

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**“EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE MANEJO DE LOS DESECHOS  
PELIGROSOS, EN LA GERENCIA DE PLANTAS DE GAS, AGUA Y  
VAPOR DEL DISTRITO SAN TOMÉ”**

**Realizado por:  
Lourdarelys del Carmen Astudillo Brito**

**Trabajo de grado presentado ante la Universidad de Oriente como  
requisito parcial para optar al título de Ingeniero Químico.**

**Puerto La Cruz, noviembre de 2010**

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**“EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE MANEJO DE LOS DESECHOS  
PELIGROSOS, EN LA GERENCIA DE PLANTAS DE GAS, AGUA Y  
VAPOR DEL DISTRITO SAN TOMÉ”**

**ASESORES:**

---

**Ing. Quím. Alexis Cova, MSc.**  
**Asesor académico**

---

**Ing. Petro. Eglis Infante**  
**Asesor industrial**

**Puerto La Cruz, noviembre de 2010**

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**“EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE MANEJO DE LOS DESECHOS  
PELIGROSOS, EN LA GERENCIA DE PLANTAS DE GAS, AGUA Y  
VAPOR DEL DISTRITO SAN TOMÉ”**

**JURADO:**

---

**Ing. Quím. Alexis Cova, MSc.**  
**Asesor académico**

---

**Ing. Quím. Maritza Millán Silva, MSc.**  
**Jurado principal**

---

**Ing. Quím. Oswaldo Ochoa.**  
**Jurado principal**

**Puerto La Cruz, noviembre de 2010**

## RESOLUCIÓN

De acuerdo al artículo 41 del Reglamento de Trabajos de Grado:

**Los Trabajos de Grado son exclusiva propiedad de la Universidad y sólo podrán ser utilizados a otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien lo participará al Consejo Universitario.**



## **DEDICATORIA**

A Dios todopoderoso y a mi Virgen del Carmen, por guiar mí camino y siempre cobijarme bajo su manto, llenándome de mil bendiciones.

A mi mami Arelis Brito, por ser una excelente madre, amiga, compañera, confidente y sobre todo un gran ejemplo a seguir. Te amo mami!

A mis abuelitos Lourdes y Rafael, por ser mis muletas y siempre estar allí apoyándome. Los quiero mucho!

A mi hermano Luisito, por todo su cariño, apoyo y compañía. Te quiero manito!

A los que hoy ya no están presentes físicamente, pero sí de corazón mis abuelitos María y Nicolás por ser esos pilares fundamentales en nuestra familia, los cuales nos dejaron grandes valores y principios para ser hombres y mujeres de bien. Siempre estarán en mi corazón!

A ti primito bello Rafael Antonio, te extraño mucho...Pero nunca te olvidaré!

**Lourdarelys del Carmen Astudillo Brito**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco primeramente a mi Diosito y a mi Virgencita del Carmen, por ayudarme a realizar esta meta y por acompañarme durante todo el camino, como estoy segura lo seguirán haciendo durante toda mi vida. Son mi fortaleza en ustedes confío plenamente.

A mi mami, mi ángel de la guarda terrenal, sin ti ésto no sería posible. Gracias por todo el esfuerzo que has hecho por mí, por tus palabras de aliento cuando más las necesite, tus constantes consejos muy atinados por cierto. Eres mi más grande motivación, a ti adeudo lo que soy y lo que seré. Estoy súper orgullosa de ser tu hija y espero lograr ser tan buena madre, mujer y persona como lo eres tú. Te amo mami y esta meta es tan tuya como mía.

Abuelitos queridos ustedes son parte fundamental de este logro, no tengo palabras para agradecerles todo lo que han hecho por mí. Los amo con todo mi corazón y le pido a Dios les de mucha salud para que juntos disfrutemos de los frutos de este esfuerzo.

Luisito manito gracias por todo tu apoyo, ahora nos toca a nosotros llenar de orgullo y felicidad a mi mamá y abuelos. Te quiero muchooo manito.

Quiero agradecer profundamente a mi tío Efrén Solórzano, por todo su apoyo y por ser esa figura paterna para mí. Eres un gran ejemplo seguir, tío te quiero mucho y de corazón muchas gracias por todo lo has hecho por mí, que Dios te bendiga.

Agradezco a la vida por la tía que me regalo un ser muy especial para mí, mi querida Vilma, tengo tanto porque darte gracias. Todo lo que me has enseñado es un tesoro que cuidaré por siempre. Te quiero mucho.

A la familia Piñero Torres, por toda su ayuda. Yusmi y José de verdad muchísimas gracias por todo, que Dios les bendiga.

A la familia Aguiar, en especial a la Catira y Tito por todo su apoyo, el cariño es mutuo. Son personas de muy buen corazón y estoy feliz de contar con ustedes, se les quiere.

A Yolimar París, más que mi amiga mi hermana. Son tantos los momentos vividos que tenemos para hacer un libro ja ja ja, gracias por todo tu apoyo ami. Cuentas conmigo siempre, como se que yo cuento contigo...Te quiero muchísimo, nunca lo olvides.

A Zulivis Vivenes, amiga mía princesa de un cuento infinito. Tu apoyo fue increíble, te quiero mucho, mil bendiciones.

A mis páginas amarillas Fredy Macadan, que sería de mí sin ti, eres una linda persona con un corazón de oro. Gracias por tu infinita ayuda, te seguiré fastidiando ja ja ja. Te quiero mucho.

A mi amigo bello Orlando Rodríguez, fueron muchos momentos lindos y espero que sea muchos más. Te quiero mucho.

A mis amigos: Julio Mendoza, Guillermo Linero, José Ángel, Laura Bonoli "Laurita", Karla Mata 'karlita", Vanessa Calderón, José Rodríguez "El cubano"

y Zoraida castillo, por su compañía, apoyo y las muchas risas que compartimos juntos. Se les quiere un montón.

A mi perrito Bebé, por todo su cariño y compañía... Eres más que mi mascota, te considero parte de mi familia. Te quiero mucho chiquito.

A mis amigas Aimara Zuniaga y Yelitza León, gracias por todo su apoyo, compañía, cariño y buena vibra, las quiero muchoo amigos.

A mi familia, en especial a mis primos: Margrith, Yulimar, José Gregorio y Annabeles por su constante cariño y apoyo, se les quiere.

A mi tutor académico, sin dudas el mejor de todos Alexis Cova, profe gracias por toda su paciencia, cariño y ayuda. Es un orgullo para los estudiantes de Ing. Química contar con usted. Nunca cambie esa forma tan particular de ser, se le quiere mucho profe.

A la señora Haidee y a Jonathan, gracias por todo su cariño y hospitalidad, los quiero.

A la Universidad de Oriente y a los profesores del departamento de Ingeniería Química, por hacer de mi una profesional integral y darme la oportunidad de conocer gente maravillosa.

Al personal de la Gerencia de AHO por la oportunidad brindada, en especial a mi tutora la Ing. Eglis Infante, por todo su apoyo. A mis compañeras de pasantía Melissa Flores, Idelys Salazar, Betzaida Acosta y Dayana Meneses, chicas de verdad gracias por hacer de esta etapa una mejor experiencia.



Al personal de la Gerencia de Plantas de Gas, Agua y Vapor, por su gran colaboración. En especial agradezco a la Ing. Milka Rodríguez por todo su apoyo y cariño. Agradezco al señor Santiago Lezama, Abraham Noguera, Carlos González, Carlos Pulgar y Rosmery Mendoza por toda su paciencia y apoyo.

A mis compañeros pasantes Adrianni Aguilera, Rogers Arcila y Andrés Rendón por su compañía, apoyo y risas compartidas. Espero que esto sea el principio de una buena amistad.

A todos aquellos que me tendieron una mano amiga, cuando más lo necesite... Gracias!

**Lourdarelys del Carmen Astudillo Brito**

## RESUMEN

Se evaluó el sistema de manejo de los desechos peligrosos, en la gerencia de plantas de gas, agua y vapor del distrito San Tomé, para la solicitud de inscripción en el registro de actividades susceptibles a degradar el ambiente (RASDA). Se describieron los procesos relacionados a las actividades propias de la gerencia (compresión de gas y generación e inyección de vapor), seguido de la identificación de los insumos utilizados, productos elaborados y desechos peligrosos generados en dichas actividades. Posteriormente se cuantificó los desechos peligrosos encontrando, que la cantidad de aceite usado en el proceso de compresión de gas (3936 galones/mes), es mayor que la utilizada en el proceso de generación de vapor (7,4 galones/mes). Se verificó el manejo en campo de los desechos peligrosos, encontrando que existen ciertas desviaciones en el sistema de manejo, lo cual trae como consecuencia un incremento en la volumetría de los mismos; por ende un aumento en el costo de los contratos para el manejo de los desechos peligrosos y un mayor impacto ambiental, razón por la cual se proponen acciones ambientales para el manejo de los desechos peligrosos.

## TABLA DE CONTENIDO

RESOLUCIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
RESUMEN.....	x
TABLA DE CONTENIDO.....	xi
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Reseña histórica de la empresa.....	1
1.2 Ubicación geográfica.....	2
1.2.1 Distrito San Tomé.....	2
1.2.2 Faja del Orinoco.....	4
1.2.3 Planta compresora de Budare.....	5
1.2.4 Planta compresora de Yopales Central.....	5
1.2.5 Planta compresora de Oveja.....	5
1.2.6 Planta compresora de Guara Oeste 2.....	5
1.2.7 Planta compresora de Leona.....	5
1.2.8 Frente de inyección continua de vapor (MFB-617).....	6
1.2.9 Frente de inyección continua de vapor (MFB-773).....	6
1.3 Planteamiento del problema.....	6
1.4 Objetivos.....	8
1.4.1 Objetivo general.....	8
1.4.2 Objetivos específicos.....	8
CAPÍTULO II.....	9
MARCO TEÓRICO.....	9
2.1 Antecedentes.....	9

2.2	Conocimientos generales sobre el gas natural .....	10
2.2.1	Manejo del gas natural .....	11
2.2.2	Inyección de vapor .....	12
2.3	Conocimientos básicos del área ambiental.....	12
2.3.1	Ambiente .....	12
2.3.2	Contaminación ambiental .....	13
2.3.3	Impacto ambiental.....	13
2.3.4	Desecho.....	13
2.3.5	Manejo de los desechos peligrosos.....	14
2.3.6	Código de colores para los desechos .....	15
2.4	Marco legal venezolano en materia ambiental .....	16
2.4.1	Ley Orgánica del Ambiente (LOA).....	18
2.4.2	Ley Penal del Ambiente (LPA).....	20
2.4.3	Ley N°55 sobre Sustancias, Materiales y Desechos Peligrosos ....	20
2.4.4	Normas Técnicas Ambientales .....	22
2.5	Registro de actividades susceptibles a degradar el ambiente (RASDA).....	23
2.5.1	Requisitos para el registro de una empresa generadora de desechos peligrosos .....	24
CAPÍTULO III .....		25
DESARROLLO .....		25
3.1	Descripción de los procesos asociados a la gerencia de plantas de gas, agua y vapor .....	25
3.1.1	Compresión del gas natural .....	25
3.1.1.1	Descripción del proceso de compresión de gas natural .....	26
3.1.2	Generación e inyección continua de vapor .....	32
3.1.2.1	Descripción del proceso de generación e inyección de vapor	32

3.2 Identificación de insumos, productos elaborados y desechos peligrosos generados en los procesos.....	37
3.2.1 Compresión de gas natural.....	37
3.2.1.1. Insumos utilizados para el proceso de compresión de gas..	37
3.2.1.2. Productos elaborados del proceso de compresión gas .....	39
3.2.1.3. Desechos peligrosos generados en el proceso de compresión de gas.....	40
3.2.2 Generación e inyección continua de vapor .....	42
3.2.2.1 Insumos utilizados en el proceso de generación e inyección de vapor .....	42
3.2.2.2 Productos elaborados del proceso de generación e inyección de vapor .....	44
3.2.2.3 Desechos peligrosos generados en los procesos de generación e inyección de vapor.....	44
3.3 Cuantificación de los desechos peligrosos generados en los procesos	45
3.3.1 Desechos peligrosos del proceso de compresión de gas .....	45
3.3.4 Desechos peligrosos del proceso de generación e inyección de vapor .....	61
3.4 Verificación en el campo del manejo de los desechos peligroso generados .....	65
3.4.1 Verificación del manejo en la plantas motocompresoras .....	66
3.4.2 Verificación del manejo en los frentes de inyección .....	69
3.5 Proposición de acciones ambientales para el manejo de los desechos peligrosos generados, en la gerencia de plantas de gas, agua y vapor ....	72

CAPÍTULO IV .....	76
DISCUSIÓN DE RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	76
4.1 Descripción de los procesos asociados a la gerencia de plantas de gas, agua y vapor .....	76
4.1.1 Compresión del gas natural .....	76
4.1.2 Generación e inyección de vapor .....	76
4.2 Identificación de los insumos, productos elaborados y desechos peligrosos generados en los procesos.....	77
4.2.1 Compresión del gas natural .....	77
4.2.2 Generación e inyección de vapor .....	80
4.3 Cuantificación de los desechos peligrosos generados en los procesos	83
4.3.1 Desechos peligrosos del proceso de compresión de gas .....	83
4.3.2 Desechos peligrosos del proceso de generación e inyección de vapor .....	85
4.4 Verificación en el campo del manejo de los desechos peligrosos generados .....	87
4.4.1 Verificación del manejo en las plantas motocompresoras.....	87
4.4.2 Verificación del manejo en las frentes de inyección de vapor.....	89
4.5 Proposición de acciones ambientales para el manejo de los desechos peligrosos generados, en la gerencia de plantas de gas, agua y vapor ....	90
4.6 Conclusiones .....	92
4.7 Recomendaciones .....	93
BIBLIOGRAFÍA.....	94
METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO: .....	97

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Reseña histórica de la empresa**

En el año 1975 ocurrió la nacionalización del petróleo y por el decreto 1.123 se creó la Corporación Petróleos de Venezuela S.A., registrada oficialmente en 1976, convirtiéndose en una de las corporaciones energéticas más importantes del mundo. Dos años más tarde se une a la ya registrada, Corporación Venezolana de Petróleo (CVP), DELTAVEN (Texas), LLANOVEN (Móvil) y PALMAVEN (Sun Oil). En los años sucesivos se producen varias etapas de la nacionalización, mediante la fusión de las empresas operadoras, con lo cual la estructura organizativa de la industria petrolera nacional queda reducida a cuatro filiales operativas: CORPOVEN, LAGOVEN y MARAVEN además de una nueva sociedad anónima llamada PEQUIVEN.

A partir del 1ero de enero de 1998, Petróleos de Venezuela Sociedad Anónima (PDVSA), pone en marcha sus operaciones en función de un nuevo esquema empresarial creando PDVSA – Petróleo y Gas. De la transformación surgen cuatro filiales: PDVSA Exploración y Producción, PDVSA Manufactura y Mercadeo, PDVSA Servicios y por último PDVSA Gas. La División PDVSA Exploración y Producción es responsable del desarrollo de petróleo, gas y carbón. Esta división está compuesta por las siguientes unidades de negocio: PDVSA Exploración, PDVSA Producción, PDVSA Faja, Bitor – Carbo Zulia y CVP.

PDVSA se ha convertido desde su creación en una de las corporaciones energéticas más importantes del mundo, encargada del desarrollo de la industria petrolera, petroquímica y carbonífera nacional, y de planificar, coordinar, supervisar y controlar las actividades operativas de sus divisiones tanto en Venezuela como en el exterior. Además lleva adelante actividades en materia de explotación y producción de petróleo, gas, bitumen y crudo extrapesado de la Faja Petrolífera del Orinoco. Luego de décadas de actividades, se ha constituido en una corporación de primera línea en el ámbito nacional e internacional. Ocupa una posición relevante entre las empresas del mundo, por sus niveles de producción, reservas, capacidad instalada de refinación y venta, es así como comienza el desarrollo de la industria petrolera nacional (PDVSA, 2003)<sup>e</sup>.

## **1.2 Ubicación geográfica**

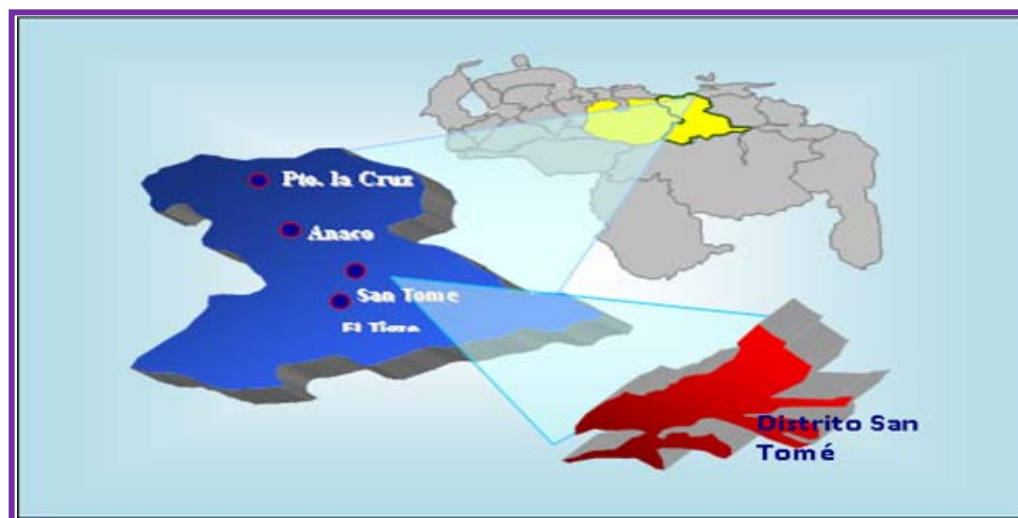
### **1.2.1 Distrito San Tomé**

El distrito San Tomé, está ubicado geográficamente en el distrito Freites en la región centro sur del estado Anzoátegui (figura 1.1), comprendiendo parte de la región centro oeste del estado Monagas y parte de la región sur del estado Guárico. Tiene un área total de 17.085 km<sup>2</sup>, en dirección Norte – Sur y 180 km<sup>2</sup> en dirección Este – Oeste. Los 17.085 km<sup>2</sup> están divididos en 8.585 km<sup>2</sup> que comprende las áreas tradicionales (crudo liviano - mediano) y 8.500 km<sup>2</sup> que comprenden las áreas no tradicionales, ubicados en la Faja del Orinoco especialmente en la región Ayacucho del estado Anzoátegui y Boyacá del estado Guárico (crudo Pesado-Extrapesado).

El distrito San Tomé se encuentra organizado en un primer término de acuerdo a los tipos de yacimientos que posee y la ubicación cardinal que



presenta como: extrapesado, pesado oeste, mediano y liviano y un departamento de presupuesto y gestión. En un segundo término cada una dividida a su vez en cinco áreas a saber: Desarrollo de Yacimientos, Producción, Control y Gestión, Infraestructura y Estudios Integrados (PDVSA, 2003)<sup>d</sup>.



**Figura 1.1 Distrito San Tomé (PDVSA, 2003)<sup>d</sup>.**

Este trabajo fue desarrollado en la Gerencia de Plantas de Gas, Agua y Vapor, distrito San Tomé PDVSA, en los procesos operativos que se realizan en esta Gerencia, lo cuales son: compresión del gas natural y generación e inyección de vapor. El proceso de compresión de gas natural cuenta actualmente con cinco (5) plantas compresoras: Yopales Central, Budare, Guara Oeste 2, Leona y Oveja. La generación e inyección de vapor posee un total de veinte (20) generadores de vapor portátiles, actualmente con dos frentes de inyección continuas (MFB-773 y MFB-617). La investigación se realizó bajo los lineamientos de la Gerencia de Ambiente e Higiene Ocupacional (AHO).

### 1.2.2 Faja del Orinoco

Inicialmente conocida como Faja Bituminosa, su nombre fue cambiado a Faja Petrolífera debido a que las investigaciones realizadas sobre el área indicaron que parte del crudo es móvil a condiciones de yacimiento. Está ubicada en el aparte sur de la Cuenca Oriental de Venezuela y cubre una extensión de 54000 kilómetros cuadrados. La gravedad del crudo varía entre 7 y 18 °API.

La Faja Petrolífera del Orinoco, constituye una de las acumulaciones de hidrocarburos más grandes del mundo. La mayoría de los yacimientos son arenas no consolidadas del Oligoceno/Mioceno con porosidades promedio de 30 % llegando en algunos casos hasta 38-40 %. Con la explotación de la Faja del Orinoco, se descubrieron cuatro acumulaciones gigantescas que yacen en arenas no consolidadas de origen fluvio-deltaico. Estas acumulaciones petrolíferas se encuentran en las áreas de Carabobo, Ayacucho, Junín y Boyacá (figura 1.2).

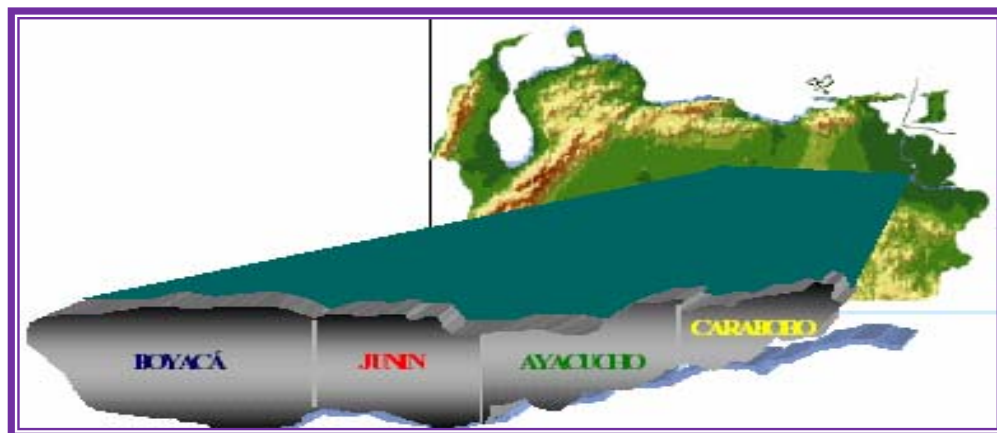


Figura 1.2. Faja Petrolífera del Orinoco (PDVSA, 2003)<sup>d</sup>.

### **1.2.3 Planta compresora de Budare**

La planta compresora de gas Budare, se encuentra aproximadamente a 100 kilómetros al Suroeste de San Tomé. Salida a Pariaguán, vía la Verdosa en el área del fundo el Palote (PDVSA, 2002)<sup>b</sup>.

### **1.2.4 Planta compresora de Yopales Central**

La planta compresora de gas Yopales Central, está ubicada a aproximadamente a 38 kilómetros al suroeste de San Tomé, hacia la vía de Pariaguán vía la Ventasón en el área del fundo Los Pozos (PDVSA, 2001).

### **1.2.5 Planta compresora de Oveja**

La planta compresora de gas Oveja, está ubicada aproximadamente a 40 kilómetros al suroeste de San Tomé (PDVSA, 2002)<sup>c</sup>.

### **1.2.6 Planta compresora de Guara Oeste 2**

La planta compresora de gas Guara Oeste 2, está ubicada a aproximadamente a 30 kilómetros al este de San Tomé, hacia la vía de Oritupano y vía Maturín (PDVSA, 2003)<sup>b</sup>.

### **1.2.7 Planta compresora de Leona**

La planta compresora de gas Leona, está ubicada aproximadamente a 30 kilómetros al Noreste de San Tomé (PDVSA, 2002)<sup>a</sup>.

### **1.2.8 Frente de inyección continua de vapor (MFB-617)**

Se encuentra ubicado al norte: 121.932,47 metros; al este: 561.632,46 metros, de la catedral de Barcelona (punto de referencia para los frentes de inyección). En el campo Bare, parcela Anzoátegui-081, municipio autónomo de Miranda, localización MFB-AP4 (PDVSA, 2002)<sup>d</sup>.

### **1.2.9 Frente de inyección continua de vapor (MFB-773)**

Se encuentra ubicado al norte: 124.765,789 metros; al este: 567.351,07 metros, de la catedral de Barcelona (punto de referencia para los frentes de inyección). En el campo Bare, parcela Anzoátegui-86, municipio autónomo de Miranda, localización MFB-AUM (PDVSA, 2002)<sup>d</sup>.

## **1.3 Planteamiento del problema**

El proceso de industrialización ha producido un incremento alarmante en el volumen ó cantidad de los desechos que se generan, sumado al manejo inadecuado de los mismos, en especial los de índole peligrosos. Esto ha conducido a la creación de una conciencia ambientalista en Venezuela, dando origen a una nueva normativa y decretos referente al manejo de los desechos.

La Gerencia de Plantas de Gas, Agua y Vapor, perteneciente a Petróleos de Venezuela S.A. a nivel de Exploración y Producción División Faja del Orinoco, distrito San Tomé, es la encargada de manejar eficientemente el gas, agua y vapor asociado a la producción y recuperación mejorada de petróleo. Dentro de estas actividades existe una constante

generación de desechos peligrosos, de los cuales actualmente no se lleva un control en cuanto a: ¿qué, quién y en qué cantidad se produce?, así como su disposición final.

La Gerencia de Ambiente e Higiene Ocupacional (AHO) del distrito San Tomé, busca garantizar la disposición final de estos desechos con la función de preservar el ambiente, mediante la incorporación de mecanismos de planificación, en la prevención de desviaciones ambientales.

Entre los planes contemplados por la empresa, está la adecuación ambiental orientada a la inscripción de PDVSA distrito San Tomé adscrita a la división Faja del Orinoco, en el registro de actividades susceptibles a degradar el ambiente (RASDA), como generador de desechos peligrosos. Con el propósito de cumplir lo dictado por la legislación ambiental venezolana vigente y lo establecido por el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, en este proyecto se pretende el levantamiento de la información que servirá como recaudo para efectuar la solicitud respectiva ante este organismo.

El desarrollo de esta investigación será del tipo descriptiva, ya que permitirá describir, de manera detallada, las actividades donde se generan desechos de índole peligrosos. Con la finalidad de consolidar todo lo referente al manejo de éstos, para así cuantificar la generación de los mismos, lo cual permitirá llevar un control adecuado.

Desde el punto de vista institucional, se logrará vincular a la Universidad con la principal empresa del país, y con empresas que le prestan servicios. Por otra parte, el uso de nuevas tecnologías refleja la contribución académica del trabajo, ya que éste permitirá resaltar todas aquellas nuevas

técnicas de procesamiento y manejo de los desechos empleados, para la protección ambiental.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

Evaluar el sistema de manejo de los desechos peligrosos, en la Gerencia de Plantas de Gas, Agua y Vapor del distrito San Tomé, para la solicitud de inscripción en el registro de actividades susceptibles a degradar el ambiente (RASDA).

### **1.4.2 Objetivos específicos**

1. Describir los procesos asociados a la Gerencia de Plantas de Gas, Agua y Vapor.
2. Identificar los insumos, productos elaborados y desechos peligrosos generados en los procesos.
3. Cuantificar los desechos peligrosos generados en los procesos.
4. Verificar en el campo el manejo de los desechos peligrosos generados.
5. Proponer acciones ambientales para el manejo de los desechos peligrosos generados, en la Gerencia de Plantas de Gas, Agua y Vapor.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes**

Atay (2003), trabajó en la unidad de Explotación de Yacimientos Livianos (UEY Liviano) que opera en el Distrito Sur San Tomé PDVSA, con la evaluación de los procesos operativos en la exploración y producción del petróleo en cuanto a la generación de desechos peligrosos y no peligrosos y uso de materiales peligrosos. Mediante la identificación y cuantificación de las sustancias usadas y de los desechos generados en cada una de las operaciones, obteniendo como resultado propuestas generales de un manejo adecuado de los mismos.

Martínez (2005), realizó una evaluación de la generación de desechos en los procesos operativos llevados a cabo en la Gerencia de Planta Sur Distrito San Tomé PDVSA, con el fin de cumplir con las disposiciones establecidas en el marco legal venezolano y así obtener el registro de actividades susceptibles de degradar el ambiente (RASDA), logrando la actualización de dicho registro en el distrito. Determinó que las corrientes de desechos generan un alto impacto ambiental debido tanto al volumen de los desechos como a las propiedades físicas y químicas de los mismos.

Mago (2005), evaluó de los procesos operativos que se llevan a cabo en un mejorador de crudo Extrapesado en cuanto a la generación de desechos peligrosos y no peligrosos y el uso de materiales peligrosos. En la división de Mejoramiento de Crudo Extrapesado de SINCOR (Sin Crudos de

Oriente). Mediante la identificación y cuantificación de las sustancias usadas y de los desechos generados en cada una de las operaciones permitieron desarrollar opciones de disposición final para el transporte, almacenamiento, tratamiento y minimización de cada desecho generado.

Infante (2008), evaluó los impactos ambientales asociados a la generación de desechos peligrosos en las Unidades de Producción Pesado y Extrapesado de PDVSA en el distrito San Tomé. Mediante el levantamiento de información relacionado a las actividades propias de la empresa y revisión de la documentación específicamente de los informes de supervisión mensual donde se tiene información en relación a los desechos generados en los proyectos del distrito.

El trabajo realizado por Atay, facilitará las técnicas utilizadas, para la identificación de las sustancias empleadas y de los desechos generados. La evaluación de la generación de desechos efectuada por Martínez, permitirá verificar si actualmente, se mantiene el nivel de estos o si existe un incremento. Las opciones propuestas por Mago, en cuanto al transporte, almacenamiento y disposición final de los desechos, serán tomadas en cuenta para el evaluó del manejo se los mismos. Resaltando que esta investigación a diferencias de las anteriores, se enfoca en el evaluó exclusivo de los desechos peligrosos y al manejo de los mismo, con la finalidad de encontrar las posibles desviaciones existentes en el sistema.

## **2.2 Conocimientos generales sobre el gas natural**

El gas natural, es una mezcla de gases compuesta principalmente por metano. Se trata de un gas combustible que proviene de formaciones



geológicas, por lo que constituye una fuente de energía no renovable. Aparte del metano, el gas natural puede contener dióxido de carbono, etano, propano, butano y nitrógeno, entre otros gases. Estos componentes hacen que el uso del gas natural sea contaminante. Además de su presencia en yacimientos fósiles, esta se puede obtener a partir de la descomposición de restos orgánicos (Padua, 1995).

### **2.2.1 Manejo del gas natural**

El proceso de producción y manejo del gas natural, está comprendido en las siguientes etapas (PDVSA 2002)<sup>e</sup>:

- **Producción:** consiste en llevar el gas desde los yacimientos del suelo hasta la superficie, a través de pozos de producción. En el subsuelo, el gas se encuentra disuelto o en capas de gas en los yacimientos de condensado (gas asociado) y en el yacimiento de gas libre (gas no asociado).
- **Separación:** una vez en la superficie, el gas natural es sometido a un proceso de separación de líquido (petróleo, condensado y agua), en recipientes metálicos a presión (llamados separadores). Cuando se trata de gas libre, no asociado con el petróleo, este proceso no es necesario, y el gas va directamente al siguiente paso.
- **Tratamiento:** es un paso previo a la fase de procesamiento, para eliminar las impurezas que trae el gas natural, como agua, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), helio y sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S). El agua se elimina con productos químicos que absorben la humedad. El H<sub>2</sub>S se trata y elimina en plantas de endulzamiento. Estas impurezas se recuperan y pueden ser comercializadas con otros fines.
- **Extracción de líquido:** en este proceso se somete al gas natural rico libre de impurezas, con la finalidad de separar el gas metano seco (CH<sub>4</sub>), de

los líquidos del gas natural (LGN), integrado básicamente por etano, propano, butano, pentano (gasolina natural) y nafta residual.

- **Compresión:** es el proceso al que se somete el gas metano seco, con la finalidad de aumentarle la presión y enviarlo al sistema de transporte y distribución para su utilización, en las operaciones de producción de la industria petrolera (inyección de los yacimientos y a los pozos que producen por levantamiento artificial por gas).

### **2.2.2 Inyección de vapor**

La inyección de vapor, se emplea en depósitos que contienen petróleos muy viscosos. El vapor no sólo desplaza el petróleo, sino que también reduce mucho la viscosidad (al aumentar la temperatura del yacimiento), con lo que el crudo fluye con mayor velocidad a una presión dada (PDVSA, 2002)<sup>e</sup>.

## **2.3 Conocimientos básicos del área ambiental**

### **2.3.1 Ambiente**

Es el conjunto de elementos naturales, físicos, químicos, biológicos y socioculturales (política, cultura, tecnología, religión), que rodea a un organismo y con los cuales interactúa. Estas condiciones naturales pueden ser otros organismos (ambiente biótico) o elementos no vivos (clima, suelo, agua), todo en su conjunto condicionan la vida, el crecimiento y las actividades de los organismos vivos (Corrodeguas, 2010).

### **2.3.2 Contaminación ambiental**

La contaminación es la presencia o incorporación al ambiente de sustancias o elementos tóxicos que son perjudiciales para el hombre o los ecosistemas (seres vivos). Existen diferentes tipos de contaminación, Los tipos de contaminación más importantes son los que afectan a los recursos naturales básicos: el aire, los suelos y el agua (González, 2010).

### **2.3.3 Impacto ambiental**

Es la alteración que se produce en el ambiente, cuando se lleva a cabo un proyecto o una actividad, las obras publicas, las industrias, una granja; cualquier actividad de estas tiene un impacto sobre el medio. La alteración no siempre es negativa. Puede ser favorable o desfavorable para el ambiente (González, 2010).

### **2.3.4 Desecho**

Material, sustancia, solución, mezcla u objeto para los cuales no se prevé un destino inmediato y deba ser eliminado o dispuesto de forma permanente (decreto 2635, 1998). Existen diferentes tipos de desechos dentro de ellos tenemos:

- Desecho peligroso: desecho en cualquier estado físico solido, líquido o gaseoso que presenta características peligrosas o que está constituido por sustancias peligrosas y que no conserva propiedades físicas ni químicas útiles y por lo tanto no puede ser restaurado, reciclado, regenerados u otro diferente, según lo dictado por la Ley de Sustancia, Materiales y Desechos Peligrosos.

- Desechos domésticos: típicamente la fracción orgánica de los residuos sólidos domésticos y comerciales, está formada por materiales como residuos de comida, papel de todo tipo, plásticos de todos los tipos, textiles, goma, madera, cuero y residuos del jardín, (decreto 2216, 1992).
- Efluente industrial: fluidos liberados al medio ambiente, por un sistema como resultado del desarrollo de un proceso industrial o sanitario, (PDVSA, 2006)<sup>a</sup>.

### **2.3.5 Manejo de los desechos peligrosos**

Es el conjunto de operaciones dirigidas a darle a las sustancias, materiales y desechos peligrosos el destino más adecuado, de acuerdo con sus características, con la finalidad de prevenir daños a la salud y al ambiente. Dentro del manejo de los desechos peligrosos existen diferentes técnicas (decreto 2635, 1998):

- Almacenamiento de desechos peligrosos: es el depósito temporal de los desechos peligrosos bajo condiciones controladas y ambientalmente seguras, sin que se contemple ninguna forma de tratamiento ni transformación inducida de los desechos almacenados.
- Tratamiento de desechos peligrosos: operaciones realizadas con la finalidad de reducir o anular algunas de las características peligrosas del desecho, a los fines de facilitar su manejo.
- Disposición final de desechos peligrosos: es la operación que permite mantener minimizadas las posibilidades de migración de los componentes de un desecho peligroso al ambiente, en forma permanente, de conformidad con las normas establecidas.

- Aprovechamiento de materiales peligrosos recuperables: es la operación realizada con el fin de extraer y utilizar materias primas o energía de materiales recuperable.
- Eliminación de desechos peligrosos: es el proceso de transformación de los desechos peligrosos, previo a la disposición final, cuyo objetivo no sea el aprovechamiento de alguno de sus componentes, ni de su contenido energético, ni conduzca a la recuperación de los elementos resultantes.
- Reciclaje de materiales peligrosos: empleo de materiales peligrosos recuperables en el mismo ciclo de producción que le dio origen.
- Regeneración de materiales peligrosos: es el proceso o purificación o reelaboración de materiales peligrosos, para restablecer las mismas características del material en su estado original.

### **2.3.6 Código de colores para los desechos**

- **Color verde**

Desechos domésticos orgánicos: provienen de materia viva e incluyen restos de alimentos.

- **Color blanco**

Desechos inorgánicos: provienen de materia inerte reciclable como el vidrio, cartón, papel, latas de aluminio, plásticos, textiles y otros materiales.

- **Color amarillo**

Desechos no metálicos: empaaduras, gomas, mallas, maderas, guantes y trapos no contaminados, restos de cables usados, mascarillas, teipes y lijas usadas.

- **Color gris**

Desechos metálicos: este tipo de desecho comprenden aquellos materiales de naturaleza ferrosa productos de sustitución, desincorporación o reparación de equipos.

- **Color rojo**

Desechos peligrosos: son todos aquellos materiales sustancias u objeto, impregnados de hidrocarburos o derivados de ellos, como el aceite.

- **Color anaranjado**

Desechos tóxicos o corrosivos: son todos aquellos materiales y sustancias químicas que poseen propiedades corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas e inflamables que los hacen peligrosos para el ambiente y la población (PDVSA, 2007).

## **2.4 Marco legal venezolano en materia ambiental**

La Constitución de la Republica Bolivariana de Venezuela (1999), constituye la base donde se soportan las leyes venezolanas en materia de

protección y recuperación ambiental. En el capítulo de los derechos ambientales, en los artículos 127,128 y 129, se otorga a los ciudadanos el derecho a un ambiente protegido:

**•Artículo 127**

“Es un derecho y un deber de cada generación proteger y mantener el ambiente en beneficio de sí misma y del mundo futuro. Toda persona tiene derecho individual y colectivamente a disfrutar de una vida y de un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado. El Estado protegerá el ambiente, la diversidad biológica, los recursos genéticos, los procesos ecológicos, los parques nacionales y monumentos naturales y demás áreas de especial importancia ecológica. El genoma de los seres vivos no podrá ser patentado, y la ley que se refiera a los principios bioéticos regulará la materia”.

“Es una obligación fundamental del Estado, con la activa participación de la sociedad, garantizar que la población se desenvuelva en un ambiente libre de contaminación, en donde el aire, el agua, los suelos, las costas, el clima, la capa de ozono, las especies vivas, sean especialmente protegidos, de conformidad con la ley”.

**•Artículo 128**

“El Estado desarrollará una política de ordenación del territorio atendiendo a las realidades ecológicas, geográficas, poblacionales, sociales, culturales, económicas, políticas, de acuerdo con las premisas del desarrollo sustentable, que incluya la información, consulta y participación ciudadana. Una ley orgánica desarrollará los principios y criterios para este ordenamiento”.

**•Artículo 129**

“Todas las actividades susceptibles de generar daños a los ecosistemas deben ser previamente acompañadas de estudios de impacto ambiental y socio cultural. El Estado impedirá la entrada al país de desechos tóxicos y peligrosos, así como la fabricación y uso de armas nucleares, químicas y biológicas. Una ley especial regulará el uso, manejo, transporte y almacenamiento de las sustancias tóxicas y peligrosas”.

**2.4.1 Ley Orgánica del Ambiente (LOA)**

Aprobada en la Gaceta Oficial N° 5.833 de fecha 22 de diciembre de 2006, tiene como 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 de la sociedad; en ella es importante destacar los siguientes aspectos:

**•Artículo 11**

“Corresponde al estado, por órgano de las autoridades competentes, garantizar la incorporación de la dimensión ambiental en sus políticas, planes programas y proyectos para alcanzar el desarrollo sustentable”.

**•Artículo 12**

“El estado, conjuntamente con la sociedad, deberá orientar sus acciones para el lograr una adecuada calidad ambiental que permita alcanzar condiciones que aseguren el desarrollo y el máximo bienestar de los seres humanos, así como el mejoramiento de los ecosistemas, promoviendo la



conservación de los recursos naturales, los procesos ecológicos y demás elementos del ambiente, en los términos establecidos en esta Ley”.

**•Artículo 80**

“Se consideran actividades capaces de degradar el ambiente:

- Las que directa e indirectamente contaminen o deterioren la atmósfera, agua, fondos marinos, suelo y subsuelo o incidan desfavorablemente sobre las comunidades biológicas, vegetales y animales.
- Las que aceleren los procesos erosivos y/o incentiven la generación de movimientos morfodinámicos, tales como derrumbes, movimientos de tierra, cárcavas, entre otros.
- Las que produzcan alteraciones nocivas del flujo natural de las aguas.
- Las que generen sedimentación en los cursos y depósitos de agua.
- Las que alteren las dinámicas físicoquímicas y biológicas de los cuerpos de agua.
- Las que afecten los equilibrios de la humedales.
- Las vinculadas con la generación, almacenamiento, transporte, disposición temporal o final, tratamiento, importación y exportación de sustancias, materiales y desechos peligrosos, radiactivos y sólidos.
- Las relacionadas con la introducción y utilización de productos o sustancias no biodegradables.
- Las que produzcan ruidos, vibraciones y olores molestos o nocivos.
- Las que contribuyan con la destrucción de la capa de ozono.
- Las que modifiquen el clima.
- Las que produzcan radiaciones ionizantes, energía térmica, energía lumínica o campos electromagnéticos.
- Las que propendan a la acumulación de residuos y desechos sólidos.
- Las que produzcan atrofización d lagos, lagunas y embalses.
- La introducción de especies exóticas.
- La liberación de organismos vivos modificados genéticamente, derivados y productos que lo contengan.
- Las que alteren las tramas tróficas, flujos de materia y energía de las comunidades animales y vegetales.
- Las que afecten la sobrevivencia de especies amenazadas, vulnerables o en peligro de extinción.

- Las que alteren y generen cambios negativos en los ecosistemas de especial importancia.
- Cualesquiera otras que puedan dañar el ambiente o incidir negativamente sobre las comunidades biológicas, la salud humana y el bienestar colectivo.

#### **2.4.2 Ley Penal del Ambiente (LPA)**

Publicada en la Gaceta oficial N° 4.358 extraordinaria del 3 de enero de 1992, desarrolla el capítulo VI de la Ley Orgánica del Ambiente, tipifica como delito aquellos hechos que violen las disposiciones relativas a la conservación, defensa y mejoramiento del ambiente, y establece las sanciones penales correspondientes. Asimismo, determina las medidas precautelarias, de restitución y de reparación a que haya lugar.

La Ley Penal del Ambiente pretende ser un elemento disuasivo y de toma de conciencia, cuyo objetivo es evitar daños irreversibles al ambiente, sancionando hechos, conductas o actividades que implican, riesgo para el ambiente. Además, persigue el respeto y cumplimiento de la normativa ambiental, razones por las cuales la auditoría ambiental se convierte en una herramienta de inmensa utilidad para prevenir a tiempo y reconocer cualquier violación o riesgo, impidiendo o minimizando la posibilidad de cometer un delito ambiental y por lo tanto ser penalizado. Para tipificación del delito ambiental, la Ley Penal del Ambiente remite a las normas técnicas ambientales, vigentes en el marco legal venezolano.

#### **2.4.3 Ley N°55 sobre Sustancias, Materiales y Desechos Peligrosos**

Publicada en Gaceta Oficial N° 5.554 extraordinario, de fecha 13 de noviembre de 2001, tiene por objeto regular la generación, uso, recolección,

almacenamiento, transporte 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. Dentro de los aspectos más resaltantes de la misma son:

**•Artículo 13**

“Las personas naturales o jurídicas, públicas o privadas responsables de la generación, uso y manejo de sustancias, materiales o desechos peligroso están obligadas a:

- Utilizar las sustancias y materiales peligrosos de manera segura a fin de impedir daños a la salud y al ambiente.
- Desarrollar y utilizar tecnologías limpias o ambientalmente seguras, aplicadas bajo principios de prevención que minimicen la generación de desechos, si como establecer sistemas de administración y manejo que permitan reducir al mínimo los riesgos a la salud y al ambiente.
- Aprovechar los materiales peligrosos recuperables permitiendo su venta a terceros, previa aprobación por el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales, por medio de reutilización, reciclaje, recuperación o cualquier otra acción dirigida a obtener materiales reutilizables o energía.
- Disponer de planes de emergencias y de contingencias, diseñados e implementados de conformidad con la reglamentación técnica sobre la materia.
- Disponer de los equipos, herramientas y demás medios adecuados para la prevención y el control de accidentes producidos por sustancias, materiales o desechos peligrosos, así como para la reparación de los daños causados por tales accidentes.
- Constituir garantías suficientes y asumir los costos de cualquier daño que pueda producir como consecuencia del manejo de sustancias, materiales o desechos peligrosos, incluyendo los derivados de los diagnósticos, que permitan cuantificar los daños causados por el accidente”. Entre otras disposiciones, que se encuentran en esta.

#### 2.4.4 Normas Técnicas Ambientales

Las Normas Técnicas Ambientales, tienen su origen en la previsión del artículo 21 de la Ley Orgánica del Ambiente. Define la situación entre una alteración, afectación o daño ambiental permisible o un delito ambiental según un límite establecido. Las Normas Técnicas están reflejadas en forma de decretos, dentro de los de interés para este trabajo se pueden mencionar:

- **Decreto 2635, “Norma para el control de la recuperación de materiales peligrosos y el manejo de los desechos peligrosos”**, publicado en Gaceta Oficial 5.245 del 3 de agosto de 1998, establece los lineamientos para regular la recuperación de materiales y el manejo de desechos, cuando los mismos presenten características, composición o condición peligrosas, representando una fuente de riesgo a la salud y al ambiente. En él se definen los siguientes aspectos:
  - La recuperación de los materiales peligrosos está enfocado hacia la implantación del reuso, el reciclaje, la regeneración o el aprovechamiento de dichos materiales a escala industrial o comercial, con el propósito de alargar su vida útil, minimizar la generación y destrucción de desechos peligrosos y propiciar las actividades económicas que empleen estos procesos o se surtan de estos materiales.
  - El almacenamiento de materiales y desechos peligrosos
  - El control administrativo de los recuperadores y manejadores de materiales y el comercio de materiales peligrosos.
  - Lineamientos para el manejo de desechos peligrosos.
  - Requisitos para incineración de desechos peligrosos desde el punto de vista técnico y operativo.
  
- **Decreto 1257, “Norma sobre evaluación ambiental de actividades susceptibles de degradar el ambiente”**, publicado en Gaceta Oficial 54.772, de fecha 9 de agosto de 1991, tiene por objeto establecer los procedimientos conforme a los cuales se realizará la evaluación ambiental de actividades susceptibles a degradar el ambiente, que permita la toma de

decisiones durante la formulación de políticas, planes, programas y proyectos de desarrollo, a los fines de la incorporación de la variable ambiental en todas sus etapas. En él se especifican los siguientes aspectos:

- Las personas naturales y jurídicas, públicas y privadas, interesadas en desarrollar programa, proyectos, ampliaciones, reactivación, clausura, cierre y desmantelamiento de actividades susceptibles a degradar el ambiente que impliquen ocupación del territorio deberán notificar de un Documento de Intención al MPPA. A los efectos de la determinación por el señalado Ministerio de la metodología a seguir para la evaluación ambiental correspondiente.
- Requiere de la presentación de un estudio de impacto ambiental para programas y proyectos relativos a minería, exploración o producción de hidrocarburos, forestales, agroindustria, acuicultura, producción de energía o industria, transporte, disposición de desechos, desarrollo de infraestructura generales, turísticas o residenciales.

## **2.5 Registro de actividades susceptibles a degradar el ambiente (RASDA)**

Es el registro que otorga el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, a las personas naturales o jurídicas que desarrollen actividades o procesos, como generadores potenciales de materiales peligrosos recuperables y desechos peligrosos. Existen dos tipos de registro, como empresa Generadora y como Manejadora de Desechos Peligrosos, dependiendo de la actividad a realizar cómo manejadora o generadora, las cuales deben consignar una serie de documentos tal cómo: Plan de manejo de desechos, Plan de contingencia, Inspección a sus instalaciones (patio),

Póliza y Fianza Ambiental. Es importante resaltar que los procedimientos y métodos de buenas prácticas de manejo de los residuos peligrosos, mejora la calidad de vida, así como la divulgación de información, la educación y la capacitación de quienes los manejan (PDVSA, 2006)<sup>b</sup>.

### **2.5.1 Requisitos para el registro de una empresa generadora de desechos peligrosos**

- La inscripción se realiza en la Dirección Estatal Ambiental del Ministerio del Poder Popular para el Ambiente respectivo, de acuerdo a la ubicación geográfica donde se pretenda realizar la actividad.
- Planilla de datos generales.
- Número de Registro de Información Fiscal (RIF) y de Información Tributaria (NIT).
- Registro mercantil de la empresa.
- Lista de sustancias, materiales o desechos peligrosos que pretende generar.
- Plan de manejo de desechos.
- Plan de contingencia.
- Inspección a sus instalaciones.
- Póliza y Fianza ambiental.

## **CAPÍTULO III**

### **DESARROLLO**

#### **3.1 Descripción de los procesos asociados a la gerencia de plantas de gas, agua y vapor**

La Gerencia de Plantas de Gas, Agua y Vapor, es la encargada de manejar eficientemente el gas, agua y vapor asociado a la producción y recuperación mejorada de petróleo, para ello divide sus actividades en dos grandes secciones: Compresión del gas natural y Generación e inyección de vapor.

##### **3.1.1 Compresión del gas natural**

La operación de compresión, constituye una etapa fundamental en cualquier sistema delegado del manejo del gas natural. La necesidad de comprimir gas natural surge ante el hecho de disponer de un volumen determinado de gas a un nivel de presión inferior al cual se requiere utilizar. Casos típicos son la compresión de gas para su inyección en yacimientos petroleros, a fin de mantener presiones de fondo para incrementar el volumen de petróleo a recuperar. Esta operación es de naturaleza cíclica, es decir, el gas es tomado del nivel inferior de presión en cantidades fijas, es comprimido, luego descargado en los niveles superiores de presión; después de lo cual el mecanismo compresor admite un nuevo volumen de gas a baja presión, para reiniciar el ciclo descrito (PDVSA, 2003)<sup>a</sup>.

### 3.1.1.1 Descripción del proceso de compresión de gas natural

Las plantas motocompresoras son instalaciones donde se ubican los equipos y facilidades para la compresión del gas, que se produce del petróleo en las distintas fases del proceso de producción (figura 3.1).



**Figura 3.1. Planta motocompresora (PDVSA, 2003)<sup>a</sup>.**

Una planta motocompresora esta generalmente formada por una o más unidades compresoras, accionadas cada una por un motor (normalmente es de combustión interna a gas), separadores, bombas, generadores eléctricos, sistema de alivio y venteo. Frecuentemente las unidades motocompresoras se instalan en el interior de edificios, especialmente diseñados para protegerlas del ambiente y a la vez facilitar las tareas de operación y mantenimiento.

Las unidades compresoras constan de una o más etapas, no excediéndose de cinco. La disposición de las unidades es tal, que en caso de fallar una de ellas las otras puedan continuar operando, constituyendo arreglo en paralelo; Este arreglo es usado comúnmente en el diseño de toda planta compresora, no solamente a nivel de la planta, sino también a nivel de las unidades, así de ser necesario se puede prescindir de una etapa dentro



de una misma unidad compresora sin que por esto se vea afectada la unidad como un todo. Una planta motocompresora, puede recibir simultáneamente corrientes de gas a diferentes presiones.

El proceso de una planta motocompresora, puede ser descrito en tres etapas básicas (PDVSA 2003)<sup>a</sup>:

#### ▪ Etapa1

Sistema de recibo y depuración de gas, consta de tuberías de entrada, depuradores del gas proveniente de las estaciones de flujo asociadas (figura 3.2). En este sistema de recibo también existen cabezales de succión, válvulas controladoras automáticas cuya función es regular el volumen y presión de gas que entra a la planta. Los depuradores se encargan de reducir las trazas de líquido y condensado del gas. Este gas seco entra al cabezal de succión del cual se abastecen los motocompresores.



**Figura 3.2. Depurador principal de la planta compresora.**

## ▪ Etapa 2

Sistema de compresión de gas, es fundamental, ya que en él se lleva a cabo la compresión del gas objetivo principal del proceso. Está integrado por motocompresores y/o turbinas. Su función es elevar la presión del gas contenido en el cabezal de succión general, desde 60 ó 100 psi hasta el nivel requerido (entre 800 ó 1300 psi), para el levantamiento artificial por gas (LAG) y/o recuperación secundaria.

Durante el proceso de compresión, la corriente de gas circula por enfriadores y cuando esto ocurre, parte de los componentes pesados condensan como pequeñas gotas que quedan en suspensión en el seno de corriente de gas, por lo que éste antes de ser enviado al cabezal de succión de la próxima etapa, es circulado a través de un depurador interetapas donde se le remueve el líquido condensado. Una vez que la corriente de gas ha alcanzado el nivel de presión requerido abandona la planta, no sin antes ser medida de nuevo y en algunos casos es enfriada y depurada.

## ▪ Etapa 3

Sistema de despacho de gas, una vez que el gas ha sido comprimido hasta los niveles requeridos, pasa al sistema de despacho, el cual consta del cabezal de descarga general de la planta y tuberías. Su función es la de distribuir el gas comprimido hacia los múltiples de inyección de gas del sistema de levantamiento artificial por gas (LAG) y/o recuperación secundaria. En este sistema también se realiza la fiscalización del gas manejado en la planta y se deriva la corriente de gas para el sistema de arranque y en algunos casos el gas combustible a emplearse en las

operaciones (figura 3.3). Los datos principales de las plantas motocompresoras estudiadas se encuentran disponibles en la tabla 3.1.

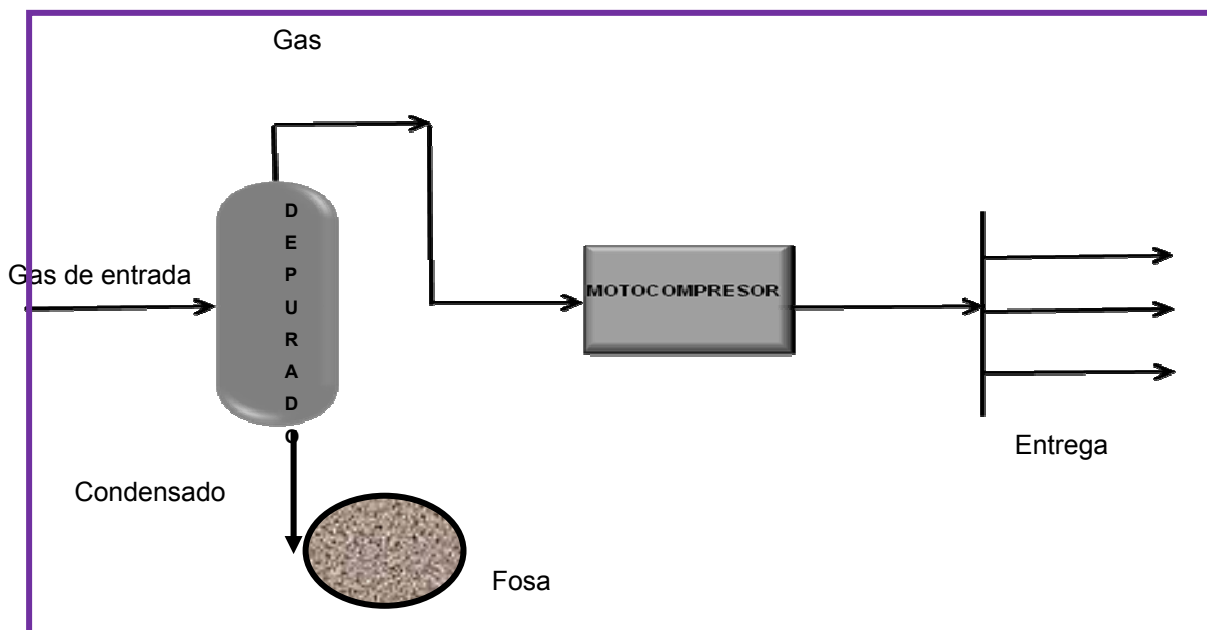


Figura 3.3. Esquema de operación de compresión de gas.

Tabla 3.1. Datos principales de las plantas motocompresoras estudiadas.

Planta motocompresora	Capacidad de instalación (millones de pie <sup>3</sup> )	Total de motores	Motores operativos	Presión de entrada (psig)	Presión de salida (psig)
Budare	36	7	6	60-70	1330-1380
Leona	10	2	1	55-60	830-860
Guara Oeste 2	24	2	1	650-800	1650-1660
Oveja	24	4	2	60-65	810-1100
Yopales Central	35	6	4	60-65	790-830

Las plantas compresoras también cuentan con subsistemas, que de forma integral constituyen el proceso operativo de la instalación, claramente definidos y descritos a continuación (PDVSA 2003)<sup>a</sup>:

- Sistema de paro de emergencia

Su objetivo es detectar la condición de fuego (mediante los sensores ultravioleta y rayos infrarrojos) y generar el paro de las unidades compresoras; además de bloquear los sistemas que contienen gas y despresurizar los equipos a través del sistema de venteo.

- Panel de despresurización

Los sistemas de seguridad de las plantas están conformados por una serie de detectores y estaciones manuales de protección, que envían señales al panel de control de emergencia (panel de despresurización), para que éste según la lógica de control pare el proceso en la planta, es decir, detenga el funcionamiento de las unidades compresoras, bloquee la entrada y salida de gas principales de la planta y despresurice el gas que queda en los equipos y tuberías hacia el sistema de venteo.

- Sistema de generación eléctrica de emergencia

Está conformado por generadores eléctricos fijos, cuya función es suministrar energía eléctrica en forma continua, para las operaciones de la planta.

- Sistema de aguas industriales

Está conformado por tanques de almacenamiento, equipos de filtrado de agua, una bomba reciprocante (accionada por gas) y una conexión para tanques de vacío (vacum). Este medio almacena y distribuye el agua empleada como suministro para el sistema de enfriamiento de los equipos motocompresores de gas, a las instalaciones, infraestructura y servicios generales de la planta y abastecimiento al sistema de hidrantes de la planta (si existe).

- Sistema de suministro de lubricantes

Consta de tanques para almacenamiento de aceites y un múltiple de distribución del mismo. La función de éste, es almacenar y distribuir el aceite empleado, en el sistema de lubricación de las unidades compresoras de gas.

- Sistema de suministro de combustible a las unidades compresoras

Consta de líneas y válvulas de control de presión. Su función es abastecer de gas combustible las unidades compresoras. Dicho gas proviene del cabezal general de descarga de la planta motocompresora, para adecuar al gas a la presión requerida, es necesario que el mismo pase por un regulador de alta y posteriormente por uno de baja, saliendo a la presión de 0,1 psi cumpliendo con lo especificado.

### 3.1.2 Generación e inyección continua de vapor

La generación e inyección continua de vapor, es recomendada cuando se desea una recuperación alta y acelerada de crudo, entre un 50 y 80 % (PVDSA, 2002)<sup>e</sup>.

#### 3.1.2.1 Descripción del proceso de generación e inyección de vapor

El agua utilizada en este proceso llega proveniente de pozos y es impulsada por una bomba reciprocante, al tanque de almacenamiento de agua dura (agua sin tratar), el cual tiene una capacidad de 500 BLS (figura 3.4).



**Figura 3.4. Tanque de almacenamiento de agua dura.**

Una bomba centrífuga succiona el agua dura del tanque de almacenamiento y la impulsa hacia la planta de tratamiento (figura 3.5), donde se hace pasar por un filtro de arena y grava eliminando los residuos sólidos. Posteriormente este flujo de agua circula a través de recipientes suavizadores (primario y secundario), donde la dureza contenida en el agua es eliminada mediante un intercambio iónico.



**Figura 3.5. Planta de tratamiento de agua**

El agua, después de ser tratada en la planta de tratamiento, es almacenada en dos (02) tanques de agua suave con capacidad de 500 BLS c/u (figura 3.6), en donde es succionada por una bomba centrífuga situada en la planta de tratamiento, para ser enviada hacia el generador de vapor. Un manómetro en la entrada de la bomba quintuplex mide la presión del agua de entrada a la misma, en este punto la presión del agua se ubica normalmente entre 60 y 100 psi.



**Figura 3.6. Tanques de agua almacenamiento de agua suave.**

En el generador de vapor (figura 3.7), la bomba quintuplex aumenta la presión de agua en la entrada al generador hasta valores que oscilan entre 1000 y 1800 psi (dependiendo de la presión del fondo del yacimiento). A la salida de la bomba quintuplex el agua circula por una válvula de control que regula el caudal de entrada al generador, este caudal de entrada es fijado por el personal operador de vapor desde el panel de control.



**Figura 3.7. Generador portátil de vapor.**

Antes de entrar a la sección radiante, se hace circular el agua a través del intercambiador de calor y por la zona de precalentamiento, donde se eleva la temperatura por convección desde 85 °F hasta aproximadamente 250 °F, con la finalidad de evitar un choque térmico en la zona de radiación. En la sección de radiación el agua circula y por efecto del calor es convertida en vapor de agua de 80 % de calidad. A la salida del generador, la presión y la temperatura oscilan en un rango de 900 a 1700 psi y 500 a 600 °F, respectivamente. De manera simultánea el gas combustible, que es suministrado desde las estaciones de flujo con una presión que oscila entre 300 y 350 psi, pasa a través de una válvula reguladora donde se disminuye



la presión a valores entre 100 a 110 psi antes de entrar al separador vertical de gas, el cual separa las impurezas que arrastra el gas.

El vapor pasa por una válvula reguladora donde disminuye la presión hasta valores que varían entre 50 a 80 psi, una nueva disminución de la presión ocurre en una segunda válvula hasta valores entre 30 a 40 psi. Finalmente, una tercera válvula reguladora le disminuye la presión a valores que oscilan en un rango de 15 a 25 psi que es la presión de entrada al quemador de generador.

El aire necesario para el funcionamiento de los instrumentos en el generador y el sistema neumático de la planta de tratamiento, es suplido por un compresor de aire, el cual distribuye este fluido por medio de tuberías de diferentes diámetros ( $\frac{1}{2}$ ;  $\frac{1}{4}$  y  $\frac{3}{4}$  pulgadas) a los equipos mencionados. El compresor de aire, es calibrado para trabajar en forma automática de la siguiente manera: comprime el aire en su interior hasta un valor de presión determinado, momento en el cual deja de operar automáticamente, el rango de valores de compresión del aire su ubica entre 80 psi (encendido automático) y 100 psi (apagado automático) (PDVSA, 2003)<sup>c</sup>. De esta forma se genera el vapor necesario para la recuperación de crudo por inyección de vapor (figura 3.8). Los datos principales de los frentes de inyección estudiados se encuentran disponibles en la tabla 3.2.

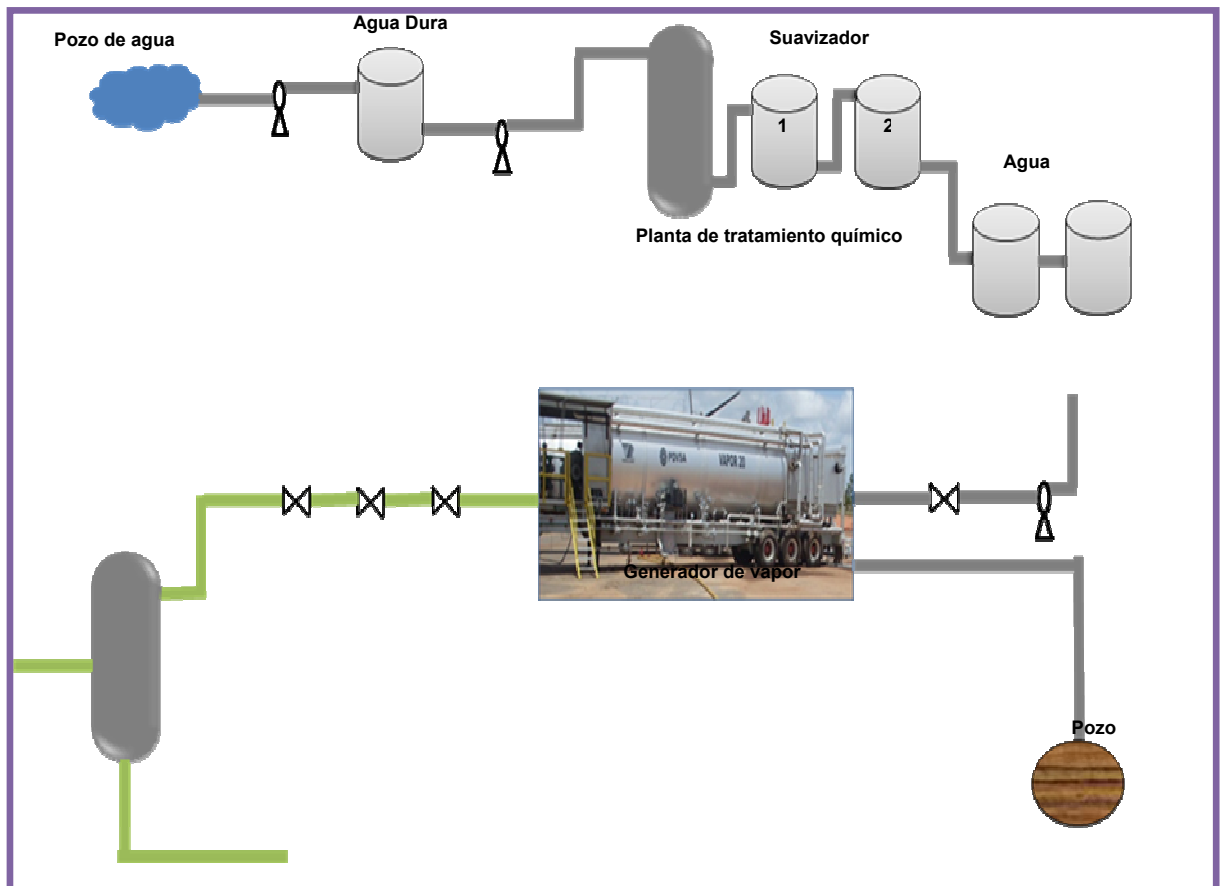


Figura 3.8. Esquema de operación de inyección de vapor.

**Tabla 3.2. Datos principales de los frentes de inyección de vapor estudiados.**

<b>Frente de inyección de vapor</b>	<b>Cantidad de generadores de vapor</b>	<b>Observaciones</b>
MFB-773	2	Posee dos pozos (uno para inyectar y otro para producir)
MFB-617	2	Posee un solo pozo (para inyectar y producir)

### **3.2 Identificación de insumos, productos elaborados y desechos peligrosos generados en los procesos**

#### **3.2.1 Compresión de gas natural**

##### **3.2.1.1. Insumos utilizados para el proceso de compresión de gas**

- **Gas natural**

Es la materia prima del proceso de compresión, (la composición exacta según sea la planta compresora, se encuentran en la cromatografía del gas de las mismas, anexo A).

- **Agua de enfriamiento**

La refrigeración tienen como función eliminar el exceso de calor acumulado en el motor debido a las altas temperaturas, razón por la cual las unidades motocompresoras; necesitan una sustancia que cumpla con esta función. En algunos casos son sustancias químicas especiales, pero en su mayoría utilizan agua de refrigeración, la cual proviene de pozos ó de red pública y son trasladadas a las plantas motocompresoras por medio de camiones ó tanques.

- **Aceite (Motorgas W-40)**

Es el lubricante utilizado para minimizar los efectos del rozamiento. Estos a su vez sirven para evitar el desgaste de las piezas móviles de los dispositivos mecánicos, usado en muchos casos para refrigerar la zona de fricción, evitando el agarrotamiento del mecanismo debido a los efectos dilatadores del calor.

- **Inhibidor de corrosión para agua (Lipesa 131)**

Es usado para evitar la corrosión que produce el agua, por contener naturalmente carbonatos de calcio, magnesio (compuestos iónicos) y otras sales, así como microorganismos y elementos varios en solución.

- **Inhibidor de corrosión para gas (Lipesa 590)**

Es utilizado únicamente en la planta motocompresora de Budare, ya que el gas asociado a esa planta presenta niveles de corrosión mayor (6 mm/año) a lo permitido.

- **Refrigerante (Cell-cool)**

Existen cuatro motores que trabajan con este refrigerante, dos de ellos se encuentran en la planta motocompresora de Budare y los otros dos están ubicados en la planta motocompresora de Oveja. El funcionamiento de éste es eliminar el exceso de calor acumulado en el motor debido a las altas temperaturas, además de esto posee propiedades anticorrosivas.

Estos insumos empleados para el proceso de compresión de gas y las plantas motocompresoras donde se utilizan se reportan en la tabla 4.1.

### **3.2.1.2. Productos elaborados del proceso de compresión gas**

- **Gas comprimido**

Este gas está depurado y comprimido a las especificaciones requeridas (800 a 1300 psi), según la planta motocompresora. Dicho gas es utilizado para el levantamiento artificial por gas (LAG) o recuperación secundaria (RS).

- **Gas combustible**

Es tomado del cabezal de descarga general de las plantas compresoras y es el mismo gas que se despacha para el LAG o recuperación secundaria (RS). Con la diferencia que éste pasa por una serie de reguladores de presión, hasta que cumple con el nivel requerido para ser gas combustible de las unidades compresoras.

Los productos elaborados de las plantas motocompresoras estudiadas y el respectivo uso de los mismos se reflejan en la tabla 4.2.

### **3.2.1.3. Desechos peligrosos generados en el proceso de compresión de gas**

#### **▪ Condensado de gas natural**

Está formado por agua e hidrocarburos (hexano y más pesados), que condensan como consecuencia de los cambios de presión y temperatura que sufre el gas en el proceso de compresión y también se producen condensados en los depuradores de gas.

#### **▪ Aceites usados**

Se realiza un análisis de aceite (anexo B) para medir los parámetros de los metales (hierro, cobre, aluminio, estaño, plomo, cromo, sílice, sodio, magnesio, fosforo, calcio y zinc) presentes en el mismo, según los resultados que arroje dicho análisis se procede al cambio del aceite, para verificar la calidad. Cuando éste no cumple con las especificaciones técnicas requeridas (según la opinión y la experiencia de los operadores, suele ser cada tres meses).

#### **▪ Filtro de aceite**

Cuando el análisis realizado al aceite (anexo B), indica que éste presenta parámetros por encima del rango permitido es una señal de que los filtros de aceite han dejado de cumplir su función. Según la experiencia del personal operador suele ser cada tres o seis meses el cambio de los filtros.

- **Guantes contaminados**

Son utilizados por el personal que labora en la plantas motocompresoras, en las operaciones y mantenimientos de los motores, por ende están en contacto con el aceite y químicos empleados en el proceso.

- **Aguas de enfriamiento**

Durante el proceso de compresión del gas, el agua de enfriamiento se mezcla con los químicos (inhibidor de corrosión para agua y gas), ya que estos son añadidos al conducto del agua, razón por la cual dicha agua termina contaminada.

- **Gas de venteo**

El gas que entra a las plantas motocompresoras proviene de diferentes estaciones de flujos asociadas, razón por la cual debe regularse la presión y el volumen. Cuando el volumen de gas es mayor al manejado por la planta motocompresora debe liberarse este gas no utilizado o en exceso es venteado al ambiente.

Estos desechos peligrosos generados en el proceso de compresión de gas y la etapa donde se generan se reportan en la tabla 4.3.

### **3.2.2 Generación e inyección continua de vapor**

#### **3.2.2.1 Insumos utilizados en el proceso de generación e inyección de vapor**

- **Agua (H<sub>2</sub>O)**

Es el fluido principal del proceso, proviene de los pozos (agua dura) cercanos a los frentes de inyección. Para el caso de este trabajo corresponden a los pozos de agua MFB-617 y MFB-773, respectivamente.

- **Zeolita (O<sup>2-</sup>Si<sup>4+</sup>Al<sup>3+</sup>)**

La zeolita es un sustrato filtrante del agua, de origen natural con grandes aplicaciones para la filtración de agua. Están formadas por canales cuyo diámetro no excede los 0,5 mm por lo que puede considerarse un material micro poroso. La capacidad intercambiadora de los iones presentes en estos canales posibilita la absorción de elementos contaminantes presentes en el agua. Es utilizada en la planta de tratamiento de agua, específicamente en los suavizadores uno y dos de dicha planta.

- **Cloruro de sodio (NaCl)**

Sal común, es utilizada para la regeneración de la zeolita que se encuentran en los suavizadores 1 y 2 correspondiente a la planta de tratamiento químico. Se prepara una solución salmuera; en un tanque y ésta se hace circular por lo suavizadores donde se encuentran la zeolita, con la finalidad de retirar los iones (Ca<sup>++</sup> y Mg<sup>++</sup>) que saturan a la misma.



- **Aceite (Hipoidal- Sae-85W-140)**

Es empleado para lubricar las bombas utilizadas en el proceso de generación e inyección de vapor, específicamente en las bombas reciprocantes, centrífugas y quintuplex del proceso. La hoja de seguridad de este proceso se puede apreciar en el (anexo C)

- **Metano (CH<sub>4</sub>)**

Es el combustible empleado por los generados de vapor, el cual proviene de las estaciones de flujo cercanas a los frentes de inyección. Es recibido con una presión mayor a la solicitada (300-350 psi), razón por la cual debe pasar por válvulas reguladora, hasta obtener la presión requerida (15-25 psi). El gas pasa por un separador vertical, el cual arrastra las impurezas de éste.

- **Secuestrante de oxígeno (Lipesa 3527)**

El oxígeno posee propiedades corrosivas, razón por la cual debe utilizarse secuestrante de oxígeno para eliminar o minimizar su presencia y así mantener controlado los niveles de corrosión en el proceso.

- **Sustancias químicas utilizadas para los análisis de agua**

Determinación de dureza total (cualitativamente) en el agua tratada:

- Hidróxido de amonio ( NH<sub>4</sub>OH)
- Negro de ericromo (C<sub>20</sub>H<sub>12</sub>N<sub>3</sub>NaO<sub>7</sub>S).

Estos insumos empleados para el proceso de generación e inyección de vapor y los frentes de inyección donde se utilizan se reportan en la tabla 4.5

### **3.2.2.2 Productos elaborados del proceso de generación e inyección de vapor**

#### **▪ Vapor de agua**

Es el vapor utilizado para la inyección a los pozos, para la recuperación de crudo. Las especificaciones de dicho vapor dependerán de las características del yacimiento.

Los productos elaborados de los frentes de inyección estudiados y el respectivo uso de los mismos se reflejan en la tabla 4.6.

### **3.2.2.3 Desechos peligrosos generados en los procesos de generación e inyección de vapor**

#### **▪ Guantes contaminados**

Son utilizados por el personal que labora en los frentes de inyección, en las operaciones y mantenimientos de los equipos, por ende están en contacto con el aceite y químicos empleados en el proceso.

#### **▪ Aceites usados**

Cuando se realiza el mantenimiento a las diferentes bombas involucradas en el proceso de generación e inyección de vapor, se ejecuta el

cambio de aceite de las mismas; éste es desechado en las cajas del pozo (celler) del frente de inyección.

- **Soluciones resultantes de los análisis de agua**

Una vez realizados los análisis necesarios y la toma de los resultados correspondientes, son desechados directamente al suelo todas las soluciones realizadas.

- **Solución resultante de la regeneración de la zeolita**

Es una solución de salmuera, la cual se emplea para regenerar a la zeolita, cuando ésta se satura de iones de calcio (Ca) y magnesio (Mg). Por la tanto es una mezcla de agua, sal (NaCl) y los iones antes mencionados, los cuales van directamente al suelo.

Estos desechos peligrosos generados en el proceso de generación e inyección de vapor y la etapa donde se generan se reportan en la tabla 4.7.

### **3.3 Cuantificación de los desechos peligrosos generados en los procesos**

#### **3.3.1 Desechos peligrosos del proceso de compresión de gas**

- **Aceites usados**

Actualmente los supervisores y operadores, están llevando un control del consumo semanal de aceite; según las actividades que se realizan en las plantas.

Para la cuantificación del aceite total utilizado mensualmente por las cinco (5) plantas motocompresoras estudiadas, se aplicará la siguiente ecuación:

$$Aceite\ total = \sum Aceite\ semanal \quad (Ec\ 3.1)$$

donde:

Aceite total: aceite consumido mensualmente por todas las plantas (galones/mes)

Aceite semanal: aceite consumido semanalmente por todas plantas (galones)

**Tabla 3.3. Datos del consumo de aceite semanal de las plantas motocompresoras.**

Semanas	Aceite consumido (galones)
19/02/10 24/02/10	986
25/02/10 04/03/10	1.003
05/03/10 11/03/10	950
12/03/10 18/03/10	999

Tomando los datos de la tabla 3.3 y la ecuación 3.1, se realiza el cálculo del aceite consumido por todas las plantas motocompresoras. Los resultados se reflejan en la tabla 4.9.

$$Aceite\ total = \sum (986 + 1003 + 950 + 997) \text{ (galones)}$$

$$\text{Aceite total} = 3936 \text{ galones /mes}$$

Los resultados, están disponibles en la tabla 4.9.

- **Filtros de aceite**

Cada motor usa en promedio de siete (7) filtros. Estos filtros son reemplazados, cuando los análisis de aceite (anexo B) revelan que el mismo no cumple con lo requerido. La cantidad de motores operativos son tomados de la tabla 3.1 Para el cálculo de la cantidad de filtros usados por cada planta, se tiene la siguiente ecuación:

$$\text{Filtros por planta} = \text{filtros usados} \times \text{motores operativos}$$

(Ec 3.2)

donde:

Filtros por planta: filtros usados por cada planta (adimensional)

Filtros usados: filtros promedios utilizados en cada motor (adimensional)

Motores operativos: motores operativos de cada planta (adimensional)

La muestra de cálculo realizada a continuación, corresponden a la planta motocompresora de Budare y de igual forma se calcula para el resto de las plantas motocompresoras. Los resultados se reportan en la tabla 3.4.

$$\text{Filtros por planta} = 7 \times 6$$

$$\text{Filtros por planta} = 42$$

Para el cálculo de los filtros totales se tiene la siguiente ecuación:

$$Filtros\ totales = \sum filtros\ por\ plantas$$

(Ec 3.3)

donde:

Filtros totales: filtros utilizados por todas las plantas (adimensional)

Filtro por planta: filtros usados por cada planta (adimensional)

**Tabla 3.4. Cantidad de filtros utilizados por cada planta motocompresora.**

Planta motocompresora	Filtros usados
Budare	42
Leona	7
Guara Oeste 2	7
Oveja	14
Yopales Central	28

Tomando los datos de la tabla 3.4 y la ecuación 3.3, se realiza el cálculo de los filtros totales. Los resultados se reflejan en la tabla 4.9.

$$Filtros\ totales = \sum 42 + 7 + 7 + 14 + 28$$

$$Filtros\ totales = 98$$

- **Guantes contaminados**

Según sean las actividades realizadas en las plantas, existirá la generación de los mismos. Para la cuantificar dicha generación, se presenta la siguiente ecuación:

$$\textit{Guantes por plantas} = \sum \textit{Guantes por operador}$$

(Ec 3.4)

donde:

Guantes por plantas: guantes totales por planta (adimensional)

Guantes por operador: guantes generados por cada operador (adimensional)

Para el cálculo de la ecuación 3.4 se asume que cada persona que opera en la planta desecha un par de guantes semanal.

$$\textit{Guantes por plantas} = \sum 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1$$

$$\textit{Guantes por plantas} = 8$$

Para obtener la cantidad total de guantes generados, se utilizará la siguiente ecuación:

$$\textit{Guantes totales} = \sum \textit{Guantes por plantas}$$

(Ec 3.5)

donde:

Guantes totales: guantes generados por todas las plantas (adimensional)

Guantes por plantas: guantes totales por planta (adimensional)

$$\textit{Guantes totales} = \sum 8 + 8 + 8 + 8 + 8$$

$$\textit{Guantes totales} = 40$$

Los resultados, se muestran en la tabla 4.9.

- **Agua de enfriamiento**

El consumo estándar de agua de enfriamiento, será obtenido por la información consultada en los manuales de operación de las plantas compresoras, en los cual establecen las condiciones de diseño y operación de los motocompresores, esta información fue corroborada por los operadores de las plantas. Para el cálculo del consumo, se empleara la siguiente ecuación:

$$\textit{Agua por planta} = \textit{motores operativos} \times \textit{agua estandar}$$

(Ec 3.6)

donde:

Agua por planta: el consumo de agua por cada planta (galones/mes)

Motores operativos: los motores operativos que tiene cada planta (adimensional)

Agua estándar: cantidad de agua estándar que usa cada motor (galones/mes)

La muestra de cálculo realizada a continuación, corresponden a la planta motocompresora de Budare y de igual forma se calcula para el resto de las plantas motocompresoras. Los resultados se reportan en la tabla 3.5.

$$\textit{Agua por planta (budare)} = 6 \times 110$$

$$\textit{Agua por planta (budare)} = 660$$



Para determinar el agua total consumida, se emplea la ecuación:

$$Agua\ total = \sum\ agua\ por\ planta$$

(Ec 3.7)

donde:

Agua total: cantidad de agua total consumida por todas las plantas (galones/mes)

Agua por planta: El consumo de agua por cada planta (galones/mes)

**Tabla 3.5. Consumo mensual de agua de enfriamiento en las plantas motocompresoras.**

<b>Planta motocompresora</b>	<b>Consumo de agua de enfriamiento (galones/mes)</b>
Budare	660
Leona	110
Guara Oeste 2	110
Oveja	220
Yopales Central	440

Tomando los datos de la tabla 3.5 y la ecuación 3.7, se realiza el cálculo de agua total. Los resultados se reflejan en la tabla 4.9.

$$Agua\ total = \sum\ 660 + 110 + 110 + 220 + 440$$

$$Agua\ total = 1540\ galones/mes$$

- **Gas de venteo**

La cantidad de gas de venteo varía según el funcionamiento de las plantas motocompresoras. Ésta es obtenida a partir de los reportes de los balances de gas suministrados diariamente por el despacho de gas del distrito San Tomé. Para determinar la cantidad total de gas de venteo, se tiene la siguiente ecuación:

$$\text{Gas total} = \text{Gas de venteo por todas las plantas} \times 30$$

(Ec 3.8)

donde:

Gas total: cantidad de gas venteado por todas las plantas ( $\text{pie}^3/\text{mes}$ )

Gas de venteo por todas las plantas: cantidad de gas venteado por todas las plantas ( $\text{pie}^3/\text{diaria}$ )

Los resultados, se reportan en la tabla 4.9.

$$\text{Gas total} = 1\text{pie}^3 / \text{diaria} \times 30$$

$$\text{Gas total} = 30\text{pie}^3 / \text{mes}$$

- **Condensado del gas natural**

Para la cuantificación de la cantidad de condensado generado en las plantas motocompresoras, se realizarán balances de materia en los límites del sistema. Se considera el sistema en estado estacionario y sin reacción química. La información de la composición porcentual del gas en la corriente de entrada y salida de las plantas fue suministrada por los análisis cromatográficos (anexo A). Esta información se presentó en composiciones molares, razón por la cual fue necesario convertir el valor de las corrientes de

gas de entrada a las plantas desde unidades volumétricas (pie<sup>3</sup>) a unidades molares (lbmol). Para realizar dicha conversión, se necesitará la densidad y el peso molecular del gas. La densidad se obtuvo a partir de la gravedad específica del gas, por medio de la siguiente ecuación (Himmelblau, 1982).

$$\rho_{gas} = \&_{gas} \times preferencia$$

(Ec 3.9)

donde:

$\rho_{gas}$ : densidad del gas (lb/pie<sup>3</sup>)

$\&_{gas}$ : gravedad específica del gas (adimensional)

preferencia: densidad de un gas de referencia, para este caso se aplica la del aire (25 °C y 1 atmósfera), densidad del aire (0,074 lb/pie<sup>3</sup>).

**Tabla 3.6. Valores de gravedad específica para el gas de entrada, peso molecular y volumen de gas manejado en las plantas motocompresoras.**

Planta motocompresora	Gravedad específica del gas de entrada (&)	Volumen de gas manejado F* (pie <sup>3</sup> /mes)	Peso molecular Mgas (lb/lbmol)
Budare	0,767	30.000.000	22,209
Leona	0,758	5.000.000	19,42
Guara Oeste 2	0,789	10.000.000	22,864
Oveja	0,576	15.000.000	20,06
Yopales Central	0,617	19.000.000	18,242

La muestra de cálculo se realizará para la planta motocompresora de Budare. En la tabla 3.6 se presentan los valores para la gravedad específica

en las plantas, tomando el valor correspondiente a la planta Budare y el valor de densidad de referencia; sustituyendo en la ecuación 3.9, tenemos:

$$\rho_{gas} = (0,767) \times (0,074 \text{ lb/pie}^3)$$

$$\rho_{gas} = 0,05676 \text{ lb/pie}^3$$

De esta forma se realizó el cálculo para las demás plantas motocompresoras y se reportan en la tabla 3.7.

En cuanto a la gravedad específica y el peso molecular del gas fueron tomados por medio de los resultados cromatográficos del gas (anexo A), aplicando la siguiente ecuación (Himmelblau, 1982):

$$F = \frac{\rho_{gas} \times F'}{M_{gas}}$$

(Ec 3.10)

donde:

F: corriente de gas en unidades molares (lbmol)

$\rho_{gas}$ : densidad del gas de entrada (lb/pie<sup>3</sup>)

F': corriente de gas en unidades volumétricas (pie<sup>3</sup>)

$M_{gas}$ : peso molecular del gas (lb/Lbmol)

**Tabla 3.7. Densidad del gas de entrada a las plantas motocompresoras.**

Planta motocompresora	Densidad del gas ( $\rho_{gas}$ lb/pie <sup>3</sup> )
Budare	0,0567
Leona	0,0561
Guara Oeste 2	0,0584
Oveja	0,0426
Yopales Central	0,0456

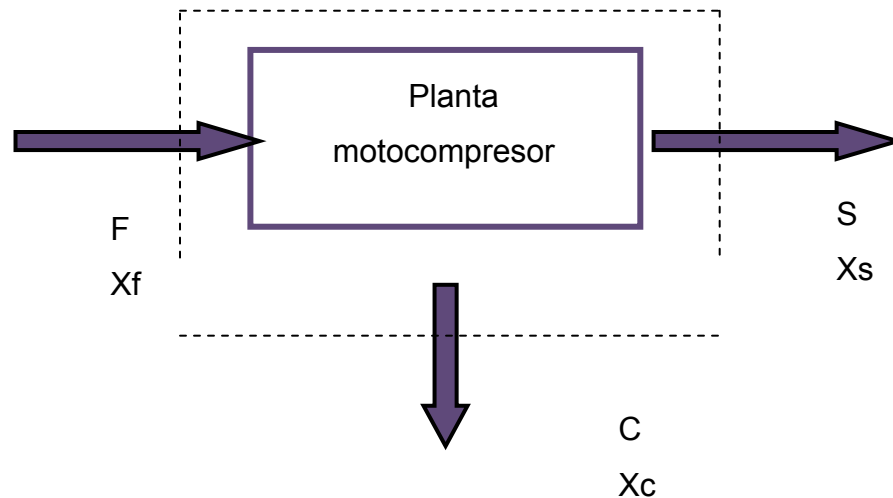
Utilizando los valores de las tablas 3.6 y 3.7, para obtener los valores del peso molecular, volumen de gas de entrada y la densidad en la planta, sustituyéndolos en la ecuación 3.9:

$$F = \frac{\left(0,05676 \frac{lb}{pie^3}\right) \times (30.000.000 pie^3)}{\left(22.209 \frac{lb}{lbmol}\right)}$$

$$F = 76.671,62 \text{ lbmol de gas}$$

De igual forma se sustituyen los demás valores de las tablas 3.6 y 3.7, para calcular las corrientes de gas de las plantas restantes y los éstos se reportan en la tabla 3.8.

Teniendo toda la información en unidades consistentes, se procede a elaborar un diagrama representativo de las plantas motocompresoras (figura 3.9):



**Figura 3.9. Diagrama general de las plantas motocompresoras.**

A continuación se plantea la ecuación general del balance de materia (Himmelblau, 1982):

$$\textit{Entrada} + \textit{generación} - \textit{salida} - \textit{consumo} = \textit{acumulación}$$

(Ec 3.11)

Consideraciones del sistema:

- Base de cálculos: 1 mes
- Estado estacionario: acumulación = 0
- No hay reacción química: generación = 0 y consumo = 0

Los términos de generación, consumo y acumulación son cero debido a las condiciones del sistema, por ende:

$$\textit{Entrada} = \textit{salida}$$

(Ec 3.12)

En base al diagrama se tiene:

$$\textit{Balance global: } F = S + C$$

(Ec 3.13)

donde:

F: corriente de gas que entra a la planta (lbmol)

C: condensado producidos en el proceso de compresión (lbmol)

S: corriente de gas que sale de la planta (lbmol)

Se realizará un balance de metano, ya que este es el componente que tiene más presencia en la corriente de gas.

$$\textit{Balance de metano: } F \times X_f = C \times X_c + S \times X_s$$

(Ec 3.14)

donde:

F: corriente de gas de entrada a la planta (lbmol)

Xf: fracción molar de metano a la entrada (lbmol CH<sub>4</sub>/lbmol de alimentación)

C: condensado producidos en el proceso de compresión (lbmol)

Xc: fracción molar de metano en la corriente de condensado (lbmol CH<sub>4</sub>/lbmol de condensado)

S: corriente de gas que sale de la planta (lbmol)

Xs: fracción de metano en la corriente de gas que sale de la planta (lbmol CH<sub>4</sub>/lbmol de gas de salida)

Considerando que no hay metano en la corriente del condensado, la ecuación 3.14 se reduce a:

$$F \times X_f = S \times X_s$$

(Ec 3.15)

Se despeja S de la ecuación 3.15:

$$S = \frac{F \times X_f}{X_s}$$

(Ec 3.16)

**Tabla 3.8. Valores de las corrientes de entrada a las plantas motocompresoras.**

Planta motocompresora	Corriente de gas en F (
-----------------------	-------------------------

	lbmol)
Budare	76.671,62
Leona	14.443,87
Guara Oeste 2	25.537,96
Oveja	31.869,29
Yopales Central	47.557,28

**Tabla 3.9. Fracción molar de entrada y salida del gas manejado en las plantas motocompresoras.**

Planta motocompresora	Fracción molar de metano (entrada) Xf	Fracción molar de metano (salida) Xs
Budare	0,786	0,787
Leona	0,729	0,764
Guara Oeste 2	0,723	0,745
Oveja	0,834	0,854
Yopales Central	0,911	0,917

Sustituyendo los datos de las tablas 3.8 y 3.9 correspondientes, en la ecuación 3.16 se obtiene la corriente de salida S:

$$S = \frac{(76.671,62 \text{ lbmol}) \times (0,786)}{(0,787)}$$

$$S = 76.574,20 \text{ lbmol de gas}$$

De forma similar, se calcularon las demás corrientes de las plantas restantes y éstos se reflejan en la tabla 3.10.



Posterior de la ecuación 3.13, se despeja C. para obtener el valor de la corriente de condensado:

$$F = S + C \rightarrow C = F - S$$

(Ec 3.17)

**Tabla 3.10. Valores de las corrientes de salida de las plantas motocompresoras.**

Planta motocompresora	Corriente de gas de salida S (lbmol)
Budare	76.574,20
Leona	13.774,96
Guara Oeste 2	24.770,52
Oveja	31.302,62
Yopales Central	47.557,28

Para dicho cálculo se sustituyen los valores de las tablas 3.9 y 3.10, en la ecuación 3.17:

$$C = (76.671,62 \text{ lbmol}) - (76.574 \text{ lbmol})$$

$$C = 97,42 \text{ lbmol}$$

El valor de la corriente de condensado se obtuvo en lbmol. Para convertirlo en las unidades de volumen, se necesito la densidad y el peso molecular de dicha corriente. También fue necesaria la conversión desde  $\text{pie}^3$  a  $\text{m}^3$ , aplicando la siguiente ecuación (Himmelblau, 1982):

$$C' = C \times \left( \frac{M_{\text{Agua}}}{\rho(\text{agua})} \right) \times \frac{0,0283 \text{ m}^3}{1 \text{ pie}^3}$$

(Ec 3.18)

donde:

$C'$ : corriente de condensado en las unidades volumétricas S.I ( $m^3$ )

$C$ : corriente de condensado en unidades molares (lbmol)

$M_{agua}$ : peso molecular del agua (lb/lbmol)

$\rho_{agua}$ : densidad del agua ( $25^\circ C$  y 1 atmosfera)

**Tabla 3.11. Valores de las corrientes de condensado de las plantas motocompresoras en unidades molares.**

Planta motocompresora	Condensado C (lbmol)
Budare	97,42
Leona	668,91
Guara Oeste 2	767,44
Oveja	566,77
Yopales Central	290,43

Así mismo se aplica para el resto de los datos y los resultados se reportan en la tabla 3.11. Como se explicó anteriormente, se debe realizar la conversión de unidades molares a volumétricas. Para esto se empleará la densidad y el peso molecular del agua, ya que es el componente con mayor proporción en el condensado, por ende:

$$\rho_{agua} = 62,36 \text{ lb/pe}^3$$

El peso molecular del agua es (Perry, 1992):

$$M_{agua} = 18 \text{ lb/lbmol}$$

Mediante la ecuación 3.17, se obtiene el condensado en unidades volumétricas:

$$C' = C \times \left( \frac{M_{\text{Agua}}}{\rho(\text{agua})} \right) \times \frac{0,0283 \text{ m}^3}{1 \text{ pie}^3}$$

Sustituyendo los valores de la tabla 3,11, más los valores de la densidad y el peso molecular del agua, en la ecuación 3.18, se tiene:

$$C' = (97,42 \text{ lbmol}) \times \left( \frac{18 \text{ lb/lbmol}}{62,36 \text{ lb/pie}^3} \right) \times \frac{0,0238 \text{ m}^3}{1 \text{ pie}^3}$$

$$C' = 0,7958 \text{ m}^3/\text{mes}$$

El resto de los valores al igual que este, se reportan en la tabla A-5.

**Tabla 3.12. Valores de las corrientes de condensado de las plantas motocompresoras en unidades volumétricas.**

Planta motocompresora	Condensado C' (m3)
Budare	0, 8
Leona	5,5
Guara Oeste 2	6,3
Oveja	4,6
Yopales Central	2, 4

### 3.3.4 Desechos peligrosos del proceso de generación e inyección de vapor

- Guantes contaminados

Según sean las actividades realizadas en los frentes de inyección, existirá la generación de los mismos. Para la cuantificar dicha generación, se presenta la siguiente ecuación:

$$\textit{Guantes por frente de inyeccion} = \sum \textit{Guantes por operador} \quad (\text{Ec 3.19})$$

donde:

Guantes por frente de inyección: guantes totales frente de inyección (adimensional)

Guantes por operador: guantes generados por cada operador (adimensional)

$$\begin{aligned} \textit{Guantes por frentes de inyección} &= \sum 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 \\ \textit{Guantes por frentes de inyección} &= 8 \end{aligned}$$

Los resultados, se reportan en la tabla 4.10.

Para obtener la cantidad total de guantes generados, se utilizará la siguiente ecuación:

$$\textit{Guantes totales} = \sum \textit{Guantes por frente de inyeccion} \quad (\text{Ec 3.20})$$

donde:

Guantes totales: guantes generados por todos los frentes de inyección vapor

Guantes por frente de inyección: guantes totales frente de inyección (adimensional)

$$\text{Guantes totales} = \sum 8 + 8$$

$$\text{Guantes totales} = 16$$

Los resultados obtenidos, se muestran en la tabla 4.10.

- **Aceite usado**

Para la cuantificación del aceite total, utilizado mensualmente por los dos (2) frentes de inyección estudiados, se aplicará la siguiente ecuación:

$$\text{Aceite total} = \sum \text{Aceite por frente}$$

(Ec 3.21)

donde:

Aceite total: aceite consumido mensualmente por todos los frentes (galones/mes)

Aceite por frente: aceite consumido mensualmente por cada frente (galones/mes)

$$\text{Aceite total} = \sum (3,7 + 3,7) \text{ (galones/mes)}$$

$$\text{Aceite total} = 7,4 \text{ galones/mes}$$

Los resultados, se reportan en la tabla 4.10.

- **Regeneración de la zeolita**

La regeneración de la zeolita se realizará cada quince días aproximadamente. El cálculo de la cantidad de solución que se desecha por esta actividad, se realizara mediante la siguiente ecuación:

$$Cantidad\ total = \sum Agua\ de\ regeneración\ por\ frente$$

(Ec 3.22)

donde:

Cantidad total: cantidad de solución desechada por todos los frentes (galones/mes)

Agua de regeneración por frente: cantidad de solución preparada por cada frente de inyección (galones).

$$Cantidad\ total = \sum (492,25 + 492,25)\ galones/mes$$

$$Cantidad\ total = 984,5\ galones/mes$$

Los resultados, se muestran en la tabla 4.10.

#### ▪ Soluciones resultantes de los análisis de agua

Para la determinación de la cantidad de solución que se desecha, se aplica la siguiente ecuación:

$$Cantidad\ desechada = sustancia\ química + agua$$

(Ec 3.23)

donde:

Cantidad desechada: cantidad de solución desechada por análisis (l/mes)

Sustancia química: cantidad de sustancia utilizada por análisis (l/mes)

Agua: cantidad de agua utilizada para preparar las soluciones de los análisis (l/mes)

La muestra de cálculo se realizará para la solución con el hidróxido de amonio, y de igual forma se realizará para la solución con negro de ericromo.

$$Cantidad\ desecheda = (4,5 + 4,5)l/mes$$

$$Cantidad\ desecheda = 9\ l/mes$$

Para obtener la cantidad total, se tiene:

$$Cantidad\ total = \sum cantidad\ desecheda$$

(Ec 3.24)

donde:

Cantidad total: cantidad total desecheda por todos los análisis realizados (l/mes)

Cantidad desecheda: cantidad de solución desecheda por análisis (l/mes)

$$Cantidad\ total = \sum (9 + 6,5)l/mes$$

$$Cantidad\ total = 15,5\ l/mes$$

Los resultados, son reflejados en la tabla 4.10.

### 3.4 Verificación en el campo del manejo de los desechos peligrosos generados

### **3.4.1 Verificación del manejo en la plantas motocompresoras**

Para la verificación del manejo de los desechos peligrosos en el lugar de generación, se realizó un recorrido por las plantas motocompresoras Budare, Yopales Central, Oveja, Guara Oeste 2 y Leona, obteniendo:

#### **▪ Aceite usado**

Una vez que el análisis de aceite (anexo B), indica que éste no cumple con el nivel de calidad exigido por la actividad; se procede al cambio del mismo. Éste, se desecha en las fosas (figura 3.10) ubicadas en la plantas motocompresoras y permanece allí hasta que la compañía manejadora realiza la recolección de los desechos peligrosos.

#### **▪ Condensado del gas natural**

El condensado que se produce durante todo el proceso, es enviado a las fosas de las plantas motocompresoras (figura 3.10).

#### **▪ Agua de enfriamiento**

En la operación normal de las unidades motocompresoras, existe una constante reposición del agua de enfriamiento. Cuando se requiere del paro de la unidad, esta agua es desechada en las fosas de las plantas motocompresoras (figura 3.10).





**Figura 3.10. Fosa de desechos de una planta motocompresora.**

▪ **Filtros de aceite**

Se suelen cambiar cada tres o seis meses, esto dependerá del análisis de aceite (anexo B) y de la decisión del personal que opera en las plantas motocompresoras. Una vez que son desechados, se almacenan en los contenedores de las plantas (la mayoría de las veces no se almacenan en el contenedor correspondiente), hasta que la compañía manejadora realiza la recolección de los desechos peligrosos (figura 3.11).



**Figura 3.11. Contenedor de desechos de las plantas motocompresoras.**

### ▪ Guantes contaminados

Los guantes suelen tener un tiempo de uso de una a dos semanas (esto dependerá de la actividades que se realicen), cuando cumplen con su vida útil, son desechados en los contenedores de las plantas motocompresoras. Muchas veces estos no son dispuestos en los contenedores adecuados (figura 3.12).



**Figura 3.12. Contenedor de desechos de las plantas motocompresoras.**

### ▪ Gas de venteo

Es el gas que está en exceso en el proceso, es enviado generalmente hacia mecheros o chimeneas donde se quema o ventea (figura 3.13).



**Figura 3.13. Mechero de una planta motocompresora.**

### **3.4.2 Verificación del manejo en los frentes de inyección**

Para la verificación del manejo de los desechos peligrosos, se realizó un recorrido minucioso por los frentes de inyección de vapor MFB-617 y MFB-773, obteniendo:

#### **▪ Guantes contaminados**

Cuando los guantes cumplen con su vida útil, deben ser desechados. El frente de inyección MFB-773, tiene los contenedores (figura 3.14); sin la identificación correspondiente y el MFB-617 no posee contenedores para los desechos generados (figura 3.15).



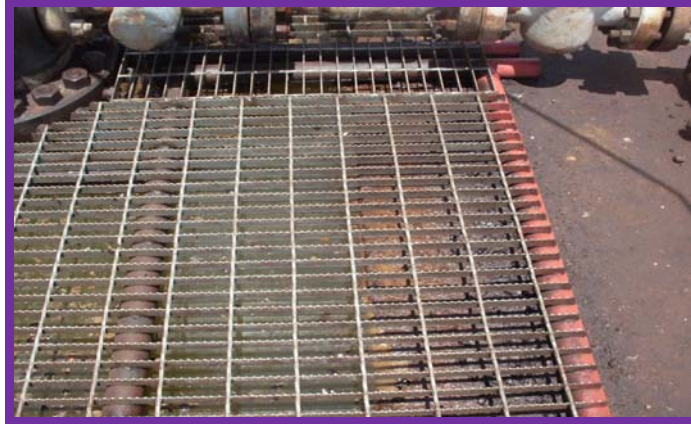
**Figura 3.14. Contenedor de desechos del frente de inyección MFB-773.**



**Figura 3.15. Disposición de los desechos del frente de inyección MFB-617.**

#### ▪ Aceites usados

Una vez que el aceite amerita ser cambiado, éste es dispuesto la caja del pozo (celler). Para que sea evaporado por el calor que emiten los vapores que están entrando al mismo (figura 3.16).



**Figura 3.16. Caja del pozo (celler) donde se dispone el aceite usado del proceso.**

#### ▪ Regeneración de la zeolita

Esta solución es dispuesta directamente al suelo, aproximadamente a unos diez (10) metros de donde se encuentran ubicados los equipos (figura 3.17).



**Figura 3.17. Descarga de la solución producto de la regeneración de la zeolita.**

#### ▪ Soluciones resultantes de los análisis de agua



Una vez que se toman los datos resultantes de la soluciones, realizada para la determinación de dureza total en el agua tratada, éstas son desechadas directamente al suelo (figura 3.18).



**Figura 3.18. Zona de disposición de los desechos para solución de los análisis de agua.**

### **3.5 Proposición de acciones ambientales para el manejo de los desechos peligrosos generados, en la gerencia de plantas de gas, agua y vapor**

Para este objetivo se pretende facilitar acciones ambientales, según lo dictado por legislación venezolana vigente en materia ambiental a fin de conocer las disposiciones que rigen la clasificación, almacenaje, reciclaje, etc de los desechos peligrosos (decreto 2635, 1998).

Antes de proponer dichas acciones, es necesario aclarar que cuando se hace referencia al término “manejo”, para efectos de este trabajo se refiere a un manejo o almacenamiento primario (se realiza en la área de generación),

esto se debe a que la razón social de la empresa PDVSA; la establece como generadora de desechos peligrosos, y no como manejadora de los mismos.

### ▪ **Clasificación de los desechos peligrosos**

Se propone la utilización del código de colores para la clasificación de los desechos peligrosos. Dicho código propone que los desechos deben ser agrupados en contenedores y estos a su vez deberán ser identificados con un color según sea la naturaleza del desecho que contenga (PDVSA, 2007):

#### ○ **Color verde**

Desechos domésticos orgánicos: provienen de materia viva e incluyen restos de alimentos.

#### ○ **Color blanco**

Desechos inorgánicos: provienen de materia inerte reciclable como el vidrio, cartón, papel, latas de aluminio, plásticos, textiles y otros materiales.

#### ○ **Color amarillo**

Desechos no metálicos: empaaduras, gomas, mallas, maderas, guantes y trapos no contaminados, restos de cables usados, mascarillas, teipes y lijas usadas.

#### ○ **Color gris**

Desechos metálicos: este tipo de desecho comprenden aquellos materiales de naturaleza ferrosa productos de sustitución, desincorporación o reparación de equipos.

○ **Color rojo**

Desechos peligrosos: son todos aquellos materiales sustancias u objeto, impregnados de hidrocarburos o derivados de ellos, como el aceite.

○ **Color anaranjado**

Desechos tóxicos o corrosivos: son todos aquellos materiales y sustancias químicas que poseen propiedades corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas e inflamables que los hacen peligrosos para el ambiente y la población (PDVSA, 2007).

▪ **Almacenaje de los desechos peligrosos**

El almacenamiento temporal de desechos peligrosos se sujetará al cumplimiento de las siguientes condiciones, según lo dispuesto por la ley (decreto 2653, 1998):

- Los desechos deben estar envasados o contenidos dependiendo de su estado físico y las características que presenten. El material y diseño del envase debe garantizar su integridad respecto a las características y cantidad de desecho.



- Los envases deben estar rotulados con la identificación del desecho, el nombre del generador, fecha en la cual fueron envasados, cantidad contenida y símbolo de peligrosidad.
- El área de almacenamiento debe estar separada de las áreas de producción, servicio, oficinas y de los almacenes de materias primas, excedentes y productos terminados.
- El almacenamiento debe estar alejado de fuentes de calor u otras fuentes de energía, ubicado en una zona no inundable, no expuesta a contingencias como derrumbes, descargas, emisiones u otros vertidos industriales.
- Si se trata de desechos líquidos, el sitio de almacenamiento debe contar con muros de contención, sistemas de drenaje y fosas de captación para impedir el arrastre de derrames, vertidos o lixiviados fuera del área de almacenamiento, la capacidad de las fosas debe ser por lo menos la quinta parte de todo el volumen almacenado.
- El piso debe ser de material impermeable o impermeabilizado con canales de desagüe que conduzcan a la fosa de retención; si los desechos están envasados en tambores, éstos deben colocarse sobre paletas de madera.
- El área debe mantenerse delimitada con la señalización de peligro colocada en los lugares de acceso, en forma visible.
- Los desechos incompatibles entre sí deben almacenarse en áreas separadas o aisladas físicamente para evitar accidentes.

#### ▪**Recuperación de desechos peligrosos.**

La recuperación de los materiales peligrosos tendrá como objetivo fundamental el reuso, el reciclaje, la regeneración o el aprovechamiento de dichos materiales a escala industrial o comercial, con el propósito de alargar su vida útil, minimizar la generación y destrucción de desechos peligrosos y propiciar las actividades económicas que empleen estos procesos o se surtan de estos materiales (decreto 2635, 1998).

## **CAPÍTULO IV**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **4.1 Descripción de los procesos asociados a la gerencia de plantas de gas, agua y vapor**

##### **4.1.1 Compresión del gas natural**

Las visitas realizadas a las plantas motocompresoras (Budare, Leona, Guara Oeste 2, Yopales Central y Oveja), permitieron constatar el proceso etapa por etapa y conocer que todas éstas operan bajo la misma filosofía. Se diferencian en el volumen de gas que reciben, en las presiones de entrada y salida del gas y la cantidad de motores que poseen y los operativos en las mismas.

##### **4.1.2 Generación e inyección de vapor**

Las visitas a los frentes de inyección de vapor (MFB-773 y MFB-617), permitieron conocer de forma detallada el proceso. La etapa del tratamiento de agua y la de generación de vapor, son exactamente iguales para ambos frentes. En la etapa de inyección de vapor existen diferencias, ya que el frente de inyección de vapor MFB-773, cuenta con un pozo inyector y un pozo productor, es decir, se inyecta por un pozo y la producción se realiza por otro. En el frente de inyección de vapor MFB-617, se realiza la inyección y producción por el mismo pozo.

## 4.2 Identificación de los insumos, productos elaborados y desechos peligrosos generados en los procesos

### 4.2.1 Compresión del gas natural

Los insumos utilizados, son básicamente los mismos en todas las plantas motocompresoras; con excepción del inhibidor de corrosión para gas (Lipesa 590), que solo es usado en la planta de Budare; debido a que los análisis realizados al gas que maneja la planta revelaron que éste presenta tendencia corrosiva. Los insumos utilizados se presentan en la tabla 4.1.

**Tabla 4.1. Insumos utilizados en el proceso de compresión de gas.**

Insumos utilizado	Uso	Planta motocompresora
Gas natural	Materia prima del proceso	Budare, Leona, Oveja, Yopales Central y Guara Oeste 2
Agua de enfriamiento	Refrigerar las unidades motocompresoras	Budare, Leona, Oveja, Yopales Central y Guara Oeste 2
Aceite Motorgas W-40	Lubricar las unidades motocompresoras	Budare, Leona, Oveja, Yopales Central y Guara Oeste 2
Inhibidor de corrosión para agua (Lipesa 131)	Evitar la corrosión causada por el agua en las unidades	Budare, Leona, Oveja, Yopales Central y Guara Oeste 2
Inhibidor de corrosión para gas (Lipesa 590)	Evitar la corrosión causada por el gas en las unidades	Budare
Refrigerante (Cell-cool)	Refrigerar los motores	Budare y Oveja

Los productos elaborados de todas las plantas motocompresoras son los mismos; la diferencia está en que el gas puede ser utilizado para

levantamiento artificial por gas (LAG) o para la recuperación secundaria (RS). Dichas diferencias se pueden apreciar en la tabla 4.2.

**Tabla 4.2. Productos elaborados en el proceso de compresión de gas.**

<b>Planta motocompresora</b>	<b>Productos elaborados</b>	<b>Uso</b>
Budare	Gas comprimido	LAG
Leona	Gas comprimido	LAG
Guara Oeste 2	Gas comprimido	RS
Oveja	Gas comprimido	LAG-RS
Yopales Central	Gas comprimido	LAG
Budare, Leona, Oveja, Yopales Central y Guara Oeste 2	Gas combustible	Combustible de las unidades motocompresoras

Los desechos peligrosos generados en este proceso son los mismos en todas las plantas motocompresoras se muestran en la tabla 4.3.

**Tabla 4.3. Desechos peligrosos generados en el proceso de compresión de gas.**

<b>Desecho peligroso</b>	<b>Etapas donde se genera</b>
Condensado del gas natural	Sistema de recibo y depuración de gas y en las etapas de compresión
Aceite usado	Sistema de compresión
Filtros de aceite	Sistema de compresión
Guantes contaminados	Sistema de compresión
Agua de enfriamiento	Sistema de compresión
Gas de venteo	Sistema de compresión

**Tabla 4.4. Distribución de la generación de los desechos peligrosos en el proceso de compresión de gas.**

Desechos Peligrosos	Etapas 1	Etapas 2	Etapas 3
Condensado del gas natural	X	X	
Aceites usados		X	
Filtros de aceites		X	
Agua de enfriamiento		X	
Gas de venteo		X	

Como se puede observar a en la tabla 4.4, la mayoría de los desechos peligrosos se producen en la etapa 2 la cual corresponde al sistema de compresión, ésto se debe a que en esta etapa es donde se encuentran ubicadas la unidades motocompresoras (motores) y estos utilizan los insumos antes mencionados y como consecuencia se generan más desechos en esta etapa.

#### 4.2.2 Generación e inyección de vapor

Los insumos utilizados en este proceso y los productos elaborados, son los mismos para ambos frentes y se reflejan en las tablas 4.5 y 4.6 respectivamente.

**Tabla 4.5. Insumos utilizados en el proceso de generación e inyección de vapor.**

Insumos utilizado	Uso	Frente de inyección de vapor
Agua	Fluido principal del proceso	MFB-773 y MBF-617
Zeolita	Absorción de iones	MFB-773 y MBF-617
Cloruro de sodio	Regeneración de la zeolita	MFB-773 y MBF-617
Aceite	Lubricante de las bombas	MFB-773 y MBF-617
Metano	Combustible	MFB-773 y MBF-617
Secuestrante de oxígeno(Lipesa 3527)	Secuestrar el oxígeno durante la generación de vapor	MFB-773 y MBF-617
Hidróxido de amonio	Análisis de agua (determinación de la dureza)	MFB-773 y MBF-617
Negro de ericromo	Análisis de agua (determinación de la dureza)	MFB-773 y MBF-617

**Tabla 4.6. Productos elaborados del proceso de generación e inyección de vapor.**

<b>Frente de inyección de vapor</b>	<b>Productos elaborados</b>
MFB-773 y MFB-617	Vapor de agua

Los desechos peligrosos que se generan son iguales para ambos frentes de inyección, esto se debe a que la filosofía operacional es la misma. La única diferencia que existe, es que en el frente de inyección de vapor MFB-617 hay presencia de sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ), y está se registra mediante los detectores digitales portátiles del mismo, los cuales son activados cuando el personal operador ingresa a los diferentes frentes de inyección. El frente de inyección de vapor MFB-773 no se registra contenido de  $H_2S$ . Esto se debe que en el frente de inyección de vapor MFB-617 hay un solo pozo para realizar ambas actividades, tanto de inyección de vapor como de producción de crudo; mientras que en el frente de inyección de vapor MFB-773 hay dos pozos, realizando las actividades antes mencionada por separado. Los desechos se presentan en la tabla 4.7

**Tabla 4.7. Desechos peligrosos del proceso de generación e inyección de vapor.**

<b>Desecho peligroso</b>	<b>Etapas donde se genera</b>
Guantes contaminados	Tratamiento de agua y generación de vapor
Aceites usados	Tratamiento de agua y generación de vapor
Soluciones resultantes de los análisis de agua	Tratamiento de agua
Solución de la regeneración de la zeolita	Tratamiento de agua

**Tabla 4.8. Distribución de la generación de los desechos peligrosos en el proceso de generación e inyección de vapor.**

Desechos Peligrosos	Etapas 1	Etapas 2	Etapas 3
Guantes contaminados	X	X	
Aceites usados	X		
Soluciones resultantes de los análisis de agua	X		
Solución de la regeneración de la zeolita	X		

Los desechos peligrosos tienen mayor generación en la etapa 1, la cual corresponde al tratamiento del agua, debido a las pruebas y regeneraciones que deben realizarse en esta etapa, esto se puede apreciar en la tabla 4.8.



### **4.3 Cuantificación de los desechos peligrosos generados en los procesos**

#### **4.3.1 Desechos peligrosos del proceso de compresión de gas**

- **Condensado del gas natural**

El gas natural pasa por cambios de temperatura y presión, durante el proceso de compresión; dando origen a la formación del condensado (hexano y más pesados). La cantidad de condensado fue calculada mediante el balance de materia propuesto en el capítulo anterior, en los valores obtenidos se presentan variaciones por cada planta, esto se hace lógico tomando en cuenta que la generación del condensado dependerá de la cantidad de gas manejado y esta es diferente para cada planta. El resultado del condensado de gas natural de todas las plantas, se reporta en la tabla 4.9.

- **Aceites usados**

El consumo de lubricantes es indispensable para el funcionamiento de las unidades motocompresoras, ya que éste sirve para evitar el desgaste de las piezas móviles de los dispositivos mecánicos y es usado en muchos casos para refrigerar la zona de fricción, razón por la cual pierde sus propiedades con mayor rapidez. Todo esto conlleva a la constante adición de lubricantes nuevos, por lo tanto se incrementa el consumo de aceite; como lo revela el resultado obtenido y éste se reporta en la tabla 4.9.

- **Filtro de aceite**

La cantidad de filtros desechados es variante, pues ésta dependerá directamente del resultado del análisis de aceite (anexo B), es decir, cuando los metales presentes en el aceite superan los niveles permitidos es una señal de que los filtros han dejado de cumplir su función correctamente, sumado a la experiencia del personal operador se procede al cambio del mismo. Los resultados se muestran en la tabla 4.9.

- **Guantes contaminados**

La cantidad de guantes contaminados con aceite, dependerá de las actividades que se realicen en las plantas motocompresoras. Según opinión del personal, un par de guantes suele durar de una a dos semanas. Los resultados obtenidos se reportan en la tabla 4.9.

- **Agua de enfriamiento**

Esta dependerá estrictamente de las actividades realizadas en las plantas, ya que si se requiere que la unidad motocompresora sea parada, para realizar algún tipo de mantenimiento; el agua de refrigeración debe ser cambiada y por ende desechada. Sin embargo según opinión del personal, esto sucede por lo menos una vez al mes y los cálculos se realizaron en función a esto y los resultados se muestran en la tabla 4.9.

- **Gas de venteo**

Considerando que la frecuencia de venteo no es constante, se obtuvo una cantidad promedio mensual; en base a los reportes diarios suministrados

por el despacho de gas del distrito San Tomé, ésta es reportada en la tabla 4.9.

**Tabla 4.9. Cantidad total de los desechos generados en el proceso de compresión de gas.**

<b>Tipos de desechos</b>	<b>Cantidad total</b>
Aceite usado (galones/mes)	3936
Filtros de aceite (año)	196-392
Guantes contaminados (mes)	40-80
Agua de enfriamiento (galones/mes)	1540
Gas de venteo (pie <sup>3</sup> /mes)	30
Condensado del gas natural (m <sup>3</sup> /mes)	19,6

#### **4.3.2 Desechos peligrosos del proceso de generación e inyección de vapor**

- **Guantes contaminados**

Las actividades que se realicen en los frentes de inyección de vapor, serán el factor que delimite la generación de guantes contaminados. Sin embargo, la opinión del personal, coincide con la del proceso de compresión de gas; en cuanto a que la vida útil de estos suele ser de una a dos semanas. Los resultados obtenidos se reportan en la tabla 4.10.

- **Aceites usados**

La cantidad resultante para este proceso no es muy alta en comparación con la generada en el proceso de compresión de gas; ya que solo se usa para la lubricación de las bombas empleadas en el proceso. Estos resultados son presentados en la tabla 4.10.

- **Soluciones resultantes de los análisis de agua**

Los resultados revelan que la producción de este desecho es baja y esto se debe a que las cantidades utilizadas para realizar los análisis de agua son pequeñas, los reportes de los cálculos se muestran en la tabla 4.10.

- **Solución de la regeneración de la zeolita**

La regeneración se realiza cuando la zeolita del proceso se satura, esto ocurre cada quince días, aproximadamente, según la opinión del personal operador, los cálculos se realizaron asumiendo esta información y se reportan en la tabla 4.10.

**Tabla 4.10. Cantidad total de los desechos generados en el proceso de generación e inyección de vapor.**

<b>Tipos de desechos</b>	<b>Cantidad total</b>
Guantes contaminados (mes)	16-32
Aceite usado (galones/mes)	7,4
Soluciones resultantes de los análisis de agua (l/mes)	15,5
Solución de la regeneración de la zeolita (galones/mes)	984,5

Según los resultados reflejados en las tablas 4.9 y 4.10, se pueden observar que las cantidades de desechos del proceso de compresión de gas son elevadas en comparación a la del proceso de generación e inyección de vapor, esto se debe a las dimensiones de los equipos; que conforman las plantas motocompresoras (motores), ya que éstas demandan una mayor cantidad de insumos que las utilizadas por los equipos del proceso de generación e inyección de vapor.

#### **4.4 Verificación en el campo del manejo de los desechos peligrosos generados**

##### **4.4.1 Verificación del manejo en las plantas motocompresoras**

Según la identificación realizada en el capítulo tres, se obtuvo que los desechos peligrosos generados son:

### ▪ **Aceite usado, agua de enfriamiento y condensado del gas natural**

Los aceites usados, el agua de refrigeración y el condensado del gas natural, son desechados en las fosas. Algunas veces estas se rebosan, porque la compañía encargada del manejo de los desechos peligrosos no realiza la recolección a tiempo. Esta situación ocasiona un impacto ambiental en el área que rodea las fosas, considerando que según la legislación ambiental venezolana vigente “el generador de desechos, es responsable de éstos de modo imperecedero” (decreto 2635, 1998), es decir, mientras los desechos existan el generados debe responder por todas las consecuencias del mismo, razón por la cual se debe velar porque las compañías manejadoras realicen el manejo adecuado de los desechos peligrosos.

### ▪ **Filtros de aceite y guantes contaminados**

Como se mencionó en el capítulo anterior, existen problemas de clasificación de los desechos, muchas veces éstos son ubicados en los contenedores inadecuados. La ley, establece que “todo desecho peligroso que se mezcle con otros desechos o materiales no peligrosos, con fines que no obedezcan a un tratamiento, continúa siendo un desecho peligroso y deberá ser manejado de acuerdo a las condiciones establecidas para estos” (decreto 2635, 1998).

El hecho de que los desechos de diferentes tipos se mezclen, traen como consecuencia un incremento en la volumetría de los desechos peligrosos, dirigida a las empresas manejadoras de éstos, aumentando el costo de los contratos, ya que el manejo de los desechos peligroso es más costoso que el de los no peligrosos y el impacto ambiental también aumenta.

- **Gas de venteo**

Es enviado generalmente hacia mecheros o chimeneas donde se quema o ventea. Mediante cromatografía del gas (anexo A), se conoce la composición y con los reportes diarios, se lleva un control de las cantidades venteadas. Es importante destacar que el gas natural es uno de los combustibles fósiles que menos contaminación genera. Sin embargo la emisión descontrolada de gas natural al ambiente por medio del venteo hace que aumente la concentración de metano en la atmósfera.

#### **4.4.2 Verificación del manejo en las frentes de inyección de vapor**

Los desechos peligrosos encontrados en el proceso de generación e inyección de vapor son:

- **Guantes contaminados**

Los frentes de inyección de vapor no poseen el sistema adecuado para el almacenamiento primario de los desechos; ya que no cuentan con contenedores debidamente identificados. Razón por la cual los guantes contraminados se mezclan con los desechos no peligrosos. Toda esta situación de mala clasificación trae como consecuencia el aumento de la volumetría y del impacto ambiental.

- **Aceites usados**

Actualmente existe un mal manejo para este desecho, ya que esta desechando en la caja del pozo (celler). Aunque la cantidad generada no es

alta, existen desbordes impactando; debido a que el tamaño de la caja del pozo no es muy grande.

#### ▪ **Regeneración de la zeolita**

Esta solución es dispuesta en el suelo, impactando directamente en él. Aunque no se trata de un desecho altamente peligroso, de igual forma se recomienda que sea dispuesto en recipientes para un posterior tratamiento y así evitar el impacto ambiental por esta actividad.

#### ▪ **Soluciones resultantes de los análisis de agua**

Una vez que se toman los datos resultantes de las soluciones, éstas son desechadas directamente al suelo, aunque la cantidad no es muy alta, de igual forma se trata de químicos y por ende causarán un impacto en la zona donde son dispuestos. Se recomienda, que estas soluciones sean dispuestas en los contenedores adecuados, hasta que una empresa manejadora les realice el tratamiento de los mismos.

### **4.5 Proposición de acciones ambientales para el manejo de los desechos peligrosos generados, en la gerencia de plantas de gas, agua y vapor**

Las acciones ambientales propuestas fueron seleccionadas según la problemática encontrada en la Gerencia de Plantas de Gas, Agua y Vapor.

Según los resultados obtenidos, la clasificación de los desechos peligrosos es incorrecta basado en los parámetros dictados por la ley, razón



por la cual se propuso la utilización del código de colores (PDVSA, 2007), para agrupar los desechos según su naturaleza y grado de peligrosidad. Considerando que los basamentos legales (decreto 2635, 1998) establecen que: “todo desecho peligroso que se mezcle con otros desechos o materiales no peligrosos, con fines que no obedezcan a un tratamiento, continúa siendo un desecho peligroso”. La consecuencia de esto es el incremento de la volumetría de desechos peligrosos y por ende el costo por tratamiento aumenta.

En cuanto al almacenamiento los lineamientos están diseñados para limitar la exposición de sustancias peligrosas en los lugares de trabajo. El almacenamiento por comunidades de riesgo, en recipientes seguros (preferiblemente de naturaleza metálica) y herméticamente cerrados; garantizan el control de los desechos peligrosos en el área de generación, cumpliendo así con lo establecido por la ley (decreto 2635, 1998).

Se recomienda realizar una campaña de concientización e información ambiental, ya que según el diagnóstico realizado, una de las principales causas del mal manejo de los desechos peligrosos es la falta de conocimiento sobre esta área; se debe informar a todo el personal desde sus responsabilidades ambientales hasta sus derechos de vivir en un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado, contemplado en la Constitución, para así lograr llamar la atención del personal operador y obtener un sistema de manejo de desechos peligrosos correcto.

Por esta razón se recomienda realizar charlas, al personal que operan en las plantas motocompresoras y los frentes de inyección de vapor, sobre la clasificación y almacenamiento seguro de los desechos. Además colocar

material informativo alusivo al tema en las áreas operativas donde se generan los desechos peligrosos.

#### 4.6 Conclusiones

1. Las plantas motocompresoras y los frentes de inyección de vapor estudiados operan bajo la misma filosofía, respectivamente.
2. Los insumos utilizados por el proceso de compresión de gas son: gas natural, agua de enfriamiento, aceite (Motorgas W-40), inhibidor de corrosión para agua (Lipesa 131), inhibidor de corrosión para gas (Lipesa 590) y refrigerante (Cell-cool).
3. Los insumos utilizados en el proceso de generación e inyección de vapor son: agua, zeolita, cloruro de sodio, aceite (Hipoidal-Sae-85W-140), metano, secuertante de oxigeno (Lipesa 3527) y sustancias químicas (Hidróxido de amonio y negro de ericromo).
4. Los productos generados en el proceso de compresión de gas son: gas comprimido y gas combustibles.
5. El producto generado en el proceso de generación e inyección de vapor es: vapor de agua.
6. Los desechos peligrosos generados en el proceso de compresión de gas son: el condensado del gas natural (19,5 m<sup>3</sup>/mes), aceite usado (3936 Galones/mes), filtros de aceite (196-392 por año), gas de venteo (30 pies<sup>3</sup>/mes), guantes contaminados (40-80 por mes) y agua de enfriamiento (1540 galones/mes).
7. Los desechos peligrosos generados en el proceso de generación e inyección de vapor son: aceite usado (7,4 galones/mes), guantes contaminados (16-32 por mes), solución de la regeneración de la zeolita (985,5 galones/mes) y soluciones resultantes de los análisis de agua (15,5 l/mes).

8. La verificación en campo permitió conocer las desviaciones existentes en el sistema de manejo de los desechos peligrosos.
9. Los contenedores para los desechos peligrosos no poseen las condiciones correctas, según lo establecido por la ley.
10. La mala clasificación de los desechos, produce un incremento en la volumetría de los desechos peligrosos.

#### **4.7 Recomendaciones**

1. Realizar charlas continuas de la clasificación de los desechos, al personal que opera en las plantas motocompresoras y los frentes de inyección de vapor.
2. Divulgar los riesgos asociados a los desechos peligrosos que se generan, en las diferentes actividades operativas de la gerencia.
3. Dar a conocer el marco legal en materia de ambiental, decretos y reglamentos que rigen el control de los desechos.
4. Implementar métodos de reducción, reuso y reciclaje de los desechos peligrosos.
5. Establecer cláusulas en los contratos de los manejos de desechos peligrosos, para el reciclaje de los mismos.
6. Incluir personal en la supervisión ambiental para dar seguimiento a las operaciones de la gerencia.
7. Inspección continúa en los diferentes proyectos y áreas operativas para tomar las medidas ambientales propuestas por el MPPA en el proyecto.
8. Crear formatos para llevar el control de la generación de los desechos peligrosos.
9. Designar responsabilidades al personal para el manejo de los desechos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Atay, (2003). Evaluación de la generación de desechos en el los procesos operativos que se llevan a cabo en las instalaciones de la unidad de exploración de yacimiento liviano del distrito San Tomé de PDVSA. Trabajo de grado, Departamento de Ingeniería Química, UDO, Puerto La Cruz.
- Constitución Nacional de la Republica Bolivariana de Venezuela. (1999, Caracas). Gaceta Oficial de la Republica Bolivariana de Venezuela, N° 4358.
- Corrodeguas, (2009). Glosario de términos ecológicos. Recuperado de <http://www.in.de.co.cu/Internet/GLOSARIO/20ECOLOGICO.htm>.
- González, (2008). Evaluación de impacto ambiental. Recuperado de: <http://www.tecnun.es/asignaturas/ecologia/hipertexto/15hombamb.htm>.
- Himmelblau, (1982). Principios y cálculos de ingeniera química, Editorial Continental, S. A, primera edición, México.
- Infantes, (2008). Evaluación de los impactos ambientales asociados a la generación de desechos peligrosos en las unidades de producción (pesado y extrapesado) de PDVSA del distrito San Tomé. Trabajo de grado, departamento de petróleo, UDO, Puerto La Cruz.
- Ley Orgánica del Ambiente. (2007). Gaceta Oficial de la Republica Bolivariana de Venezuela.
- Ley Penal del Ambiente. (1992, Caracas). Gaceta Oficial de la Republica de Venezuela, N°4358.
- Ley sobre Sustancias, Materiales y Desechos Peligrosos. (2001, Caracas). Gaceta Oficial de la Republica Bolivariana de Venezuela, N° 5554.

- Mago, (2005). Evaluación de la generación de desechos peligrosos en los procesos operativos que se llevan a cabo en un mejorador de crudo extrapesado. Trabajo de grado, Departamento de Ingeniería Química, UDO, Puerto La Cruz.
- Martínez, (2005). Evaluación de la generación de desechos en los procesos operativos de plantas sur distrito San Tomé- PVDSA. Trabajo de grado, Departamento de Ingeniería Química, UDO, Puerto La Cruz.
- Norma para el manejo de los desechos sólidos de origen domestico, comercial, industrial, o de cualquier naturaleza que no sea peligroso (decreto N° 2216). (1992, Caracas). Gaceta Oficial de la Republica de Venezuela, N° 4418.
- Normas para el control de la recuperación de los materiales peligrosos y el manejo de los desechos peligrosos (decreto N° 2635). (1999, Caracas). Gaceta Oficial de la Republica de Venezuela, N° 5245.
- Normas sobre evaluación ambiental de actividades susceptibles de degradar el ambiente (decreto 1257). (1996, Caracas). Gaceta Oficial de la Republica de Venezuela, N° 35946.
- Padua, (1995). Elementos de ingeniería de gas. San Tomé.
- PDVSA, (2001). Gerencia de Plantas Compresoras: manual operativo de la planta motocompesora de Yopales Central. San Tomé.
- PDVSA, (2002)<sup>a</sup>. Gerencia de Plantas Compresoras: manual operativo de la planta motocompresora de Leona. San Tomé.
- PDVSA, (2002)<sup>b</sup>. Gerencia de Plantas Compresoras: manual operativo de la planta motocompresora de Budare. San Tomé.
- PDVSA, (2002)<sup>c</sup>. Gerencia de Plantas Compresoras: manual operativo de la planta motocompresora de Oveja. San Tomé.
- PDVSA, (2002)<sup>d</sup>. Gerencia de Plantas gas, agua y vapor: manual de operación de los frentes de inyección de vapor. San Tomé.

- PDVSA, (2002)<sup>e</sup>. Manual de gestión de la calidad: proceso de compresión de gas e inyección alterna de vapor. San Tomé.
- PDVSA, (2003)<sup>a</sup>. Gerencia de Plantas Compresoras: filosofía de operación de las plantas compresoras de gas. San Tomé.
- PDVSA, (2003)<sup>b</sup>. Gerencia de Plantas Compresoras: manual operativo de la planta motocompresora de Guara Oeste 2. San Tomé.
- PDVSA, (2003)<sup>c</sup>. Gerencia de plantas de gas, agua y vapor: manual de operaciones de los generadores de vapor. San Tomé.
- PDVSA, (2003)<sup>d</sup>. Proyecto de exploración petrolera de la Cuenca Oriental de Venezuela, gerencia de exploración división Oriente.
- PDVSA, (2003)<sup>e</sup>. Reseña histórica de Petróleos de Venezuela S.A y sus filiales. Recuperados de [http://www.pdvsa.com/pdvsa\\_historia\\_2\\_1.html](http://www.pdvsa.com/pdvsa_historia_2_1.html).
- PDVSA, (2006)<sup>a</sup>. Informes de Supervisión Ambiental, gerencia AHO. Distrito San Tomé.
- PDVSA, (2006)<sup>b</sup>. Proyecto RASDA y Autorizaciones de Funcionamiento. Supervisión Mayor de Estudios Ambientales y Autorizaciones Regulatorias de la gerencia de Ambiente e Higiene Ocupacional. San Tomé.
- PDVSA, (2007). Manual de Supervisión Ambiental, gerencia AHO. Distrito San Tomé.
- Perry, (1992). Manual de Ingeniero Químico, Editorial McGraw-Hill, 6<sup>ta</sup> edición, Volumen I.

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y  
ASCENSO:**

<b>TÍTULO</b>	<b>EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE MANEJO DE LOS DESECHOS PELIGROSOS, EN LA GERENCIA DE PLANTAS DE GAS, AGUA Y VAPOR DEL DISTRITO SAN TOMÉ</b>
<b>SUBTÍTULO</b>	

**AUTOR (ES):**

<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	<b>CÓDIGO CULAC / E MAIL</b>
Astudillo B., Lourdarelys del C.	CVLAC: 17.264.951 E MAIL: lourdarelysa@hotmail.com
	CVLAC: E MAIL:
	CVLAC: E MAIL:

**PALÁBRAS O FRASES CLAVES:**

Manejo de desechos

Desechos peligrosos

Planta de gas

San Tomé

Rasda

Ambiente

## METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ÁREA	SUBÁREA
Ingeniería y Ciencias Aplicadas	Ingeniería Química

### RESUMEN (ABSTRACT):

Se evaluó el sistema de manejo de los desechos peligrosos, en la gerencia de plantas de gas, agua y vapor del distrito San Tomé, para la solicitud de inscripción en el registro de actividades susceptibles a degradar el ambiente (RASDA). Se describieron los procesos relacionado a las actividades propias de la gerencia (compresión de gas y generación e inyección de vapor), seguido de la identificación de los insumos utilizados, productos elaborados y desechos peligrosos generados en dichas actividades. Posteriormente se cuantificó los desechos peligrosos encontrando, que la cantidad de aceite usado en el proceso de compresión de gas (3936 galones/mes), es mayor que la utilizada en el proceso de generación de vapor (7,4 galones/mes). Se verificó el manejo en campo de los desechos peligrosos, encontrando que existen ciertas desviaciones en el sistema de manejo, lo cual trae como consecuencia un incremento en la volumetría de los mismos; por ende un aumento en el costo de los contratos para el manejo de los desechos peligroso y un mayor impacto ambiental, razón por la cual se proponen acciones ambientales para el manejo de los desechos peligrosos.



**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

**CONTRIBUIDORES:**

<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	<b>ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL</b>				
Cova, Alexis	ROL	CA	AS(X)	TU	JU
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
Infante, Eglis	ROL	CA	AS	TU(X)	JU
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
Millán, Maritza	ROL	CA	AS	TU	JU(X)
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
Ochoa, Osvaldo	ROL	CA	AS	TU	JU(X)
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				

**FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:**

<b>08</b>	<b>11</b>	<b>2010</b>
<b>AÑO</b>	<b>MES</b>	<b>DÍA</b>

**LENGUAJE. SPA**

**METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

**ARCHIVO (S):**

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
Tesis.Evaluacion..manejo.desechos.RASDA.doc	Aplication/ msword

CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS: A B C D E F G H I  
J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z. a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w  
x y z. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9.

**ALCANCE**

ESPACIAL: \_\_\_\_\_ (OPCIONAL)

TEMPORAL: \_\_\_\_\_ (OPCIONAL)

**TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO:**

Ingeniero Químico

**NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:**

Pregrado

**ÁREA DE ESTUDIO:**

Departamento de ingeniería química

**INSTITUCIÓN:**

Universidad de Oriente. Núcleo de Anzoátegui

## **METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

### **DERECHOS**

De acuerdo al artículo 41 del Reglamento de Trabajo de Grado:

“Los Trabajos de Grado son exclusiva propiedad de la Universidad y solo podrán ser utilizados a otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien lo participará al Consejo Universitario”

Astudillo B., Lourdarelys del C

**AUTOR**

Ing. Alexis Cova MSc.

**TUTOR**

Ing. Maritza Millán Silva MSc.

**JURADO**

Ing. Osvaldo Ochoa

**JURADO**

Ing. Eglis Infante

**TUTOR**

Ing. Yraima Salas

**POR LA SUBCOMISION DE TESIS**