados son pérdida de peso en niños, debilidad, anemia y déficit neuroconductual. En los adultos se manifiesta como problemas gastrointestinales.

De acuerdo Alvarez et al, 2006, sobre el Manejo Ambientalmente Responsable del Plomo, los límites de exposición ocupacional de distintos compuestos de plomos por algunos organismos internacionales reguladores de la exposición a agentes químicos, oscilan entre los 0,001 mg/m<sup>3</sup> hasta los 0,015 mg/m<sup>3</sup>, y el TEP se encuentra entre los valores con menor nivel de exposición máxima permitida.

### **2.2.3.- Técnicas de Valoración de Riesgos:**

#### **2.2.3.1.- Asociados a Químicos/Materiales**

El riesgo es la probabilidad de daño, enfermedad o muerte bajo circunstancias específicas. Cuando la severidad del daño ocasionado se puede medir, podemos establecer que el riesgo será entonces la probabilidad de que el daño ocurra, multiplicada por la severidad del daño ocasionado (como el número de días de incapacidad de un empleado), pero es mucho más frecuente que las consecuencias del riesgo no se puedan cuantificar (como la muerte o el cáncer) y así, el riesgo se calcula entonces solo como la probabilidad de que el evento suceda.

Cuantitativamente, el nivel de riesgo se expresa desde valores de cero (certidumbre de que no habrá daño) a uno (certidumbre de que sí habrá daño), o puede describirse cualitativamente como “alto”, “bajo” o “insignificante”.

Muchos riesgos son conocidos con un grado de exactitud relativamente alto, pues se ha reunido información sobre su ocurrencia histórica (por ejemplo, el riesgo por muerte en accidentes domésticos, o en accidentes automovilísticos), pero los riesgos asociados con muchas otras actividades, entre ellas la exposición a sustancias, son muy difíciles de evaluar y cuantificar. Aunque existen datos sobre los riesgos por ciertos tipos de exposición a sustancias, estos se limitan a los casos en los cuales hubo una exposición muy alta que arrojó resultados observables inmediatamente; en el caso de la exposición a

niveles en los cuales no se causa daño o enfermedad inmediatamente observable, la evaluación de los riesgos asociados es mucho más compleja, si agregamos además el hecho de que no sea sólo una sustancia la que está involucrada en la exposición.

Para analizar el riesgo de una actividad o sustancia es necesario realizar entonces una Evaluación de Riesgo para la Salud en Sitios Contaminados por Plomo. Según la descripción del método realizada por Alvarez et al, 2006, la evaluación pretende definir el nivel de exposición al plomo, pero también busca analizar las rutas de la exposición. Se entiende por sitio al área o lugar contaminado por plomo. El tamaño de éste puede variar desde unos cuantos kilómetros (por ejemplo el área vecina a una fundidora), hasta decenas de kilómetros (una ciudad contaminada por la emisión de vehículos que utilicen gasolina con plomo). Esta Evaluación comprende tres etapas:

- 1) **Fase ambiental.** Incluye antecedentes del sitio, rutas y vías de exposición y contaminación ambiental
- 2) **Fase biológica.** Comprende los biomarcadores de exposición, biomarcadores nutricionales, caracterización del riesgo en la salud y definición de riesgo
- 3) **Fase concluyente.** Compendia las conclusiones generales, las recomendaciones y la comunicación de riesgo.

De manera resumida, se enumeran las etapas de cada una de las fases:

**Tabla 1.** Resumen de las fases a ser desarrolladas en una evaluación toxicológica de manejo de compuesto de plomo

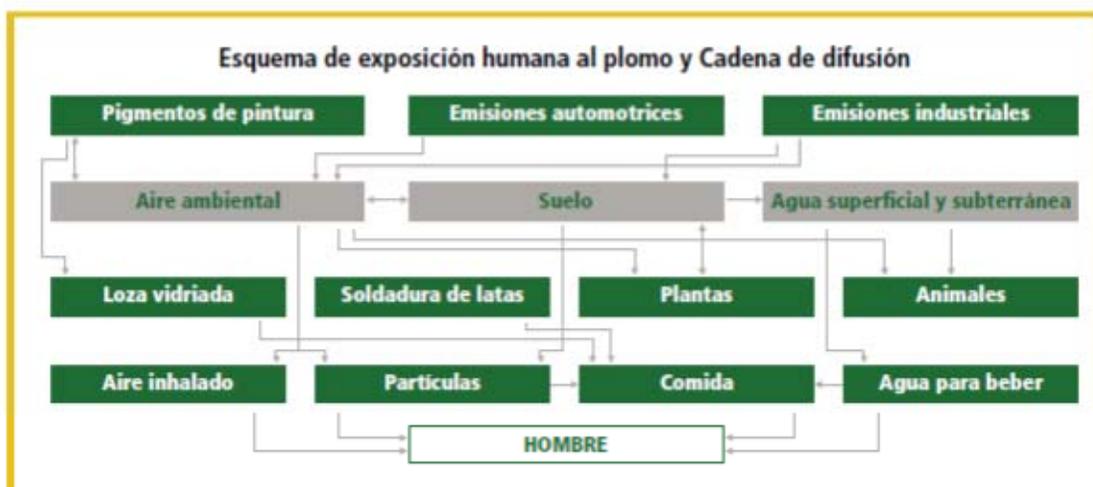
Fase	Puntos de Atención
Fase Ambiental	Antecedentes del sitio Rutas de Exposición Punto de Exposición Vía de Exposición Contaminación Ambiental
Fase Biológica	Biomarcadores de Exposición Biomarcadores Nutricionales Características del riesgo en Salud
Fase concluyente	Determinación de la relación Causa Efecto entre ambas fases

Para el desarrollo de la fase ambiental, el siguiente cuadro ofrece aportes significativos acerca del comportamiento de los compuestos de plomo, en especial del Tetraetilo de Plomo (TEP) en los distintos componentes abióticos (ob. cit.):

**Tabla 2.** Movilidad de algunos compuestos de plomo en distintos componentes abióticos ambientales

		MEDIO AMBIENTE		
		SUELO	AGUA	AIRE
Tetraetilo de plomo		Se espera que tenga poca movilidad en los suelos	El tetraetilo de plomo al ser liberado en aguas se adsorbe a lo sólidos suspendidos y otra parte se volatiliza	Al ser liberado a la atmósfera, se degrada por la acción con radicales hidroxilo producidos fotoquímicamente. La vida media para esta reacción es de 6,3 horas.

De igual forma, para el caso de las rutas de exposición, se presenta el siguiente esquema que representa el mecanismo del plomo para tener contacto con el hombre:



**Figura 2.** Esquema de exposición humana al plomo y mecanismo de contacto con el hombre (Alvarez et al, 2006)

### **2.2.3.2.- Asociados a Daños Ambientales (Evaluación de Impacto Ambiental)**

La Evaluación o Estudio de Impacto Ambiental (EIA) puede definirse como la identificación y valoración de los impactos (efectos) potenciales de proyectos, planes, programas o acciones normativas a los componentes físico-químicos, bióticos, culturales y socioeconómicos del entorno. Según Canter, 1996, el propósito principal del proceso de EIA es animar a que se considere el medio ambiente en la planificación y toma de decisiones para, en definitiva, acabar definiendo actuaciones que sean más compatibles con el medio ambiente.

En un sistema ideal de EIA, (1) se aplicaría a todos aquellos proyectos que fuera previsible que tuviera un impacto ambiental significativo y trataría todos los impactos que previsiblemente fueran significativos; (2) compararía alternativas de los proyectos propuestos (incluyendo la posibilidad de no actuar), de las técnicas de gestión y de las medidas de corrección; (3) generaría un estudio de impacto en el que la importancia de los impactos probables y sus características específicas quedaran claros a expertos como a legos en la materia; (4) incluiría una amplia participación pública y procedimientos administrativos vinculantes de revisión; (5) es programado de tal manera que proporcionara información para la toma de decisiones; (6) con capacidad para ser obligatorio; y (7) incluiría procedimientos de seguimiento y control (ob. cit.)

En la práctica, se realizan dos tipos de Estudios de Impacto Ambiental: el llamado Screening (preliminar o amplio) y el llamado Scoping (específico o detallado), los cuales son términos ingleses que se han acuñado para ser utilizados en los procesos de EIA que se llevan a cabo en muchos países. Hay diferencias sutiles pero también significativas en cómo se utilizan en cada país. De hecho, estos términos son extensiones de la idea que representa establecer lo significativo que es un impacto, concepto que se ha descrito con anterioridad. Básicamente, si un promotor (persona interesada en realizar un proyecto) está desarrollando una actuación específica, entonces la preocupación básica inicial radica en la posible aplicación de las exigencias de la EIA.

El EIA tipo Screening trata sobre si se necesita o no un estudio de impacto ambiental para esa futura actuación. En muchos países, el informe sobre los impactos ambientales se denomina una <evaluación de impacto ambiental> (EIA) o una <evaluación ambiental> (EA). Así, el tema fundamental del que trata el screening es si se debe realizar un estudio de impacto ambiental completo (o una evaluación ambiental) o no.

El Scoping se centra principalmente en determinar los temas e impactos específicos que necesitan tratarse en el estudio integral de impacto ambiental. El Scoping se presenta normalmente después de que se ha tomado una decisión afirmativa sobre la necesidad de realizar un estudio de impacto integral, aunque también puede formar parte de las consideraciones que se hagan en el screening.

Para decidir si se debe realizar un estudio de impacto ambiental integral para una actuación determinada existen dos enfoques distintos:

- a) la aplicación de una clasificación en categorías basadas en los tipos o tamaños de los proyectos,
- b) la realización de un estudio preliminar.

#### **2.2.4.- Procesos de Disposición Final**

Inicialmente, los procesos de disposición final de los desechos generados y la limpieza de un sitio consistían en el traslado del material contaminado a otro lugar donde era confinado o se incineraba. Estas alternativas normalmente encuentran gran oposición en las comunidades cercanas a las instalaciones de recepción y cremación.

El desarrollo tecnológico en saneamiento ambiental, involucrando la disposición final de los desechos y la limpieza de sitios contaminados, se ha orientado hacia el diseño de

procesos físicos, químicos, biológicos o combinaciones de ellos que tengan las siguientes características, según Peña, 2001 :

- a) que transformen los tóxicos ambientales en sustancias menos peligrosas para el hombre ya sea porque se destruyan completamente, disminuya su toxicidad, disminuya su concentración en los medios que entran en contacto con las poblaciones humanas o éstos se modifiquen químicamente y el cambio introducido disminuya la probabilidad de que se produzcan exposiciones efectivas
- b) los riesgos para la salud durante el proceso de limpieza deben de ser tolerables
- c) los riesgos remanentes, después de terminada la restauración, deben ser iguales o menores que los establecidos en las metas de restauración.
- d) que la transformación se lleve a cabo en el sitio mismo donde se encuentran los tóxicos, de ser posible sin tener que desplazar, dentro del sitio, el medio contaminado (técnicas in situ).
- e) que logren la disminución o eliminación del peligro para la salud en tiempos y costos razonables.

Las tecnologías de disponibles para la disposición final de desechos se clasifican en dos grandes grupos:

1. Técnicas tradicionales o establecidas y
2. Técnicas innovadoras.

Las primeras son técnicas que fueron desarrolladas antes de 1980 y que ha sido probada su efectividad y de uso común a escala de campo. Como ejemplo de estas técnicas están la

inmovilización por vitrificación y cementación en instalaciones de confinamiento y la incineración de medios contaminados en hornos de cremación de residuos tóxicos.

Las segundas son técnicas propuestas más recientemente y que se pueden encontrar en diferentes etapas de desarrollo:

- etapa de concepto (idea, investigación, pruebas de laboratorio)
- tecnología incipiente (prueba a escala reducida)
- tecnología utilizable (estudio piloto, estudio de demostración, uso limitado a gran escala).

Entre las distintas alternativas contempladas para el proyecto y que existen en el país, destacan las siguientes:

#### **2.2.4.1.- Coprocesamiento Térmico**

Recibe esta denominación puesto que la combustión de los desechos se hace dentro de la unidad de producción de clinker (producto intermedio en la producción de cemento). La industria del cemento es una industria de alto consumo energético, en la que se utilizan varios tipos de combustibles tradicionales, siendo común el uso de ciertas fracciones de residuos como combustibles alternativos

El cemento es producido en un horno de alta temperatura a través de la calcinación de una mezcla de minerales compuesta básicamente por carbonato de calcio, óxido de silicio, óxido de aluminio y óxido de hierro, produciendo un producto intermedio denominado clinker que alcanza temperaturas en el entorno de 1450 °C. Esto favorece el uso de una multiplicidad de materiales combustionante para favorecer la combustión necesaria para la eliminación y mineralización de los materiales que se someten a la combustión. Esta tecnología disminuye sustancialmente el consumo energético, es de desarrollo más

reciente y por ende los hornos son de tecnología más moderna; adicionalmente se debe tener en cuenta que la emisión potencial de dioxinas y furanos es sustancialmente menor en los de vía seca, por lo cual sería la opción ambientalmente más adecuada (UNA, 2014)

#### **2.2.4.2.- Lavado Químico**

Es un procedimiento tipificado como extracción, los cuales se pueden realizar in situ o ex situ, que normalmente no degradan el tóxico, sino que los transfiere del medio contaminado a otro, donde puede ser destruido, utilizando cualquier de método químicos o biológico empleado, o bien puede incinerarse o confinarse. Normalmente la transferencia de un medio a otro va acompañada de una reducción considerable del volumen de material a tratar o confinar. En el caso de este tipo de lavado, se utilizan solventes orgánicos para realizar el retiro del tóxico presente en el material contaminado. El material contaminado se trata en recipientes en los que se agrega el disolvente orgánico y si el proceso es continuo entonces se agrega suficiente agua para que el material contaminado se pueda bombear. Después de dejar en contacto el material contaminado y el disolvente, durante el tiempo que sea necesario se procede a la separación de las distintas fases. Los tóxicos se distribuyen entre las distintas fases. Los compuestos orgánicos, como los bifenilos policlorados o el Tetraetilo de Plomo se encontrarán en la fase orgánica, los iones inorgánicos en la fase acuosa o en la fase sólida. La fase orgánica se puede tratar con otros disolventes, hasta que se tengan fracciones que se puedan tratar fácilmente, o se puedan volver a utilizar en los procesos de fabricación de donde provienen o en otros usos (Peña, 2001).

## **2.2.5.- Medidas de Supervisión**

### **2.2.5.1.- Supervisión Ambiental**

Los proyectos, planes o programas pueden requerir como parte de su ciclo de vida un programa global (o sectorial) de vigilancia ambiental post-estudio de impacto; además, la información obtenida debería ser utilizada en una gestión y en una toma de decisiones ambientalmente responsables. Con el término programa global de vigilancia se define un conjunto de actividades que proporcionan los datos químicos, físicos, geológicos, biológicos y otros de tipo ambiental, social o de salud requeridos por los gestores ambientales. Un programa sectorial de vigilancia puede incluir elementos relacionados con el medio físico (aire, agua superficial o subterránea, suelo y ruido), los rasgos biológicos (flora, fauna y hábitats), los recursos visuales, los impactos sociales y la salud humana. Los elementos necesarios deben ser seleccionados en función del tipo de proyecto, situación ambiental de partida, impactos previsible y objetivos de control.

Todo plan de Vigilancia o Supervisión debe estar conformado por un conjunto de medidas ambientales, las cuales establecen las acciones a seguir para garantizar que lo previsto en dicho plan pueda cumplirse a su cabalidad. Por lo tanto las medidas ambientales son pronósticos y determinación de la relevancia de los impactos tanto negativos como positivos, que sirven como guías para el establecimiento de medidas o acciones reconocidas o específicas, las cuales reducirán o evitarán que los impactos sean perjudiciales o favorables sobre el medio ambiente en donde se ejecutaran los proyectos.

El objetivo principal de la aplicación de este conjunto de medidas es permitir la reducción de los impactos negativos para así incrementar los positivos durante la ejecución del proyecto.

### **2.2.5.1.1.- Tipos de Medidas**

**Medidas Preventivas:** Son medidas que están destinadas a prevenir los impactos potenciales, siempre que sea posible. En algunos casos son medidas que van hacer designadas a los impactos del proyecto que alcanzan relevancia alta y media.

**Medidas Mitigantes:** Tiene como objetivo la de reducir o eliminar las repercusiones ambientales desfavorables del proyecto, y tiene como propósito la de asegurar el respeto de las exigencias de calidad del medio ambiente.

**Medidas Correctivas:** Estas medidas reparan algún daño ambiental, previo o posterior al inicio de cualquier proyecto.

**Medidas Compensatorias:** Estas medidas van a estar enfocadas a compensar las repercusiones residuales atribuibles a la ejecución del proyecto, esas repercusiones no pueden ser eliminadas ni tampoco razonables atenuadamente, aunque las repercusiones tomadas permanecerán, después de la aplicación de las medidas propuestas (Medidas Ambientales, 2012)

### **2.2.5.2.- Supervisión Ocupacional**

De acuerdo a los criterios y conceptos establecidos por la Organización Internacional del Trabajo (OIT), en su enciclopedia elaborada en 1998, las etapas clásicas de la práctica de la higiene ocupacional son las siguientes:

- identificación de posibles peligros para la salud en el medio ambiente de trabajo;
- evaluación de los peligros, un proceso que permite valorar la exposición y extraer conclusiones sobre el nivel de riesgo para la salud humana;

- prevención y control de riesgos, un proceso que consiste en desarrollar e implantar estrategias para eliminar o reducir a niveles aceptables la presencia de agentes y factores nocivos en el lugar de trabajo, teniendo también en cuenta la protección del medio ambiente.

El enfoque ideal de la prevención de riesgos es “una actuación preventiva anticipada e integrada”, que incluya:

- evaluación de los efectos sobre la salud de los trabajadores y del impacto ambiental, antes de diseñar e instalar, en su caso, un nuevo lugar de trabajo;
- selección de la tecnología más segura, menos peligrosa y menos contaminante (“producción más limpia”);
- emplazamiento adecuado desde el punto de vista ambiental;
- diseño adecuado, con una distribución y una tecnología de control apropiadas, que prevea un manejo y una evacuación seguros de los residuos y desechos resultantes;
- elaboración de directrices y normas para la formación del personal sobre el correcto funcionamiento de los procesos, métodos seguros de trabajo, mantenimiento y procedimientos de emergencia (ob. cit.)

#### **2.2.5.2.1.- Evaluación de la exposición**

El objetivo de la evaluación de la exposición es determinar la magnitud, frecuencia y duración de la exposición de los trabajadores a un agente.

El procedimiento más habitual para evaluar la exposición a contaminantes atmosféricos consiste en evaluar la exposición a la inhalación, para lo cual es preciso determinar la concentración atmosférica del agente a la que están expuestos los trabajadores (o, en el caso de las partículas suspendidas en el aire, la concentración atmosférica de la fracción relevante, p. ej., la “fracción respirable”) y la duración de la exposición.

La práctica de la higiene industrial se ocupa de tres tipos de situaciones:

- estudios iniciales para evaluar la exposición de los trabajadores;

- control/vigilancia de seguimiento:
- evaluación de la exposición para estudios epidemiológicos (ob. cit.)

#### **2.2.5.2.2.- Interpretación de los resultados**

El proceso de evaluación termina sólo cuando se interpretan los resultados de las mediciones a la vista de los datos (algunas veces llamados “datos sobre la evaluación de riesgos”) obtenidos de la toxicología experimental, estudios epidemiológicos y clínicos y, en algunos casos, ensayos clínicos. Debe aclararse que el término evaluación de riesgos se ha utilizado para hacer referencia a dos tipos de evaluaciones: la evaluación de la naturaleza y la magnitud del riesgo unido a la exposición a sustancias químicas y otros agentes, en general, y la evaluación del riesgo para determinado trabajador o para un grupo concreto de trabajadores en un lugar de trabajo específico.

#### **2.2.5.2.3.- Mediciones de control**

Las mediciones que tienen como finalidad investigar la presencia de agentes y las pautas de los parámetros de exposición en el medio ambiente de trabajo pueden ser extremadamente útiles para planificar y diseñar medidas de control y métodos de trabajo.

Los objetivos de estas mediciones son:

- identificar y caracterizar las fuentes contaminantes;
- localizar puntos críticos en recintos o sistemas cerrados (p. ej., fugas);
- determinar las vías de propagación en el medio ambiente de trabajo;
- comparar diferentes intervenciones de control;
- verificar que el polvo respirable se ha depositado junto con el polvo grueso visible, cuando se utilizan nebulizadores de agua;
- comprobar que el aire contaminado no procede de un área adyacente.

#### **2.2.5.2.4.- Control Biológico**

El control biológico es una de las tres herramientas importantes para la prevención de enfermedades debidas a agentes tóxicos en el medio ambiente general o en el medio ambiente de trabajo, siendo las otras dos el control ambiental y la vigilancia de la salud.

La secuencia en el posible desarrollo de estas enfermedades se puede representar esquemáticamente de la forma siguiente: exposición al agente químico —dosis interna— efecto bioquímico o celular (reversible) —efectos sobre la salud— enfermedad.

### 2.3.- BASES LEGALES

- Constitución de la Republica Bolivariana de Venezuela. Gaceta Oficial N° 36.860 del 30 de Diciembre de 1999. Establece en el capítulo IX los derechos ambientales que rigen en el país; específicamente en el artículo 129 el cual establece que Todas las actividades susceptibles de generar daños a los ecosistemas deben ser previamente acompañadas de estudios de impacto ambiental y socio cultural.
- Ley Orgánica del Ambiente. Gaceta Oficial Extraordinaria N° 5.833 del 22 de Diciembre de 2006. Tiene por objeto establecer las disposiciones y desarrollar los principios rectores para la gestión del ambiente en el marco del desarrollo sustentable como derecho y deber fundamental del Estado y la sociedad, para contribuir a la seguridad del Estado y al logro del máximo bienestar de la población y al sostenimiento del planeta en interés de la humanidad.
- Ley Orgánica de Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo. Gaceta Oficial N°38.236 del 26 de Julio de 2005. Tiene por objeto: establecer la instituciones, normas y lineamientos de las políticas, y los órganos y entes que permitan garantizar a los trabajadores y trabajadoras, condiciones de seguridad, salud y bienestar en un ambiente adecuado y propicio para el ejercicio pleno de sus facultades físicas y mentales.
- Ley del acuerdo del obligatorio cumplimiento en todo el territorio nacional del 2do Plan Socialista de Desarrollo Económico y Social de Nación 2013-2019. Gaceta Oficial Extraordinaria N° 6.118 del 4 de Diciembre de 2013. Este documento plantea en su quinto objetivo histórico “Contribuir con la preservación de la vida en el planeta y la salvación de la especie humana” un conjunto de acciones y lineamientos que delinear políticas a desarrollar por todos los organismos del estado venezolano, a fin de contribuir a las metas nacionales allí establecidas.

- Ley Penal del Ambiente. Gaceta Oficial Extraordinaria N° 39.913 del 02 de Mayo de 2012. Tiene por objeto tipificar como delitos los hechos atentatorios contra los recursos naturales y el ambiente e imponer las sanciones penales. Asimismo, determinar las medidas precautelativas de restitución y de reparación a que haya lugar y las disposiciones de carácter procesal derivadas de la especificidad de los asuntos ambientales.
- Ley de Sustancias, materiales y Desechos Peligrosos. Gaceta Oficial Extraordinaria N° 5.554 del 13 de Noviembre de 2001. Tiene por objeto regular la generación, uso, recolección, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de las sustancias, materiales y desechos peligrosos, así como cualquier otra operación que los involucre con el fin de proteger la salud y el ambiente.
- Reglamento de las Condiciones de Higiene y Seguridad en el Trabajo. Decreto 1564 del 31 de Diciembre de 1973. Instrumento legal que detalla las condiciones que deben tener los centros de trabajo o centros de explotación en los cuales existe una relación laboral entre un empleado y un empleador. En esta ley se definen condiciones y aspectos técnicos para el desarrollo de cualquier actividad o proceso de trabajo.
- Decreto 1257. Normas sobre Evaluación Ambiental de Actividades Susceptibles de Degradar el Ambiente. Gaceta Oficial N° 35.946 del 25 de Abril de 1996. Tiene por objeto establecer los procedimientos conforme a los cuales se realizará la evaluación ambiental de actividades susceptibles de degradar el ambiente. La evaluación ambiental se cumplirá como parte del proceso de toma de decisiones durante la formulación de planes, programas y proyectos, a los fines de la incorporación de la variable ambiental en todas sus etapas.

- Decreto 2635 Normas para el Control de la Recuperación de los Materiales Peligrosos y Manejo de los Desechos Peligrosos. Gaceta Oficial Extraordinaria N°5.212 del 12 de Febrero de 1998. Tiene por objeto regular la recuperación de materiales y el manejo de desechos, cuando los mismos presenten características, composición o condiciones peligrosas representando una fuente de riesgo a la salud y al ambiente.
- Norma COVENIN 2239-1:1991. Materiales Inflamables y Combustibles. Almacenamiento y manipulación. Parte 1: Líquidos. Esta norma contempla los requisitos de seguridad que deben cumplir los recipientes y tanques externos con capacidades superiores a 227,1 L (60 gal), destinados a almacenar líquidos combustibles e inflamables, exceptuando aquellos que se mantengan en estado sólido a temperaturas iguales o mayores a 37,8 °C (100°F).

## **CAPITULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

Este documento técnico presenta el desarrollo de las acciones realizadas para la formulación de una propuesta de Manejo Ambiental de los Residuos contaminados con Tetraetilo de Plomo, provenientes de las instalaciones de almacenamiento de TEP en las instalaciones de la Refinería El Palito.

Como estas acciones están orientadas a brindar una respuestas de las funciones de ambientes, salud y seguridad industrial de la industria petrolera, el trabajo se encuentra enmarcado dentro de una investigación de tipo Proyecto Factible, según lo establecido por el Manual de Desarrollo de Trabajos de Grado, Especializaciones, Maestrías y Tesis Doctorales de la Universidad Pedagógica Experimental El Libertador (UPEL)(2006), la cual se define los proyectos factibles como: “un estudio que consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales”.

De igual forma, el proyecto presentado en este trabajo cumple con el esquema metodológico previsto para este tipo de investigación, los cuales incluyen:

- Diagnóstico de las necesidades, a través de una investigación de campo y/o documental
- Planteamiento y fundamentación teórica de la propuesta
- Análisis de su factibilidad
- Desarrollo de procedimientos metodológicos
- Desarrollo de actividades y recursos necesarios para su ejecución
- Conclusiones sobre la viabilidad del proyecto

De esta manera, en este capítulo se describe la metodología seguida para el logro de cada uno de los objetivos.

### **3.1. Realizar el diagnóstico de las condiciones actuales del Tanque de Almacenamiento de Tetraetilo de Plomo (TEP) dentro de las instalaciones de la REP.**

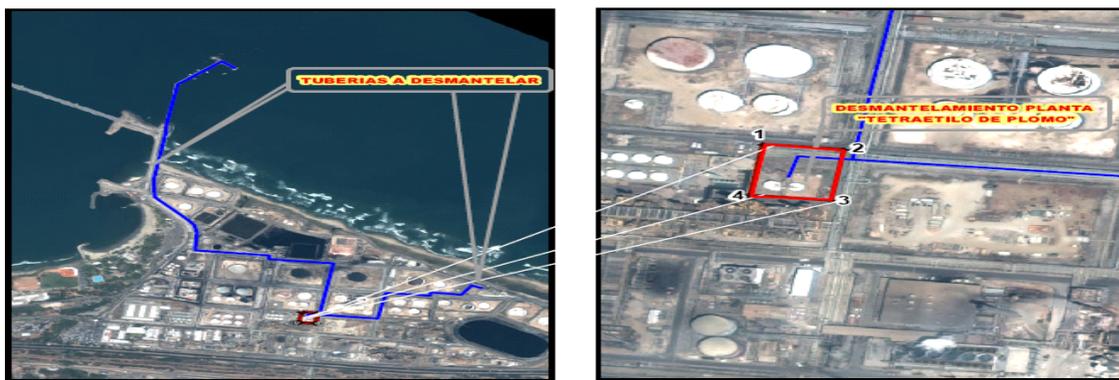
Para el desarrollo de ese objetivo, fue realizada de manera previa una planificación que orientara hacia la búsqueda de información necesaria que aportara las condiciones actuales del tanque, cuyos pasos fueron los siguientes:

- Información sobre las condiciones de proceso de recepción, almacenamiento y despacho del químico que imperaban durante la operatividad del tanque, con la finalidad de conocer el alcance de este sistema dentro del proceso de valorización de combustibles comerciales en el mercado nacional.
- Información sobre las condiciones de integridad mecánica actual de las instalaciones que serán sometidas al desmantelamiento.
- Información sobre la relación con los trabajadores durante su operatividad y actuales condiciones de resguardo y debilidades existentes al momento del desmantelamiento.
- Existencia de información relacionada con la afectación de los recursos así como de los medios físico naturales que rodean la instalación, en resumidas cuentas, información estadísticas acerca de incidentes y accidentes, así como manejo de desechos peligrosos generados por la limpieza de este tanque, reflejada en el sistema de gestión integral de riesgos de PDVSA.

De esta manera, se procedió a la revisión de los documentos detectados sobre el proceso operativo, procedimiento de trabajo, registros referentes a los mecanismos y estrategias

de trabajo, información técnica de sobre evaluación de riesgos, condiciones de las instalaciones, ordenes de reparación, reemplazos, proyectos ejecutados, así como cualquier otra información que durante la búsqueda el autor pudiera considerar relevante para conocer el proceso.

Toda esta información descrita y encontrada a nivel documental fue verificada en sitio a través de una serie de inspecciones de campo, verificando que toda la estructura involucrada, líneas, instrumentos, equipos y otros existieran y las condiciones actuales que presentaban. La figura 3 muestra la zona de las instalaciones de la Refinería que fueron inspeccionadas para la verificación en sitio.



**Figura 3.** Representación del sistema de almacenamiento y dosificación de TEP utilizado en la Refinería El Palito

Un aspecto relevante en la literatura consultada es el mecanismo de dosificación suministrada a los combustibles, ya que fue la etapa principal del mecanismo, por lo que se inspeccionó con detalle en el sitio las condiciones de las instalaciones del dosificador. Toda la información técnica sobre su funcionamiento no se pudo verificar de manera operativa debido a las condiciones actuales del sistema (fuera de servicio), por lo que se revisó sólo a nivel documental de los manuales técnicos y procedimientos operacionales, pero si se pudo constatar en campo la existencia de toda la información descrita.



**Figura 4.** Condición actual del sistema de dosificación de TEP utilizado en la REP

Para la verificación de la estructura de los tanques, igualmente se siguió la estrategia de hacer una revisión documental sobre los mecanismos de construcción, las normas seguidas para su construcción, los cambios que realizaron de los cuales se encontrara algún registro en los archivos de control de estructuras de la Refinería El Palito, así como los planos existentes del mismo. Durante la inspección de campo, se pudieron verificar tanto lo mencionado en los planos, los registros, los documentos técnicos, y se constató las condiciones actuales de las instalaciones. Dichas condiciones pueden verse en la figura 5, las cuales muestran las evidencias de las inspecciones de campo realizadas.



**Figura 5.** Aspectos de los Tanques de almacenamiento de TEP en las instalaciones de la REP

En vista que los hallazgos documentales fueron extensos, la cantidad de visitas realizadas no fueron previamente definidas debido a que fue necesario verificar la veracidad de la información y la congruencia de la misma, sin embargo de cada visita se tuvo definido su alcance, de acuerdo a los puntos que se debían validar, acorde a la siguiente estrategia:

1. Verificación de las condiciones de ingreso de las instalaciones
2. Verificación de los aspectos instrumentales externos al dique de contención de los tanques
3. Verificación de los tanques de almacenamiento, condiciones del dique y sus instrumentos de control y campo instalados, así como visualización de las condiciones actuales
4. Verificación de las tuberías alrededor del sistema de almacenamiento

A medida que se realizaba una inspección fue encontrada más información que fue necesario verificar en los planos y planificar una nueva visita, por lo que esta condición se mantuvo hasta que se logró validar la totalidad de la información existente a nivel documental y de planos. Esta posibilidad de realizar inspecciones constantes se debía a la cercanía de las instalaciones, y la facilidad en el acceso, aunado a esto, en cada visita fue posible conversar con personal que laboraba en estos tanques que aún permanece en la

organización, razón por la cual era necesario realizar nuevas visitas e inspecciones de campo.

La figura 6 y 7 muestran las condiciones encontradas en los tanques y sus predios durante las inspecciones.



**Figura 6.** Condiciones de las bases de concreto construidas para los tanques de TEP



**Figura 7.** Condiciones actuales del sistema de Tanques de Almacenamiento de TEP

De manera resumida, los equipos verificados que conforman el sistema de almacenamiento de TEP en la Refinería el Palito, se presenta en la tabla 3.

**Tabla 3.** Listado de equipos, instrumentos y líneas asociadas al sistema de almacenamiento de TEP en las instalación de la Refinería El Palito

ZONA DEL SISTEMA	EQUIPOS/INSTALACIONES ASOCIADOS
Descarga de Contaminante	Línea de 2" de descarga de TEP desde el muelle hasta el sistema de tanque (longitud 4 km) Sistema de bombas, válvulas y bridas asociadas a esta línea Líneas de diferentes niveles para garantizar el menor impacto a las instalaciones
Almacenamiento de Contaminante	Techos de tanques, Paredes de tanques Planchas fondos de tanques Depurador de Kerosene, Bombas asociadas a la movilización del producto Bridas, Soportes metálicos externos Elementos estructurales de tanques (externos) Fundaciones de tanques y diques Instalaciones eléctricas y electrónicas Instrumentos de campo: indicadores de presión, detector de nivel, termopozo, indicador de temperatura, válvula de alivio, medidores de flujo Válvulas de control Caja de conexión de instrumentos
Dosificación de Contaminante	Líneas asociadas al dosificador, Válvulas de control Instrumentos de campo: Indicadores de presión Tambor de aire
Incorporación de Contaminante	Líneas asociadas hacia los tanques de gasolina

Durante cada visita realizada a las instalaciones, además de verificar la información detectada en los planos y en los documentos, se observaron los alrededores del área de los tanques, a través de la observación y entrevistas con las personas que laboraban en estas instalaciones, indagando sobre su función dentro de esas instalaciones adyacentes a los tanques de almacenamiento de TEP, para determinar de manera específica que estaban realizando estos trabajadores en esos lugares.

Luego de las inspecciones, fue necesario verificar los planos general de la Refinería El Palito, a fin de ubicar cada una de las instalaciones e identificarlas, sostener entrevistas con el departamento de planificación de producción de la Refinería El Palito instalaciones

a fin de conocer sobre la criticidad de estas para un proceso productivo y ante un eventual trabajo que implique el desmantelamiento de una instalación con material peligroso, así como la permanencia del personal de los alrededores y los requerimientos adicionales necesarios para el retiro de los materiales. De estas visitas e identificación de las instalaciones la figura muestra los hallazgos detectados en cuanto a las instalaciones.



**Figura 8.** Ubicación espacial de los tanques de TEP respecto a las demás instalaciones de la REP.

### **3.2. Identificar las características de peligrosidad del Tanque de Almacenamiento de Tetraetilo de Plomo en la REP**

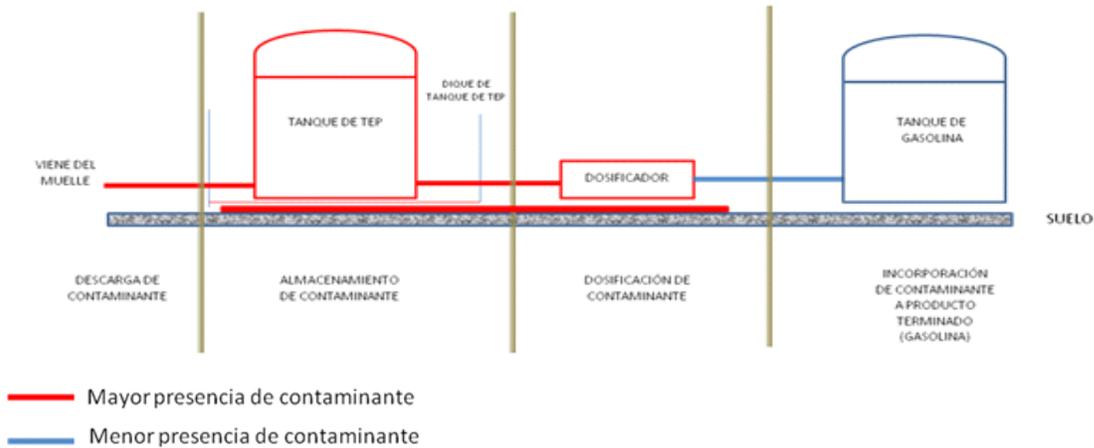
Para el logro de este objetivo, se tomó como punto de partida la información relevante y relacionada a la presencia de los compuestos químicos almacenados en los tanques de TEP, basándose igualmente en la documentación técnica existente, los planos y diagramas encontrados, los reportes encontrados de los departamentos de Inspección y Corrosión así como los reportes de las personas que laboraron en las instalaciones.

De esto se encontró principalmente que los compuestos químicos que fueron usados en estas instalaciones son Tetraetilo de Plomo concentrado, Lodos (fondo de tanque y mezcla de hidrocarburos con material suspendido) contaminados con TEP, Kerosene, glicerina grado industrial y gasolina. Una vez que fueron vaciados los tanques de almacenamiento y tuberías, así como realizados los procedimientos de retiro de materiales, se encontró que los tanques presentan una mezcla de todos esos compuestos en la zona imbombeable, según el último informe del departamento técnico, el cual se considera un desecho y se denomina Lodo Contaminado con TEP.

Como paso siguiente se ubicó información referente a la peligrosidad (al ambiente y a la salud) del Lodo contaminado con TEP en referencias nacionales, consultando el Decreto Nº 2635 de Control de Materiales y Sustancias Peligrosas, la ley de Sustancias, Materiales y Desechos Peligrosos y la Ley Orgánica de Prevención, Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo (LOPCYMAT). De esta revisión surgen tres criterios para considerar peligroso el Lodo y todo material en contacto, los cuales son:

- Plomo y sus compuestos, siendo tóxico en agua y por inhalación, ingestión y contacto, con una cantidad crítica superior a 5 kg
- Envases y tambores vacíos usados en el manejo de sustancias y materiales peligrosos
- Vertidos líquidos y lodos provenientes de la refinación del petróleo de los tanques de almacenamiento o de los procesos de tratamiento de los vertidos de los procesos de refinación primaria y secundaria.

Posteriormente a esto, se procedió a identificar aquellos materiales que hayan tenido contacto con los lodos de TEP o con TEP concentrado. Por lo que se inició con la elaboración de una representación esquemática para identificar las zonas que pudieran estar en contacto con este Lodo Contaminado con TEP, la cual se presenta en la figura 9.



**Figura 9.** Representación esquemática de las zonas que mantienen contacto con el Lodo contaminado con TEP

Luego, para cada zona se determinaron los equipos y accesorios que las conformaban y se estimaron las cantidades que presentaban contacto o no con el material con plomo. Como punto de partida se tomó la información reflejada en la tabla 3 de este mismo capítulo, y de manera detallada se cuantificaron por cada uno de los componentes del sistema de tanque, lo cual se presenta en la tabla 4.

En esa tabla se resume si cada uno de los componentes estuvo o no en contacto con lodos de TEP o TEP concentrado, la condición de contaminado o no, las unidades de medición, la cantidad estimada y el tipo de material. Para determinar la condición de contaminado o no se consideró si estuvo en contacto con el material peligroso, si mantuvo contacto se considera contaminado.

**Tabla 4.** Detalle de las cantidades de materiales generadas durante el proceso de desmantelamiento del sistema de tanque de TEP

ZONA DEL SISTEMA	EQUIPO ASOCIADO	CONTACTO CON TEP	CONDICIÓN	UNIDAD	CANTIDAD ESTIMADA	TIPO DE MATERIAL
Descarga de Contaminante	Línea de 2" de descarga de TEP desde el muelle hasta el sistema de tanque (longitud 4 km)	SI	CONTAMINADO	KG	30036,55	METALICO
Almacenamiento de Contaminante	Techos de tanques	SI	CONTAMINADO	KG	44000	METALICO
	Paredes de tanques	SI	CONTAMINADO			
	Planchas fondos de tanques	SI	CONTAMINADO			
	Depurador de Kerosene	SI	CONTAMINADO	KG	950	METALICO
	Bombas asociadas a la movilización del producto	SI	CONTAMINADO	KG	100	METALICO
	Bridas	SI	CONTAMINADO	KG	1103	METALICO
	Soportes metálicos externos	NO	NO CONTAMINADO	KG	2000	METALICO
	Elementos estructurales de tanques (externos)	NO	NO CONTAMINADO	KG	1450	METALICO
	Fundaciones de tanques	SI	CONTAMINADO	KG	424000	ESCOMBROS
	Fundaciones de diques	SI	CONTAMINADO			
	Instalaciones eléctricas	NO	NO CONTAMINADO	KG	250	DESECHOS ESPECIALES/ COMPONENTES ELECTRICOS Y ELECTRÓNICOS
	Paneles de alarmas	NO	NO CONTAMINADO			
	Cables eléctricos	NO	NO CONTAMINADO			
	Tableros de iluminación	NO	NO CONTAMINADO			
	Luminarias	NO	NO CONTAMINADO	KG	60	COMPONENTES ELÉCTRICOS
	Tuberías conduit (3/4")	NO	NO CONTAMINADO	KG	550	
	Indicador de presión	SI	CONTAMINADO	KG	12	METALICO
	Detector de nivel	SI	CONTAMINADO	KG	2,4	METALICO
	Detector de nivel tipo switch	SI	CONTAMINADO	KG	2,4	METALICO
	Termopozo	SI	CONTAMINADO	KG	2,4	METALICO
	Indicador de temperatura	SI	CONTAMINADO	KG	2,4	METALICO
	Valvula de alivio	SI	CONTAMINADO	KG	4,5	METALICO
	Medidores de flujo	SI	CONTAMINADO	KG	5	METALICO
Válvulas de control	SI	CONTAMINADO	KG	9	METALICO	
Caja de conexión de instrumentos	NO	NO CONTAMINADO	KG	20	METALICO	
Suelo impregnado de contaminante	SI	CONTAMINADO	M3	687,37	SUELO	
Dosificación de Contaminante	Líneas asociadas al dosificador (3/4")	SI	CONTAMINADO	KG	220	METALICO
	Válvulas de control	SI	CONTAMINADO	KG	9	METALICO
	Instrumentos de campo: Indicadores de presión	NO	NO CONTAMINADO	KG	4,8	METALICO
	Tambor de aire	NO	NO CONTAMINADO	KG	60	METALICO
	Suelo impregnado de contaminante	SI	CONTAMINADO	M3	556,96	SUELO
Incorporación de Contaminante	Elementos estructural asociado para el paso de las líneas	NO	NO CONTAMINADO	KG	250	METALICO
	Líneas asociadas hacia los tanques de gasolina (2")	SI	CONTAMINADO	KG	8160	METALICO

Posteriormente a esto, se agruparon por tipo de materiales y se totalizaron las cantidades, separando entre material metálico, no metálico, suelo, escombro y electrónico.

Luego, fue determinado el nivel de riesgo de aquellos materiales que se encontraban contaminados. Para esta fase del objetivo se realizó un análisis de riesgo cualitativo considerando aspectos fisicoquímicos del TEP concentrado en vista que la mayoría de los materiales estuvo en contacto fue con ese material. Se revisaron los parámetros fisicoquímicos como densidad, solubilidad, coeficiente de reparto, coeficiente de difusión y degradabilidad, con la finalidad de establecer conclusiones sobre la movilidad del TEP en los distintos recursos naturales en contacto, reactividad y toxicidad para el ambiente y las

personas. Con estos tres aspectos se establecerán los criterios de prevención para el manejo de los materiales y el nivel de riesgo asociado.

Todos esos datos requeridos fueron encontrados en las siguientes referencias bibliográficas:

- Handbook de Sustancias Químicas de la EPA
- Decreto 2635 sobre Control en el Manejo de Materiales, Sustancias y Desechos Peligrosos
- Lista Europea de Residuos
- Acto legal 40 CFR parte 261, como Desechos Peligrosos de Recursos Específicos (en inglés, Hazardous Wastes from Specific Sources)
- Hoja Informativa sobre sustancias peligrosas del Departamento de Salud de New Jersey. Referencia NISOH
- Norma COVENIN 2253. Concentración Máxima Permitida en Ambientes de trabajo

Estos datos fueron compilados y ordenados en hojas de cálculo, de manera que se permitiera correlacionar toda información conjunta sobre los parámetros mencionados, generando una tabla que permite asociar los factores de riesgos de cada una de las corrientes de desechos generados. Todos los datos utilizados se presentan en el anexo B, los cuales sirvieron de base e insumos para la presentación de los resultados.

Una vez determinada la peligrosidad de los desechos generados por los trabajos de desmantelamiento, se realizó el diagnóstico de las condiciones del suelo adyacente en la zona de almacenamiento de los tanques.

Para esto, se realizó la toma de muestra de lodos provenientes de los tanques almacenados en las instalaciones de la Refinería, considerando la dificultad de acceso dentro de estos bajo las actuales condiciones, y en dos puntos fuera de los predios del dique de contención, con la finalidad de verificar si existía migración de contaminante e infiltración de los fondos de tanques.

Para las muestras de suelo, estas se tomaron por el investigador en envases de vidrio, una cantidad mínima de 500 gramos, haciendo uso espátulas. Respetando las cadenas de custodias y las recomendaciones del laboratorio que iba a realizar el análisis, fueron enviadas a sus instalaciones para obtener los resultados. Los métodos de análisis aplicados fueron los establecidos por el manual analítico de la EPA SW-846 para la determinación de plomo.

Para el caso del lodo contaminado con TEP, se tomó una muestra por el mismo investigador, tomando las previsiones del uso de equipos de protección personal (mascaras respiratorias cara completa, bragas desechables y guantes de goma), e igualmente se tomaron 500 gramos y fueron enviados al mismo laboratorio. Para la elaboración de estos análisis se contó con el apoyo de la Gerencia de Ambiente de la Refinería a través de un servicio contratado con la empresa HidroLab Toro Consultores, certificado debidamente por la Autoridad Nacional Ambiental.

Los análisis tuvieron una duración de 15 días, y fueron recibidos para su verificación y análisis. Los resultados fueron contrastados con la normativa venezolana, en el caso del lodo está tipificado en el decreto N° 2635 para desechos peligrosos, sin embargo, esta presenta vacíos en cuanto al contenido de metales en suelos y en la caracterización de suelo contaminado. Por esta razón, se compararon los resultados con los estándares de suelo contaminado con la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, con sus siglas en Ingles), luego de comparar las normativas europeas, latinoamericanas y norteamericanas. Estos estándares descritos en el la EPA - Acto 350.72, son similares entre sí, por lo que se tomó como referencia.

Los resultados obtenidos de estos análisis de laboratorio se presentan en la tabla 5.

**Tabla 5.** Comparación de los resultados obtenidos de la caracterización de lodos petrolizados contaminados con TEP y el suelo de la instalación

<b>UBICACIÓN DE LA MEDICIÓN</b>	<b>VALORES OBTENIDOS (mg/kg)</b>	<b>VALOR DE REFERENCIA de TEP (mg/kg)*</b>
Fondos de tanque (lodos petrolizados contaminados con TEP) *1	1017	1000
PUNTO 1 (fuera del dique) *2	261	0,068
PUNTO 2 (fuera del dique)*2	239	0,068

\*1 Decreto 2635. Anexo C

\*2 Según niveles de referencia de la EPA - Acto 350.72, para suelos comerciales e industriales

### **3.3. Determinar el impacto socio-ambiental generado por la existencia del pasivo ambiental del tanque de Tetraetilo de Plomo dentro del centro refinador y sus adyacencias.**

Para este objetivo se realizó una Valoración Ambiental, con los aportes de los objetivos anteriores, determinando los efectos ambientales que la presencia de estos materiales de acuerdo a su condición generaba sobre el entorno inmediato.

En primer lugar fue definida las actividades a ser ejecutadas por el proyecto de Desmantelamiento de Tanques de TEP, con la estimación de tiempo a ser empleado en cada etapa. Esto se obtuvo de propuestas previas y actividades similares realizadas en otras instalaciones dentro del complejo refinador, por lo que el procedimiento seguido fue el siguiente:

- Despiece de tanques de almacenamiento, depurador de tanque de kerosene y bombas
- Descontaminación de las planchas que resulten del trabajo de despiece de los equipos mayores (los arriba mencionados)
- Desconexión y corte de tuberías desde el terminal marino, las que conforman el sistema de tanques y las que van hacia el mezclador de gasolinas
- Desmantelamiento y retiro de válvulas y bridas
- Retiro de los soportes, estructuras metálicas y plataformas con alto nivel de corrosión.
- Desconexión de los cables eléctricos de los paneles de control, y luminarias que conforman el sistema eléctrico del sistema de tanques
- Desmontaje de los instrumentos de campo y tuberías conduit
- Retiro de lodos contaminados con TEP, así como del suelo contaminado.
- Manejo adecuado de los desechos generados: envasado, identificación, almacenamiento temporal, carga, transporte, tratamiento y disposición final de estos, en los centros autorizados según su peligrosidad.

De acuerdo a la experiencia de las personas consultadas y entrevistadas, se elaboró un cronograma de ejecución, a fin establecer los tiempos de ejecución de cada etapa de los trabajos de desmantelamiento, estableciéndose un período previsto de un año para su ejecución.

Luego, basado en información previa perteneciente a las instalaciones de la Gerencia de Ambiente, se compiló el inventario ambiental elaborado por una empresa consultora. El resumen de la información compilada para esta investigación se presenta en el anexo C, sin embargo, la metodología descrita en estos trabajos consultados se basó en inspecciones de campo realizadas previamente, revisión bibliográfica y documentación e información disponibles por entes oficiales que manejan datos geográficos, meteorológicos, de vegetación, poblacionales, y demás requeridos en un estudio de línea base. Para la forma de presentación del material compilado, se siguió la metodología descrita en guía elaborada por J. Arboleda, 2001, según su libro de “Manual de Evaluación de Impactos Ambientales de Proyectos, Obras o Actividades”. En esta etapa fueron tabulados los distintos factores ambientales presentes, entre ellos: clima, Temperatura, Relieve, Hidrografía, aire, suelo, demografía, aspectos políticos y económicos. La tabla 6 resume los factores obtenidos de la investigación realizada.

**Tabla 6.** Identificación de los Factores Ambientales que están relacionados con el proyecto

<b>MEDIO</b>	<b>SISTEMA</b>	<b>COMPONENTE</b>	<b>FACTOR AMBIENTAL</b>
Natural	Biótico	Sistema que no se observa en una zona industrial claramente definida. La presencia de algún componente de este tipo, indica una desviación o fallas en las medidas implementadas	
	Abiótico	Clima	4. Viento 5. Precipitación 6. Humedad 7. Temperatura 8. Evaporación 9. Intensidad solar
		Geología	10. Capacidad Portante 11. Permeabilidad 12. Estabilidad
		Geomorfología	13. Formas topográficas (complejidad topográfica, desniveles) 14. Pendiente 15. Área de inundación 16. Focos y procesos erosivos
		Suelo	17. Propiedades físicas: textura, profundidad, drenaje, humedad 18. Propiedades químicas: concentración de Plomo 19. Usos actuales y potenciales
		Aire	20. Presencia de partículas 21. Presencia de gases y vapores 22. Presencia de olores
Social	Antrópico	Demográfico	23. Factores relacionados a la salud: presencia de enfermedades, vectores de transmisión, morbilidad y mortalidad 24. Número de habitantes (trabajadores) 25. Ocupación 26. Análisis de movimientos naturales y migratorios 27. Niveles de instrucción 28. Densidad poblacional
		Político	29. Relaciones de poder 30. Expectativas de la comunidad 31. Conflictos de intereses
		Económicos	32. Volúmenes, flujos e infraestructura de producción 33. Cobertura y calidad de los servicios públicos (comunes)

Para la continuación de la valoración ambiental, según lo descrito por J. Arboles (ob. cit), se elaboró una matriz que permitiera identificar los factores ambientales que serían impactados por cada actividad del procedimiento de desmantelamiento de los tanques de TEP. El autor realizó el diseño de la matriz que se muestra en la tabla 7.

**Tabla 7.** Matriz de identificación de componentes ambientales afectados por las actividades

MEDIOS/COMPONENTE	ABIOTICOS					SOCIAL			
	CLIMA	GEOLOGÍA	GEOMORFOLOGÍA	SUELOS	AIRE	AGUA (HIDROLOGÍA)	DEMOGRÁFICO	POLÍTICO	ECONOMICO
Despiece de tanques de almacenamiento, depurador de tanque de kerosene y bombas				X	X		X	X	X
Descontaminación de las planchas que resulten del trabajo de despiece de los equipos mayores (los arriba mencionados)				X	X	X	X	X	X
Desconexión y corte de tuberías desde el terminal marino, las que conforman el sistema de tanques y las que van hacia el mezclador de gasolinas				X			X	X	X
Desmantelamiento y retiro de válvulas y bridas				X			X	X	X
Retiro de los soportes, estructuras metálicas y plataformas con alto nivel de corrosión.				X			X	X	X
Desconexión de los cables eléctricos de los paneles de control, y luminarias que conforman el sistema eléctrico del sistema de tanques				X			X	X	X
Desmontaje de los instrumentos de campo y tuberías conduit				X			X	X	X
Retiro de lodos contaminados con TEP, así como del suelo contaminado.		X	X	X	X	X	X	X	X
Manejo adecuado de los desechos generados: envasado, identificación, almacenamiento temporal, carga, transporte, tratamiento y disposición final de estos, en los centros autorizados según su peligrosidad.		X	X	X	X	X	X	X	X

Con los insumos obtenidos en las matrices de las tablas 6 y 7, el investigador elabora una nueva matriz, acorde a la metodología mencionada, que tendría como entradas: las actividades del procedimiento de desmantelamiento en la parte izquierda, y en la parte superior los siguientes ítems: Aspectos Ambientales, Componentes Ambientales, Factores Ambientales Representativos de Impactos, Impactos Directos e Impactos Indirectos.

Para el llenado y conformación de esta matriz, se realizó en forma de equipo multidisciplinario bajo la modalidad de mesa de trabajo, liderada por el autor, la cual se escribía la información acorde surgía de la discusión y actividades de trabajo. La tabla 8 presenta la información obtenida como resultado de las reuniones de la mesa de trabajo.

Para la valoración de los impactos ambientales, se realizó siguiendo la metodología CONESA simplificada, cuyas actividades y criterios son descritas en el Anexo A. Los resultados de esta valoración de impactos se presentan en el capítulo de resultados.

**Tabla 8. Matriz de Identificación de Impactos Ambientales directos e indirectos**

ASPI	ASPECTO AMBIENTAL	COMPONENTE	FARI	IMPACTO DIRECTO	IMPACTO INDIRECTO
Despiece de tanques de almacenamiento, depurador de tanque de kerosene y bombas	Generación de Desechos sólidos (chatarra) metálicos Almacenamiento de chatarra metálica proveniente de los tanques Vaporización del contaminante impregnado en las planchas Aumento del número de trabajadores presentes en las instalaciones del tanque	SUELO AIRE DEMOGRAFICO	Uso del suelo Calidad del suelo Presencia de vapores Número de trabajadores en el área	Presencia de desechos Disminución del espacio del área de trabajo por acumulación de desechos Contaminación del suelo por Disposición de Desechos contaminados sobre el suelo Alteración de la calidad del aire para los trabajadores, por presencia de hidrocarburos Incremento del uso de los servicios comunes con las instalaciones permanentes	Molestias en las instalaciones vecinas por presencia de trabajadores
Descontaminación de las planchas que resulten del trabajo de despiece de los equipos mayores (los arriba mencionados)	Generación de Efluentes contaminado (solventes) producto de la limpieza de las planchas metálicas Acumulación de los efluentes para su tratamiento Aumento del número de trabajadores presentes para la ejecución de la obra	AGUA AIRE AGUA DEMOGRAFICO	Volmen de Efluentes a generar Calidad del efluente a tratar/Concentración de metales pesados Calidad del aire/presencia de vapores Número de trabajadores en el área	Disposición de efluentes con contenido de metales pesados para ser tratados por PTE Alteración de la calidad del aire para los trabajadores por la presencia de hidrocarburos Incremento del uso de los servicios comunes con las instalaciones permanentes	Disminución del espacio de trabajo por la instalación de facilidades para la acumulación de efluentes Molestias en las instalaciones vecinas por presencia de trabajadores
Desconexión y corte de tuberías desde el terminal marino, las que conforman el sistema de tanques y las que van hacia el mezclador de gasolinas	Generación de chatarra contaminada Aumento del número de trabajadores que ejecutan la obra	SUELO DEMOGRAFICO	Uso del suelo Calidad del suelo Número de trabajadores en el área	Presencia de desechos en el área de trabajo Disminución del espacio del área de trabajo por acumulación de desechos Incremento del uso de los servicios comunes con las instalaciones permanentes	Molestias en las instalaciones vecinas por presencia de trabajadores
Desmantelamiento y retiro de válvulas y bridas	Generación de chatarra no contaminada Aumento del número de trabajadores que ejecutan la obra	SUELO DEMOGRAFICO	Uso del suelo Calidad del suelo Número de trabajadores en el área	Presencia de desechos en el área de trabajo Disminución del espacio del área de trabajo por acumulación de desechos Incremento del uso de los servicios comunes con las instalaciones permanentes	Molestias en las instalaciones vecinas por presencia de trabajadores
Retiro de los soportes, estructuras metálicas y plataformas con alto nivel de corrosión.	Generación de chatarra contaminada Generación de escombros contaminados Generación de escombros no contaminados Aumento del número de trabajadores que ejecutan la obra	SUELO DEMOGRAFICO	Uso del suelo Calidad del suelo Número de trabajadores en el área	Presencia de desechos Contaminación del suelo, por disposición de los desechos contaminados sin protección debida Alteración de la calidad del aire para los trabajadores por la presencia de hidrocarburos Incremento del uso de los servicios comunes con las instalaciones permanentes	Molestias en las instalaciones vecinas por presencia de trabajadores
Desconexión de los cables eléctricos de los paneles de control, y luminarias que conforman el sistema eléctrico del sistema de tanques	Generación de chatarra no contaminada Aumento del número de trabajadores que ejecutan la obra	SUELO DEMOGRAFICO	Uso del suelo Calidad del suelo Número de trabajadores en el área	Presencia de desechos Disminución del espacio del área de trabajo por acumulación de desechos Incremento del uso de los servicios comunes con las instalaciones permanentes	Molestia en las instalaciones vecinas por presencia de trabajadores
Desmontaje de los instrumentos de campo y tuberías conduit	Generación de chatarra no contaminada Aumento del número de trabajadores que ejecutan la obra	SUELO DEMOGRAFICO	Uso del suelo Calidad del suelo Número de trabajadores en el área	Presencia de desechos Disminución del espacio del área de trabajo por acumulación de desechos Incremento del uso de los servicios comunes con las instalaciones permanentes	Molestia en las instalaciones vecinas por presencia de trabajadores
Retiro de lodos contaminados con TEP, así como del suelo contaminado.	Generación de desechos sólidos contaminados Remoción de suelo contaminado del fondo de los tanques Remoción de suelo de lados conexos a las instalaciones de los tanques	SUELO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO AIRE DEMOGRAFICO	Uso del suelo Composición del suelo/Metales pesados Capacidad portante Permeabilidad Forma topográfica Calidad del aire/presencia de vapores Número de trabajadores	Remoción de suelo contaminado Alteración de la estructura del suelo Alteración del drenaje del suelo hacia los sistemas de recepción de efluentes Alteración de la calidad del aire para los trabajadores por la presencia de hidrocarburos proveniente del suelo Incremento del tráfico por la presencia de maquinarias para el retiro del suelo contaminado Generación de desechos en el área de trabajo Disminución del espacio del área de trabajo por acumulación de desechos contaminados Contaminación del suelo por presencia de desechos contaminados	Molestia en las instalaciones vecinas por presencia de trabajadores Modificación en el uso original del suelo Presencia de drenajes con mayor incidencia y frecuencia sobre los canales abiertos de lluvia
Manejo adecuado de los desechos generados: envasado, identificación, almacenamiento temporal, carga, transporte, tratamiento y disposición final de estos, en los centros autorizados según su peligrosidad.	Almacenamiento de desechos peligrosos en el lugar de trabajo de desmontaje de los tanques de TEP Envasado de los desechos generados en las instalaciones Carga de los desechos peligrosos (sólidos y líquidos) en las unidades de transporte Transporte de los desechos peligrosos hacia los centros de manejo Tratamiento de los desechos peligrosos generados del desmantelamiento de los tanques de TEP en los centros de manejo Disposición final de los desechos no peligrosos generados del desmantelamiento de los tanques de TEP	SUELO AIRE AGUA DEMOGRAFICO ECONOMICO	Uso del suelo Calidad del suelo Calidad del aire Calidad del agua/Concentración de metales pesados Cantidad de efluentes generados Número de trabajadores Cobertura de servicio: vías de transporte Cobertura de servicio: uso de rellenos sanitarios para desechos no peligrosos	Generación de desechos pelirosos y contaminados Incremento de tránsito de vehículo en las adyacencias del área de trabajo motivado al retiro de desechos Alteración de la calidad del aire para los trabajadores por la presencia de hidrocarburos provenientes del suelo Contacto directo de los desechos con los trabajadores directos de la ejecución del proyecto Disminución del espacio del área de trabajo por acumulación de desechos contaminados Alteración de la calidad del aire en el entorno donde se realice el tratamiento y disposición final del desecho	Molestias en las instalaciones vecinas por presencia de trabajadores Molestias en las instalaciones vecinas por el exceso de tráfico que se pueda presentar por la movilización de desechos Alteración de la salud de los trabajadores directos del proyecto por el contacto directo de los desechos Incremento en el uso de los servicios públicos durante el traslado de los desechos hacia los centros de manejo

### **3.4. Definir las tecnologías más eficaces para disminuir la peligrosidad del tanque.**

Para el desarrollo de este objetivo se seleccionó la tecnología más adecuada disponible en el país para realizar la estructuración de la estrategia ambiental para el saneamiento de las zonas impactadas y el manejo de los desechos peligrosos generados por los trabajos de desmantelamiento de las instalaciones de TEP.

Por lo tanto fue realizada una revisión bibliográfica y una búsqueda de experiencias anteriores en la industria petrolera para el desmantelamiento de tanques de almacenamiento de TEP, productos provenientes del procesamiento de hidrocarburos o el manejo de desechos peligrosos contaminado con TEP o alguno de los desecho propios de la industria petrolera. De igual forma, se realizó la búsqueda de estrategias de saneamiento de áreas impactadas por actividades de la industria petrolera o áreas impactadas por contaminación con compuestos de Plomo.

De esta revisión, fueron detectados tecnologías que se utilizan en Venezuela, así como personalidades jurídicas, públicas o privadas, que se encuentran operativas para someterlas a la verificación de su funcionamiento así como su capacidad de recepción de este tipo de materiales y sus condiciones de recepción, así como la revisión de la permisología asociada y vigente emitida por la Autoridad Nacional Ambiental.

La búsqueda de información fue realizada por el autor, y fue sometida a consulta con los expertos en el área de manejo de desechos peligrosos provenientes de PDVSA – INTEVEP, así como a trabajadores del departamento técnico de la Refinería El Palito, a través del desarrollo de mesas de trabajos lideradas por el autor, donde fueron tratados los productos de la búsqueda de información. En esta mesa de trabajo, fueron abordados todos los hallazgos mencionados por cada corriente de desecho y sus tecnologías disponibles, obteniendo como resultado parcial un listado de tecnologías más viables para

cada una de las corrientes de desechos contaminadas por compuestos de plomo, tal como se presenta en la tabla 9.

**Tabla 9.** Resultados de la tormenta de ideas para las técnicas de Tratamiento y Disposición Final de los Desechos Peligrosos.

Corriente de Desechos	Propuesta de Tratamiento y/o Disposición final
Metálico Contaminado	Limpieza de Superficie (agua, solvente,arena)/Recuperación del Material
Metálico No Contaminado	Recuperación del Material
Escombros Contaminados	Recuperación del Material, Coprocesamiento, solidificación/encapsulamiento
Eléctricos y Electrónicos	Recuperación del Material
Suelo Contaminado	Coprocesamiento, Fitorremediación, Solidificación/encapsulamiento

Como recomendación de la mesa de trabajo, se realizó una matriz de evaluación para cada una de las tecnologías alternativas presentadas para las corrientes de desechos contaminadas con TEP, a través de la definición de unos criterios con los cuales se pudieran considerar aspectos relevantes como disponibilidad de la tecnología en Venezuela, facilidades logísticas para la implementación y operatividad del proceso de tratamiento, consumo de insumos y recursos, disponibilidad de personal técnico especializado para la operatividad del servicio, afectación a otros recursos naturales, uso de tecnologías o procesos complementarios, entre otras consideraciones. La matriz preparada tiene como entradas de un lado los criterios establecidos y las tecnologías a ser evaluadas.

Los criterios fueron diseñados por el investigador, tomando en consideración los aportes de la mesa de trabajo, entre los cuales se tienen:

- Se utiliza la tecnología en Venezuela
- Se dispone de forma propia de la tecnología en Venezuela
- Existe la facilidad de obtención de los recursos para la técnica

- Se cuenta con la permisología válida por la autoridad nacional ambiental
- La técnica de tratamiento y/o disposición final se ejecuta en corto tiempo
- La técnica genera de residuos
- Es necesario de una técnica complementaria para realizar el tratamiento y disposición final
- Es bajo el consumo de insumos y materiales por la técnica
- Los costos de los insumos y materiales de la técnica son elevados
- Existe tratabilidad para los residuos que se generan por la aplicación de la técnica
- La movilización de los materiales tratados es fácil de realizar
- La técnica genera afectación a otros recursos naturales
- Existe personal o empresa especializada para que realice esta técnica
- Las empresas que realizan la técnica tienen equipos propios
- La técnica empleada requiere espacio para su aplicación
- Aplicación de la técnica genera problemas para los trabajadores y el entorno

Estos criterios fueron valorados en la matriz diseñada, asignando valores entre 1 – 5, siendo “1” la condición más desfavorable y “5” la condición más favorable para el tratamiento y disposición final de las corrientes de desechos contaminados con plomo. Adicionalmente, se introdujo una columna de valoración cualitativa para justificar el valor asignado por cada criterio definido, la característica encontrada en cada tecnología prevista para cada ítem evaluado. Las matrices elaboradas con la evaluación de cada uno de los criterios para las corrientes de desechos se presentan en el anexo D.

### **3.5. Elaborar la propuesta para el manejo ambiental y ocupacional de los desechos con contenido de plomo durante el desmantelamiento del tanque.**

Para esta fase se consideró los avances de la investigación hasta los momentos, partiendo de los impactos directos e indirectos obtenidos, la valoración resultantes de estos, y la prioridad definida en la metodología aplicada, fueron definidos los lineamientos para el plan de del manejo ambiental y ocupacional de las actividades de desmantelamiento de las instalaciones con TEP, con especial énfasis en el manejo de los desechos con contenido de plomo y la prevención en el contacto de los vapores de TEP por inhalación durante la ejecución de las actividades.

Para el desarrollo de los procedimientos a ser aplicados, fueron revisados planes de manejo ambiental y ocupacional de actividades similares, así como las normativas correspondientes para levantar una serie de premisas para el desarrollo de programas específicos de control ambiental y ocupacional. Igualmente se consultaron normas nacionales y referencias internacionales ya descrita a lo largo de la investigación (decretos técnicos ambientales, planes anteriores disponibles en la web, normas COVENIN, legislación ambiental y ocupacional venezolana, normativas EPA, normativas europeas).

Los procedimientos desarrollados se presentan en el anexo E.

**3.6. Realizar pruebas funcionales a escala de laboratorio para el tratamiento de los desechos generados por el desmantelamiento del tanque de TEP con las tecnologías definidas.**

Con esta etapa se verificó las alternativas identificadas anteriormente, y su rendimiento bajo condiciones de escala laboratorio. Se realizaron ensayos para las técnicas de lavado con solvente para la remoción de sustancias con plomo, técnica de lavado con arena (sílice) para la remoción de sustancias con plomo y el Coprocesamiento.

En el caso de las técnicas de lavado, fueron utilizados los siguientes materiales e insumos para la realización de las pruebas:

- Placas metálicas de 2x2 cm, del mismo material de construcción de los tanques en la Refinería El Palito
- Muestra de lodo contaminado con TEP
- Solvente (Gasolina de 91 Octanos)
- Arena de sílice, la utilizada para los lavados con chorro de arena
- Pinzas, envases plásticos de 500 mL
- Equipos de Protección Personal: Guantes de goma, bragas, máscaras respiratoria, lentes antisalpicadura
- Balanza

Se utilizaron una cantidad total de 6 placas metálicas. Dos de ellas se dejaron como referencia para la verificación de la eficiencia de los trabajos de limpieza y posteriores análisis de laboratorio. Dos placas fueron sometidas a lavado de solvente y las otras a lavado por remoción con arena.

Para la preparación de las muestras se siguieron los siguientes pasos:

Paso	Imagen	Descripción
1		<p>Se prepararon las placas a ser utilizadas, en total se prepararon 6 placas, donde se muestran las condiciones iniciales de las placas</p>
2		<p>Se sumergen 4 placas en el lodo contaminado con TEP. Se toma con una pinza y se impregna de lodo las placas. Las otras 2 placas restantes se guardan como patrones y verificación de condiciones iniciales</p>
3		<p>Se presentan las placas impregnadas con el lodo en su totalidad para luego someterlas al lavado</p>

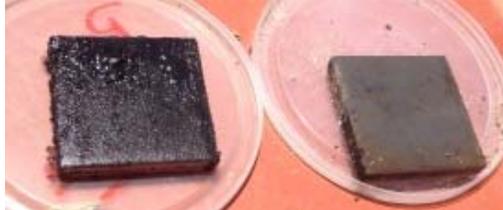
Para el lavado con el solvente, fueron realizados los siguientes pasos:

Pasos	Imagen	Descripción
1		Se llena de solvente hasta un 75% de la capacidad del envase
2		Se sumerge la placa contaminada, y se deja en reposo, simulando la acción a seguir, esperando que por disolución del lodo en el solvente se remueva el contaminante
3		Se realiza una leve agitación de la placa a fin de acelerar el proceso.
4		Se verifica la condición final del solvente y la placa. Se retira la placa momentáneamente a fin de verificar el avance del lavado y retiro del contaminante. Se agrega una cantidad adicional de solvente a fin de acelerar el proceso de lavado, hasta llegar a un 85% de la capacidad del envase.
5	<p data-bbox="331 1556 1385 1625">Se obtendría como condición final del lavado, la placa con menor contenido de lodo y el solvente mezclado con el lodo contaminado con plomo</p> 	

El proceso descrito anteriormente se realizó dos veces, a fin de garantizar el retiro de la mayor cantidad de lodo contaminado con plomo impregnado en la placa. Se detuvo el lavado cuando se observaba visiblemente que no se disolvía más lodo en el solvente.

Para el lavado con arena, la etapa preparatoria de las placas es la misma, y el proceso de lavado se realizó como a continuación se describe:

Paso	Imagen	Descripción
1		Se agrega la arena sobre la placa contaminada
2		Se cubre completamente el lodo contaminado sobre la placa
3		Se arrastra la arena con el lodo sobre la placa, hasta limpiarla. Se debe retirar con presión para retirar la mayor cantidad de lodo presente sobre la placa, y simular un lavado de chorro de arena.
4		Se repite el proceso tantas veces sea necesario hasta retirar completamente el lodo que cubre la placa, simulando el arrastre de la arena

5		El proceso se debe repetir hasta retirar la mayor cantidad de lodo que cubre la placa
6	Aquí se presenta las condiciones iniciales de la placa antes del lavado con arena y luego del lavado	

Igualmente, el proceso fue realizado tantas veces fue necesario para lograr obtener las condiciones finales de la placa.

Posteriormente, se procedió a cuantificar la cantidad de insumos y las concentraciones de plomo en cada uno de los materiales involucrados en las pruebas, y con esto se determinó el rendimiento de cada uno de los tratamientos aplicados.

Se realizaron pruebas sobre las placas lavadas, el solvente y la arena utilizada, así como a las placas contaminadas, al lodo contaminado con TEP. Se realizaron los ensayos de plomo inorgánico, plomo orgánico, plomo total, aceites y grasas y porcentaje de humedad. De igual forma se obtuvieron las masas de las placas, del solvente y de la arena utilizada en el lavado.

Estos ensayos fueron realizados a través de un servicio contratado por la Gerencia de Ambiente de la Refinería El Palito, a través de un laboratorio externo, haciendo uso de los métodos analíticos descrito en las normas de la EPA SW-846, sobre métodos de análisis para desechos sólidos.

De las primeras pruebas que se realizaron, se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 10.** Resultados de los valores Fisicoquímicos de las distintas muestras

Muestras estudiadas/Parámetros		Pb Inorgánico (ppm)	Pb Orgánico (ppm)	PbTotal (ppm)	AyG (%)	Humedad %
Muestra 1	Lodo con TEP	59,70	55,70	115,40	2,00	29,00
Muestra 2	Solvente con TEP	0,49	0,73	1,22	18,00	75,00
Muestra 3	Placa contaminada con TEP	59,70	55,70	115,40	15,00	10,00
Muestra 4	Placa Lavada con Solvente	15655,00	191,00	15846,00	9,00	0,20
Muestra 5	Placa Lavada con arena	54,00	33,00	87,00	7,00	14,00
Muestra 6	Arena de Lavado (silice)	1,40	3,40	4,80	0,10	2,00

Se realizó la discriminación del plomo para los análisis considerando que el material contaminante es de origen orgánico, por lo que sólo será removido el plomo asociado al lodo a través de las técnicas empleadas, evitando así las interferencias con el plomo propio de las placas, que es de origen inorgánico.

De esta manera, se reporta el porcentaje de remoción de plomo orgánico para cada técnica los siguientes valores:

**Tabla 11.** Porcentajes de Remoción del material contaminante de la superficie metálica

Técnica/Muestra		Conc Inicial (ppm)	Conc Final (ppm)	%remoción	ppm retirado
TECNICA 1	LAVADO CON SOLVENTE	55,7	191	-242,91	-135,3
TECNICA 2	LAVADO CON ARENA	55,7	33	40,75	22,7

Para establecer el rendimiento en el consumo de materiales (solvente y arena) fue necesario pesar las placas metálicas, la cantidad de solvente utilizado y la cantidad de arena utilizada.

Para determinar la masa de las placas metálicas, se colocó sobre la balanza uno de los envases de plásticos vacíos, se anotó su valor, y luego se colocó cada una de las placas dentro del envase sobre la balanza y se anotó el valor de la masa de cada una de las

placas con el envase. Luego por diferencia se obtuvo la masa de cada una de las placas metálicas, y se obtuvo el promedio de las masas de las placas metálicas no contaminadas.

El procedimiento se realizó colocando el envase ya que la superficie de pesado de la balanza es irregular, y se trató corregir esto utilizando el envase que presentó una superficie más uniforme. Los valores de estas operaciones se reflejan en la tabla 12.

**Tabla 12.** Valores de masa reportados de las placas utilizadas

Muestra Metálica	Masa con Envase (g ± 0,5)	Masa del Envase (g ± 0,5)	Masa de la Placa (g ± 0,5)
M1	350	150	200
M2	320	150	170
<u>Promedio</u>			<u>185</u>

Para determinar la cantidad de consumibles utilizados, se pesaron los envases llenos con solvente y arena, y como ya se tiene un valor referencial de la masa del envase, se realizó la diferencia entre los envases llenos con solvente y arena, y se obtuvo la masa de material utilizado en las técnicas de lavado de las placas metálicas. Estos valores registrados se presentan en la tabla 13.

**Tabla 13.** Cantidad de materiales consumibles utilizados para la aplicación de las técnicas

Material	Masa con el recipiente (g ± 0,5)	Masa del Envase (g ± 0,5)	Masa del Material (g ± 0,5)
Solvente	460	150	310
Arena	470	150	320

Con los datos tomados de manera directa, se establece la relación entre la cantidad de plomo retirado y la cantidad de insumo utilizado, haciendo una división simple entre ambos factores, de acuerdo a la siguiente ecuación.

$$\text{Insumo} = \frac{\text{Cantidad de Insumo}}{\text{ppm de Plomo}} \dots\dots\dots\text{(I)}$$

Donde:

Insumo: Cantidad de Insumo utilizado para retirar 1 ppm de contaminante de plomo (g/ppm)

Luego este valor se utiliza para establecer la cantidad de insumo necesario para retirar el plomo orgánico por unidad de material metálico tratado. Esto se determina de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{Rel - Metal} = \frac{\text{Insumo}}{\text{Masa de la pieza metálica a tratar}} \dots\dots\dots\text{(II)}$$

Donde:

Rel – Metal: Relación de insumo necesario para retirar 1 ppm de plomo por unidad de masa de material ferroso(g/ppm/kg de metal)

Luego se realiza el cambio de base de cálculo colocando la cantidad total de material ferroso contaminado estimada por el valor obtenido de Rel-Metal para cada insumo, y de esto se obtiene la cantidad total de cada insumo (arena y solvente) necesario para descontaminar 1 ppm de la chatarra total estimada a generar del desmantelamiento.

La cantidad total de insumo a ser utilizado para descontaminar 1 ppm de plomo en l material ferroso contaminado se multiplica por los precios unitarios (BsF/kg o BsF/L) de los insumos, y se obtiene el costo implicado para descontaminar 1 ppm de la chatarra contaminada del trabajo de desmantelamiento para el uso de cada uno de los insumos.

Un ejemplo de la aplicación de este procedimiento se presenta en el anexo F.

Para la disposición final y tratamiento del lodo petrolizados y material no ferroso contaminado con TEP, se realizó pruebas funcionales para la aplicación de la técnica del Coprocesamiento, por lo que se contactó con la empresa que la Gerencia de Ambiente de la Refinería El Palito usualmente realiza este tipo de servicio para materiales tipo catalizadores y resinas.

Se recolectó una muestra de este material en un envase adecuado, utilizado envases plástico de 500 mL, se recolectó un (1) kg aproximadamente, de acuerdo a las exigencias y recomendaciones de la empresa INVECEM ubicada en Puerto Cumarebo, estado Falcón, y respetando los criterios de cadena de custodia fue enviada la muestra, con su respectivo análisis Físicoquímico, realizado por la empresa HidroLab Toro Consultores, donde se indicaba como aspectos relevantes lo siguiente:

**Tabla 14.** Parámetros Físicoquímicos Evaluados por Laboratorio Externo para Lodo contaminado con Plomo

Parámetro	Resultado
Contenido de Plomo (mg/kg)	1017,28
Capacidad Calorífica (MJ/kg)	0
Contenido de Aromáticos (mg/L)	6,86
Cloruros (mg/kg)	350
Fluoruros (mg/kg)	131

\*Ensayos realizados acorde a normas ambientales, del método analítico de la EPA SW-846

Los ensayos entregados a INVECEM fueron orientados acorde a la normativa ambiental, según los requerimientos del decreto 2635 sobre manejo y control de materiales peligrosos y desechos peligrosos. Sin embargo, los ensayos realizado por el departamento de control de calidad de INVECEM estuvieron orientados a la afectación de este material, utilizado como combustible alternativo, en la calidad del producto final (cemento y clinker),

por lo que los ensayos aplicados por vías instrumentales, fueron sobre el contenido de minerales que afectan la calidad del cemento y la capacidad calorífica del mismo.

La empresa INVECEM no entregó un informe de resultados sobre la valoración de estos, de acuerdo a su política de manejo de información, sin embargo, entregó una comunicación formal vía correo electrónico a la Gerente de Ambiente sobre las condiciones de recepción de este material y su valoración para el ingreso de este en las instalaciones.

Finalmente se realizó la estimación del costo de la disposición final de los materiales contaminado, considerando ambas estrategias, tanto el lavado como el coprocesamiento. Para esto se determinó la cantidad de material a tratar, la fracción por lavado y la fracción por coprocesamiento, se relacionaron las cantidades y se obtuvieron el costo de la prestación del servicio, expresado en la tabla de resultados. Los precios unitarios utilizados para estos cálculos se presentan a continuación:

**Tabla 15.** Precios Unitarios Utilizados para la estimación de los costos por tratamiento

<b>Técnica a aplicar</b>	<b>Precio Unitario (BsF/kg) o (BsF/Tn)*</b>
Lavado con Arena	2,50
Lavado con Solvente (se utilizó Kerosene como referencia)	1,523
Coprocesamiento*	20.000

\*Los costos descritos están asociado para la fecha de la culminación de la evaluación, Marzo 2015

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos de la aplicación de la investigación así como el análisis a estos, para la resolución del problema existente.

#### 4.1. Realizar el diagnóstico de las condiciones actuales del Tanque de Almacenamiento de Tetraetilo de Plomo (TEP) dentro de las instalaciones de la REP.

De acuerdo a los hallazgos realizados para este capítulo, los resultados relevantes obtenidos se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla 16.** Situación Actual de los Tanques de Almacenamiento de TEP instalados en la Refinería El Palito

Parámetro	Condición Actual/Hallazgo
Proceso Operativo	Consiste en un circuito que une la descarga del producto en las instalaciones portuarias de la Refinería El Palito con las instalaciones de almacenamiento, compuesto por dos tanques. El TEP almacenado en altas concentraciones, luego es suministrado en la gasolina a través de un dosificador operado por vacío el cual moviliza la gasolina y realiza la mezcla en línea, de acuerdo a la calidad obtenida. 0,013 cc/gal para gasolina de exportación y 1,02 cc/gal para gasolina de mercado nacional, el cual se realiza vía sistema automatizado a través de un panel de control. Actualmente fuera de servicio y desincorporado de los procesos.
Ubicación de los tanques	Los tanques están ubicados dentro de los predios de las instalaciones de la Refinería El Palito, con instalaciones industriales en los alrededores. Las instalaciones que posee están identificadas en la tabla 3.

**Tabla 16.** Situación Actual de los Tanques de Almacenamiento de TEP instalados en la Refinería El Palito (Continuación)

Parámetro	Condición Actual/Hallazgo
Características de los tanques	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción acorde a las normas API 651 para este tipo de sustancias, por lo que era techo fijo, en forma de cúpula.</li> <li>• Uso de láminas de acero con espesor entre 9 y 12 mm, con soldaduras en forma de anillo y continuas, a fin de garantizar el espesor.</li> <li>• Instalación de sistemas de control en la parte superior del tanque: manómetros, termocuplas, válvulas de control, sistemas de alivio, control de incendios, etc</li> <li>• Instalación de sistemas de plataformas que permitía la visualización directa de las variables de control en directo en la parte superior. Oscilaba en una altura entre los 10 a 12 m.</li> <li>• Poseía un sistema de venteos al momento de controlar la presión interna del tanque, así como la salida de los vapores acumulados dentro de este.</li> <li>• Tiene un dique de al menos 30% de la capacidad de los tanques, estructurado completamente de concreto, sin posibilidad de contacto con el suelo, con un espesor mínimo de 30 cm, sin posibilidad de acceso directo hacia los tanques.</li> <li>• El sistema de drenajes es cerrado, por lo que los posibles derrames quedan dentro del dique para que puedan ser manejados por personal especializado, y los drenajes de agua de lluvias que caían quedaban en los diques y eran diseccionados hacia tanquillas en las esquinas del dique, para luego ser recolectadas y transportadas hacia las unidades de tratamiento de efluentes.</li> </ul>
Condiciones de Integridad Mecánica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A simple vista presenta condiciones severas de corrosión, lo cual se evidencia con la coloración marrón en las uniones de las laminas de soldaduras, en vista que la protección epóxica que se colocó se ha ido deteriorando producto de las condiciones climáticas.</li> <li>• Los instrumentos instalados están tapados y corroídos totalmente, por lo que las uniones de su instalación se encuentran deterioradas y de complejo retiro. Aparentemente deberán ser cortadas para poder retirarlas.</li> <li>• Los sistemas de alivio se encuentran tapados, así como el sistema de control automatizado y el panel de control eléctrico.</li> <li>• De acuerdo a reportes del departamento técnico, sobre el control de las instalaciones de la Refinería El Palito, existe una pérdida del espesor en los tanques por debajo del límite permitido (&lt; 6 mm), por lo que fue reforzado con otro material para soportar y esperar el desmantelamiento.</li> </ul>

**Tabla 16.** Situación Actual de los Tanques de Almacenamiento de TEP instalados en la Refinería El Palito (Continuación)

Parámetro	Condición Actual/Hallazgo
Reportes de Cierre y Cambios Realizados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A las instalaciones no se le realizaron cambios en el diseño, sólo hubo el desmantelamiento de uno de los tanques para la construcción de uno nuevo.</li> <li>• El otro cambio que se encontró fue que uno de los tanques fue recubierto con fibra de vidrio para reforzar y recuperar la pérdida del espesor de las placas de construcción</li> <li>• No se encontraron registros de la declaratoria como fuera de servicio de la instalación, ni de las operaciones realizadas al momento del cese operacional.</li> <li>• No fueron encontrados cambios en el diseño del proceso, sólo reparaciones menores y mantenimientos rutinarios.</li> </ul>
Facilidades conexas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dique: Buenas condiciones, sin daños severos a su integridad mecánica</li> <li>• Absorbedor de gases: Alto grado de corrosión, parte de los equipos fuera de servicio e inoperativos.</li> <li>• Sistema de notificación: Alto grado de corrosión, válvulas y mecanismos de control deteriorados</li> <li>• Sistema contraincendios: Alto grado de corrosión, válvulas deterioradas. Se apoya con la línea que bordea las instalaciones para atender alguna eventual emergencia.</li> </ul>
Entorno cercano	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dentro de una instalación Industrial</li> <li>• No existen recursos naturales cercanos</li> <li>• Población trabajadora que labora en las adyacencias</li> <li>• Presencia de una vialidad activa en los alrededores de la instalación</li> <li>• Cercanías con diques de tanques, canales de agua de lluvia abiertos, pocos lugares de suelo desnudo, siempre tiene una capa de material compacto o asfalto que evita el contacto con el material peligroso.</li> </ul>

La tabla 16 muestra las condiciones encontradas durante el levantamiento del diagnóstico de las instalaciones de los tanques de TEP. La información descrita muestra sin mucha explicación adicional, que se está realizando el manejo de un producto concentrado o en muy altas concentraciones, y está siendo almacenado en tanques que presentan una condición altamente crítica a nivel estructural que requiere su desmantelamiento

inmediato, ya que existe un alto grado de desconocimiento sobre las condiciones que quedaron al cese de las operaciones, ante la ausencia de los registros. Por otro lado, la pérdida del espesor del cuerpo del tanque así como las condiciones de corrosión severa, agrava las estrategias para el manejo seguro de esta instalación, ya que los únicos accesos que hay sobre las instalaciones están comprometidos o inaccesibles, de acuerdo a las condiciones descritas, llegándose a observar de puntos de soldadura sueltos en las plataformas y escaleras, por lo que el acceso a estas instalaciones es bastante complejo.

Esta condición que el tanque presenta, impacta severamente sobre la población trabajadora en el entorno y aumenta la condición de riesgo y posible contacto con el material presente dentro de estos, considerando que se están manejando un producto químico catalogado como tóxico en altas concentraciones. Por su ubicación, dentro de las instalaciones de la Refinería El Palito, la población mas afectada por la presencia de esta condición de riesgo de los tanques son los trabajadores que laboran en las plantas vecinas, ya que son unidades que trabajan las 24 horas del día, implicando la presencia permanente de personal, con mayor proporción en horario diurno debido a la presencia de la mayor cantidad de personas y la ejecución de la mayoría de los trabajos de mantenimiento. En una eventual condición de riesgo, la planta BTX presentaría el mayor impacto, consideran que es la de permanencia constante de trabajadores y en mayor proporción, ya que las otras zonas, como almacenamiento de tanques los trabajos son esporádicos, así como al construcción de proyectos, lo cual es temporal.

Un aspecto positivo de su condición actual, son las facilidades con las que cuenta, una de ellas es la vialidad alrededor del tanque, que permite la movilidad de cualquier material o retiro de los desechos, adicionalmente, la ubicación ante los canales de lluvias permite considerarlos ante eventuales emergencias, las cuales pueden ser controladas por pertenecer a un sistema de drenajes ajustado por válvulas y desviados a los diques de los tanques, así como el espacio disponible alrededor que se posee para la instalación de facilidades para el desarrollo de los trabajos de desmantelamiento.

#### 4.2. Identificar las características de peligrosidad del Tanque de Almacenamiento de Tetraetilo de Plomo en la REP

De acuerdo a la metodología aplicada, la peligrosidad del tanque será establecida por la peligrosidad de las cinco corrientes de desechos identificadas a ser generadas por los trabajos de desmantelamiento de los tanques, cuyas condiciones se resumen en la siguiente tabla con sus cantidades estimadas.

**Tabla 17.** Condición de las corrientes de desechos generadas por el proceso de desmantelamiento de los tanques de TEP

CORRIENTE DE DESECHO	CONDICIÓN EN SITIO	CANTIDADES (kg)	PELIGROSIDAD	REQUERIMIENTO DE TRATAMIENTO
CHATARRA METALICA	CONTAMINADO	84618,65	PELIGROSO/TOXICO	TRATAMIENTO PREVIO
	NO CONTAMINADO	3784,80	NO PELIGROSO	DISPOSICIÓN FINAL
COMPONENTES ELÉCTRICOS	NO CONTAMINADO	610	NO PELIGROSO	DISPOSICIÓN FINAL
COMPONENTES ELECTRÓNICOS	NO CONTAMINADO	250	NO PELIGROSO	TRATAMIENTO PROPIO DE RAEE
ESCOMBROS	CONTAMINADO	424000	PELIGROSO/TOXICO	TRATAMIENTO PREVIO
SUELO	CONTAMINADO	1562500	PELIGROSO/TOXICO	TRATAMIENTO PREVIO

La peligrosidad del sistema se origina con la naturaleza y condición del producto que se está almacenando, ya que las revisiones bibliográficas realizadas arrojaron que se trata de un producto catalogado como “peligroso” y “tóxico”, debido a las propiedades que este presenta y a los efectos que genera sobre el organismo y los recursos naturales en los que entra en contacto. Adicionalmente, del objetivo anterior, se logró obtener que el producto manejado está en condiciones de alta pureza o al menos altas concentraciones para que pueda ser efectivo, de acuerdo a la revisión bibliográfica realizada. Por tal motivo fue necesario incluir como parámetro de evaluación si alguna parte del tanque estaba contaminada o no.

La condición de contaminación de cada una de las corrientes fue determinada luego de las visitas de campo, con las cuales se verificó cuales partes del tanque estaban en contacto o no con el TEP, considerando así como contaminados aquellas que estuvieran contacto con las instalaciones o partes del tanque que serían desmanteladas.

Las cantidades para cada una de estas corrientes fueron estimadas de acuerdo a la verificación en campo y la cuenta de cada una de las partes desglosadas, tal como fue descrito en el capítulo III, de acuerdo a los planos de diseño y a la información disponible, por lo que en vista que algunas partes eran más fáciles de determinar que otras, se realizaron estimación basándose en datos de diseños.

La peligrosidad de cada una de estas corrientes, se deriva principalmente si estuvo o no contaminado con TEP. Las consideraciones tóxicas del contaminante principal (TEP) incide directamente sobre la peligrosidad del material, por lo que luego de verificar las condiciones principales de movilidad, los aspectos fisicoquímicos, así como la posibilidad de migración de un recurso a otro, resulta cuales son las corrientes peligrosas o no. En vista que estos niveles de peligrosidad no se pudo realizar, basado en los límites de exposición para las personas y recursos naturales permisibles, se estableció las condiciones de riesgo/peligrosidad para cada corriente. Todos los límites de exposición consultados arrojaron valores muy bajos, esto quiere decir, que el contacto mas breve con estas sustancias sin la debida protección personal implica una alta probabilidad de afectación a la salud o a los recursos naturales que mantengan contacto.

En cuanto a los requerimientos de tratamiento previo, se basó en lo establecido en el decreto N° 2635 sobre manejo y control de materiales y desechos peligrosos, el cual indica que los materiales y desechos peligrosos deben ser tratados para luego ser dispuestos.

Es evidente que la mayor cantidad de los desechos generados son peligrosos y que se requieren tratamientos previos para poder disponer y manejar estas instalaciones, lo cual

corresponde con la peligrosidad de estas instalaciones, agravadas aun mas con las condiciones de peligrosidad existentes por la integridad mecánica de las instalaciones, lo cual lo vuelve aún mas vulnerable y susceptible de alguna eventualidad, y de mantener un riesgo latente dentro de las instalaciones que pudiera afectar a la población trabajadora en los alrededores de la instalación, pudiéndose extender hacia las afueras de la refinería.

#### **4.3. Determinar el impacto socio-ambiental generado por la existencia del pasivo ambiental del tanque de Tetraetilo de Plomo dentro del centro refinador y sus adyacencias.**

La identificación de los impactos generados, directos e indirectos, por el desmantelamiento de las instalaciones con TEP, mostraron que los de mayor severidad están las afectaciones al suelo y la salud de los trabajadores. La mayoría arrojaron nivel de impacto moderado y sólo dos impactos fueron considerados como irrelevantes.

De acuerdo a la metodología descrita en el anexo A, los factores de valoración considerados, los tres impactos indicados como severos arrojan sobre los aspectos de intensidad e irrecuperabilidad, considerando que la remoción del suelo y el daño estructural que esto pueda ocasionar, es un daño de alta intensidad sobre el recurso natural, que es difícil de recuperar ya que se altera definitivamente la condición actual del suelo, y que se deberá someter un trabajo importante para alcanzar alguna condición similar, haciendo referencia a su recuperabilidad. De manera similar sucede con la salud de los trabajadores, que se exponen directamente a los materiales peligrosos, debido a que los efectos sobre la salud del manejo de TEP son severos y de alto riesgo, debido a las enfermedades crónicas que pueden ocasionar, y por las altas concentraciones a las que se expondrán estos trabajadores, pueden generar secuelas, considerando su bioacumulación en el organismo, razón por la cual, se consideró la alta valoración en irrecuperabilidad, ya que de alcanzar una condición de salud deteriorada por inhalación o contacto con el TEP

en altas concentraciones, puede dejar secuelas permanentes sobre las personas que sean intoxicadas.

**Tabla 18.** Valoración de los Impactos Ambientales identificados

IMPACTO IDENTIFICADO	NATURALEZA	INTENSIDAD	EXTENSIÓN	MOMENTO	PERSISTENCIA	REVERSIBILIDAD	SINERGIA	ACUMULACIÓN	EFFECTO	PERIODICIDAD	RECUPERABILIDAD	IMPORANCIA	Nivel del Impacto
Remoción de suelo contaminado	-	8	2	4	4	4	4	4	4	4	4	60	Severo
Alteración de la estructura del suelo	-	8	2	4	4	1	4	4	4	4	4	57	Severo
Alteración de la salud de los trabajadores directos del proyecto por el contacto directo de los desechos	-	8	1	4	2	2	4	4	4	4	4	54	Severo
Alteración de la calidad del aire para los trabajadores por la presencia de hidrocarburos provenientes del suelo	-	8	2	4	1	1	4	4	4	2	1	49	Moderado
Disposición de efluentes con contenido de metales pesados para ser tratados por PTE	-	4	2	4	2	1	4	4	4	2	4	41	Moderado
Alteración de la calidad del aire en el entorno donde se realice el tratamiento y disposición final del desecho	-	4	4	4	1	1	4	4	4	2	1	41	Moderado
Contaminación del suelo por Disposición de Desechos contaminados sobre el suelo	-	4	1	4	2	2	2	4	4	2	4	38	Moderado
Contacto directo de los desechos con los trabajadores directos de la ejecución del proyecto	-	4	1	4	1	1	4	4	4	2	4	38	Moderado
Alteración del drenaje del suelo hacia los sistemas de recepción de efluentes	-	2	2	4	2	2	4	4	4	4	4	38	Moderado
Presencia de drenajes con mayor incidencia y frecuencia sobre los canales abiertos de lluvia	-	4	2	4	2	1	2	4	1	1	4	35	Moderado
Modificación en el uso original del suelo	-	2	2	4	4	4	2	1	4	4	2	35	Moderado
Molestias en las instalaciones vecinas por el exceso de tráfico que se pueda presentar por la movilización de desechos	-	4	2	4	2	1	2	4	1	2	2	34	Moderado
Incremento del tráfico por la presencia de maquinarias para el retiro del suelo contaminado	-	4	2	4	2	1	2	1	1	2	1	30	Moderado
Incremento de tránsito de vehículo en las adyacencias del área de trabajo motivado al retiro de desechos	-	4	2	4	2	1	2	1	1	1	1	29	Moderado
Molestia en las instalaciones vecinas por presencia de trabajadores	-	2	2	4	2	1	2	4	1	2	2	28	Moderado
Incremento en el uso de los servicios públicos durante el traslado de los desechos hacia los centros de manejo	-	2	4	4	2	1	2	1	1	2	1	28	Moderado
Generación de desechos peligrosos y contaminados	-	2	1	4	2	1	2	1	4	2	2	26	Moderado
Generación de desechos en el área de trabajo	-	2	1	4	2	1	2	1	4	2	2	26	Moderado
Disminución del espacio del área de trabajo por acumulación de desechos contaminados	-	2	1	4	2	1	2	1	4	2	1	25	Moderado
Disminución del espacio del área de trabajo por acumulación de desechos	-	2	1	4	2	1	2	1	4	2	1	25	Moderado
Disminución del espacio de trabajo por la instalación de facilidades para la acumulación de efluentes	-	2	1	4	2	1	2	1	4	2	1	25	Moderado
Incremento del uso de los servicios comunes con las instalaciones permanentes	es	2	2	4	2	1	2	1	1	2	1	24	Irrelevante o compatible
Presencia de desechos en el área de trabajo	-	2	1	4	2	1	2	1	1	1	1	21	Irrelevante o compatible

Los impactos posteriores presentan un nivel Moderado. Esos impactos se presentan verificando las condiciones consideradas al momento de su valoración, ya que presentan

aspectos de intensidad, persistencia e irrecuperabilidad, por considerar a criterio del autor como las condiciones más críticas, que tienen distintos valores, ya que cuando un impacto puede presentar una alta intensidad, su persistencia es baja y su irrecuperabilidad también lo es; otro caso similar ocurre cuando la irrecuperabilidad es alta, pero la persistencia y la intensidad es bastante baja, y así existen otras combinaciones que permiten establecer criterios para evaluar las ponderaciones realizadas a los impactos ambientales.

Para los impactos valorados como irrelevantes, sólo dos de ellos, fueron los relacionados con el uso de los servicios comunes y el almacenaje de desechos no peligrosos en las instalaciones, ya que fueron considerados como aspectos de baja intensidad, de alta recuperabilidad y de muy corta periodicidad, con una buena estrategia de uso de las vías de tránsito.

La valoración de los impactos, de acuerdo a lo reflejado en la tabla 18, muestra la relevancia de los recursos a ser considerados para la elaboración de medidas de control, los cuales podrían ser ordenados de la siguiente forma:

Como Severos:

- Prevención en el uso y manejo del recurso suelo
- Prevención en la salud de los trabajadores

Como Moderados:

- Prevención en la calidad del aire circundante y el manejo de desecho
- Manejo de Desechos y efluentes
- Uso adecuado de las facilidades disponibles en el lugar de trabajo y conexas

Como irrelevantes:

- Incremento en el uso de servicios generales
- Almacenamiento de desechos

#### 4.4. Definir las tecnologías más eficaces para disminuir la peligrosidad del tanque.

La metodología seguida de acuerdo a lo escrito en el capítulo III, describe los pasos para la selección de las tecnologías, así como los procesos de selección y consulta seguidos. Esta etapa fue vital para este tipo de resultados, ya que no es suficiente la visión de una sola persona, sino que resulta ser más conveniente llegar a estos resultados de forma multidisciplinaria para lograr tener resultados con criterios amplios, aprovechando las experiencias y conocimientos de personas que han estado relacionados con el tema o temas similares. Por tal motivo, el desarrollo de estas actividades fueron relevantes y de gran aporte para el logro de los resultados esperados.

La tabla 19 presenta el resumen de las mesas de trabajo realizadas para llegar a resultados comunes para la obtención de una estrategia de trabajo, considerando los hallazgos de los objetivos anteriores, los cuales fueron uno de los aportes principales para la obtención de estas tecnologías.

**Tabla 19.** Resultados del análisis de selección de tecnología a través de la técnica de evaluación de criterios para cada corriente de desechos

<b>Corriente de Desechos</b>	<b>Propuesta de Tratamiento y/o Disposición final</b>
Metálico Contaminado	Limpieza de Superficie con arena /Recuperación del Material
Metálico No Contaminado	Recuperación del Material
Escombros Contaminados	Recuperación del Material/Separación de Material Contaminado
Eléctricos y Electrónicos	Recuperación del Material
Suelo Contaminado y Material con TEP	Coprocesamiento

Las tecnologías fueron seleccionadas de acuerdo a la corriente de desechos, en vista que de acuerdo a la revisión bibliográfica y de la discusión de la mesa de trabajo, no existe una

tecnología que trate todos los desechos como uno solo. Bajo esta condición, fue determinada una tecnología para tratar cada corriente.

Para las corrientes no contaminadas, se optó por tratar de aplicar el reuso y el reciclaje de los materiales que los conformaban, así se reduce la cantidad de desechos aportados a los centros de manejo y se permite mayor vida útil a estos materiales.

En el caso del escombros contaminado, se optó por hacer una segregación del material contaminado, y lo que estuviera realmente contaminado, realizar una mezcla con el suelo y los lodos contaminados con TEP y someterlos a otras técnicas.

En el caso del material ferroso, se detectó que la opción más viable es retirar todo el contenido impregnado que tuviera TEP, a fin de eliminar la condición de peligrosidad del material ferroso y que pasara a ser no peligroso, es decir, aplicar un tratamiento previo. Las opciones surgidas de la mesa fueron, lavado con solvente o lavado con chorro de arena, debido a que son las opciones más viables técnicamente, y más seguras, que no ponen en riesgo adicional a las personas que las están ejecutando. Entre estas dos técnicas, la más favorable fue la limpieza con chorro de arena, ya que la misma depende de la pericia de la persona que aplique el tratamiento, así como la facilidad en el manejo de los desechos generados, en forma sólida, lo cual permite manejar desechos contaminados con Plomo de manera más segura y darles un tratamiento complementario. En el caso del lavado con solvente, debido a que el material con TEP se disuelve en el solvente, este corre el riesgo de saturarse por lo que debe ser completado y renovado constantemente para poder procesarlo. Por otro lado, el manejo de solvente contaminado es complejo, debido a que la forma líquida aumenta su condición de riesgo y no puede ser cualquier tipo de transporte sino uno que garantice las condiciones de seguridad durante el traslado.

Otro aspecto que hace más favorable el uso del chorro de arena sobre el lavado de solvente, radica principalmente es la característica fisicoquímica del plomo que presenta movilidad limitada en matrices sólida, a diferencia de su movilidad en líquidos, que al caer

sobre el suelo, puede pasar por infiltración y percolación en el suelo y migrar hasta cuerpos de agua u otros horizontes del suelo.

A pesar que la matriz sobre la selección de esta técnica se presenta en el anexo D, y que la opción más factible fue la limpieza con chorro de arena, se evaluó la opción de lavado con solvente considerando los costos asociados del uso de solvente en Venezuela. Una vez que el material ferroso pase a ser no peligroso, éste será remitido a empresas fundidoras y aprovechadoras de este tipo de materiales

En el caso del material no ferroso contaminado con TEP, tal es el caso del lodo petrolizado contaminado con TEP o cualquier otro material contaminado, la técnica que mas se adapta es el coprocesamiento, debido a las condiciones de manejo de los hornos rotatorios con altas temperaturas para la mineralización de la mayoría de los compuestos, adicionalmente la empresa operadora de estos equipos, la industria cementera en Venezuela, INVECEM, cuenta con la permisología vigente, adecuada y los controles necesarios para garantizar un control sobre las emisiones generadas por la quema de esos distintos productos generados. La variación entre el coprocesamiento y la fitorremediación, una de las alternativas para la recuperación del plomo, radica en la existencia de instalaciones y personal preparado para ejecutar el coprocesamiento en el país, así como los requerimientos de poco espacio necesario para llevar a cabo la quema de los desechos, ya que sólo se limita a realizar el tratamiento en las instalaciones de INVECEM, a diferencia de otras técnicas evaluadas las cuales es necesario el uso de espacios amplios para agregar el material contaminado sobre el suelo y luego iniciar su tratamiento, aunado a la poca experiencia a nivel industrial de estas técnicas en el país.

Para el caso de los escombros contaminados, las opciones del Reuso/Reciclo y Coprocesamiento obtuvieron valoraciones cercanas, debido a que ambas opciones son atractivas para este tipo de desechos, sin embargo, dependen de la cantidad de material contaminado y de su tasa de recuperación, para definir la estrategia a usar.

#### **4.5. Elaborar la propuesta para el manejo ambiental y ocupacional de los desechos con contenido de plomo durante el desmantelamiento del tanque.**

Este objetivo reflejó la propuesta de manejo y supervisión del proyecto de desmantelamiento de los tanques de TEP, estableciendo los lineamientos operativos en las funciones de ambiente y ocupacional que deben ser previstas para el desarrollo de la actividad.

Con los resultados anteriores, se pudo realizar el plan ambiental del proyecto, orientado hacia los siguientes puntos de atención:

- Lineamientos de prevención hacia el uso y retiro de suelo contaminado y alteración de su estructura
- Lineamientos para la aplicación de Buenas Prácticas Ambientales durante el desarrollo del Proyecto
- Lineamientos para el manejo adecuado de los efluentes y drenajes generados durante la técnica a aplicar
- Lineamientos para la Gestión de Desechos Peligrosos y No Peligrosos
- Lineamientos para el uso de facilidades cercanas al área del Proyecto

Todos estos lineamientos están cónsonos con los resultados en los objetivos anteriores, pero con mayor relevancia, se consideró los hallazgos provenientes de la valoración ambiental reflejada en el objetivo número tres (3), ya que a partir de esa matriz se fijó la importancia que cada impacto tenía para el control del proyecto. El desarrollo de los procedimientos de trabajo están descrito en el anexo E.

En cuanto a los aspectos ocupacionales, el impacto ambiental con mayor nivel de significancia reflejado en la evaluación ambiental es la afectación de la calidad del aire en

la zona de ejecución del proyecto y en los alrededores, sin embargo, debido al entorno en el cual se desarrolla el proyecto, por ser una zona impactada previamente y utilizada como zona industrial, el efecto sobre el recurso aire se interpreta como un factor de riesgo latente a nivel de la salud de los trabajadores y el entorno cercano de las unidades de procesos donde se ejecuta la actividad. Por lo tanto, la afectación no se observa sobre un ecosistema sino más bien sobre un microclima laboral, el cual se ve impactado de acuerdo a la forma de manejo de los desechos peligrosos generados, a las concentraciones detectadas en cada una de las corrientes de desechos y los tratamientos aplicados para la remoción de estos contaminantes en las instalaciones donde se realiza el proyecto.

Todo esto se ve reflejado en la tabla 20, la cual presenta por cada corriente de desecho, los factores de riesgo asociados.

**Tabla 20.** Factores de riesgos asociados a las distintas corrientes de desechos con sus sustancias contaminantes

<b>Corriente de desecho</b>	<b>Material Contaminante</b>	<b>Factor de Riesgo Asociado</b>
Chatarra Contaminada	Presencia de TEP en la superficie	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Posibilidad de contacto dérmico de TEP durante la manipulación de la chatarra.</li> <li>- Evaporación del TEP durante los cortes de la chatarra de los tanques</li> <li>- Inhalación de vapores de TEP o de solventes provenientes del tratamiento de la chatarra</li> </ul>
Escombros Contaminados	Presencia de TEP	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Posibilidad de contacto dérmico con parte del escombros que contiene presencia de TEP</li> <li>- Inhalación de material particulado con presencia de TEP</li> </ul>
Suelo Contaminado/Lodos Contaminados	Presencia de TEP	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Posibilidad de contacto dérmico con suelo/lodo con TEP durante la manipulación del desecho</li> <li>- Inhalación de vapores de TEP salientes del desecho.</li> </ul>

Con esta información se puede inferir que los factores de riesgos principalmente están relacionados con la posibilidad de migración del contaminante sobre el aire y al manejo inadecuado de las corrientes de desechos; adicionalmente, ya es conocido a lo largo de las estrategias de trabajos y a la descripción del entorno, que las tareas se van a realizar en áreas extensas y al aire libre, por lo que las fuentes de riesgos son múltiples y en gran cantidad y extensión. Esto quiere decir que las técnicas de control y prevención sobre los riesgos deben estar orientadas hacia evitar el contacto de estos factores de riesgos a los trabajadores a través del uso de barreras que impidan el paso de los contaminantes hacia las distintas rutas de exposición de los trabajadores; complementadas con buenas prácticas de trabajo y medidas preventivas al momento de desarrollar el trabajo, a través del uso de mecanismos de control de los riesgos, basados en análisis de riesgos y medidas preventivas acordes para cada tipo de factor de riesgo al momento de cada actividad.

Por otro lado, ante la facilidad de migración del contaminante presente en los desechos, otro de los impactos que fueron previsto en la matriz de impactos ambientales, fue la afectación de la población trabajadora de las unidades vecinas; aunque para ellos el uso de las barreras es un proceso mucho más complejo, si es necesario un mecanismo de control y evaluación de la efectividad de las medidas de control aplicadas en el desarrollo de las barreras utilizadas así como en las mejores prácticas de trabajo.

En este sentido, el Plan de Supervisión Ocupacional debe estar orientado hacia los siguientes aspectos relevantes:

- Lineamientos para selección adecuada y uso de los Equipos de Protección Personal para el manejo de los desechos peligrosos
- Lineamientos para el manejo de materiales y sustancias peligrosas, en cuanto a aspectos de seguridad y protección personal
- Lineamientos para el control de la exposición de los trabajadores directos en la remoción de materiales peligrosos

- Lineamientos para el control y valoración de medio ambiente de trabajo y el entorno
- Lineamientos para el control y prevención de efectos sobre la salud de los trabajadores

Los procedimientos desarrollados correspondientes al Plan de Supervisión Ocupacional se reflejan en el anexo E.

Ambos planes de supervisión, son complementarios, ya que la exposición a los trabajadores directos sobre el servicio así como a los trabajadores fuera de las instalaciones de TEP y a la comunidad se controlan en la medida que se realice un manejo adecuado de los desechos generados, como se evidencia en la tabla 20.

#### **4.6. Realizar pruebas funcionales a escala de laboratorio para el tratamiento de los desechos generados por el desmantelamiento del tanque de TEP con las tecnologías definidas.**

Con este objetivo, y de acuerdo a los resultados de la selección de las tecnologías mas adecuadas para el manejo de las corrientes de desechos, fueron sometidas a pruebas funcionales los lavados con solvente y arena, así como las pruebas funcionales de Coprocesamiento de Material contaminado, de acuerdo a la metodología descrita en el capítulo III.

Luego de la aplicación de las pruebas con arena y con sílice, fueron caracterizadas las placas metálicas antes del tratamiento y luego del tratamiento, realizando sólo la caracterización de plomo orgánico considerando que el origen del contaminante es orgánico. De acuerdo a los valores presentados en la tabla 11, los porcentajes de remoción fueron de un 40,75% para el lavado con arena y aparece un valor de - 242,91%, indicando esto que la concentración en la placa luego del tratamiento con solvente es mayor que la inicial. La explicación para este hallazgo se debe a que la cantidad de solvente utilizada fue saturada con el contenido de plomo presente en el contaminante de plomo, a pesar de que visualmente se reflejara un aspecto de remoción total del contaminante, tal como se aprecia en la descripción metodológica de la aplicación de la técnica. Para llegar a un resultado, fue analizado el solvente utilizado y se determinó el contenido de plomo orgánico, fueron comparados los resultados de ambas técnicas con la concentración presente en el solvente como cantidad de plomo removido por la técnica de lavado con solvente. Los resultados se presentan en la tabla 21.

**Tabla 21.** Consumo de Materiales para la limpieza de las Placas Metálicas Sometidas a la evaluación

Material empleado	ppm retirado	masa utilizada (g ± 0,5)	Relación de Gasto de Material	
Arena	22,70	320,0	14,10	g/ppm
Solvente	0,73	310,0	424,66	g/ppm
			600,00	mL/ppm

\* Solvente: gasolina 91, densidad: 0,7 g/mL

Base de calculo: Cantidad de Material utilizado para remover plomo de una placa de 185 g

Los valores de la relación de gasto se obtuvo a la forma descrita en el anexo F, en el modelo de cálculo, y representa la cantidad de material (insumo) necesario para remover 1 ppm de material contaminado con plomo. Dichos valores expresados en unidades de masa, representa que el uso de la arena sílice es mas efectiva que el uso del solvente.

La tabla 21 muestra los consumos utilizados para la remoción de plomo de las placas metálicas utilizadas para prueba. A pesar de que el uso de solvente no refleja en las concentraciones de plomo presentes en las placas una remoción aparente, si se apreció en el solvente utilizado, indicando que sólo fue removi6 0,73 ppm del contenido total de plomo. Es decir, que se retir6 0,323 mg de Plomo presentes en la placa contaminada. La tabla muestra un dato significativo de acuerdo a los resultados presentados, es decir que, para disminuir en 1 ppm la concentración de plomo en la placa contaminada se requerían 424,66 g de solvente, sin embargo fue utilizado 310 g, por lo que es lógico suponer que la técnica debe ser sometida a controles de proceso riguroso para determinar los parámetros de control.

En la siguiente tabla se realiza el mismo análisis pero de una forma general, para el tratamiento por kg de chatarra contaminada.

**Tabla 22.** Consumo de insumos para el tratamiento de la chatarra contaminada proveniente del desmantelamiento de los tanques de almacenamiento de TEP

Material Empleado	Relación Consumo para Remover Contaminante		Masa de Placa (g ± 0,5)	Razón de Consumo por cantidad de material metálico (por gramos)		Razón de Consumo por cantidad de material metálico (por kg)	
Arena	14,1	g/ppm	185,0	0,076	g	76 g/ppm/kg	
Solvente	600	mL/ppm	185,0	3,243	mL	3,24 L/ppm/kg	

La tabla refleja las relaciones de consumo necesario de materiales para disminuir la concentración inicial de plomo sobre la superficie en la chatarra a lo establecido por la EPA, que es una concentración de 0,068 mg/kg. Los resultados se presentan como Razón de Consumo debido a la incertidumbre en el límite máximo de contaminación que debe presentar un material contaminado con plomo, ya que en la legislación ambiental venezolana no está considerado estos parámetros, en legislaciones internacionales si lo está, sin embargo, se debe someter a la autoridad nacional ambiental el uso de un valor de concentración máximo para que el desecho deje de considerarse peligroso.

Ante esto, la interpretación de la razón de consumo para el tratamiento de material metálico se debe establecer de la siguiente manera: para el caso del uso de arena, se deben utilizar 76 g para lograr disminuir en 1 ppm la concentración presente de TEP en la superficie metálica, por cada kilogramo (kg) de chatarra sometido a tratamiento; en el caso del solvente, implica que se requieren aproximadamente 3,24 litros para disminuir en 1 ppm la concentración presente de TEP en la superficie metálica, igualmente por cada kilogramo (kg) de chatarra sometido a tratamiento.

Cuando estas relaciones se expresan en la siguiente tabla es posible estimar los consumos para procurar en el proyecto así como la inversión necesaria en materiales previstos:

**Tabla 23.** Evaluación económica para el tratamiento de la chatarra en función de las necesidades de tratamiento

Material Empleado	Razón de Consumo por cantidad de material metálico (g o L/ppm/kg)	Cantidad de Chatarra Contaminada a Tratar (kg)	Cantidad de Material Requerido (kg o L/ppm)	Costo asociado a la inversión del material (BsF/ppm)
Arena	76	84.618,85	6.431,03	16.077,58
Solvente*	3,24	84.618,85	274.165,07	372.590,34

\* Considerando el precio del solvente, a precios comerciales. A pesar de utilizar gasolina, se consideró el precio del Kerosene, que en Venezuela es un costo mas ajustado a las necesidades de cualquier solvente

Los resultados de la tabla anterior muestran que los mayores costos están asociados al uso de solventes para el tratamiento.

En cuanto a las pruebas de Coprocesamiento de los desechos generados, Las dos técnicas aplicadas generan desechos con restos de plomo dentro de la matriz de estos, ya sea disuelto en el solvente, o mezclados con la arena de lavado, incluyendo la factibilidad de tratar lodos con plomo, provenientes del lavado de los tanques. Basados en los resultados enviados por el investigador, y los obtenidos por el laboratorio de calidad de INVECEM, la valoración cualitativa de la empresa se describe en la siguiente tabla.

**Tabla 24.** Resultados cualitativos sobre de evaluación de los desechos generados del desmantelamiento de los tanques de TEP para el Coprocesamiento Térmico

Desecho	Influencia sobre fabricación del Cemento	Capacidad Calorífica
Solvente Contaminado	El contenido de Plomo obtenido para la caracterización del solvente no fue lo suficientemente elevado para la afectación de la calidad del Clinker resultante del proceso de fabricación del cemento	Presenta un alto valor de Capacidad Calorífica acorde para las necesidades de operatividad del Horno Rotatorio dentro del proceso de producción del Clinker
Lodos Petrolizados con TEP	El contenido de Plomo obtenido para la caracterización del desecho no fue lo suficientemente elevado para la afectación de la calidad del Clinker resultante del proceso de fabricación del cemento	Permite completar un alto valor de Capacidad Calorífica acorde para las necesidades de Operatividad del Horno Rotatorio dentro del proceso de producción del Clinker, para el ingreso de otros compuestos con Capacidades caloríficas elevadas

Fuente: INVECEM, Laboratorio de Combustibles y Materiales Alternativos (CMA)

Sin embargo, como parte del informe técnico presentado por INVECEM, resaltó los siguientes aspectos:

- En el caso del tratamiento de materiales contaminados con Plomo, el proceso de fabricación del Clinker, de acuerdo a la capacidad de producción de Clinker, INVECEM, indicó lo siguiente:
  - Sólo serán recibidos materiales contaminado con Plomo hasta una concentración que no exceda los 5000 ppm (mg/kg).
  - En el caso de la arena sílice, si puede ser recibida dentro del proceso, siempre y cuando este material no genere daños a los equipos, considerando que la Arena para Limpieza de superficies (sandblasting) tiene un alto contenido de sílice, el cual a altas temperatura presenta una aglomeración y cambio de fase que puede afectar la calidad del Clinker generado del horno rotatorio utilizado para el tratamiento de combustibles y materiales alternativos.

En estos casos, la empresa INVECEM dosifica la cantidad de materiales a ser sometidos a coprocesamiento, para realiza el tratamiento de todos los desechos generados. Esto implica que todas las corrientes de desechos generados por la aplicación de las distintas técnicas de limpieza de las superficies contaminadas, así como los lodos contaminados con TEP que no excedan de los 5000 mg/kg pueden ser tratados por Coprocesamiento.

Cuando a la evaluación económica se incluye los resultados de las pruebas para el coprocesamiento, se realiza la estimación del costo del servicio de tratamiento de los desechos, lo cual se ve reflejado en la tabla siguiente, considerando los datos reflejados en el capítulo III, referente a los precios unitarios.

**Tabla 25.** Costos asociados a la aplicación de la técnica de Coprocesamiento en materiales contaminados con TEP

Escenario	Material Contaminado	Cantidades Estimadas (Ton)	Cantidad Total (Ton)	Precio Unitario (BsF)	Total (BsF)
1 Uso de Arena de SandBlasting para limpieza de superficie	Suelo Con TEP	1562,5	8.357,48	20.000,00	167.149.684,60
	Arena de Silice Con TEP	6.752,58			
	Escombros	42,4			
2 Uso de Solventes para limpieza de Superficie	Suelo Con TEP	1562,5	203.116,23	20.000,00	4.062.324.587,80
	Escombros	42,4			
	Solvente Con TEP	201.511,33			

\* Estos costos reflejados están realizados para el período de consulta en Abril 2015.

En la tabla anterior se muestra la incorporación de escombros que se prevén puedan estar contaminados con TEP durante el proceso de remoción, sin embargo, de acuerdo a lo establecido en el plan de manejo ambiental, una porción de los escombros serán enviados a Coprocesamiento con el resto de los materiales contaminados, y el resto será reciclado o para establecer un reuso, por lo que los cálculos económicos están previstos el tratamiento de 10% del total de los escombros por Coprocesamiento. Para la estimación de las cantidades de insumos necesarios, se tomó como valor conocido, el valor de la concentración de los lodos que se encontraban dentro de los tanques de TEP al momento de su retiro del servicio, y un gradiente de concentración hasta cumplir con la norma de la EPA, previamente citado.

Como comentario referente a los costos, el tratamiento por coprocesamiento cuando se realiza el lavado por solvente puede volver inviable la ejecución del proyecto, debido al alto volumen de material contaminado que se generaría aunque el tratamiento pueda ser eficiente, por lo que independientemente de su efectividad, su viabilidad económica puede verse comprometido, en términos de tratamiento de material contaminado innecesariamente.

## CONCLUSIONES

Como parte del proceso de investigación, se llegaron a las siguientes conclusiones:

1. Las condiciones de las instalaciones de almacenamiento de Tetraetilo de Plomo que están ubicadas en la Refinería El Palito presentan condiciones de integridad mecánica comprometida que agrava su estabilidad estructural generando una condición de riesgo elevada impactando las instalaciones adyacentes y el personal que labora en sus cercanías.
2. La característica de peligrosidad de las instalaciones arrojó la condición de Peligroso, debido a las altas cantidades de materiales de desechos contaminados que se generan y a las características de movilidad del compuesto químico contaminante de estos desechos.
3. La mayor cantidad de impactos ambientales generados por las actividades de desmantelamiento de las instalaciones son de valoración moderada, considerando la intensidad, la recuperabilidad y reversabilidad del daño generado, ya que pueden ser mitigados con medidas apropiadas, sin embargo, sólo tres impactos obtuvieron valoración como severos, ya que las condiciones de intensidad, recuperabilidad y reversabilidad son desfavorables para el medio de ejecución de la actividad, obligando a control estrictos para evitar la extensión y consecuencias a largo plazo de estos daños generados.
4. Las tecnologías con mayor aceptación para la ejecución de las actividades de desmantelamiento de los tanques con altos niveles de peligrosidad, fueron el lavado con solvente y con arena para la limpieza de la chatarra metálica contaminada, Coprocesamiento para material (lodo) contaminado con plomo y recuperación de escombros, mientras no esté contaminado.

5. Las líneas de trabajo del área ambiental para el desmantelamiento de las instalaciones están orientadas al manejo de los desechos generados por las actividades y a la mitigación del daño en el suelo durante la remoción de la contaminación presente por debajo de los tanques de almacenamiento de TEP.
6. Las líneas de trabajo del área ocupacional para el desmantelamiento de las instalaciones están orientadas a la preservación de la salud de los trabajadores, controlando la calidad del aire dentro del ambiente de trabajo dentro del proyecto de desmantelamiento.
7. El menor consumo de materiales para el lavado de la chatarra metálica contaminada con TEP estuvo con la técnica de la limpieza con arena, utilizando 14 g por kilogramo de material ferroso para disminuir 1 ppm, a diferencia de los 424 g por kilogramos por la técnica de solvente.
8. La técnica de Coprocesamiento térmico puede ser utilizada para las concentraciones de TEP presente en los materiales contaminados con contenido de plomo que no excedan los 5000 ppm.
9. El costo del proyecto de desmantelamiento de los tanques de TEP es mayor cuando se aplica la técnica de lavado por solvente, debido a la cantidad de materiales que esta técnica emplea durante la descontaminación de la chatarra metálica, lo cual se aprecia en la siguiente tabla.

<b>Técnica Empleada</b>	<b>Costo Tratamiento en la chatarra (BsF/ppm)</b>	<b>Cantidad Total de Material a Coprocesar (Ton)</b>	<b>Costo del Coprocesamiento (BsF)</b>	<b>Costo Total del Manejo de Desechos (BsF)</b>
Limpieza con Arena	16.077,58	8.357,48	167.149.684,60	183.227.264,60
Limpieza con Solvente	372.590,34	203.116,23	4.062.324.587,80	4.265.440.817,80

## RECOMENDACIONES

La siguiente sección presenta un conjunto de recomendaciones que permiten darle continuidad del proyecto propuesto, así como la aplicación de los hallazgos detectados en la práctica para el desarrollo del proyecto.

Las recomendaciones propuestas se destacan a continuación:

- Contar con la posibilidad de tomar muestras reales de la instalación antes del desarrollo del proyecto, ya que esos valores obtenidos pueden producir un resultado más ajustado a los requerimientos de PDVSA para la ejecución del proyecto.
- Es necesario incorporar el uso de la tecnología y equipos con respuesta en tiempo real, a fin de corroborar en sitio los resultados obtenidos, tal es el caso de las estructuras metálicas, ya que se pueden establecer patrones de referencia para establecer el rango de cumplimiento exigido al momento de una limpieza de superficie y remoción de contaminante.
- No se debe descartar el uso de la técnica de lavado con solventes para la remoción de TEP sobre la superficie metálica, sino realizar un estudio de las variables que influyen en el desarrollo de esa estrategia de tratamiento, con la finalidad de obtener las mejores condiciones del proceso, con lo cual puede resultar una técnica competitiva contra el uso de la arena de sílice, que considerando aspectos económicos y de seguridad dentro de las instalaciones petroleras.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Para el desarrollo de este trabajo fueron consultadas las siguientes referencias bibliográficas:

- Álvarez L., y colaboradores. (2006) Manejo Ambientalmente Responsable del Plomo. México: Cámara Minera de México.
- Arboleda, J. (2008) Manual de Estudios de Impacto Ambiental de Proyectos, Obras o Actividades, Colombia: Edición Propia. Disponible en: [http://evaluaciondelimpactoambiental.bligoo.com.co/media/users/20/1033390/files/255491/1\\_Manual\\_EIA.pdf](http://evaluaciondelimpactoambiental.bligoo.com.co/media/users/20/1033390/files/255491/1_Manual_EIA.pdf)
- Bernal, C.; Vásquez, W. (2007). Aplicación de la Fitorremediación a los suelos contaminados por metales pesados en Aznalcollar. Revista Redalyc [Revista en Línea], 2(16). Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=54016208>.
- Canter L. (1996). Manual de Evaluación de Impacto Ambiental. Técnicas para la evaluación de estudios de impacto. 2da Edición. USA: Editorial Mc Graw Hill.
- Carabis, J.; Arriaga, V. y Colaboradores, (2007) Las políticas públicas de la Restauración Ambiental en México: Límites, Avances, Rezagos y Retos. Revista REDALYC [Revista en Línea]. 80. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/577/57708009.pdf>
- Centro de Artigos (Sin fecha) Agente antidetonante. [Documento en Línea, sin autor]. Disponible en: [www.centrodeartigos.com/articulos-utiles/article\\_106561.htm](http://www.centrodeartigos.com/articulos-utiles/article_106561.htm), [Consultado en: Marzo, 2014]
- Centro de Publicaciones del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, España (2011) MTD- Incineración de Residuos. Serie Prevención y Control Integrados de la Contaminación (IPPC). Documento en Línea. Disponible en: [http://www.prtr.es/Data/images/MTD\\_Incineracion\\_residuos\\_ES.pdf](http://www.prtr.es/Data/images/MTD_Incineracion_residuos_ES.pdf)
- Comisión Nacional de Energía de España (2013). Informe de Requerimiento Administrativo Presentado por la Empresa ENAGAS [Documento en Línea] Disponible en: [http://energia.cnmc.es/cne/doc/publicaciones/cne20\\_13.pdf](http://energia.cnmc.es/cne/doc/publicaciones/cne20_13.pdf)

- Constitución. (1999). Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, 5453, marzo 3, 2000.
- CODELCO. (2012). Declaración de Impacto Ambiental Desmantelamiento de Planta de Petróleo CODELCO. Antofagasta, Chile: Consultores Ambientales.
- Normas sobre Evaluación Ambiental de Actividades Susceptibles de Degradar el Ambiente (Decreto N° 1257) (1996, Abril 25). Gaceta Oficial de la República de Venezuela, 35.946, 1996.
- Normas para el Control de la Recuperación de los Materiales Peligrosos y Manejo de los Desechos Peligrosos (Decreto N° 2635) (1998, Febrero 12). Gaceta Oficial de la República de Venezuela, 5212 (Extraordinaria), 1998.
- [Definición de salud ocupacional - Qué es, Significado y Concepto. \(2014\)](#) [Publicación en línea]. Disponible en: <http://definicion.de/salud-ocupacional/#ixzz37FhHPoKD>. [Consultado en 2014]
- Dr Coxwell (seudónimo). (2004).Indice de Octanos. Octanaje de la Gasolina. [Publicación en Línea]. Disponible en: [www.todomotores.cl/competición/octanos\\_bencina.htm](http://www.todomotores.cl/competición/octanos_bencina.htm). Consultado en: Marzo, 2014.
- PDVSA. (1998). El Pozo Ilustrado. Caracas: Editorial FONCIED.
- Herrick, R (s.f.). Higiene Industrial. En R. Herrick (Comp.), Enciclopedia de la OIT, Vol 2. España: OIT. Documento en Línea. Disponible en: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo1/30.pdf>
- Lauwerys, R. (s.f.) Control biológico. En R. Lauwerys (Comp.), Enciclopedia de la OIT, Vol 2. España: OIT. Documento en Línea. Disponible en: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo1/27.pdf>
- Etapas de un proyecto. (s.f.) Documento en línea. Disponible en: [http://www.spw.cl/proyectos/apuntes2/cap\\_3.htm](http://www.spw.cl/proyectos/apuntes2/cap_3.htm)

- Fabricación de la Gasolina Comercial. (s.f.) Documento en línea. Disponible en: [http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/39/html/sec\\_11.html](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/39/html/sec_11.html))
- Facultad de Ingeniería – UBA (s.f.). Tanques de almacenamiento de hidrocarburos. Documento en Línea. Disponible en: [http://materiasfi.uba.ar/6756/tanques de almacenamiento de hidrocarburos 1C 0 7.pdf](http://materiasfi.uba.ar/6756/tanques_de_almacenamiento_de_hidrocarburos_1C_0_7.pdf)
- Gutiérrez L, y Colaboradores. (2003) El Manual de Tesis de Grado y Especialización y Maestría y Tesis Doctorales. Caracas: Universidad Pedagógica El Libertador
- Hernandez, A. (s.f.) El Proyecto Factible como metodología Educativas. Documento en Línea. Disponible en: <https://luiscastellanos.files.wordpress.com/2014/02/el-proyecto-factible-como-modalidad-en-la-investigacion-educativa-ana-hernandez.pdf>. [Consultado en Marzo 2014]
- Ley de Sustancias, materiales y Desechos Peligrosos. (2001) Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, 5.554, (Extraordinaria). (2001, Noviembre, 13)
- Ley del acuerdo del obligatorio cumplimiento en todo el territorio nacional del 2do Plan Socialista de Desarrollo Económico y Social de Nación 2013-2019. (2013) Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, 6.118, (Extraordinaria) (2013, Diciembre, 4).
- Ley Orgánica de Condiciones y Medio Ambiente de Trabajo. (2005). Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, 38.236, (2005, Julio, 26)
- Ley Orgánica del Ambiente. (2006). Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, 5.833, (Extraordinaria), (2006, Diciembre, 22).
- Ley Penal del Ambiente. (2012). Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela. 39.913, (Extraordinaria). (2012, Mayo 02).
- Martínez del Río y colaboradores. (1999) Manejo Ambiental de Estaciones de Servicio para el surtido de combustibles, para las Etapas de Cierre y Abandono. Editado por: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de la Republica de Colombia. Ministerio del Medio Ambiente. [Artículo en línea]

- Medidas Ambientales (2012). Documento en línea. Disponible en: <http://www.buenastareas.com/ensayos/Medidas-Ambientales/4701977.html>
- Motores de Combustión interna. (s.f.) [Documento en Línea] Disponible en Línea: [es.wikipedia.org/wiki/motor\\_de\\_combustión\\_interna](http://es.wikipedia.org/wiki/motor_de_combustión_interna). [Consulta: Marzo, 2014]
- NaikonTuning (s.f.) Gasolina:¿Con o sin Plomo?. Documento en línea. Disponible en: [www.naikontuning.com/articulos/gasolina-pb](http://www.naikontuning.com/articulos/gasolina-pb). [Consultado en Marzo, 2014]
- Norma API 650. (2007) Diseño y Construcción de Tanques de Almacenamiento. Edición 11. Documento en línea. Consultado en: Junio 2014. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/35373228/API-650-EN-ESPANOL>
- Materiales Inflamables y Combustibles. Almacenamiento y manipulación. Parte 1: Líquidos (1989). Norma COVENIN 2239-1. Caracas: Editorial FONDONORMA
- Organización Mundial de la Salud. (2013). Intoxicación por Plomo y Salud. (Centro de Prensa, Nº 379) [Documento en Línea]. Disponible en: [www.who.int/mediacentre/factsheets/fs379/es](http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs379/es)
- Parodi, C. (2001). «El lenguaje de los proyectos». Gerencia social. Diseño, monitoreo y evaluación de proyectos sociales [Documento en Línea] Lima-Perú: Universidad del Pacífico. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Proyecto> [Consultado en Marzo 2014]
- PDVSA. (2005). Una gasolina para todos. [Artículo en Línea, sección especiales]. Disponible en: [www.pdvsa.com](http://www.pdvsa.com), [Consultado: Marzo, 2014])
- Peña, C. y Carter, D. (2001) Toxicología Ambiental. Documento en línea. USA: Editorial Southern Hazardous Waste Program. College of Pharmacy. The University of Arizona. Disponible en: <http://superfund.pharmacy.arizona.edu/toxamb> [Consultado en Julio 2014]
- Reglamento de las Condiciones de Higiene y Seguridad en el Trabajo. (1983) (Decreto 1564). Gaceta Oficial de la República de Venezuela, (1973, Diciembre, 31) de Diciembre de 1973.

- Rodríguez D. y Prieto V. (1999) Criterios de Salud en la Evaluación del Impacto Ambiental de Proyectos de Desarrollo. Revista Cubana Higiene y Epidemiología 37(1):25-31. Cuba: Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología de La Habana.
- Schiazzano R. (s.f.) Gestión de Proyectos: Procedimientos de Selección – Matriz de Decisión (MD) Aplicación a selección de ideas en proyecto de máquinas [Documento en Línea]. Disponible en: [http://materias.fi.uba.ar/6729/apuntes/GESTION%20DE%20PROYECTOS\\_MATRIZ%20DE%20DECISION.pdf](http://materias.fi.uba.ar/6729/apuntes/GESTION%20DE%20PROYECTOS_MATRIZ%20DE%20DECISION.pdf)
- Sociedad Española de Sanidad Ambiental. (2011). La salud en la evaluación de impactos ambientales. Guía Metodológica. Madrid: Serie De Aeribus.
- Tesis Doctorales en Red. (2014). Metodologías de Estudios de Impacto Ambiental. Capítulo 3. Documento en Línea. Disponible en: <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6830/04LagI04de09.pdf;jsessionid=7F55679076E46677CD4535A9D624185E.tdx2?sequence=4> [Consultado en: Julio 2014]
- Universidad Nacional Abierta y a Distancia (2014). Estrategias de desmantelamiento y restauración. Lección 41, Capítulo 9 Manejo Ambiental, fase Final. Implementación de planes de manejo ambiental. Documento en línea. Disponible en: [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358023/Material en línea/leccin 41 estrategias de desmantelamiento y restauracion.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358023/Material%20en%20linea/leccin_41_estrategias_de_desmantelamiento_y_restauracion.html). Consultado en: Julio 2014.
- Universidad Nacional Abierta y a Distancia. (2014). Caso de uso directo de coprocesamiento. Recuperación y reutilización de residuos sólidos. Lección 40. Documento en línea. Disponible en: [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358043/exe/leccin\\_40\\_caso\\_de\\_uso\\_directo\\_de\\_coprocesamiento.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358043/exe/leccin_40_caso_de_uso_directo_de_coprocesamiento.html)

**ANEXO A**  
**METODOLOGÍA DE CONESA SIMPLIFICADO**

Esta metodología fue aplicada para la valoración de los impactos ambientales en este trabajo. Se detalla en el anexo, en vista que complementa parte de los aspectos metodológicos necesarios para el desarrollo de este trabajo

A pesar de que esta parte de la investigación correspondiente a la fase diagnóstica del proyecto, se propone realizar la valoración de los impactos previamente identificados, con la finalidad de establecer la prioridad en el establecimiento y ejecución de las acciones necesarias para el manejo ambiental del desmantelamiento de los tanques de TEP.

Ante esto, los criterios que se considerarán para la valoración de los impactos ambientales previamente identificados serán los siguientes:

Clase	Se refiere al carácter beneficioso o perjudicial de las distintas acciones que van a actuar sobre los distintos factores considerados.
Intensidad	Expresa “el grado de incidencia de la acción que produce el impacto sobre el factor ambiental considerado, en el ámbito específico en el que actúa”. Es decir, indica la significancia del cambio producido por el proyecto sobre el factor ambiental que se está considerando.
Extensión	Es el área de influencia teórica o territorio hasta donde se extienden las consecuencias del impacto. Puede ser puntual, local, regional, nacional o global.
Momento	El momento o plazo de manifestación, se refiere al tiempo transcurrido entre la aparición o inicio de la acción que produce el impacto y el comienzo de las afectaciones sobre el factor considerado. Se evalúa en términos de tiempo y puede ser inmediato, a corto, mediano o largo plazo.
Persistencia o Duración	Se refiere al tiempo que supuestamente permanecerá el impacto desde cuando hace su aparición y hasta el momento a partir del cual el factor afectado retorna a las condiciones iniciales previas, ya sea por medios

	naturales o mediante la introducción de medidas correctoras”. Se evalúa en términos de tiempo de duración (fugaz, temporal o permanente)
Reversibilidad	Se refiere a la posibilidad de reconstrucción en forma natural del factor afectado como consecuencia de la acción acometida, es decir, la posibilidad de que éste retorne a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez aquella deje de actuar sobre el medio”. Se evalúa en términos del tiempo que se demora la reconstrucción del factor.
Recuperabilidad	Se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado como consecuencia de la actividad acometida, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medio de la intervención humana o sea mediante la implementación de medidas de manejo ambiental. Se evalúa en términos de la posibilidad de recuperación.
Relación causa-efecto	Este atributo se refiere a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción. Puede ser <i>directo o primario</i> , cuando éste se da en el mismo tiempo y lugar donde se presenta la acción, o <i>indirecto o secundario</i> , cuando la manifestación no es consecuencia directa de la acción, sino que se genera a partir de un efecto primario, actuando en otro tiempo y lugar.
Interacción de los efectos	Se refiere a la forma como se manifiestan las consecuencias del impacto. Puede ser de un modo simple o sea cuando se manifiesta sobre un solo componente ambiental sin inducir nuevos impactos; acumulativo cuando acumula o genera nuevas consecuencias o sinérgico cuando el resultado de acciones individuales menores actuando simultáneamente generan una incidencia mayor.
Periodicidad	Se refiere a la regularidad con que se manifiesta el impacto, ya sea cíclico, continuo o Intermitente.

Fuente: J. Arboleda. Manual de Impacto Ambiental para proyectos, obras o actividades.

Edición Propia. 2008

En función de los criterios descritos, se realizará la aplicación de estos siempre y cuando sean factibles hacerlo para la obra que se está realizando, ya que son criterios generales para el desarrollo de un Estudio de Impacto Ambiental en todas sus etapas.

Para la valoración de los impactos ambientales, se realizará a través del Método de CONESA simplificado, el cual describe la suma aritmética de distintos criterios para cada uno de los impactos ambientales descritos. La metodología a aplicar es la siguiente:

**a) Los criterios de evaluación.** Los criterios utilizados por el método Conesa para la evaluación de los impactos ambientales se presentan a continuación

CRITERIO	SIGNIFICADO
Signo (+/-)	Hace alusión al carácter <i>benéfico</i> (+) o <i>perjudicial</i> (-) de las distintas acciones que van a actuar sobre los distintos factores considerados
Intensidad (IN)	<i>Grado de incidencia</i> de la acción sobre el factor en el ámbito específico en el que actúa. Varía entre 1 y 12, siendo 12 la expresión de la destrucción total del factor en el área en la que se produce el efecto y 1 una mínimo afectación.
Extensión (EX)	<p><i>Área de influencia</i> teórica del impacto en relación con el entorno de la actividad (% de área, respecto al entorno, en que se manifiesta el efecto). Si la acción produce un efecto muy localizado, se considera que el impacto tiene un carácter <i>puntual</i> (1). Si por el contrario, el impacto no admite una ubicación precisa del entorno de la <i>actividad</i>, teniendo una influencia generalizada en todo él, el impacto será <i>Total</i> (8).</p> <p>Cuando el efecto se produce en un lugar crítico, se le atribuirá un valor de cuatro unidades por encima del que le correspondía en función del % de extensión en que se manifiesta.</p>
Momento (MO)	<p><i>Alude al tiempo</i> entre la aparición de la acción que produce el impacto y el comienzo de las afectaciones sobre el factor considerado.</p> <p>Si el tiempo transcurrido es <i>nulo</i>, el momento será <i>Inmediato</i>, y si es</p>

	inferior a un año, <i>Corto plazo</i> , asignándole en ambos casos un valor de <i>cuatro (4)</i> . Si es un período de tiempo mayor a cinco años, <i>Largo Plazo (1)</i> .
Persistencia (PE)	<i>Tiempo</i> que supuestamente <i>permanecerá el efecto</i> desde su aparición y, a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por los medios naturales o mediante la introducción de medidas correctoras.
Reversibilidad (RV)	Se refiere a la <i>posibilidad de reconstrucción</i> del factor afectado, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, <i>por medios naturales</i> , una vez aquella deje de actuar sobre el medio.
Recuperabilidad (MC)	Se refiere a la posibilidad de <i>reconstrucción</i> , total o parcial, del factor afectado, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, <i>por medio de la intervención humana ( o sea mediante la implementación de medidas de manejo ambiental)</i> . Cuando el efecto es irrecuperable (alteración imposible de reparar, tanto por la acción natural, como por la humana) le asignamos el valor de ocho (8). En caso de ser irrecuperable, pero existe la posibilidad de introducir medidas compensatorias, el valor adoptado será cuatro (4).
Sinergia (SI)	Este atributo contempla el <i>reforzamiento de dos o más efectos simples</i> . La componente total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que cabría de esperar cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente, no simultánea.
Acumulación (AC)	Este atributo da idea del <i>incremento progresivo</i> de la manifestación del efecto cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera. Cuando un acción no produce efectos acumulativos (acumulación simple), el efecto se valora como uno (1); si el efecto producido es acumulativo el valor se incrementa a cuatro (4).
Efecto (EF)	Este atributo se refiere a la <i>relación causa-efecto</i> , o sea, a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción. Puede ser <i>directo o primario</i> , siendo en este caso la repercusión

	de la acción consecuencia directa de ésta, o <i>indirecto o secundario</i> , cuando la manifestación no es consecuencia directa de la acción, sino que tiene lugar a partir de un efecto primario, actuando este como una acción de segundo orden.
Periodicidad (PR)	Se refiere a la <i>regularidad de manifestación del efecto</i> , bien sea de manera <i>cíclica o recurrente</i> (efecto periódico), de forma <i>impredecible en el tiempo</i> (efecto irregular) o <i>constante en el tiempo</i> (efecto continuo)

**b) La importancia del impacto ambiental.** Cada uno de los criterios se evalúa y se califica de acuerdo con los rangos que se establecen en la siguiente tabla y luego se obtiene la importancia (I) de las consecuencias ambientales del impacto, aplicando el siguiente algoritmo.

$$I = (3IN+2EX+MO+PE+RV+SI+AC+EF+PR+MC),$$

donde :

EX = Extensión      IN = Intensidad  
MO = Momento      PE = Persistencia  
RV = Reversibilidad    SI = Sinergia  
AC = Acumulación    EF = Efecto  
PR = Periodicidad    MC = Recuperabilidad

Los valores que serán utilizados en la ecuación anterior, serán los siguientes:

CRITERIO/RANGO	CALIF.	CRITERIO/RANGO	CALIF.
<b>NATURALEZA</b> Impacto benéfico Impacto perjudicial	+ -	<b>INTENSIDAD (IN)</b> (Grado de destrucción) Baja Media Alta Muy alta Total	1 2 4 8 12
<b>EXTENSIÓN (EX)</b> Puntual Parcial Extensa	1 2 4	<b>MOMENTO (MO)</b> (Plazo de manifestación) Largo plazo Medio Plazo	1 2 4

Total Crítica	8 (+4)	Inmediato Crítico	(+4)
<b>PERSISTENCIA (PE)</b> Fugaz Temporal Permanente	1 2 4	<b>REVERSIBILIDAD (RV)</b> Corto plazo Medio plazo Irreversible	1 2 4
<b>SINERGIA (SI)</b> Sin sinergismo (simple) Sinérgico Muy sinérgico	1 2 4	<b>ACUMULACIÓN (AC)</b> (Incremento progresivo) Simple Acumulativo	1 4
<b>EFEECTO (EF)</b> Indirecto (secundario) Directo	1 4	<b>PERIODICIDAD (PR)</b> Irregular o aperiódico o discontinuo Periódico Continuo	1 2 4
<b>RECUPERABILIDAD (MC)</b> Recuperable inmediato Recuperable a medio plazo Mitigable o compensable Irrecuperable	1 2 4 8	<b>IMPORTANCIA (I)</b> $I = (3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$	

De acuerdo con los valores asignados a cada criterio, la importancia del impacto puede variar entre 13 y 100 unidades, por lo que para este método, se establece la siguiente significancia:

Inferiores a 25 son **irrelevantes o compatibles** con el ambiente

Entre 25 y 50 son impactos **moderados**.

Entre 50 y 75 son **severos**

Superiores a 75 son **críticos**

A continuación se presenta un modelo de matriz a ser usada para la determinación de la importancia de cada impacto ambiental por el método CONESA simplificado:

IMPACTO	NAT	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	Import.	Nivel del Impacto

Como producto de esta fase del estudio se obtendrá la importancia de cada uno de los impactos determinados previamente y así podrá establecer una prioridad para cada uno de uno, y la necesidad de la medida de mitigación, corrección o compensación. En este caso, por ser una obra de desmantelamiento, la mayoría de las medidas a ser implementadas serán de corrección.

## ANEXO B

### INFORMACIÓN FÍSICOQUÍMICA SOBRE EL TETRAETILO DE PLOMO

**Tabla 26 .** Propiedades Físicoquímicas básicas del Tetraetilo de Plomo

Propiedad/Parámetro	Valor
Temperatura de descomposición (°C)	110
Temperatura de fusión (°C)	-136,8
Densidad relativa (referencia al agua)	1,7
Solubilidad en agua	Muy escasa
Presión de vapor (KPa a 20°C)	0,027
Densidad relativa (referencia al aire)	8,6
Coefficiente de reparto K <sub>Pow</sub>	4,16
Factor de biodegradabilidad (como referencia al Pb)(dia-1)	0
Coefficiente de Difusión en aire (cm <sup>2</sup> /s)	1,3E-02
Coefficiente de Difusión en Agua (cm <sup>2</sup> /s)	6,4E-06

Fuente: Handbook de sustancias químicas, EPA (2002)

**Tabla 27.** Descripción de las condiciones de interrelación del Tetraetilo de Plomo

Característica	Descripción/Valor	Parámetro FQ asociado
Movilidad en el suelo	Se conoce que posee poca movilidad en el suelo, dentro de la matriz	Log K <sub>oc</sub> (factor de Partición, suelo-agua) 3,69 (Adim)
Movilidad en el agua	Presenta muy baja solubilidad, y busca adsorberse en los sólidos suspendidos que están presentes en el cuerpo de agua	Factor de Difusión en agua 6,4E-06 (cm <sup>2</sup> /s)
Movilidad en el aire	Tiende a volatilizarse y degradarse en el aire por acción de los radicales libres de tipo OH producidos fotoquímicamente. Presenta una vida media de 6,3 horas	Factor de Difusión en aire 1,3E-02 (cm <sup>2</sup> /s)

Fuente: Manual para el manejo ambientalmente responsable del Plomo, Centro de Calidad Ambiental del Tecnológico de Monterrey./Texas Risk Reduction Program (TRRP)

**Tabla 28.** Efectos a la salud de las personas por exposición aguda al Tetraetilo de Plomo

Tipo de Efectos	Sistema/organos afectado	Sintomatología asociada
Agudos (de corta duración), ocurren inmediatamente o poco tiempo después de la exposición	Sistema Nervioso Central	Cefalea Irritabilidad Perturbaciones en el sueño Sueños extraños Reducción de la memoria Cansancio Cambios en la personalidad Temblores Alucinaciones Convulsiones Muerte
	Mucosas visuales	Irritación en los ojos Posible pérdida en la visión
	Zona dérmica	Quemaduras por contacto Enrojecimiento de la piel
	Mucosas Respiratorias	Irritación de la nariz y garganta Causa de tos y respiración con silbido
	Sistema gastrointestinal	Pérdida del apetito Pérdida de peso Estomago descompuesto Nauseas Vómitos Sensación de sabor metálico en la boca

**Tabla 29.** Efectos a la salud por Exposición Crónica al Tetraetilo de Plomo

Tipo de Exposición	Efectos a la salud
Crónicos (en la salud pueden ocurrir en cualquier momento después de haberse expuesto al <b>Tetraetilo de plomo</b> y pueden durar meses o años)	Cancerígeno no comprobado
	Riesgos para la reproducción
	La larga exposición pueden causar dolores musculares y de las articulaciones, debilidad, calambres musculares y que la persona se fatigue fácilmente.
	La exposición repetida hace que el plomo se acumule en el cuerpo. Es posible que el cuerpo demore años en eliminar el exceso de plomo. Debido a que el Tetraetilo plomo se cambia convirtiéndose en plomo en el cuerpo, estos efectos también pueden ocurrir con la exposición repetida al Tetraetilo plomo.
Es posible que el Tetraetilo plomo cause daños a los riñones y al cerebro, y daños a los glóbulos sanguíneos causando anemia.	

**Tabla 30.** Límites de Exposición al TEP para cada una de las rutas de exposición de una persona

Ruta de Exposición	DENTRO DE LA ZONA DE TRABAJO	FUERA DE LA ZONA DE TRABAJO***
Vía Inhalatoria	0,075 mg/m <sup>3</sup> (durante las 8 horas)* 40 mg/m <sup>3</sup> (toma de medidas)*	0,0007 mg/m <sup>3</sup> (considerando una tasa respiratoria de 20 m <sup>3</sup> /día y 70 kg promedio)
Vía Dérmica	0,1 mg/m <sup>3</sup> **	0,0035 mg/kg/día
Vía ingestión	- Sin información -	0,0007 mg/kg/día

- Fuente: Hoja Informativa sobre sustancias peligrosas del Departamento de Salud de New Jersey. Referencia NISOH
- Fuente: Norma COVENIN 2253. Concentración Máxima Permitida en Ambientes de trabajo
- Los valores de Exposición No Ocupacional se presentan en las distintas rutas de exposición considerando una tasa de respiración de 20m<sup>3</sup>/día.

**Tabla 31.** Condiciones fisicoquímicas de las corrientes de desechos y sus factores de riesgos asociados

<b>CORRIENTE</b>	<b>CARACTERÍSTICA FQ PRESENTE</b>	<b>NIVEL DE TOXICIDAD</b>	<b>RECURSOS NATURALES DE CONTACTO</b>	<b>FACTOR DE RIESGO ASOCIADO</b>
METALICOS	TEP – LIQUIDO (TRAZAS)	Presencia de químico puro (100%) en las corrientes de desechos	SUELO	Contacto con la Matriz del suelo al colocar las piezas metálicas contaminadas
			AIRE	Evaporación de las trazas de TEP presentes en las piezas contaminadas
			POBLACIÓN	Contacto por inhalación de TEP en piezas contaminadas
SUELO	TEP – LIQUIDO (TRAZAS)	Presencia de lodos contaminados en contacto directo con el suelo dentro del tanque Contenido de plomo presente en las afueras del tanque	SUELO	Infiltración de TEP presente en el suelo, esparcimiento de lodos de fondos de tanque
			AIRE	Evaporación de TEP proveniente de lodos de fondos de tanques presentes
			POBLACIÓN	Contacto por inhalación de TEP proveniente del lodo de fondo de tanques
ESCOMBROS	TEP – LIQUIDO (TRAZAS)	Presencia del químico puro (100%) mezclado con parte de los escombros	SUELO	Contacto con la Matriz del suelo al colocar las piezas metálicas contaminadas
			AIRE	Evaporación de las trazas de TEP presentes en las piezas contaminadas
			POBLACIÓN	Contacto por inhalación de TEP en piezas contaminadas

## ANEXO C

### RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL ENTORNO DE LAS INSTALACIONES DE TEP DE LA REFINERÍA EL PALITO

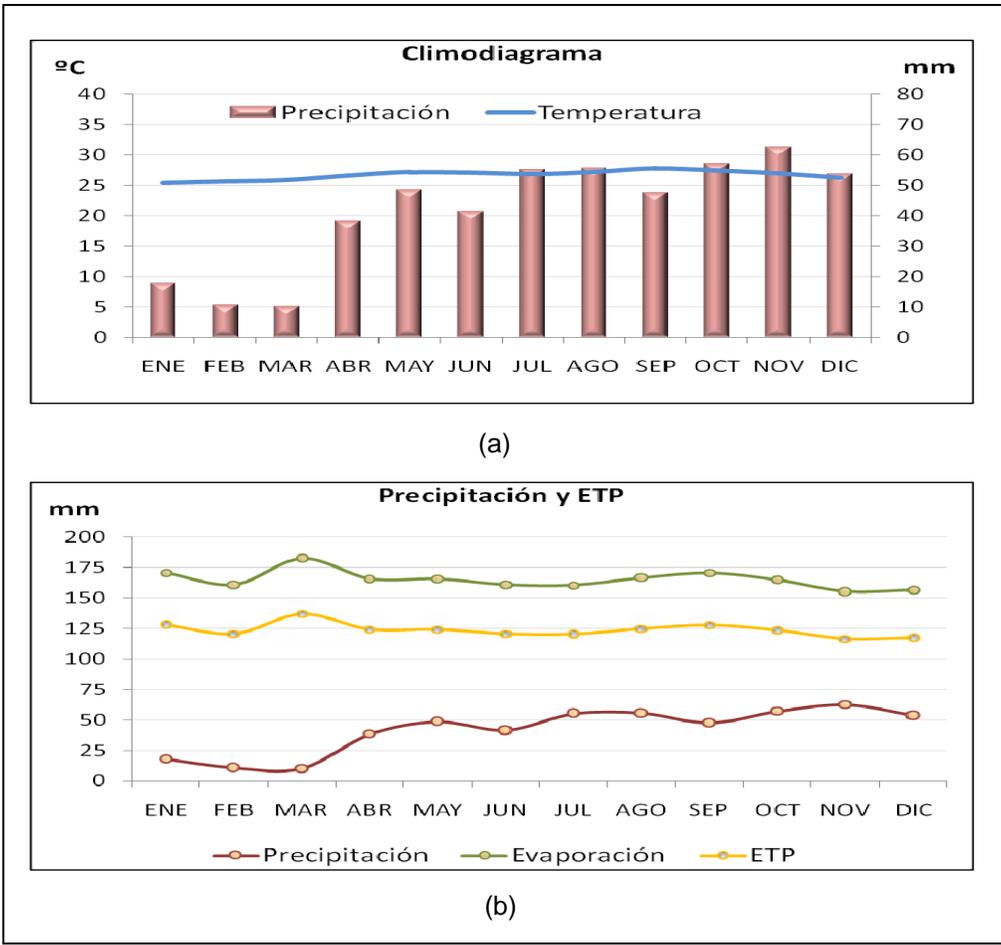
En este anexo se describe los aspectos de la descripción de la caracterización físicoquímica realizada al entorno donde están ubicados los tanques de almacenamiento de TEP, la cual complementa la evaluación ambiental, por ser un insumo necesario para determinar los impactos que se generan.

En cuanto a cada uno de los componentes identificados, las condiciones actuales se tiene como aspectos relevantes lo siguiente:

➤ Clima:

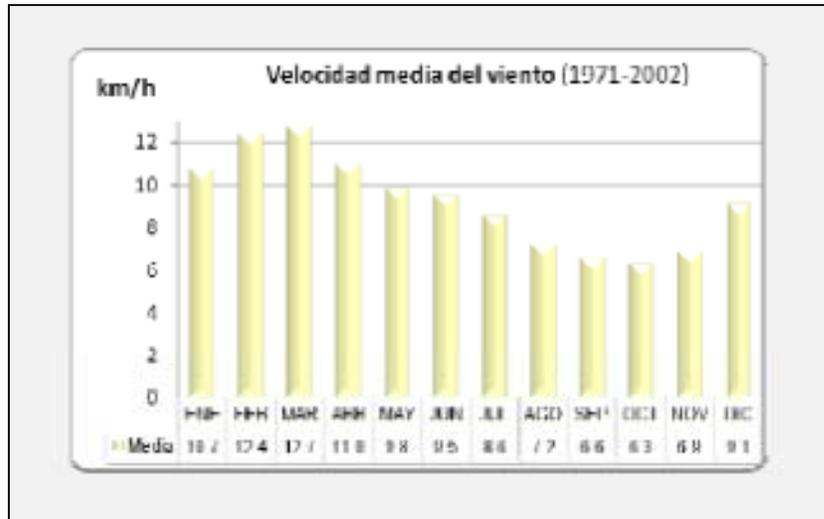
El área circundante a las instalaciones de la Refinería El Palito tiene un clima semiárido tropical, con base en la clasificación de Koppen. Este tipo de clima se caracteriza por escasas precipitaciones, menos de 800 mm al año, y altas temperaturas, con una media anual entre los 20°C y 29°C, así como el desarrollo de una vegetación natural de tipo xerofítico, generando un clima de transición entre el de sabana y desértico. Según datos registrados por el INAMEH existen períodos definidos de precipitaciones escasas, generando un déficit hídrico lo que trae como consecuencia un aumento de la temperatura, siendo más severa entre los meses de Enero a Marzo.

El siguiente diagrama muestra en resumen las condiciones de clima en la región para un comportamiento de 1 año.



**Figura 10.** Diagramas indicadores del clima para la estación Puerto Cabello: (a) Climo - diagrama y (b) Precipitación vs. Evapotranspiración potencial

Como aspectos relevantes del componente de clima, se hace mención especial a los vientos, los cuales presentan promedio aritméticos que indican cada mes una clara distribución unimodal con un valor máximo en el mes de Marzo igual a 12, km/h, y un mínimo en el mes de Octubre de 6,3 km/h, generando una velocidad promedio de 9,2 km/h en el año.



Fuente: PDVSA Refinería El Palito. Octubre 2014.

**Figura 11.** Velocidad del viento en el entorno de las instalaciones de TEP

En cuanto a la dirección del viento, se aprecia en la figura xxx que en la mayoría de los meses, los vientos provienen del sector comprendido por las direcciones NNE, NE, ENE y E, siendo la dirección predominante la ENE (este-noreste); excepto en los meses de julio y agosto, donde predominan los vientos en dirección E (este). El único mes con direcciones diferentes, es abril, donde el 20% del tiempo los vientos han presentado una dirección SE (sureste).



Fuente: PDVSA Refinería El Palito. Octubre 2014.

**Figura 12.** Dirección del viento en la zona del entorno de las instalaciones de TEP

➤ Geología y geomorfología:

El área de la Refinería El Palito se corresponde con una pequeña parte de la llanura fluvio-marina de Morón – Puerto Cabello y de las últimas estribaciones de la Cordillera de la Costa, comprendida entre planta centro al oeste y el río Aguas Calientes al este, y está constituida por tres unidades geomorfológicas bien diferenciadas, entre ellas las siguientes:

- Unidad de relieve montañoso accidentado de las cuencas medias de los ríos Sanchón y Aguas Calientes, originadas como consecuencia de los levantamientos y fallamientos de las rocas de la Formación Las Brisas, en épocas pasadas del tiempo geológico, circunscribiéndose la misma a la parte más baja del relieve de la Cordillera Central.
- Unidad de relieve pie de monte con colinas bajas, lo cual es propio de las zonas donde se encuentran instaladas las plantas, que están bien drenadas con alturas inferiores a 100msnm, constituídas por rocas altamente metamorizadas, falladas, fracturadas y meteorizadas de la Formación Las Brisas, en contacto con la falla de

Morón, de orientación este-oeste y un glacis de explayamiento conformando una topografía de plano suavemente inclinado, transicional entre el relieve colinar y la llanura fluvio-marina plana y baja.

- Unidad de planicie fluvio-marina, con topografía plana y baja, susceptible a los desbordamientos de los ríos y quebradas y a los estancamientos de agua de las lluvias, comprendida entre la Falla de Morón al sur la línea de playa del Mar Caribe al norte, constituida por una mezcla de sedimentos detríticos, limo-arcillosos y areno fino-arcillosos arrastrados y acumulados por el río Sanchón y el río Aguas Calientes durante el período cuaternario supra yacentes a los sedimentos arenosos, acumulados por el oleaje del mar durante el período Cuaternario.

- Suelos:

Esta parte se delimitó en la zona de las plantas industriales, limitando únicamente para las presentaciones de los paisajes de colinas de piedemonte y planicie fluvio-marina.

- Unidad de colinas de piedemonte: presenta suelos pocos profundos sobre material rocoso altamente intemperizado (esquistos). Suelos con predominio de texturas moderadamente finas, adhesivo y muy plástico, de consistencia dura en seco, bien estructurados, con bloques bien desarrollados de tamaño medio y colores rojizos. Buen drenaje interno y externo. Suelos ligeramente ácidos, de moderada a baja fertilidad.
- Unidad de planicie fluvio-marina: en esta unidad se distinguen varios tipos de suelos asociados a posiciones geomorfológicas específicas:
  - Marisma o albufera: presenta suelos profundos con predominio de texturas medias y elevado contenido de arena muy fina, muy adhesivos pero sin plasticidad, sin estructura, colores grises. Presentan muy mal drenaje interno y externo.
  - Albordón de orilla: suelos aluviales profundos, con predominio de texturas medias. Horizontes con material de consistencia suave en seco y friable en húmedo, no adhesivo y moderadamente plástico. Buen drenaje externo e interno. Suelo aparentemente de alta fertilidad natural.

- Zona de contacto de la planicie fluvio-marina con glaciares de escurrimiento: presenta suelos relativamente profundos, poco evolucionados. Buena porosidad. Buen drenaje externo. Drenaje interno moderado. Suelo fertilidad natural moderada.
- Cordón litoral: presenta suelos relativamente profundos, muy poco evolucionados, de origen marino, con predominio de texturas gruesas a muy gruesas. Presencia de sales en todo el perfil. Buen drenaje externo e interno.
- Adicionalmente a estas condiciones fisicoquímicas, se han realizado estudios de las condiciones del suelo que indican que presenta contenido de plomo en algunos puntos que oscilan entre los 250 mg/kg y 1050 mg/kg.
- Otro aspecto de las condiciones actuales es que el terreno donde están instalados los tanques de TEP dentro del complejo refinador, son utilizados de manera industrial para la colocación de sistemas industriales, y que dentro de los planes futuros se tiene previsto mantener el uso de esa área para otras instalaciones pertenecientes a la Unidad de Complejo BTX o del sistema de autogeneración eléctrica de la REP.
- Aire:  
En el caso del aire, al delimitar la caracterización del entorno a la zona donde se va a ejecutar el trabajo, se pueden mencionar las siguientes características:
  - Los estudios de calidad de aire ambiental reflejan una calidad del aire en buenas condiciones, con poca cantidad de partículas respirables, por lo que se puede considerar como “aire limpio”.
  - Sin embargo, el lugar de desarrollo del trabajo tiene más competencia con el campo de la Higiene Ocupacional por lo que los valores y parámetros en este aspecto fueron recolectados con las referencias del mencionado departamento.
  - Según los datos cualitativos del departamento de Higiene Ocupacional de la Refinería El Palito, existe la presencia de gases de H<sub>2</sub>S en el ambiente que

aumentan su concentración de forma súbita y con poca frecuencia debido a los procesos industriales que allí se llevan a cabo, adicionalmente, para las condiciones actuales, se mantiene control sobre las concentraciones de Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC) en la planta de BTX, de hecho existe un indicador de Benceno, a través de un “espectrómetro de masas” el cual detecta e indica a través de dispositivos de alarmas sonoros y visuales, la presencia y elevación de benceno en el ambiente. De igual forma existe control sobre la presencia de VOC proveniente de otras unidades de proceso en ese sector.

- Agua:

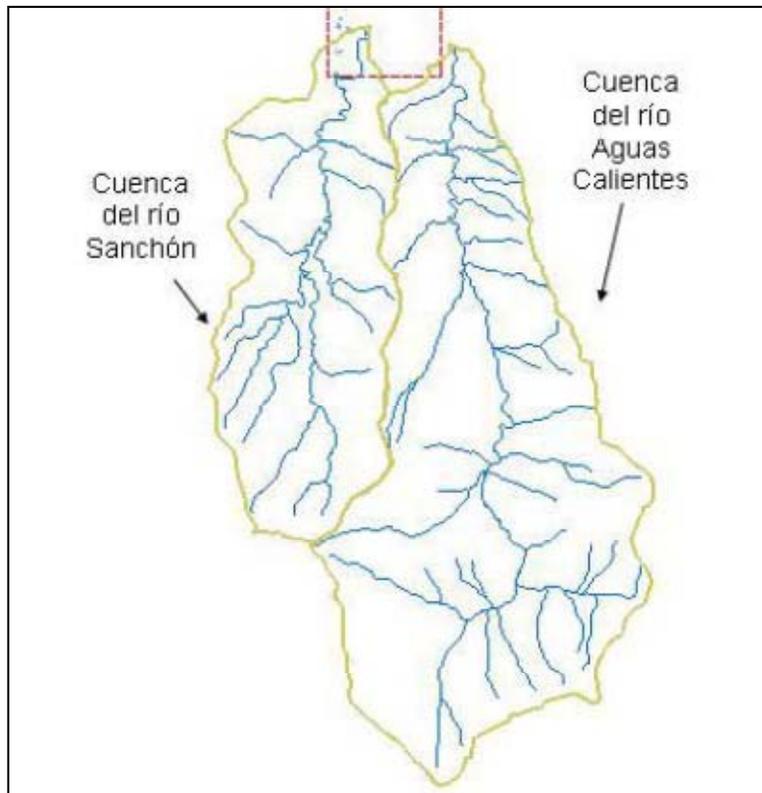
La localización de la Refinería El Palito determina una influencia hidrológica de dos cuencas, la cuenca del río Sanchón, al oeste, y la cuenca del río Aguas Calientes, al este. De estas, sólo en la cuenca del río Sanchón existen datos hidrológicos, antiguos algunos y otros, aunque más recientes, esporádicos e instantáneos.

- Cuencas hidrográficas

En la Figura xx se muestra la red hidrográfica de los ríos Sanchón y Aguas Calientes. El río Sanchón tiene una longitud en planta de 24km, desde su nacimiento en las cumbres de “María Teresa” al norte de la cordillera de La Costa, hasta su desembocadura en el Golfo Triste, con una pendiente media de 6% considerando toda su longitud. La cuenca del río Sanchón presenta un drenaje de tipo dendrítico con una densidad de 0,84 km/km<sup>2</sup>, siendo la superficie total de la cuenca 89km<sup>2</sup> y su pendiente media igual a 27% aproximadamente.

El río Aguas Calientes presenta un perfil similar al del río Sanchón, aunque más largo. Tiene una longitud en planta de unos 32km hasta su desembocadura en el Golfo Triste, con una pendiente media de 4%. En la planicie fluvio-marina, cerca de la desembocadura la pendiente es inferior a 0,5%, lo que dificulta la descarga final al mar. La cuenca del río Aguas Calientes presenta un drenaje de tipo dendrítico

con una densidad de 0,81km/km<sup>2</sup>, teniendo la cuenca una superficie total de 175km<sup>2</sup> y una pendiente media de 32% aproximadamente.



Fuente: PDVSA Refinería El Palito. Octubre 2014.

**Figura 13.** Red hidrográfica de las cuencas de los ríos Sanchón y Aguas Calientes. El recuadro presente en la imagen representa la ubicación relativa de la Refinería El Palito

- En cuanto al manejo dentro de las instalaciones de los drenajes y escorrentías provenientes de las aguas de lluvia, por estar dentro de una zona industrial, existen sistemas de drenajes cerrados y de canales abiertos para el manejo de los efluentes, ya sea provenientes de las precipitaciones y escorrentías de las cuencas que limitan con la Refinería El Palito, que las transportan hacia la planta de tratamiento de efluentes.

En cuanto a la descripción del entorno del Medio Social, igualmente se limitó este aspecto de la evaluación ambiental dentro del entorno inmediato que es la población ocupacionalmente expuesta, ya que las medidas principales a ser consideradas en el presente trabajo tienen su impacto principal sobre los aspectos laborales.

De esta forma, se presenta los términos de referencia para los siguientes componentes ambientales del Medio Social:

- *Demográficos:*

- Actualmente la salud de los trabajadores de las unidades de procesos vecinas a los tanques de TEP están controladas a través del departamento de Salud de la REP, con el examen anual, y no existen reportes de enfermedades ocupacionales o de algún caso crónico de enfermedad por contacto de químicos, por lo que la morbilidad está orientada hacia enfermedades de tipo respiratoria de origen común.
- En cuanto a los movimientos de los trabajadores, la movilidad fue detallada en puntos anteriores, y se resume que la presencia principalmente es de los operadores y mantenedores en sus respectivos horarios de trabajo, con esporádicas visitas de personal de otras áreas. Esto quiere decir que para las condiciones actuales, se tiene una cantidad de trabajadores presentes de 60 trabajadores que rodean el sistema de tanque en un período de 7 días a la semana, con permanencia intermitente.

- *Políticos:*

- Actualmente existen dos superintendencias de operaciones que se interrelacionan en el área donde se va a llevar a cabo el desmantelamiento de los tanques de TEP, por otro lado es la Superintendencia de Ambiente quien va a ser la ejecutora del proyecto pero la Gerencia de Proyecto es la

que está exigiendo el espacio. Por lo que todas estas organizaciones deben coordinar acciones para la rápida ejecución de este servicio.

- En cuanto a la comunidad de trabajadores circundantes, están a la expectativa de la eliminación de este riesgo, ya que ellos conocen los problemas y medidas que se tomaban cuando aún se trabajaba con Plomo, y en caso de no tomarse las medidas de forma satisfactoria, pueden encontrarse problemas con los Delegados de Prevención, el Comité de Salud y Seguridad Laboral y las organizaciones sindicales que reclamarían por la salud de los trabajadores.

- Económicos:

- Actualmente sólo una de las unidades de procesos es la que hace vida en la zona de ejecución del proyecto de desmantelamiento de los tanques de TEP, por lo que la productividad de la zona se debe a la operatividad de la unidad del Complejo BTX.
- En cuanto al uso de los servicios públicos (en este caso se denominarían comunes o básicos), sólo se hace uso de los drenajes abiertos provenientes de la unidad de BTX, así como de los canales cerrados de efluentes, sin embargo, son las mismas capacidades de todos los distintos tipos de servicios: electricidad, suministro de agua, acceso, vialidad, uso de la Planta de Tratamiento de Efluentes, que están actualmente para cuando estaban operativos los tanques de TEP.

## **ANEXO D**

### **MATRICES DE EVALUACIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA LAS CORRIENTES DE DESECHOS CONTAMINADAS CON PLOMO**

Las siguientes matrices fueron elaboradas para complementar el trabajo realizado de selección de la tecnología más adecuada para el tratamiento de las corrientes de desechos contaminadas con TEP. La aplicación y llenado de estas matrices fueron explicadas en el capítulo 3 referente a marco metodológico.

**Tabla 32.** Matriz de selección utilizada para la técnica y tratamiento de la chatarra contaminada

TECNOLOGÍA/PARÁMETROS	Limpieza de Superficie con Solvente		Limpieza de Superficie con Agua		Limpieza de Superficie con Arena	
	Cualit	Cuant	Cualit	Cuant	Cualit	Cuant
Uso en Venezuela	Si	5	Si	5	Si	5
Disponibilidad facil en Venezuela	Si	5	Si	5	Si	5
Facilidad de Obtención los recursos para la técnica	Dificultad para el acceso al solvente según el tipo	2	Es posible obtener agua si existe sistema de suministro de agua	2	Es facil realizar la procura del material por fuera	4
Validación por la autoridad nacional ambiental	No se posee validación de esta técnica de tratamiento	2	No se posee validación de esta técnica	2	No se posee validación de esta técnica	2
Corto periodo de Ejecución	Es necesario esperar a que exista la disolución del compuesto. Requiere persona que verifique el rendimiento	2	De acuerdo a la presión y frecuencia del suministro de agua, aumenta el rendimiento de ejecución	1	De acuerdo a la presión requerida y a la cantidad de material disponible	3
Generación de Residuos	Genera solvente (HC) contaminado que debe ser tratado por técnica especial	3	Genera agua contaminada que debe ser tratada por Sistema de Tratamiento	1	Genera desecho sólido que se puede almacenar para su posterior tratamiento	2
Necesidad de Técnica complementaria	No requiere técnica adicional si se llega a la condición de superficie requerida	4	No requiere técnica adicional si se llega a la condición de superficie requerida	4	No requiere técnica adicional si se llega a la condición de superficie requerida	5
Consumo de Insumos y Materiales	Consumo de solvente es elevado, ya que al saturarse debe ser repuesto y retirado	1	Consumo de agua es elevado para alcanzar altas presiones que garanticen la limpieza de la superficie	1	Consumo de arena depende de la pericia del técnico que ejecute el trabajo	5
Elevado Costo de Insumos y materiales	Costo de solvente es relativamente bajo en Venezuela, ya que requiere ser renovado constantemente. Costo de los insumos puede ser elevado, ya que requiere materiales con componente importado	2	Costo del agua es bajo. Sin embargo no hay garantía de suministro confiable y constante. Costo de insumo puede ser elevado, ya que requiere materiales con componente importado	1	Costo de la arena relativamente bajo de la arena. Materia prima especializada para este tipo de trabajo, se consigue en el país.	4
Tratabilidad de los residuos	Solvente contaminado debe ser tratado por tecnica complementaria, que permita el tratamiento del plomo en solvente. Debe ser almacenado temporalmente el solvente contaminado.	1	Agua debe ser tratada, ya que puede contener Plomo con contaminante de mayor proporción. Debe ser contenida o asegurarse tener en condiciones de aceptación la PTE	2	Metal contenido dentro de la matriz de la arena de sílice. La movilidad es baja, sin embargo se presenta material contaminado. El almacenamiento es mas facil de realizar ya que la movilidad del contaminante es baja	4
Movilización facil de los materiales tratados	El material puede ser trasladado a granel	5	El material puede ser trasladado a granel	5	El material puede ser trasladado a granel	5
Movilización facil de los residuos generados	El material contaminado debe ser tratado en cisternas cerradas que garanticen la seguridad del material	2	Efluente debe ser dispuesto hacia la PTE de la Refinería El Palito en vehiculos especiales, la movilización es mas corta	2	La movilización puede ser a granel tomando las previsiones respectivas para su dispersión en aire.	4
Genera afectación a otros recursos naturales	El uso de solvente puede impactar sobre el aire a través de la vaporización de parte del solvente	2	El agua contaminada puede afectar el cuerpo de agua receptor si no se toman las consideraciones de las condiciones de la PTE para el tratamiento de metales pesados	1	Si no se eliminan los metales pesados de la matriz sólida pueden lixiviar y generar efluentes tóxicos. De igual forma, la arena de sílice es facilmente dispersable por lo que puede traer problemas sobre el aire al momento de su movilización	2
Existe personal o empresas especializadas para la aplicación de la técnica	No hay empresas especializadas en una tecnica como tal de lavado con solvente, sino son empresas con experiencia en la aplicación de la técnica con materiales similares	2	Si existen empresas con equipos propios y especialistas en este tipo de limpieza de superficies, requieren personas con formación especializada en el manejo del equipo	4	Si existen empresas con equipos propios y especialistas en este tipo de limpieza de superficies, requieren personas con formación especializada en el manejo del equipo	4
Existen empresas con equipos propios para ejecutar esta técnica	No existen estas empresas, deben procurar el solvente en el mercado nacional.	2	Si existen empresas con equipos propios, sin embargo deben contar con mucho volumen de agua para su aplicación	3	Si existen empresas con equipos propios y pueden procurar los insumos para la aplicación de la técnica	4
Espacio requerido para la aplicación de la técnica	Requiere mucho espacio para la instalación de los tanques	1	El espacio requerido puede ser moderado para la instalación de las maquinarias, pero si es necesario un espacio abierto para la aplicación de la técnica	2	Se requiere poco espacio para la aplicación de la técnica, sin embargo es necesario un espacio abierto para el uso del chorro de arena (abrasión)	4
Aplicación de la Técnica genera problemas a los trabajadores o al entorno	Puede generar problemas en la calidad del aire en el entorno laboral inmediato y cercano durante la evaporación del solvente	2	Puede generar problemas por el exceso de consumo de agua de las instalaciones cercanas para proveer de agua	1	Puede generar problemas por la dispersión de partículas de arena sobre los trabajadores, así como en las instalaciones vecinas	1
		43		42		63

**Tabla 33.** Matriz de selección utilizada para la técnica y tratamiento de Lodos Petrolizados

TECNOLOGÍA/ PARÁMETROS	COPROCESAMIENTO		SOLIDIFICACION/ ENCAPSULAMIENTO		FITORREMEDIACIÓN	
	Cualit	Cuant	Cualit	Cuant	Cualit	Cuant
Uso en Venezuela	Si existe la técnica en el país	5	Si se emplea la técnica en el país	5	Si se emplea la técnica en el país	5
Disponibilidad facil en Venezuela	Si existe una empresa que realiza esta técnica en el país	5	Si existen centros de manejo en el país para la aplicación de esta técnica	5	No es común esta técnica en el país se depende de resultados elaborados a escala piloto	3
Facilidad de Obtención los recursos para la técnica	Requiere muchos componentes importados para la aplicación de la técnica. Es una planta industrial	3	Se requiere el uso de material agregado especializado para lograr la solidificación y estabilización del desecho. Depende del tipo de material su facilidad, esto se obtiene luego de evaluación a escala piloto	3	Es necesario de insumos para la aplicación de la técnica, los cuales son propios de la actividad agrícola	3
Validación por la autoridad nacional ambiental	Si se encuentra validada por la Autoridad Nacional Ambiental	5	La técnica esta autorizada por la Autoridad Nacional Ambiental, previo a resultados experimentales y pilotos	3	Esta técnica es validada por la autoridad nacional ambiental dependiendo de los resultados aplicados a escala piloto	3
Período de ejecución Corto	Se ejecuta en un corto período de ejecución de acuerdo a una planificación	5	Se realiza en corto tiempo, si se cuenta con el espacio suficiente para la aplicación de la técnica y mezclado del material	3	Esta técnica tarda mucho tiempo en dar resultados, dependiendo de las concentraciones de contaminantes	1
Generación de Residuos	Sólo genera corrientes de emisiones atmosféricas, que son tratadas por la misma planta	4	No genera residuos, ya que el mismo es mezclado con el desecho y almacenado	4	No se generan residuos, se tratan todos los generados durante la aplicación de la técnica	4
Necesidad de Tecnica complementaria para darle disposición final al desecho	Si requiere de la aplicación de filtros para controlar las emisiones	3	No se requiere técnica adicional, pero no hay una eliminación como tal del desecho	4	No es necesario una técnica adicional para completar el tratamiento del desecho	5
Consumo de Insumos y Materiales	Requiere insumos comunes para la operatividad de la planta para la obtención de otros materiales. El desecho se convierte en un insumo	3	Se requiere consumo de material adicional para realizar el encapsulado	2	Se requieren insumos adicionales de tipo agrícola para la aplicación de esta técnica	2
Elevado Costo de Insumos y materiales	El costo esta asociado a las necesidad de la planta productora de cemento y del transporte del material	3	Depende del tipo de material que se esté realizando	2	Depende del tipo de insumo y las plantas específicas para la absorción de metales pesados	3
Tratabilidad de los residuos generados por la técnica	Se emplean filtros que ya estan incorporados en la unidad de procesos	4	Depende de la toxicidad resultante de los bloques de desechos generados	2	No se generan residuos adicionales por esta técnica, solo material tratado	4
Movilizaciòn facil de los residuos generados	La movilización ocurre a través de las emisiones generadas que son controladas	4	Depende de las condiciones que se obtengan de la mezcla del material agregado con el desecho	2	No se generan residuos, solo materiales tratados que deben movilizar	4
Genera afectación a otros recursos naturales	Los efectos sobre el recurso aire es bajo ya que tiene mecanismos de control	4	Depende mucho de la toxicidad resultante de las pruebas pilotos o la ejecución de la técnica	2	No se maneja información que esta técnica pueda interferir con otros recursos naturales, mas bien los estudios han demostrado ser beneficiosos	5
Existe personal o empresas especializadas para la aplicación de la técnica	Existen empresas especializadas para la prestación de este servicio. INVECEM	5	Si existen personas que manejan esta técnica, pero deben realizar ensayos previos para conocer las condiciones en que se va a realizar la técnica	2	No existe muchos especialistas en la aplicación de esta técnica, solo instituciones de poco alcance comercial	2
Existen empresas con equipos propios para ejecutar esta técnica	Existen empresas especializadas para la prestación de este servicio. INVECEM	5	Si existen personas que manejan esta técnica, pero deben realizar ensayos previos para conocer las condiciones en que se va a realizar la técnica	2	No existe muchos especialistas en la aplicación de esta técnica, solo instituciones de poco alcance comercial	2
Espacio requerido para la aplicación de la técnica	El espacio esta delimitado para una planta de coprocesamiento. No interfiere con espacios de otros usos previstos	4	Se requiere de un espacio particular y debidamente autorizado para la ejecución de la técnica	1	Se requiere disponer de grandes extensiones de terreno para la aplicación de esta técnica	1
Aplicación de la Técnica genera problemas a los trabajadores o al entorno	No genera inconvenientes a otros trabajadores en vista que ocurre bajo controles estrictos de unidades de proceso	5	Se deja el desecho encapsulado almacenado por un período de tiempo posterior.	2	No se maneja información que esta técnica pueda interferir con otros recursos naturales, mas bien los estudios han demostrado ser beneficiosos	5
		67		44		52

**Tabla 34.** Matriz de selección utilizada para determinar la técnica y tratamiento de Escombros Contaminados

TECNOLOGÍA/ PARÁMETROS	COPROCESAMIENTO		SOLIDIFICACION/ ENCAPSULAMIENTO		RECICLO/REUSO	
	Cualit	Cuant	Cualit	Cuant	Cualit	Cuant
Uso en Venezuela	Si existe la técnica en el país	5	Si se emplea la técnica en el país	5	Poco uso en Venezuela por costumbre en la población	4
Disponibilidad fácil en Venezuela	Si existe una empresa que realiza esta técnica en el país	5	Si existen centros de manejo en el país para la aplicación de esta técnica	5	Se dispone de empresas que favorecen el reciclaje y el reuso de materiales	5
Facilidad de Obtención los recursos para la técnica	Requiere muchos componentes importados para la aplicación de la técnica. Es una planta industrial	3	Se requiere el uso de material agregado especializado para lograr la solidificación y estabilización del desecho. Depende del tipo de material su facilidad, esto se obtiene luego de evaluación a escala piloto	3	Se requieren materiales e insumos de poca inversión	4
Validación por la autoridad nacional ambiental	Si se encuentra validada por la Autoridad Nacional Ambiental	5	La técnica esta autorizada por la Autoridad Nacional Ambiental, previo a resultados experimentales y pilotos	3	Si se encuentra validado por la Autoridad Nacional Ambiental	5
Período de ejecución Corto	Se ejecuta en un corto período de ejecución de acuerdo a una planificación	5	Se ejecuta en corto tiempo, agregando el agregado adecuado para el encapsulado de escombros	3	Se realiza en corto tiempo	5
Generación de Residuos	Sólo genera corrientes de emisiones atmosféricas, que son tratadas por la misma planta	4	No genera residuos, ya que el mismo es mezclado con el desecho y almacenado	4	No genera residuos, al contrario genera insumos nuevamente con valor comercial	5
Necesidad de Técnica complementaria para darle disposición final al desecho	Si requiere de la aplicación de filtros para controlar las emisiones	3	No se requiere técnica adicional, pero no hay una eliminación como tal del desecho	4	Se requiere de una técnica adicional si los valores de Plomo son elevados	2
Consumo de Insumos y Materiales	Requiere insumos comunes para la operatividad de la planta para la obtención de otros materiales. El desecho se convierte en un insumo	3	Se requiere consumo de material adicional para realizar el encapsulado	2	El consumo de materiales es bajo, solo los necesarios para la segregación del material	4
Elevado Costo de Insumos y materiales	El costo esta asociado a las necesidad de la planta productora de cemento y para realizar el transporte del material	3	Depende del tipo de material que se esté realizando	2	No se elevado el costo de los insumos y materiales	5
Tratabilidad de los residuos generados por la técnica	Se emplean filtros que ya estan incorporados en la unidad de procesos	4	Depende de la toxicidad resultante de los bloques de desechos generados	2	Los residuos generados, aquellos con concentración de plomo no reusable, serán tratados por otra técnica	2
Movilización fácil de los residuos generados	La movilización ocurre a través de las emisiones generadas que son controladas	4	Depende de las condiciones que se obtengan de la mezcla del material agregado con el desecho	2	Se puede movilizar a granel el material recuperado	4
Genera afectación a otros recursos naturales	Los efectos sobre el recurso aire es bajo ya que tiene mecanismos de control	4	Depende mucho de la toxicidad resultante de las pruebas pilotos o la ejecución de la técnica	2	Si se realiza un buen manejo del material recuperado, no hay afectación de otros recursos naturales	4
Existe personal o empresas especializadas para la aplicación de la técnica	Existen empresas especializadas para la prestación de este servicio. INVECEM	5	Si existen personas que manejan esta técnica, pero deben realizar ensayos previos para conocer las condiciones en que se va a realizar la técnica	2	Si existen empresas con capacidad para promover y realizar el reciclaje	4
Existen empresas con equipos propios para ejecutar esta técnica	Existen empresas especializadas para la prestación de este servicio. INVECEM	5	Si existen personas que manejan esta técnica, pero deben realizar ensayos previos para conocer las condiciones en que se va a realizar la técnica	2	Si existen empresas con capacidad para promover y realizar el reciclaje	4
Espacio requerido para la aplicación de la técnica	El espacio esta delimitado para una planta de coprocesamiento. No interfiere con espacios de otros usos previstos	4	Se requiere de un espacio particular y debidamente autorizado para la ejecución de la técnica	1	Se requiere de un espacio necesario que será ocupado de manera temporal mientras ocurre la recuperación del material	4
Aplicación de la Técnica genera problemas a los trabajadores o al entorno	No genera inconvenientes a otros trabajadores en vista que ocurre bajo controles estrictos de unidades de proceso	5	Se deja el desecho encapsulado almacenado por un período de tiempo posterior.	2	No genera problemas de relevancia, salvo aquellos derivados de la ejecución de tareas.	4
		67		44		65

## ANEXO E

### PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO A SER APLICADOS DURANTE EL DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES DE DESMANTELAMIENTO DE LOS TANQUES DE TEP

#### E.1. PROCEDIMIENTOS PARA LA SUPERVISIÓN AMBIENTAL

##### E.1.1. Lineamientos hacia el Uso del Suelo, Retiro de Suelo Contaminado y Alteración de su Estructura

###### *Consideraciones Preliminares (Medida de Manejo):*

El uso que actualmente se le está dando al suelo es de tipo industrial, por lo que los trabajos que se tengan previstos realizar para el retiro de los tanques, es necesario considerar el uso futuro de esta zona donde están ubicados actualmente los tanques de TEP.

De acuerdo a los hallazgos obtenidos, esta zona será utilizada para realizar la expansión de las Unidades del Complejo BTX, por lo que debe considerar los requerimientos necesarios para la construcción de este tipo de facilidades.

###### *Requerimientos:*

El suelo debe tener una capacidad de soportar el peso de unidades de proceso, provenientes de la expansión de las unidades del Complejo BTX, por tanto debe tener un grado de compactación ajustado a los requerimientos de construcción de la instalación nueva, con alta densidad del suelo, mayoritariamente material arcilloso. .

###### *Exigencias:*

- Es necesario la verificación expandida del grado de contaminación del suelo presente debajo de las instalaciones de los tanques de TEP, a través de una caracterización a distintos niveles y en distintos puntos del área presuntamente contaminada, adicionales a los puntos ya actualmente tomado.
- Es necesario elaborar una calicata para determinar la profundidad de la contaminación presuntamente existente.

- Es necesario realizar un estudio de suelo para verificar su composición y determinar el porcentaje actual de arcilla, limo y arena presentes en esa zona ya previamente impactada.
- En el caso de realizar la remoción del material presente en el suelo, este debe ser removido por capas de 30 – 60 cm, motivado a la limitación de espacios para retirar el desecho generado.
- Una vez retirado todo el material contaminado, debe ser rellenado y cegado la fosa abierta con material limpio con material de relleno y/o agregado que garantice lograr el grado de compactación requerido para la edificación de las nuevas plantas del Complejo BTX.

### **E.1.2. Lineamientos de aplicación de Buenas Prácticas Ambientales durante el desarrollo del Proyecto**

#### *Consideraciones Preliminares (Medida de Prevención):*

Este aspecto está más relacionado con la prevención y la salud de los trabajadores participantes en el Proyecto, sin embargo, hay consideraciones de tipo ambiental que deben considerar el uso de Buenas Prácticas Ambientales (BPA) para facilitar y minimizar la aparición de los impactos previstos, de igual forma, disminuir las consecuencias que se puedan generar durante el desarrollo de la actividad.

#### *Requerimientos:*

Mantener documentado y divulgado un conjunto de Buenas Prácticas Ambientales, para el desarrollo de las actividades inherentes al desmantelado de los Tanques de TEP, en todas sus etapas.

#### *Exigencias:*

- Identificar los aspectos ambientales presentes en cada uno de los pasos o tareas a ejecutar
- Identificar los impactos que se generan de cada aspecto ambiental en cada tarea

- Para cada impacto, elaborar un listado de medidas preventivas a fin de evitar o disminuir la ocurrencia de cada impacto
- Elaborar para cada tarea, un procedimiento de ejecución con las medidas preventivas (o Buenas Prácticas Ambientales) a seguir para el desarrollo de estas.
- Se elaboraran y documentarán tanto procedimientos como tareas operacionales se tengan previstas elaborar.

### **E.1.3. Lineamiento de Manejo de Efluentes y Drenajes generados por la actividad y las técnicas a aplicar.**

#### *Consideraciones Preliminares (Medidas Preventivas y Mitigantes):*

Estas actividades no tiene previsto la generación de efluentes en volúmenes importantes, sin embargo, la propuesta presentada para el desarrollo de la valoración de riesgos implica el uso de solventes (líquidos), por lo que es necesario definir una estrategia conjunta entre los responsables del proyecto y los responsables de la Planta de Tratamiento de Efluentes (PTE), a fin que sea posible enviar solvente con contenido de metales pesados hacia la PTE.

#### *Requisitos:*

La Planta de Tratamiento de Efluentes presenta una capacidad limitada para el retiro de metales de pesado, en vista que su principal diseño está orientado hacia la remoción de hidrocarburos, por lo que es necesario realizar previamente la consulta con el responsable de la PTE si es factible enviar el solvente hacia esta unidad con los valores de concentración de plomo existentes.

#### *Exigencias:*

- Evaluar la concentración de Plomo presente en el solvente, antes de tomar una decisión de enviarlo hacia la PTE.

- En caso de ser posible recibirla, es necesario establecer la proporción en la cual se va a enviar (flujo) y la vía (camiones de vacío y descarga, o, vía sistemas de drenajes).
- En caso de no ser posible recibir el solvente con Plomo en la PTE, este debe ser considerado un Desecho Peligroso, y debe tratarse como tal, según los requisitos establecidos.
- Realizar inspecciones sucesivas en las instalaciones de almacenamiento del solvente para verificar que no se presenten fugas hacia otras secciones del área del proyecto, o que puedan afectar el sistema de drenajes de canales abiertos, ni a la ocurrencia de derrames.
- En caso de ocurrir algún derrame sobre suelo de este solvente contaminado, se debe retirar la porción de suelo contaminado y adicionarla con la fracción de material contaminado con TEP o en la zona de suelo contaminado para su respectivo tratamiento.
- En caso de ocurrir derrame sobre los canales abiertos, estos deben ser limpiados y removida la mancha de solvente para ser enviada a la PTE. Una vez allí, y considerando que sea poco el volumen derramado.
- En caso de derrames masivos de líquido hacia los canales abiertos, esos deben ser cerrados y el solvente retenido en esta sección, para luego ser retirados con camiones de vacíos y luego ser devueltos hacia las instalaciones de almacenamiento de solvente.

#### **E.1.4. Lineamientos para la Gestión en el Manejo de Desechos y Materiales Peligrosos:**

##### *Consideraciones Preliminares (Medidas de Manejo):*

Las cantidades de los desechos así como su condición de peligrosidad se encuentran ya definidas previamente a través del análisis de riesgo y de la evaluación ambiental, de igual forma se encuentra definida las técnicas y estrategias de tratamiento y disposición final a

aplicar para cada una de las corrientes de desechos que se tiene previsto generar durante el desmantelamiento de esta instalación.

Por lo tanto, estos lineamientos están orientados hacia una gestión integral para el manejo de los desechos.

*Requisitos:*

Es necesario que para todos los tipos de desechos que se tienen previsto generar durante el proceso de desmantelamiento de los tanques de TEP, se realicen todas las etapas de manejo de los desechos, lo que implica: control en la generación de los desechos, almacenamiento temporal, manipulación de los desechos, transporte, tratamiento (si aplica) y disposición final, siempre dándole prioridad a la valorización sobre la eliminación.

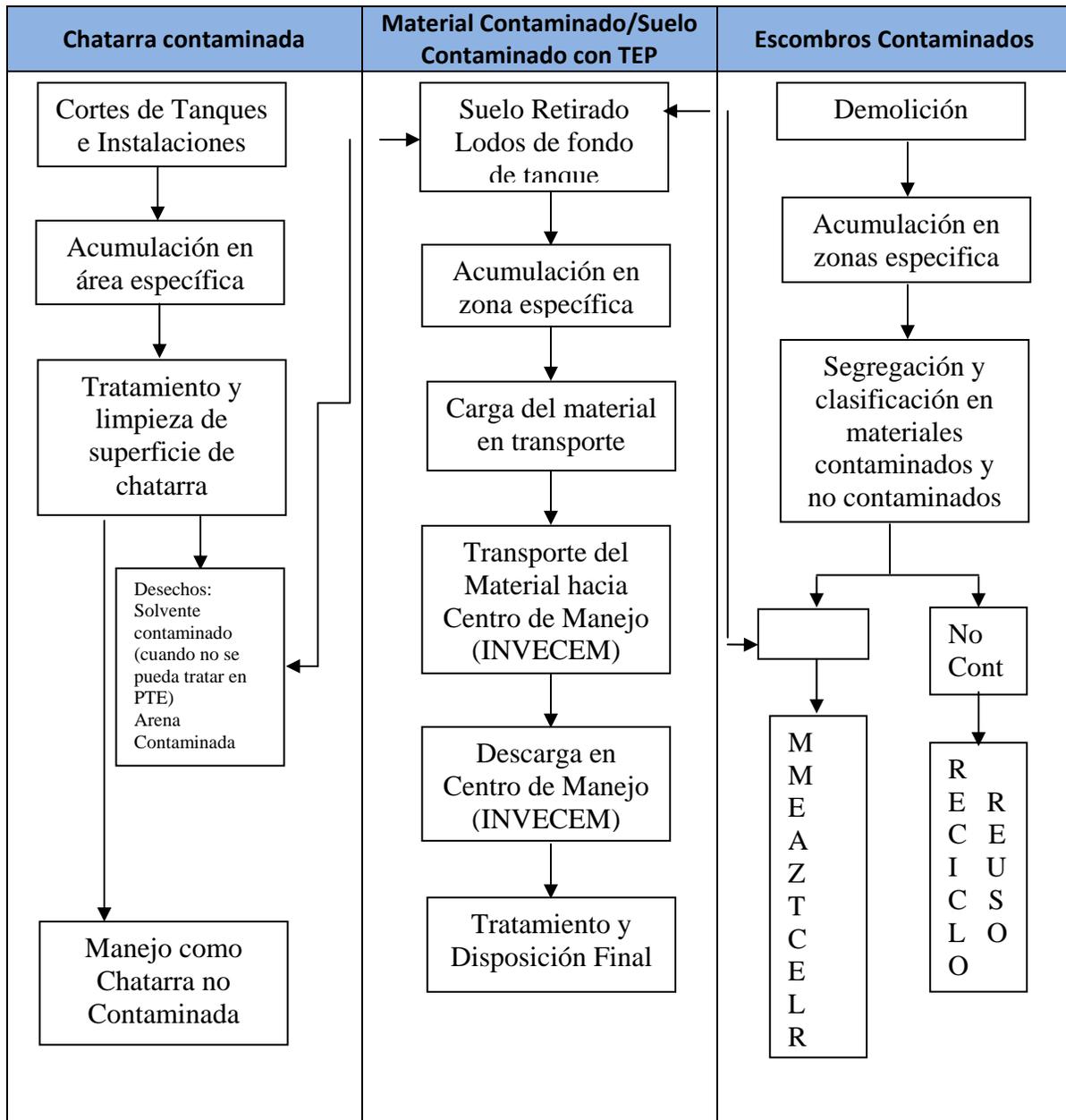
*Exigencias:*

- Es necesario identificar las fuentes generadoras de las distintas corrientes de desechos que se tienen durante las actividades de desmantelamiento de los tanques de TEP.
- Se debe disponer de un espacio para la segregación, clasificación y almacenamiento temporal de los distintos desechos generados por el desmantelamiento de los tanques de TEP.
- En cada una de esas áreas clasificadas, se deben segregar los desechos en: no peligrosos para eliminación (vertederos o rellenos sanitarios), no peligrosos para valorización (reuso y reciclaje), escombros contaminados, chatarra contaminada, material con TEP.
- En el caso de los desechos no peligrosos, tanto para eliminación como valorización es necesario garantizar la logística de manipulación y transporte a los sitios de disposición final. De acuerdo a la ubicación de la Refinería El Palito, el Relleno Sanitario más cercano a esta instalación es La Paragüita, ubicado a 5 km de distancia; en el caso de la valorización de los no peligrosos, se tiene previsto para la chatarra no contaminada, así como para los electrónicos y materiales eléctricos, ser enviados a empresas Recuperadoras de Materiales. En el caso de la Chatarra no

contaminada, esta es enviada hacia los patios de Bariven, ubicado a 10 km de distancia de la Refinería El Palito, para ser almacenados hasta la venta a una empresa fundidora privada o pública. En el caso de los materiales eléctricos y electrónicos, se debe prever el envío de estos materiales a empresas autorizadas para el manejo de estos desechos, ya que su volumetría es bastante baja.

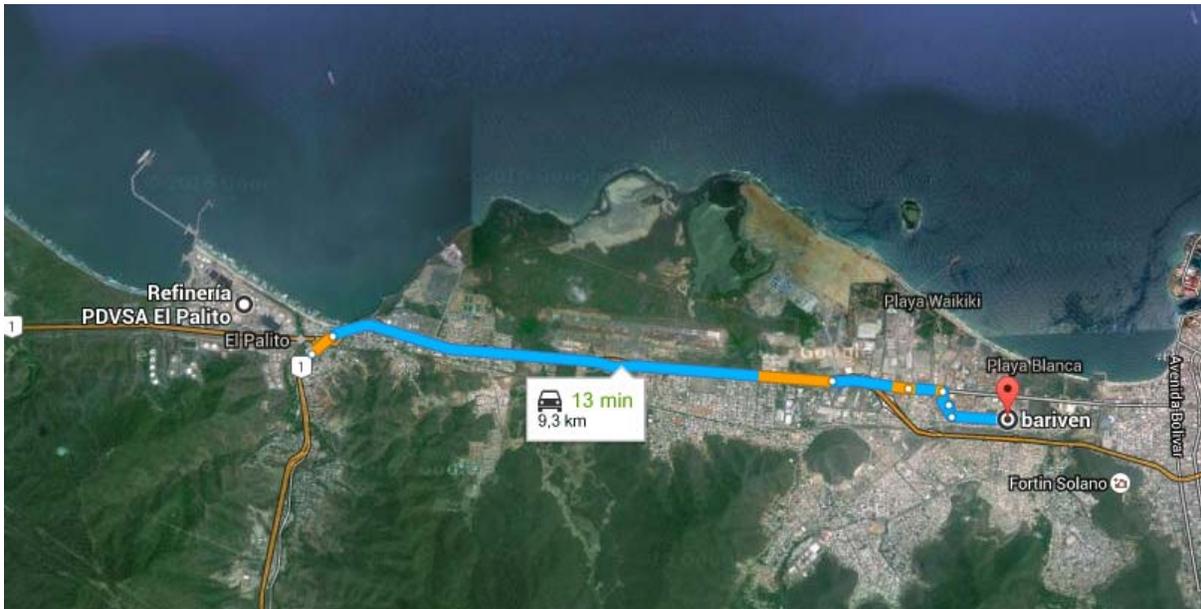
- En el caso de los desechos peligrosos, se tiene previsto realizar la segregación y el retiro del material en la medida que se vaya generando, a fin de no colapsar el espacio disponible para esto. Tal es el caso de los escombros y la chatarra contaminada, la cual necesita de espacio para ser tratada in-situ, para luego ser enviada como chatarra no contaminada a los centro de acopio. Para cada uno de los desechos peligrosos, se recomienda seguir los siguientes flujogramas:

**Tabla 35.** Flujoograma a seguir para el manejo de los desechos en la medida que se generan durante la ejecución del desmantelamiento

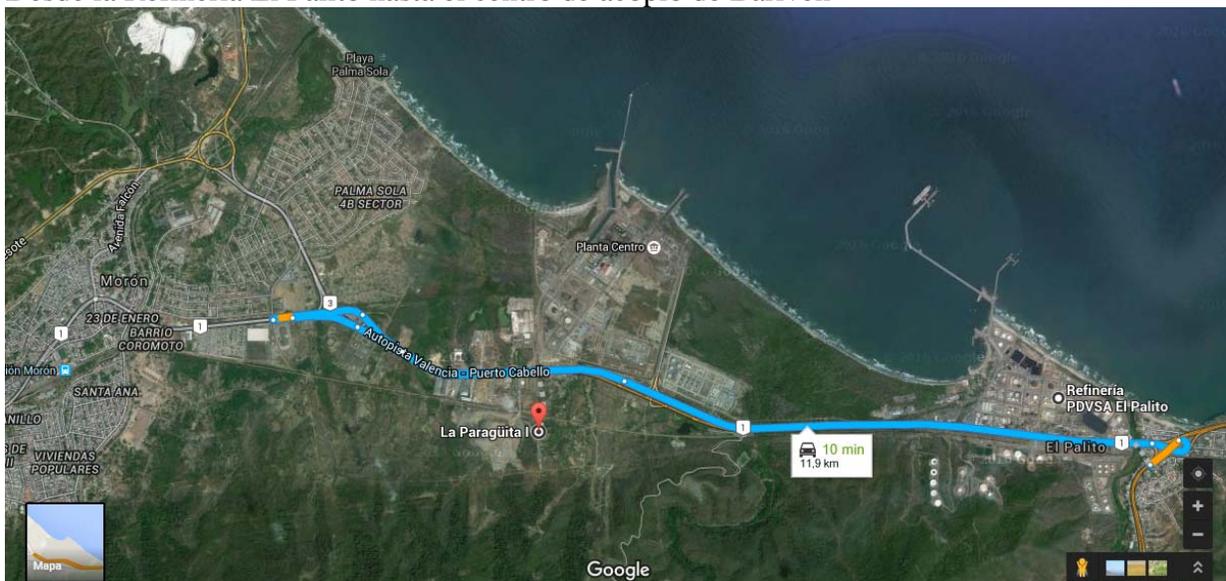


- Una vez concluido el retiro de los materiales peligrosos, se debe mantener un registro de las cantidades de desechos generados, transportados y tratados y/o dispuestos adecuadamente, con sus respectivos soportes.
- Es necesario que se mantenga control sobre las rutas que serán utilizadas por el transporte para los distintos centros de manejo mencionados (los de mayor

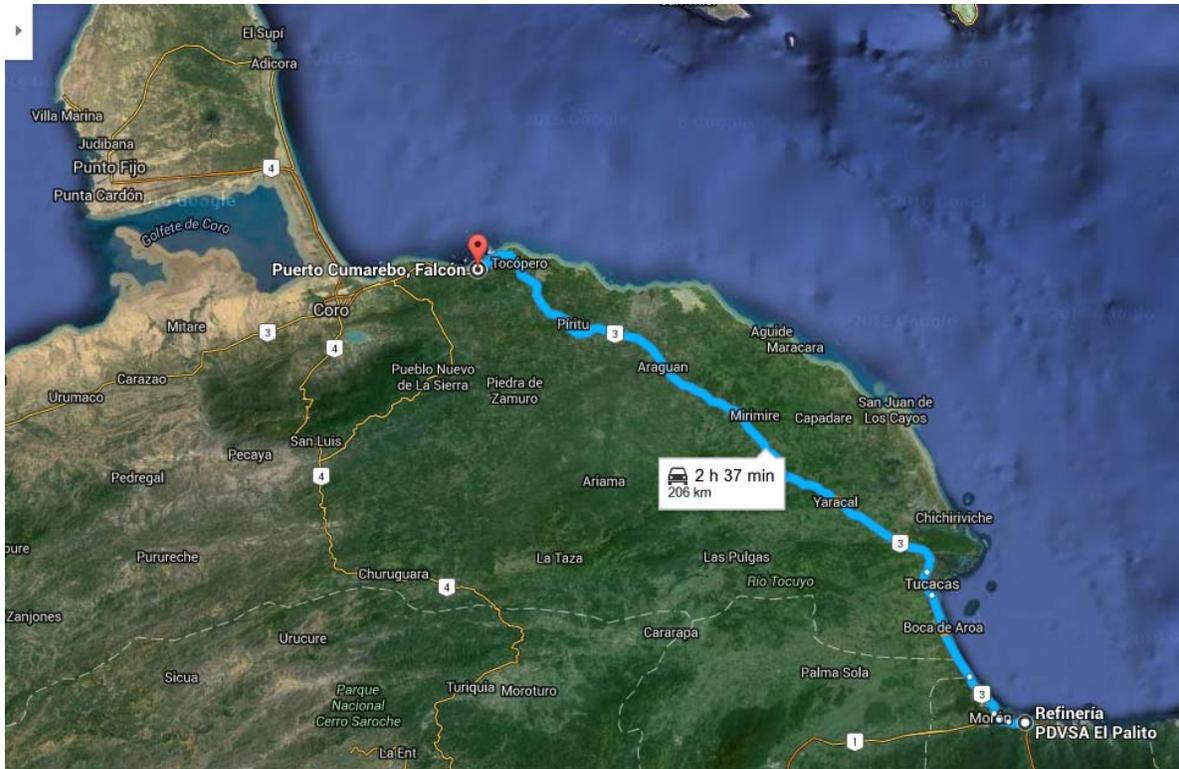
volumen), ya que un alto volumen de vehículos de transporte puede afectar la ruta y el libre tránsito hacia los centros urbanos cercanos de estos centros de manejo, ya que los materiales que se están transportando son considerados peligrosos y su atención implica la movilización de organismos de seguridad para dicha atención. A continuación las rutas recomendadas dentro de estos lineamientos:



**Figura 14.** Ruta seguida para el traslado de chatarra y material ferroso descontaminado. Desde la Refinería El Palito hasta el centro de acopio de Bariven



**Figura 15.** Ruta seguida para el traslado de materiales no peligrosos hacia Relleno Sanitario. Desde la Refinería El Palito hasta Sector La Paraguaita



**Figura 16.** Ruta seguida para el traslado de materiales contaminados con TEP. Desde la Refinería El Palito hasta sede de Industria Cementera en Puerto Cumarebo

#### **E.1.5. Lineamientos para el uso de facilidades cercanas al proyecto:**

##### *Consideraciones Preliminares (Medidas de Prevención y Manejo):*

En el lugar de ejecución del proyecto, ubicado dentro de una planta de refinación de hidrocarburos, es necesario garantizar el cumplimiento de una cierta cantidad de medidas de seguridad (física e industrial). Aunque son propias de un plan de seguridad industrial más que uno ambiental, la vinculación entre el uso de los recursos y facilidades

##### *Requisitos:*

Es necesario garantizar el cumplimiento de las normativas de seguridad industrial de la planta, incluyendo los posibles escenarios de emergencias de tipo: accidentes, incendios y eventos ambientales, en los que pudiera ser necesario el desalojo del personal, paralización de las actividades y el uso de las vías de comunicación internas, de manera estricta para la atención de las emergencias.

Por otro lado, las facilidades de las instalaciones conexas no pueden ser colapsadas, ya que están dimensionadas para atender una cantidad de trabajadores establecidos, bajo unas condiciones de diseño, esto implica que la empresa responsable del trabajo debe garantizar disponer de facilidades sanitarias y logísticas para el desarrollo del trabajo, de forma temporales y removibles.

*Exigencias:*

- Se debe contar con un Plan de Emergencia acorde para los distintos escenarios de seguridad industrial, así como una planificación para el uso de las calles durante la remoción de los desechos y el uso de las vías de comunicación mientras se ejecuten los trabajos, para notificar al departamento encargado.
- Se debe contar con una planificación de ingreso de vehículos de carga pesada así como de maquinaria pesada para los trabajo dentro del área del proyecto. Esta planificación debe ser cónsona con el plan de emergencia y el plan de comunicaciones de estas situaciones al cuerpo de bomberos de la Refinería.
- Se debe contar con una distribución de planta del área del proyecto, realizado bajo criterios de movilidad logística, tomando en cuenta las salidas, las facilidades para la toma de agua y acumulación de desechos, las distancias entre los servicios de saneamiento básico y los frentes de trabajo, las áreas operacionales, la colocación de equipos pesados para la realización de algunos trabajos, entre otras consideraciones principales.
- Disponer de baños portátiles en cantidades suficientes para los trabajadores (de ambos sexo si se diera el caso), así como de otras facilidades de saneamiento básico, durante la ejecución de los trabajos: comedores, basura doméstica, contenedores de agua.
- Disponer de facilidades de movilización de personal para evitar el riesgo dentro de las instalaciones del complejo refinador.

## **E.2. PROCEDIMIENTOS DE SUPERVISIÓN OCUPACIONAL**

### **E.2.1. Lineamientos para la selección adecuada y uso de los Equipos de Protección Personal para el manejo de los desechos peligrosos:**

#### **E.2.1.1. Selección:**

- Se deberá realizar una descripción de la tarea o actividad a realizar a través del desarrollo de un procedimiento escrito.
- Se deberá realizar un análisis de riesgos considerando aquellos factores de riesgos que tengan mayor probabilidad de ocurrencia, e indicarlos.
- Se deberá seguir los criterios establecidos en la norma COVENIN 2237 referente a Ropa, Equipos y Dispositivos de Protección Personal. Selección de acuerdo al Riesgo.
- Se deberá garantizar que los equipos de protección personal cumplan con las normativas de calidad requeridas para el desarrollo de una actividad.

#### **E.2.1.2. Uso:**

- Es necesario desarrollar normativas estrictas para el uso obligatorio de los equipos de protección personal dentro del área de trabajo, debido a las múltiples rutas de exposición presentes y la toxicidad del contaminante.
- Asociar cada actividad a realizar con el uso de un equipo de protección personal de relevancia que garantice el uso del EPP.
- Realizar seguimiento y rondas por parte de la persona que realizará las funciones de supervisor en el área ocupacional para garantizar el uso de los equipos de protección personal durante el desarrollo de una actividad.
- Establecer períodos de reemplazo de los equipos de protección personal en el caso que la calidad sea menor a la deseada o los niveles de concentración sean tan

elevados que sobrepasen la capacidad de protección de los equipos utilizados (caso protectores respiratorios).

### **E.2.1.3. Mecanismo de Control y Seguimiento:**

Para este lineamiento, se debe desarrollar formatos de registro de las inspecciones realizadas y llevar un registro del número de veces que no se cumplen las normas escritas.

## **E.2.2. Lineamientos para el manejo de materiales y sustancias peligrosas, en cuanto a aspectos de seguridad y protección personal**

### **E.2.2.1. Consideraciones:**

- Es necesario definir dentro del área de trabajo tres zonas de trabajo, tal como se establece en la figura siguiente:



La zona caliente es la zona donde se va a ejecutar el trabajo, y se va a realizar el almacenamiento de los desechos peligrosos, así como la segregación de estos desechos como peligrosos. También en esta zona se va a realizar la carga de estos desechos en los vehículos de transporte hacia los centros de manejo y se realizan los arreglos a estos vehículos.

La zona tibia es la zona donde se realiza la limpieza de los vehículos antes de salir, y se realiza el proceso de descontaminación de estos equipos, de manera que los restos de esta limpieza quedan dentro de la zona para la remoción hacia la zona caliente. De igual forma, la zona tibia es la zona donde el personal se va a realizar la descontaminación personal, esto implica, el retiro de los equipos de protección personal, así como aseo básico como lavado y aspirado del cuerpo, de manera que se retiran los trajes protectores y los depositan en recipientes recolectores de desechos peligrosos.

La zona fría, es aquella donde el trabajador y las maquinarias pueden moverse sin peligros de contaminación ni contacto directo por carga de materiales. Una vez allí, significa que el trabajador ha cumplido con las premisas de aseo, así como los vehículos que van a hacer el retiro y transporte de desechos.

#### **E.2.2.2. Lineamientos:**

- Dentro de la zona caliente, las actividades a ejecutar deben implicar el uso de los equipos de protección personal de forma obligatoria, ya que es donde se tiene previsto mantener contacto con el material contaminado y la presencia de mayor posibilidad de contacto con éste.
- Igualmente, dentro de la zona caliente, los responsables de la ejecución del proyecto deben determinar las zonas donde se van a realizar los trabajos, así como el almacenamiento temporal de desechos y las zonas de tratamiento de la chatarra contaminada.
- En la zona tibia, utilizada para descontaminación y limpieza, los responsables de la ejecución del proyecto deben determinar los sectores, dentro de la zona tibia, donde se va a realizar la limpieza de los equipos y materiales, igualmente deben

seleccionar el sector donde se va a instalar una cámara de descontaminación para los trabajadores.

- La limpieza de los vehículos debe realizarse de forma manual con insumos necesarios para la limpieza de los desechos que pudiesen quedar remanentes en la superficie de los vehículos.
- La cámara de descontaminación debe ubicarse en un único sector, de manera de garantizar que se tenga para todos los trabajadores, una única entrada y una única salida de la zona caliente. Esta cámara puede ser instalada con tres compartimientos, uno de recepción del trabajador proveniente de la zona caliente, otro donde se realice el aseo personal y retiro de los EPP que se encuentren contaminados, y otro que limite con la zona fría, a partir del cual el trabajador ya se puede retirar el área de trabajo. Es importante garantizar que el trabajador no se retire de la zona de trabajo con restos de contaminante en su cuerpo o alguna parte de la ropa que esté utilizando.

#### **E.2.2.3. Meca mismos de Control y Seguimiento:**

Para realizar el seguimiento a estos lineamientos se deberá utilizar un inspector responsable de la materia ocupacional, el cual realice verificaciones periódicas para el cumplimiento de la normativa, y deje registro de los resultados así como de las notificaciones respectivas.

#### **E.2.3. Lineamientos para el control de la exposición de los trabajadores directos en la remoción de materiales peligrosos**

Para el desarrollo de este lineamiento es necesario considerar dos aspectos, uno de ellos está relacionado con las características de los trabajos que se van a desarrollar dentro del

proyecto de desmantelamiento de los tanques de TEP, y el otro aspecto es considerar el tiempo de exposición o ejecución de la actividad dentro del área del proyecto que implique una permanencia en una zona de riesgo para la salud del trabajador. Entre ellos destaca:

- Determinar con claridad las actividades y responsabilidad de cada trabajador dentro del desarrollo del proyecto
- Igualmente se debe determinar las posiciones a ocupar de cada trabajador al inicio del proyecto.
- Para determinar la exposición de los trabajadores a los distintos factores de riesgo es necesario determinar la existencia de un laboratorio que pueda analizar la presencia de plomo en aire para aplicar una medición de dosimetría ocupacional.
- Para la realización de la dosimetría se realiza la determinación de grupos homogéneos de exposición para el riesgo de inhalación de aire con presencia de vapores de TEP, según los criterios de la norma NIOSH 77-173, Manual de Estrategia de Exposición Ocupacional, adicionalmente es necesario garantizar contar con los equipos captadores de muestras para ser instalados periódicamente sobre los trabajadores para conocer su exposición durante el desarrollo del trabajo.
- El tipo de equipos a ser utilizado para la captación de muestras son bombas de succión de aire a bajo caudal que se colocan a nivel de la zona respiratoria de los trabajadores, durante el período de exposición o una jornada de trabajo.

- Estas muestras se captan y se envían hacia laboratorios para determinar la cantidad de químicos presentes en el aire que respira el trabajador durante el desarrollo de su actividad.
- Una vez con los resultados obtenidos se realizará los ajustes a la exposición de los trabajadores durante el desempeño de su trabajo, por lo que corresponde al Especialista en Materia de Higiene Ocupacional, evaluar estos resultados y levantar un plan de acción específico en caso de existir valores fuera de las normativas.
- La comparación de los valores obtenidos se deben comparar con estándares ocupacionales, tales como la norma COVENIN 2253, sobre Concentraciones Máximas permitidas en áreas de trabajo, o cualquier normativa internacional válida por entes reconocidos que tengan un límite de exposición.

#### **E.2.4. Lineamientos para Control y Valoración de Medio Ambiente de Trabajo y Entorno**

Este lineamiento se refiere a las acciones generales necesarias que hay que hacer para garantizar que las operaciones del proyecto no afecten el entorno del proyecto, es decir, los lugares de trabajo que no pueden ser retirados durante la ejecución de limpieza del tanque de TEP.

Las técnicas a aplicar son similares a las del lineamiento anterior, en cuanto a la toma de muestra, con la diferencia que para la NIOSH 77-173, del Manual de Estrategia de Muestreo de Exposición Ocupacional, considera en uno de los puntos establecidos, la captación de aire en lugares de trabajo. Para el desarrollo de este punto es necesario considerar la visión de un Especialista en Higiene Ocupacional, que determine los puntos de muestreo fuera del área de trabajo pero que sean significativos y relevantes en cuanto a la presencia de personal, principales lugares y rutas de trabajo por parte de los trabajadores en las adyacencias de la zona de proyecto, permanencia por áreas de descanso o la presencia de instalaciones provisionales en el área.

Una propuesta para determinar estas zonas se proponen las siguientes:



**Figura 17.** Ubicación preliminar de los puntos de muestreo de calidad de aire a nivel ocupacional

Los puntos que se presentan en la figura anterior son una propuesta que refleja la movilidad del contaminante acorde a la dirección del viento. Se consideró para su ubicación los criterios anteriormente mencionados e incluso una de las casetas de descanso que pertenece al grupo de mantenedores de la unidad de BTX. La distribución propuesta permite establecer la posibilidad de extensión del contaminante en el ambiente laboral cercano.

No se propone colocar al otro lado de la fuente del contaminante, debido a que la dirección del viento favorece la dispersión hacia el oeste.

Se propone que los equipos a utilizar para la captación de aire sean bombas de bajo flujo, entre 0,01 y 1 l/min de acuerdo al contaminante utilizado, y recolectar al menos 100 litros por cada tubo de sorción utilizado. Para cubrir al menos 6 horas de trabajo, se requieren 3 tubos con capacidad de 100 litros, de acuerdo a lo establecido en el método analítico N° 2533.

Las muestras recolectadas luego son analizadas por un laboratorio especializado con disponibilidad de cromatógrafo. Los resultados establecerán si hubo o no exposición en el entorno.

Adicionalmente, se propone como medida adicional, colocar las bombas de succión en un lugar fijo, pero a la altura de la zona respiratoria de los trabajadores, ya que de esa forma garantiza la medición acorde al sitio más exacto posible.

#### **E.2.5. Lineamientos para el control y prevención de efectos sobre la salud de los trabajadores**

Para completar la prevención contra la aparición de algún efecto sobre la salud de los trabajadores y el entorno, es necesario contemplar, como parte del plan de supervisión ocupacional, la aplicación de controles biológicos para garantizar que la posible exposición al Tetraetilo de Plomo proveniente de los tanques de almacenamiento de TEP no está impactando o desmejorando la salud de los trabajadores.

Por tal motivo, se debe realizar un plan de acción y preventivo para control de las condiciones de salud de los trabajadores, entre lo cual destaca las siguientes acciones:

- Realizar un examen medico completo al trabajador antes de iniciar las actividades en el proyecto de desmantelamiento de los tanques de TEP, donde se incluyan los siguientes análisis:
  - Examen de orina
  - Examen de sangre (hematología)
  - Evaluación de funcionamiento de los riñones
  - Evaluación del sistema nervioso
  - Evaluación de mucosas: ojos, nariz

- Evaluación del sistema respiratorio

- De manera complementaria al trabajador, es necesario realizar una entrevista sobre las actividades que realiza fuera del horario laboral, prestando especial énfasis en las siguientes actividades que pudieran favorecer la exposición a compuestos con plomo: practica de soldaduras, tiro al blanco, consumo de bebidas alcohólicas, o cualquier otra sustancia que contenga plomo o compuestos de plomo.
- Mantener los expedientes de los trabajadores que están en el área de trabajo durante la ejecución del proyecto.
- Al tener los resultados de los monitoreos ambientales y ocupacionales, y resultar mas elevados que los límites establecidos, se deben volver a realizar los exámenes arriba mencionados, a fin de que el médico especialista pueda determinar si existe o no alguna afectación, o acumulación del plomo en algún órgano blando.
- Estos mismos exámenes se deben practicar o mantener registros al personal que esta fuera del área del proyecto, pero en las zonas adyacentes a estos, ya que también pueden resultar afectados.
- En caso que los límites de las evaluaciones no resulten altos, se pueden realizar los exámenes en un período de 2 a 3 meses, durante la ejecución del proyecto.

## ANEXO F

### EJEMPLO DE CÁLCULO PARA LA ESTIMACIÓN DE COSTO PARA EL USO DE LAS TÉCNICAS DE LAVADO DE MATERIAL FERROSO

Se realiza el ejemplo de cálculo para la estimación del uso de la arena de sílice.

Se utilizan como datos para la realización del cálculo los siguientes:

- Masa promedio de la placa metálica: 185 gramos
- Cantidad de arena utilizada para el lavado de las placas contaminada: 320 gramos
- Cantidad de plomo retirado, expresado en ppm: 22,7 ppm
- Cantidad total de material ferroso a descontaminar: 84.618,85 kg

F.1. Se determina la cantidad de material utilizado para el lavado con arena de la placa metálica, haciendo uso de la ecuación (I) descrita en el capítulo III.

$$Insumo = \frac{CantidaddeMaterial}{ppmdePlomo} = \frac{320g}{22,7 ppm} = 14,1g / ppm$$

F2. Posteriormente, se establece la cantidad de material, expresado como Insumo, utilizado por kg de material ferroso aplicado el tratamiento, haciendo uso de la ecuación (II).

$$Rel - Metal = \frac{Insumo}{MasaMaterialferroso} = \frac{14,1g / ppm}{185g} = 0,076g / ppm / gmetal$$

Cuando el resultado obtenido se expresa por kg de material ferroso, el valor expresado queda como 76 g/ppm/kg metal, por lo tanto:

$$Rel-Metal = 76 g/ppm/kg$$

F.3. Posteriormente, el valor obtenido en Rel – Metal se multiplica por el valor de la cantidad total de material ferroso estimado en los capítulos anteriores, realizando la operación de la siguiente forma:

$$CantidadTotalInsumo = Rel - Metal \cdot TotalMetal = 76g / ppm / kg \cdot 84.618,85kg$$

$$Cantidad Total Insumo = 6.431,03 \text{ kg/ppm de arena de sílice}$$

F.4. Este valor de Cantidad Total de Insumo, se multiplica por el valor del precio unitario de la compra de arena de sílice en el mercado, para el momento de la investigación, efectuándose la operación de la siguiente manera:

$$CostoporInsumo = CantidadTotalInsumo \cdot PrecioUnitarioInsumo = 26.431,03Kg / ppm \cdot 2,50BsF / Kg$$

$$Costo por Insumo = 16.077,58 \text{ BsF/ppm}$$