

MANUAL DE OPERACIONES PARA EL MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS
ESPECIALES Y PELIGROSOS GENERADOS EN LAS DIFERENTES ETAPAS
DE PRODUCCION, PERFORACION Y COMPLETAMIENTO DE POZOS
PETROLEROS Y CAMPOS DE PRODUCCION.

LAURA ISABEL BAHAMON VILLARREAL

LUIS ALBERTO MONTEALEGRE VILLAQUIRA

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ING DE PETROLEOS
NEIVA
2009

MANUAL DE OPERACIONES PARA EL MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS
ESPECIALES Y PELIGROSOS GENERADOS EN LAS DIFERENTES ETAPAS
DE PRODUCCION, PERFORACION Y COMPLETAMIENTO DE POZOS
PETROLEROS Y CAMPOS DE PRODUCCION.

LAURA ISABEL BAHAMON VILLARREAL

LUIS ALBERTO MONTEALEGRE VILLAQUIRA

ING. JORGE ORLANDO MAYORGA BAUTISTA
Esp. Ecología Medio Ambiente y Desarrollo

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ING DE PETROLEOS
NEIVA
2009

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. Introducción	6
2. Objetivos	7
2.1 Objetivo General	7
2.2 Objetivo específico	7
3. Planteamiento del Problema	8
4. Metodología	9
5. Procedimiento	10
6. Etapa I. Recolección de residuos sólidos y fluidos contaminados	11
6.1 Responsabilidades	11
6.2 Contenido	11
6.2.1 Equipo y accesorios	11
6.2.2 Permisos de trabajo	13
6.2.3 Elementos de Protección personal	13
6.3 Procedimiento	13
7. Etapa II. Cargue, transporte y descargue de residuos en vehículos	15
7.1 Responsabilidades	15
7.2 Contenido	16
7.2.1 Operación de transporte con volqueta	16
7.2.1.1 Consignas de seguridad	16
7.2.1.2 Antes de dar marcha a la volqueta	17
7.2.1.3 Puesta en marcha de la volqueta	17
7.2.1.4 Parada de la volqueta	18
7.2.1.5 Permiso de trabajo	18
7.2.1.6 Equipo, accesorios y elementos de protección personal	18
7.2.2 Operación de transporte con camión de vacío	19
7.2.2.1 Consignas de seguridad	19
7.2.2.2 Antes de dar marcha el vehículo	20
7.2.2.3 Puesta en marcha	21
7.2.2.4 Parada del vehículo	21
7.2.2.5 Clase de frenos	21

7.2.2.6 Operación del tanque de vacío	21
7.2.2.7 Permiso de trabajo	23
7.2.2.8 Equipo, accesorios y elementos de protección personal	23
7.2.3 Operación de transporte con carro tanque	24
7.2.3.1 Consignas de seguridad	24
7.2.3.2 Antes de dar marcha al vehículo	26
7.2.3.3 Puesta en marcha	26
7.2.3.4 Parada del vehículo	26
7.2.3.5 Clase de frenos	27
7.2.3.6 Operación de la motobomba	27
7.2.3.7 Operaciones en el cargue o descargue del carro tanque	28
7.2.3.8 Permiso de trabajo	29
7.2.3.9 Equipo, accesorios y elementos de protección personal	29
8. Etapa III. Almacenamiento de los residuos en la planta de tratamiento	31
8.1 Responsabilidades	31
8.2 Contenido	31
8.2.1 Distribución	31
8.2.2 Recepción	32
9. Etapa IV. Tratamiento de los residuos	34
9.1 Procedimiento para diseño del tratamiento de los fluidos	34
9.1.1 Responsabilidades	34
9.1.2 Contenido	34
9.1.2.1 Equipos y accesorios	34
9.1.2.2 Permisos de trabajo	35
9.1.2.3 Elementos de protección personal	35
9.1.2.4 Alcance	35
9.1.2.5 Muestreo	35
9.1.2.6 Procedimiento	36
9.1.2.7 Interpretación de resultados	36
9.2 Determinación de agua y sedimentos en crudos por el método de la centrifuga	38
9.2.1 Responsabilidades	38
9.2.2 Contenido	
9.2.2.1 Método de prueba estándar para agua y sedimentos en crudos por el método de la centrifuga (procedimiento de campo)	39
9.2.2.2 Anexo	47

9.3	Determinación del pH en agua	50
9.3.1	Responsabilidades	50
9.3.2	Contenido	50
9.3.2.1	Método estándar para pH en agua ASTM D 1293 / 1995 (2005)	50
9.3.2.1.1	Método A - medición precisa del pH en el laboratorio	52
9.4	Determinación del ion cloruro en el agua	58
9.4.1	Responsabilidades	58
9.4.2	Contenido	58
9.4.2.1	Método de prueba estándar para ion cloruro en agua	58
9.4.2.1.1	Método A – titulación mercurimétrica	60
9.4.2.1.2	Método B – titulación con nitrato de plata	64
9.5	Tratamiento en el área de Land Farming	67
9.5.1	Responsabilidades	67
9.5.2	Contenido	67
9.5.2.1	Equipos y accesorios	67
9.5.2.2	Permisos de trabajo	67
9.5.2.3	Elementos de protección personal	68
9.5.2.4	Alcance	68
9.5.2.5	Procedimiento	68
9.5.2.6	Interpretación de resultados	69
10.	Etapa V. Disposición final	70
10.1	Responsabilidades	70
10.2	Contenido	70
10.2.1	Equipos y accesorios	70
10.2.2	Permisos de trabajo	70
10.2.3	Elementos de protección personal	71
10.2.4	Alcance	71
10.2.5	Diseño área de disposición final	71
10.2.6	Procedimiento	72
11.	Bibliografía	74
12.	Conclusiones	75
13.	Recomendaciones	76

INTRODUCCION

Dentro de los procesos de extracción de petróleo se encuentra la perforación de pozos, parte fundamental de este ya que es la única manera de confirmar la existencia de hidrocarburos en una zona explorada; en dicho proceso es inevitable que se generen residuos ocasionados principalmente por el lodo utilizado y los fragmentos de roca arrancados del subsuelo los cuales proporcionan graves problemas ambientales sino reciben un tratamiento adecuado.

Una vez culmina la perforación y el completamiento de los pozos prosigue la etapa de vida productiva del yacimiento de petróleo en los campos de producción, en esta se presentan residuos peligrosos especialmente por el tratamiento de separación de fases que requiere el petróleo y la limpieza de las borras o fondos formados en los tanques de almacenamiento.

ATP ingeniería es una empresa prestadora de servicios en la industria petrolera; uno de estos servicios es el manejo integral de desechos o residuos generados en la perforación de pozos de petróleo, completamiento de pozos y campos de producción.

Para facilitar el proceso de planificación y ejecución de la prestación de este servicio, se identifico la necesidad de desarrollar un manual de operaciones el cual describa detalladamente el procedimiento que se debe tener en cuenta a la hora de prestar el servicio de manejo de residuos.

OBJETIVOS

General

- Realizar un manual de operaciones para el manejo integral de residuos especiales y peligrosos generados en las diferentes etapas de producción, perforación y completamiento de pozos petroleros y campos de producción.

Específicos

- Recopilar información acerca de las etapas que incluye el proceso de manejo integral de desechos o residuos.
- Evidenciar mediante visitas técnicas, la zonificación de las áreas de procesos de tratamiento y almacenamiento al interior de la planta.
- Documentar técnicamente los procesos de recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos especiales y peligrosos.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Uno de los principales problemas que se presenta en los procesos de búsqueda y explotación de hidrocarburos es el de acumulación de escombros o residuos derivados de la perforación, el completamiento de pozos y los procesos de producción.

Los residuos en la perforación y el completamiento de pozos generalmente se presentan en forma de fluidos o cortes de perforación WBM-OBM, habitualmente estos materiales se sepultaban en el campo durante la perforación on shore o se desechaban por la borda en operaciones de perforación off shore.

Adicional a estos se encuentran los residuos generados en la etapa de producción de los campos de petróleo, en este proceso de separación de fases del crudo se generan frecuentemente emulsiones, arenas contaminadas con crudo, aguas residuales y las borras en los fondos de los tanques de almacenamiento, los cuales eran administrados de forma poco segura siendo enterrados o almacenados en áreas del campo sin ningún tipo de tratamiento previo a su disposición final.

La concientización ambiental que ha ido creciendo en las últimas décadas, ha impulsado al cambio del tratamiento de los residuos peligrosos generados por estas etapas, dando como resultado la disminución del impacto ambiental generado.

METODOLOGIA

Tipo de investigación de ingeniería aplicada en la cual se implemento:

- **Revisión bibliográfica**
- **Visitas a campo:** en pozos de petróleo donde se realizo la recepción de residuos, inspección del transporte de residuos, visita a la planta de almacenamiento y tratamiento de residuos.

PROCEDIMIENTO

Para efectos de la realización del manual de forma organizada, se dividió el proceso de manejo integral de residuos en cinco (V) etapas fundamentales:

Etapa I. Recolección de residuos sólidos y fluidos contaminados

Etapa II. Cargue, transporte y descargue de residuos en vehículos pesados

Etapa III. Almacenamiento de los residuos en la planta de tratamiento

Etapa IV. Tratamiento de los residuos

Etapa V. Disposición final

ETAPA I. RECOLECCION DE RESIDUOS

DEPARTAMENTO: **TECNICO**

PROCESO: **REALIZACIÓN DEL SERVICIO Y CONTROL**
OPERACIONAL.

TITULO: **RECOLECCION DE RESIDUOS SOLIDOS Y FLUIDOS**
CONTAMINADOS.

REFERENCIA: **FORMA MIR 001, MIR 002.**

1. **RESPONSABILIDADES**

Jefe Dpto. Técnico, es quien se encarga de identificar y asignar el debido tratamiento que se debe realizar a los residuos, además de distribuirlos adecuadamente en las áreas de tratamiento de la planta (si es fluido el tratamiento se realiza en las piscinas; si es sólido el tratamiento se realiza en el área de biorremediación).

El Coordinador Ambiental es el responsable de revisar los resultados de los tratamientos realizados a los residuos y de disponer los recursos necesarios para implementar las medidas necesarias para el funcionamiento adecuado de la planta.

Jefe de Planta es responsable de manejar, almacenar y disponer de los residuos de forma adecuada, así como de manipular, manejar y/o operar los equipos que se usan en la planta de tratamiento para realizar diversas operaciones.

Los Conductores, Obreros y ayudantes, son los encargados de recoger los residuos desde cada uno de los campos donde se originan, y de transportarlos hacia la Planta de Tratamiento de ATP Ingeniería para su almacenamiento y tratamiento.

2. **CONTENIDO**

La recolección de los residuos se realiza empleando un mecanismo dinámico, tratamiento y análisis. Los diferentes criterios y actividades que se deben ejecutar son las siguientes:

- I. **Equipos y accesorios:** los equipos y accesorios necesarios para realizar las labores de recolección, dependen de si se realiza manual o mecánicamente, o si los residuos

que se recogen son líquidos o sólidos; para cada caso deben de utilizar ciertas herramientas.

- ★ Recolección Residuos Sólidos: como mínimo se necesita:
 - Valdes
 - Canecas
 - Palas
 - Picas
 - Herramientas menores y de golpe para apertura de los manholes en caso de requerirse
 - Volqueta sellada ó Camionetas (en caso de trasladar canecas)
 - Obreros para ejecutar la recolección hacia la volqueta
 - Equipos de suministro de aire (escafandras con filtros y compresor)
 - Equipo de medición de gases o explosímetro para verificar las condiciones dentro de la vasija.

- ★ Recolección Residuos Líquidos: como mínimo se necesita:
 - Herramientas menores y de golpe para apertura de los manholes en caso de requerirse
 - Mangueras
 - Canecas
 - Tela oleofílica
 - Camión de vacío
 - Mula-tanque
 - Bomba de succión
 - Operario de la bomba ó camión de vacío para recoger los residuos
 - Equipos de suministro de aire en caso de ingresar a la vasija (escafandras con filtros y compresor)
 - Equipo de medición de gases o explosímetro para verificar las condiciones dentro de la vasija.

En caso de recoger residuos en tanques de almacenamiento, vasijas o donde se determine que son espacios confinados, se deben hacer monitoreos de gas con el equipo multidetector de gases (explosímetro), de acuerdo a las especificaciones dadas en los permisos de trabajo y hacer uso de elementos de protección personal especiales para el caso (mascarillas con filtros para vapores orgánicos y gases ácidos, equipos de suministro de aire, escafandras con filtros).

Además se debe contar con un equipo de contingencia, en caso de una emergencia poder facilitar las labores de recolección (en caso de derrame). Este equipo de contingencia contiene como mínimo:

- Equipo de carretera completo y caja de herramientas del vehículo en que se transporta el residuo
- Tela oleofílica
- Cinta de seguridad amarilla
- Manilas
- Pica y Pala

- Sacos de aserrín ó cascarilla de arroz
- Linterna, peinilla o machete
- Extintor de 30 Lb

II. **Permisos de trabajo:** Son procedimientos de planeación y control para realizar actividades no rutinarias que poseen peligros potenciales y están obligados a tomar precauciones para proteger al personal autorizado para realizar la labor. Se requiere diligenciar permisos de trabajo, autorizados por el supervisor de la operación, gestionado por el Coordinador de Manejo de Residuos, Jefe de Planta y/o Ingeniero de Operaciones.

El permiso de trabajo se diligencia con máximo 24 horas de anticipación, en el caso de realizar operaciones de recolección en las instalaciones de HOCOL. Además se deben diligenciar cada vez que se requiera y si es necesario se deben complementar con los certificados adicionales requeridos para la actividad a realizar (cuando se requieren condiciones aceptables para ejecutar el trabajo).

III. **Elementos de protección personal:** El personal que ingresará a los tanques, vasijas ó fracktank deben hacer uso de cascos, botas de seguridad en caucho con puntera, botas de seguridad en cuero con puntera, guantes de cuero, guantes de nitrilo (cuando sea necesario), overol, tyveks. En algunos casos en que los tanques sean cerrados, se deberán usar mascarillas para vapores ácidos y ácidos, escafandras y equipos que suministran oxígeno, además de realizar monitoreos continuos con equipos especializados en medición de gases.

3. PROCEDIMIENTO

- Antes de iniciar el trabajo, se debe hacer una visita de inspección al área donde se realizará la operación de recolección del residuo, para evaluar el volumen a recolectar, las condiciones fisicoquímicas y así determinar la logística necesaria para ejecutar la labor. Esta planificación se debe hacer mínimo con un día de anticipación.
- Si el residuo es sólido (arena, tierra contaminada con hidrocarburos, Lodo base agua, lodo base aceite, etc) el residuo debe ser recolectado en volqueta, cargado de forma manual utilizando dos paleros y de forma mecánica con retroexcavadora ó cargador.
- Si el residuo es fluido se puede cargar de dos formas: con bomba neumática ó diesel ó con camión de vacío. El fluido se cargaría en doble troqué, tracto mula tanque y luego sería transportado hasta la planta de tratamiento.
- Cuando se hace la recolección en el área, el Ingeniero de Operaciones encargado de realizar la labor, debe registrar la cantidad de residuos recogidos en volumen y el tipo de residuo, en la **Forma MIR-002 de “Recolección y Transporte de Residuos”**. Además debe estar revisado por la compañía que produjo el residuo. Una copia de este formato debe quedar en la compañía generadora y otra para el conductor del vehículo que transporta el residuo, para que sea entregado en la Planta de Tratamiento y pueda hacer el descargue.

- El conductor de camioneta, camión, de vacío, volqueta o mula-tanque, debe asegurarse de que el vehículo se encuentra en las condiciones óptimas para el transporte de los residuos. Por eso es necesario que los vehículos cumplan con las inspecciones semanales y mensuales establecidos entre el programa de inspecciones planeadas. Además deben de tener el equipo de contingencia, para el caso de derrames.
- Cuando el residuo llega a la planta, se debe de registrar los datos de transportador, cantidad, hora de llegada, etc. en la **FORMA MIR-001 de "Registro Recepción de Residuos"**. Además se le hace una caracterización del residuo para conocer los parámetros con que ha ingresado. En algunos casos (residuo sólido o líquido) se toma una muestra para análisis.
- Los operarios y personal encargado de la manipulación y manejo de los residuos, deben cumplir con el uso adecuado de los elementos de protección apropiados, como guantes de cuero, casco de seguridad, botas de seguridad y ropa de trabajo.

NOTA: Todo vehículo utilizado para movilizar sólidos debe tener la tabla de aforo. Si el cliente lo requiere se elaboran los registros de recolección de residuos en los formatos suministrados por ellos.

ETAPA II. TRANSPORTE

DEPARTAMENTO: TECNICO

TITULO: CARGUE, TRANSPORTE Y DESCARGUE DE RESIDUOS EN VEHÍCULOS PESADOS

DEFINICIONES: Residuos, Manejo de Residuos, Características fisicoquímicas.

1. RESPONSABILIDADES

El Jefe del Dpto. Técnico y la Coordinadora Ambiental, deben coordinar con el supervisor del área la clase de vehículo que requieren para el transporte de los residuos, así como indicar el sitio a los conductores y operarios para que realicen la recolección del material.

El Dpto. de HSEQ debe verificar que el personal y los vehículos cumplen con los requisitos necesarios para ejecutar el transporte desde el sitio de acopio hasta la Planta de Tratamiento. Además debe suministrar los documentos necesarios para que se cumplan los procedimientos establecidos por el cliente (Procedimiento, ATS, Panoramas de riesgo de la actividad, Plan de emergencia).

El Supervisor o Capataz de la operación, debe realizar las inspecciones del vehículo, reportar anomalías y verificar el estado del vehículo antes de realizar cualquier trabajo. Además debe adecuar el área para cargue y descargue en las áreas de operación; Proveerá de escolta al vehículo en caso de ser necesario y verificará que el personal cumpla con los EPP y los equipos necesarios para ejecutar la actividad.

Los Conductores, son los responsables de cargar, descargar y transportar los residuos de forma adecuada y segura, desde las diferentes áreas donde se producen los residuos hacia la planta de tratamiento de ATP Ingeniería. Deberán inspeccionar el vehículo y proveerlo del equipo de contingencia necesario, así como de tenerlo en las condiciones óptimas de operación. También es responsable cumplir con las normas de seguridad establecidas para el transporte de mercancías peligrosas, con las buenas prácticas de manejo defensivo así como las normas establecidas por la empresa en cuanto a manejo de los vehículos.

Los Operarios, Obreros y Ayudantes, cada uno es responsable de establecer manejar, almacenar y disponer de los residuos de forma adecuada, en las áreas establecidas en la Planta para realizar dichos procesos. Deberán participar en el cargue y descargue de los

residuos hacia el vehículo que los transportará, adecuando el área y los equipos necesarios para ello.

2. CONTENIDO

2.1 OPERACIÓN DE TRANSPORTE CON VOLQUETA

Las operaciones adecuadas para una volqueta cuando se requiere del servicio de transporte de los residuos sólidos (recebo, arena, lodos, tierra contaminada con hidrocarburos), cargue y descargue, son las siguientes:

I. *Consignas de seguridad:*

- Usar el cinturón de seguridad.
- Observar los límites de velocidad máximos permitidos: 80 km/h en carreteras nacionales; 60 km/h vía entre estaciones; 30 km/h vía entre pozos. (Estas velocidades deberán ser menores cuando el vehículo está cargado).
- Evitar cargar la volqueta por encima de la carga de diseño.
- La compuerta debe estar herméticamente sellada y llevar tornillo en el volco para evitar fugas. Estos tornillos deben ser revisados periódicamente para evitar partiduras.
- Cerrar la tapa del volco de forma que elimine totalmente la posibilidad de desprendimiento del material transportado.
- Revisar diariamente todas las partes del vehículo e inspeccionarlo al momento de realizar trabajos de recolección de residuos. Abstenerse de conducirlo si presenta condiciones mecánicas deficientes.
- Tomar conciencia de la gran responsabilidad que tiene al conducir un vehículo de estas características.
- Esta prohibido fumar mientras el conductor opere el vehículo, así como consumir drogas prescritas, alcohol o alucinógenos durante la actividad.
- Prohibido transportar personas en la plataforma ó en los estribos, así como estacionar el vehículo cargado en la zona urbana.
- El vehículo debe tener la identificación de la mercancía, así como los rótulos de mercancía, el número dado por las Naciones Unidas UN y la hoja de seguridad del producto que se transporta.
- Evitar sanciones por violar los límites de velocidad.
- El conductor no debe ejecutar labores de cargue de material, para evitar fatiga y cansancio durante la conducción.
- Cumplir con las normas de seguridad establecidas por el ministerio de transporte y por el Departamento de HSEQ.

- Informar inmediatamente al Dpto de HSEQ o Jefe inmediato de la operación, sobre cualquier daño, incidente o accidente presentado al vehículo o a la carga, para activar el plan de contingencia.
 - No acatar órdenes que contravengan lo anterior, en todo ó en parte.
- II. **Antes de dar marcha a la volqueta:** Antes de realizar cualquier trabajo se debe hacer inspección del vehículo, revisión de documentos del vehículo (SOAT, pólizas de responsabilidad civil contractual y extracontractual, tarjeta de propiedad, equipo de carretera y equipo de contingencia). Además de revisar los documentos del conductor (afiliaciones ARP, EPS y Pensiones, pase de acuerdo a la categoría, cédula de ciudadanía). Se debe inspeccionar y verificar el estado general de los siguientes componentes:
- Medir los niveles de aceite del motor, combustible, limpia brisas y agua en el radiador. El radiador se debe abrir sólo cuando se encuentre a temperatura ambiente, así se evitarán accidentes. Si debe agregar agua con el motor sobre calentado, hágalo con el motor encendido para evitar posibles daños.
 - Presión y estado de las llantas: Revisar si los pernos están apretados. La presión de las llantas delanteras debe ser 65 lb y las traseras de 80 lb. Cambiar las llantas cuando el labrado ó ranuras sea menor a 3 mm.
 - Estado general del sistema de frenos: Fugas de aire en las tuberías, conexiones. Drenar el tanque de almacenamiento de aire. Graduar frenos cada 3 días.
 - Revisar el sistema eléctrico: Cables rotos ó aplastados, terminales flojos. Nivel de agua de la batería. Estado General de las luces.
 - Revisar el estado General del sistema hidráulico: Nivel de aceite en el tanque, mangueras y conexiones.
 - Estado general de resortes y terminales de dirección.
 - Revisión de puertas, espejos, asientos, capó, pito, cinturones de seguridad, equipo de carretera, extintor y botiquín.
- III. **Puesta en marcha:**
- Antes de dar encendido al vehículo, observar el área alrededor para verificar que no hayan obstáculos.
 - Colocar la carpa y verificar que cubra totalmente la plataforma. No debe haber caída de material cuando esté en movimiento. Desplácese unos pocos kilómetros. Detenga el vehículo y compruebe que tal hecho no ocurre. Diríjase al sitio de disposición final del material.
 - Dar encendido en neutro. Hacerlo funcionar durante unos cinco minutos para que el motor se caliente. Comprobar que todos los indicadores y luces de precaución están funcionando correctamente.
 - Verifique si hay sonidos o vibraciones anormales. Revise si hay fugas de aceite, combustible, agua ó aire.

IV. **Parada de la volqueta:**

- Identificar con anterioridad el sitio de parada. Este aspecto es muy importante especialmente cuando están operando en vías muy estrechas.
- Verificar el sitio de descargue en el Área de Land Farming. Coloque el freno de mano. Retire la carpa para realizar el vaciado correctamente.
- Iniciar el proceso de descargue elevando la plataforma así: Oprima el pedal del embrague hasta el fondo. Oprima y haga girar el mango del interruptor de la caja de toma-fuerza (se enciende la bombilla de señales empotrada en el mango). No suelte gradualmente el pedal del embrague. Oprima la tecla de elevación de la plataforma. Regule la velocidad de elevación mediante la variación gradual de la frecuencia de rotación del cigüeñal del motor. Al terminar la elevación pase el conmutador de teclas a la posición neutra.
- Verificar que se ha descargado todo el material. Si quedan residuos deberá proceder a "lavar" inmediatamente o a raspar con palas la superficie de la plataforma.
- Para bajar la plataforma: Oprima la tecla de descenso. Cerciorarse que ha descendido. Pase el conmutador de teclas a la posición neutra. Oprima el pedal de embrague. Desconecte la caja de toma-fuerza y suelte gradualmente el pedal del embrague.

V. **Permisos de trabajo:** Se requiere diligenciar el permiso, y los trabajos deberán coordinarse previamente con el supervisor del área donde se va a recoger el residuo.

VI. **Equipos, accesorios y elementos de protección personal:**

- La Volqueta cuenta con una capacidad de 5 – 8 metros cúbicos.
- La carpa debe estar en perfectas condiciones para que permita cubrir la totalidad de la plataforma, de la parte superior. La tapa de las volquetas selladas deben tener los tornillos en buenas condiciones.
- Deben de tener la llanta de repuesto y el equipo de carretera completo.
- Contar con el Equipo de contingencia mínimo para el caso de derrames.
 - ✓ Tela oleofílica
 - ✓ Cinta de seguridad amarilla
 - ✓ Manila
 - ✓ Pica y Pala
 - ✓ Baldes o canecas de 55 Bbls
 - ✓ Sacos de aserrín ó cascarilla de arroz
 - ✓ Linterna, peinilla o machete
 - ✓ Chaleco reflectivo
 - ✓ Botiquín de primeros auxilios
 - ✓ Extintor de 30 Lb
- Los elementos de protección personal adecuados son: casco de seguridad, botas de cuero con puntera, guantes de cuero, guantes de nitrilo para manejo de residuos

base aceite, Overol manga larga en dril, gafas de seguridad transparentes y oscuras, mascarilla para vapores orgánicos y gases ácidos (cuando requiera destapar el volco), monja o capuchón, tapa oídos tipo copa (cuando esta en áreas industriales), impermeable y botas de caucho con puntera, cuando la zona de trabajo esta muy húmeda.

2.2 OPERACIÓN DE TRANSPORTE CON CAMIÓN DE VACÍO

Las operaciones con camión de vacío se realizan cuando se requiere transportar material fluidos o acuoso contaminado con crudo, agua aceitosa ó lodos; se deben tener en cuenta los siguientes criterios:

I. *Consignas de seguridad:*

- Antes de realizar cualquier trabajo se debe hacer inspección del vehículo, revisión de documentos del vehículo (SOAT, pólizas de responsabilidad civil contractual y extracontractual, tarjeta de propiedad, equipo de carretera y equipo de contingencia), además de los documentos del conductor (afiliaciones ARP, EPS, Pensiones, pase de acuerdo a la categoría, cédula de ciudadanía).
- Usar los cinturones de seguridad.
- En tempestades eléctricas se deberá suspender el cargue y descargue de crudo.
- Esta prohibido fumar mientras el conductor opere el vehículo, así como consumir drogas prescritas, alcohol o alucinógenos durante la actividad.
- Observar los límites de velocidad permitidos: 80 Km/hr en carreteras nacionales. 60 Km/hr, 30 Km/hr vía entre pozos (estas velocidades deberán ser menores cuando el vehículo va cargado y cuando la superficie del terreno esté húmeda).
- Revisar diariamente todas las partes del vehículo e inspeccionarlo al momento de realizar trabajos de recolección de residuos. Abstenerse de conducirlo si presenta condiciones mecánicas deficientes, averías o sonidos extraños.
- Verificar las conexiones de las mangueras, uniones y demás para evitar fugas, así como instalar plástico debajo de la línea para proteger el área de derrames. Si se presenta fuga, se debe parar el cargue del material inmediatamente y se debe activar el plan de contingencia.
- Acatar las reglamentaciones oficiales y señales de tránsito, establecidas por las normas del Ministerio de Transporte y las determinadas por el Departamento de HSEQ.
- Informar oportunamente en caso de algún incidente o accidente en donde se pueda producir alguna clase de contaminación o derrame.
- Tomar conciencia de la gran responsabilidad que tiene el conductor al operar un vehículo de estas características. Debe hacer su labor de la manera más segura posible.
- Nunca abandonar la operación durante el cargue ó descargue; el conductor debe prestar atención en caso de estar realizando cualquiera de las dos actividades.

- El vehículo debe tener la identificación de la mercancía, así como los rótulos de mercancía, el número dado por las Naciones Unidas UN y la hoja de seguridad del producto que se transporta.
 - El conductor no debe ejecutar labores de cargue de material, para evitar fatiga y cansancio durante la conducción.
 - Cumplir con las normas de seguridad establecidas por el ministerio de transporte y por el Departamento de HSEQ.
 - Informar inmediatamente al Dpto. de HSEQ o Jefe inmediato de la operación, sobre cualquier daño, incidente o accidente presentado al vehículo o a la carga, para activar el plan de contingencia.
 - No se debe transportar personal en la carrocería ó en los estribos del vehículo.
 - Se debe instalar línea a tierra al vehículo, colocando una varilla de cobre la cual debe ser pegada al suelo, siempre que se realiza el cargue de crudo.
 - Utilizar los cierres de manguera en bronce y de sistema rápido.
 - Evitar estar apagando e iniciando el vehículo cuando se trabaja en áreas de almacenamiento de crudo.
 - Aislar el vehículo de la corriente eléctrica. Se debe usar la varilla Master, en caso de necesidad.
 - Mantener siempre listo el extintor del vehículo.
 - Evitar las sanciones por violar los límites de velocidad.
 - No acatar órdenes que contravengan lo anterior, en todo o en parte
- II. **Antes de dar marcha al vehículo:** se debe inspeccionar y verificar el estado general de los siguientes componentes:
- Medir los niveles de aceite del motor, limpia brisas, combustible y agua en el radiador. El radiador se debe abrir sólo cuando se encuentre en temperatura ambiente. Así se evitarán accidentes. Si debe agregar agua con el motor sobrecalentado, hágalo con el motor encendido, para evitar posibles daños.
 - Verificar la presión y estado de las llantas. Las llantas traseras deben tener una presión de 80 a 90 Lb. Las llantas delanteras de 50 Lb.
 - Estado General del Sistema de Frenos: Revisar las fugas de aire en tuberías, mangueras, conexiones. Drenar tanque. Graduar frenos por lo menos cada 3 días.
 - Revisar el sistema eléctrico: Batería, luces.
 - Estado de resortes y dirección.
 - Revisar las puertas, espejos, asientos, capó, pito, cinturones de seguridad, equipo de carretera, extintor, botiquín.
 - Revisar las conexiones, compresor y mangueras del tanque de vacío.

III. **Puesta en marcha:**

- Antes de dar encendido, observar el área de desplazamiento del vehículo.
- Dar encendido en neutro. Desconectar el freno de parqueo.
- Verificar niveles de medidores en tablero de instrumentos.
- Verificar que las RPM han alcanzado los 1.600. Proceda a arrancar en SEGUNDA con la caja de cambios principal y en ALTA con la caja de cambios auxiliar. El vehículo tiene: Caja principal con 5 cambios. Caja auxiliar con 3 cambios: ALTA (más potencia). BAJA (imprimir más velocidad). REVERSA.

IV. **Parada del vehículo:**

- Identificar exactamente el sitio de parqueo. Este aspecto es muy importante especialmente cuando en una locación está operando un equipo de Workover ó Perforación.
- Disminuir la velocidad y detener el vehículo. La caja principal quedará neutralizada y la auxiliar en baja.
- Accionar el freno de parqueo y cerrar el switch. Colocar luces de estacionamiento si es necesario.

V. **Clase de frenos:**

- Freno de seguridad o de parqueo: Ubicado al lado derecho del "Torpedo". Al hundir la perilla se acciona el freno.
- Freno de mano o de pivote: Ubicado al lado derecho, parte inferior del timón. Al accionarlo hacia abajo se frenan las ruedas traseras.
- Freno de pie: El freno convencional. Si es accionado frena en todas las ruedas del vehículo.
- Freno del motor: Ubicado al lado derecho del torpedo. Utilizado para ayudar a sostener el vehículo en descensos pronunciados. Alternado su uso con el freno de pedal, elimina la posibilidad de recalentar las campanas y el desgaste rápido de las zapatas. Para neutralizarlo se puede hacer con el embrague o el acelerador.

VI. **Operación del tanque de vacío:**

Procedimiento para "achicar una piscina, contrapozo, tanque".

- El conductor detiene provisionalmente el vehículo en la zona de parqueo establecida en la locación.
 - Se reporta al jefe del pozo y espera instrucciones.
 - Verifica cuidadosamente el área para operar el vehículo en reversa.

- Ubica el vehículo a 3 m aproximadamente del contrapozo. Acciona el freno de parqueo.
- Acciona la palanca de cambios de la caja principal en 4a y la auxiliar en neutro.
- Hala la perilla del sistema de operación del vacío (ubicada al lado izquierdo parte inferior de la cabina) y hunde el clutch.
- Lentamente va accionando el clutch. El compresor se pone en marcha y espera que las RPM lleguen a 1.600.
- Inmediatamente acciona el acelerador de mano (perilla) halándolo totalmente.
- Procede a bajarse del vehículo y acciona la palanca de la válvula Master del compresor para succionar (lado izquierdo, parte delantera del tanque de vacío).
- Cierra la válvula de 2" de desfogue de aire. (Lado izquierdo, parte delantera del tanque de vacío).
- Se desplaza hacia la parte trasera del vehículo. Allí cierra la válvula de 2" de desfogue de aire.
- Coloca la manguera (6 m de largo y 4" de diámetro) en el contrapozo. Verificar que esté bien conectada y que en la punta tenga instalada una rejilla, la cual evita que succione desperdicios sólidos.
- Cuando el manómetro indique una presión de 5 Lb en vacío, proceda a abrir lentamente la palanca de la válvula de 4". El sistema comienza a succionar los residuos líquidos.
- Para verificar el llenado total del tanque, observe que el manómetro marque 22 Lb (punto de presión máximo). Ó en el visor (manguera transparente de 2" ubicada al lado izquierdo, parte delantera del tanque).
- El operador nunca deberá alejarse del camión de vacío cuando se adelanta esta operación.
- Una vez se ha realizado el servicio, procede a cerrar la válvula de 4". Retira la manguera del contrapozo. Abre nuevamente la válvula para asegurarse que en la manguera no queden residuos y evitar regueros y contaminaciones. La cierra nuevamente y ubica la manguera en su sitio.
- Abre las válvulas de 2". Cierra la válvula Master del compresor. Desactiva el acelerador de mano y la perilla del sistema de operación del vacío.
- Procede a conducir el vehículo al sitio de descargue indicado (Skimmer de las baterías de producción).
- Procedimiento para descargar: La operación de descargue se puede efectuar por gravedad ó por presión.
 - *Por gravedad:*
 - ⇒ El conductor ubica el vehículo cerca de la piscina de tratamiento. Extiende la manguera hacia la piscina.
 - ⇒ Abre las válvulas de 4" y las dos válvulas de 2". El líquido comienza a fluir hasta que el tanque queda desocupado.

– *Por presión del sistema:*

- ⇒ El conductor ubica el vehículo cerca de la piscina de tratamiento
- ⇒ Acciona la perilla del sistema de operación del vacío y el acelerador de mano.
- ⇒ Abre la palanca de la válvula Master de 4".
- ⇒ Cierra las dos válvulas de 2".
- ⇒ Coloca la manguera hacia la piscina y abre la válvula de 4". El fluido comienza a desplazarse. En esta operación debe verificar que la presión sea de 10 Lb.
- ⇒ Tener mucho cuidado al instante en que el fluido esté por salir totalmente. Se origina un "Bache" de aire y la manguera "Cabecea" fuertemente.
- ⇒ Abre las válvulas de 2". Cierra la válvula de 4". Coloca la manguera en su sitio. Cierra la válvula Master de 4" y desactiva el sistema de vacío y el acelerador de mano.
- ⇒ Cuando la operación exige utilizar la ventanilla, parte superior del tanque, se debe proceder así:
 - ✓ El conductor debe apagar el vehículo y colocar el freno de parqueo.
 - ✓ Subirse con mucho cuidado a la parte superior del tanque.
 - ✓ Abrir la ventanilla. Para ello debe retirar los tornillos que la sujetan.
 - ✓ Introducir la manguera para el llenado.
 - ✓ Una vez se ha llenado el tanque procede a cerrar la ventanilla y a desplazarse al sitio de descargue.

VII. **Permisos de trabajo:**

- No se requiere cuando la actividad es rutinaria.
- Se requiere permiso de trabajo, autorizado por el supervisor de la operación, para entrar a instalaciones de acceso restringido.

VIII. **Equipos, accesorios y elementos de protección personal:**

- Camión de vacío: Capacidad del tanque varía de acuerdo a la capacidad del tanque entre 40 – 80 Bbls, Llanta de repuesto, Equipo de carretera completo, mangueras y uniones para succión.
- Contar con el Equipo de contingencia mínimo para el caso de derrames.
 - ✓ Tela oleofílica
 - ✓ Cinta de seguridad amarilla
 - ✓ Manila
 - ✓ Pica y Pala
 - ✓ Baldes o canecas de 55 Bbls
 - ✓ Sacos de aserrín ó cascarilla de arroz
 - ✓ Linterna, peinilla o machete
 - ✓ Chaleco reflectivo

- ✓ Botiquín de primeros auxilios
- ✓ Extintor de 30 Lb
- Los elementos de protección personal adecuados son: casco de seguridad, botas de cuero con puntera, guantes de cuero, guantes de nitrilo para manejo de residuos base aceite, Overol manga larga en dril, gafas de seguridad transparentes y oscuras, mascarilla para vapores orgánicos y gases ácidos (cuando requiera destapar el volco), monja o capuchón, tapaosidos tipo copa (cuando esta en áreas industriales), impermeable y botas de caucho con puntera, cuando la zona de trabajo esta muy húmeda.

2.3 OPERACIÓN DE TRANSPORTE CON CARRO TANQUE

Cuando se requiere las operaciones y actividades de un carro tanque tipo Doble-Troque, este debe de cumplir y tener en cuenta los siguientes criterios y parámetros para ejecutar correctamente su servicio:

I. **Consignas de seguridad:**

- Antes de realizar cualquier trabajo se debe hacer inspección del vehículo, revisión de documentos del vehículo (tarjeta de propiedad, SOAT, pólizas de responsabilidad civil contractual y extracontractual, registro nacional de transporte de carga o registro nacional para transporte de mercancías peligrosas, equipo de carretera y equipo de contingencia), además de los documentos del conductor (afiliaciones al sistema de seguridad social, pase vigente, categoría de acuerdo al tipo de vehículo, cédula de ciudadanía).
- Revisar diariamente todas las partes del vehículo e inspeccionarlo al momento de realizar trabajos de recolección de residuos. Abstenerse de conducirlo si presenta condiciones mecánicas deficientes, averías o sonidos extraños.
- Acatar las reglamentaciones oficiales y señales de tránsito, establecidas por las normas del Ministerio de Transporte y las determinadas por el Departamento de HSEQ.
- No está permitido fumar cuando realice actividades en zonas de cargue ó descargue de crudo y demás sustancias.
- Usar los cinturones de seguridad.
- En tempestades eléctricas se deberá suspender el cargue y descargue de crudo. Además no se debe permanecer en el techo del tanque.
- Observar los límites de velocidad permitidos: 80 Km/hr en carreteras nacionales. 60 Km/hr, 30 Km/hr vía entre pozos (estas velocidades deberán ser menores cuando el vehículo va cargado y cuando la superficie del terreno esté húmeda).
- Las tapas, cortinas y desfuegos del tanque del vehículo deben permanecer cerradas cuando el vehículo está en movimiento, evitando de esta manera derrames de crudo y posibles contaminaciones.

- Verificar las conexiones de las mangueras, uniones y demás para evitar fugas, así como instalar plástico debajo de la línea para proteger el área de derrames. Si se presenta fuga, se debe parar el cargue del material inmediatamente y se debe activar el plan de contingencia.
- Tomar conciencia de la gran responsabilidad que tiene el conductor al operar un vehículo de estas características. Debe hacer su labor de la manera más segura posible.
- Nunca abandonar la operación durante el cargue ó descargue; el conductor debe prestar atención en caso de estar realizando cualquiera de las dos actividades.
- El vehículo debe tener la identificación de la mercancía, así como los rótulos de mercancía, el número dado por las Naciones Unidas UN y la hoja de seguridad del producto que se transporta.
- El conductor no debe ejecutar labores de cargue de material, para evitar fatiga y cansancio durante la conducción.
- Cumplir con las normas de seguridad establecidas por el ministerio de transporte y por el Departamento de HSEQ.
- Informar inmediatamente al Dpto de HSEQ o Jefe inmediato de la operación, sobre cualquier daño, incidente o accidente presentado al vehículo o a la carga, para activar el plan de contingencia.
- Mantener la superficie superior del tanque libre de obstáculos.
- Al verificar el nivel del tanque, abra las tapas desde la escalerilla, previstas para este tipo de vehículos y ubíquese en contra a la dirección del viento para que los gases que allí se generan no afecten su salud. Nunca se suba a los tanques.
- No se debe transportar personal en la carrocería ó en los estribos del vehículo.
- Se debe instalar línea a tierra al vehículo, colocando una varilla de cobre la cual debe ser pegada al suelo, siempre que se realiza el cargue de crudo.
- Aislar el vehículo de la corriente eléctrica. Se debe usar la varilla Master, en caso de necesidad.
- Utilizar los cierres de manguera en bronce y de sistema rápido.
- Evitar estar apagando e iniciando el vehículo cuando se trabaja en áreas de almacenamiento de crudo.
- Mantener siempre listo el extintor del vehículo.
- Evitar las sanciones por violar los límites de velocidad.
- Tomar conciencia de la gran responsabilidad que tiene el conductor al operar un vehículo de estas características. Debe hacer su labor de la manera más segura posible.
- Extremar las precauciones cuando tenga que subirse ó bajarse del tanque.
- No acatar órdenes que contravengan lo anterior, en todo ó en parte.

II. **Antes de dar marcha al vehículo:** Se debe inspeccionar y verificar el estado general de los siguientes componentes:

- Medir los niveles de aceite del motor, limpiabrisas, combustible y agua en el radiador. La tapa del radiador se debe abrir sólo cuando el sistema se encuentra a temperatura ambiente, así se evitarán accidentes. Si debe agregar agua con el motor sobrecalentado, hágalo con el motor encendido, para evitar posibles daños.
- Verificar la presión y estado de las llantas: Las llantas traseras (radiales) deben tener una presión de 100 Lb, al igual que las llantas delanteras (radiales).
- Verificar el estado general del sistema de frenos: chequear las fugas de aire en tuberías, mangueras, conexiones. Drenar los tanques. Graduar los frenos por lo menos cada 8 días.
- Sistema eléctrico: Chequear la Batería, luces, instalación de baja.
- Revisar los soportes de amarre del tanque, mangueras, motobomba y estado general del tanque.
- Revisar las puertas, espejos, asientos, capó, pito, cinturones de seguridad, equipo de carretera, extintor, repuesto de las llantas.
- Verificar el buen estado de la dirección y de la amortiguación.

III. **Puesta en marcha:**

- Antes de dar encendido, se debe observar el área de desplazamiento del vehículo; que no hayan obstáculos para efectuar el arranque.
- Dar encendido al vehículo estando en neutro. Esperar que el manómetro marque 120 Lb para luego desconectar el freno de parqueo.
- Verificar los niveles de los medidores del tablero de instrumentos. (Temperatura, Presión de aceite, Nivel de combustible).
- Arrancar el vehículo.
- El vehículo tiene una caja de cambios Principal (6 cambios). Una media caja ó "mono". Actúa al hundir un "botón" ubicado en la parte superior de la palanca de cambios. Adicional se puede accionar la extrabaja ó triplicador la cual actúa con una palanca situada en el torpedo. Le imprime más potencia al vehículo.

IV. **Parada del vehículo:**

- Identificar exactamente el sitio de parqueo para cargar ó descargar. Este aspecto es muy importante especialmente cuando tiene que atender servicios para equipos de Workover ó Perforación.
- El parqueo generalmente se debe realizar en reversa.
- Disminuir la velocidad y detener el vehículo. La caja principal debe quedar neutralizada al estar detenido.

- Accionar el freno de parqueo y cerrar el switch. Colocar luces de estacionamiento si es necesario.
- Revisar visualmente las partes principales del vehículo. Si transporta algún fluido, revisar el tanque para verificar fugas.

V. **Clase de frenos:**

- Frenos de seguridad ó de parqueo: Ubicado al lado derecho del torpedero. Al hundir el botón se acciona el freno.
- Freno de pedal: Es el freno convencional de pedal. Si es accionado frena en todas las ruedas del vehículo.
- Freno del motor: Ubicado al lado derecho del torpedero. Utilizado para ayudar a sostener el vehículo en descensos pronunciados. Alternando su uso con el freno de pedal elimina la posibilidad de recalentar las campanas y el desgaste rápido de las zapatas. No se debe utilizar cuando el motor está a muy alta temperatura pues causaría daños a las culatas del motor.
- Adicional tiene un dispositivo para bloquear el freno en las llantas delanteras. Se utiliza cuando la carretera está muy lisa y así evitar un deslizamiento peligroso del vehículo.

VI. **Operación de la motobomba:**

- Revisar niveles de aceite, y combustible (en la actualidad operan a gasolina, su utilización es muy restringida dado el gran peligro que representa en zonas con presencia de gas. Se debe solicitar operadas con ACPM).
- Instalar la manguera de 3" de diámetro a la boca de succión de la motobomba. Asegurar con una abrazadera. Verificar que en la punta tenga instalada la rejilla ó "válvula de pié" para evitar la succión de desperdicios sólidos y mantener la manguera llena de agua, con el fin de agilizar el cargue.
- Instalar la otra manguera de 3" diámetro a la boca de descarga de la motobomba. Verificar que esté bien asegurada y extenderla para ubicarla e introducirla totalmente en el compartimiento seleccionado para cargar. Otra opción es colocar una manguera corta entre salida de la motobomba y el tanque del vehículo.
- Llenar con fluido (agua ó crudo según el caso) el recipiente de la motobomba para dar inicio a la succión.
- Prender la motobomba. Antes de dar encendido debe haber hablado con el encargado del área, si existen las condiciones de seguridad para realizar esta operación.
- Una vez ha comprobado el llenado del tanque del vehículo, debe apagar la motobomba, retirar las mangueras y colocarlas correctamente en los costados del tanque debidamente aseguradas.

NOTA: El uso de la motobomba regularmente se realiza cuando se succiona residuos de agua de las piscinas de los pozos ó de los tanques de Equipos de Workover y Perforación.

VII. **Operaciones en el cargue ó descargue del carro tanque del vehículo:**

- Verificar las condiciones de parqueo. Presentar al vigilante la orden y proceder a cuadrar el vehículo debajo del Cargadero allí habilitado.
- Apagar el vehículo y accionar el freno de parqueo. Colocar línea a tierra y desconectar la varilla Master.
- Nunca se debe ubicar encima del techo, estos vehículos deberán proveerse de una escalerilla lateral que se fija al vehículo, para la cual el conductor abre las tapas de los 3 compartimientos. Las cortinas de comunicación entre compartimientos y los desfogues ó respiraderos. Para abrir las cortinas de comunicación entre compartimientos debe utilizar una cruceta convencional. El dispositivo para abrir ó cerrar se encuentra cerca a las tapas de acceso a cada compartimiento.
- Proceder luego a abrir la llave de paso del tanque de almacenamiento y la llave de paso en el Cargadero.
- Colocar la manguera en la tapa del centro. Asegurarla con una Manila de ½" la cual va atada a una parte fija del tanque. La distribución del crudo se hará en forma uniforme en los 3 compartimientos del vehículo.
- Una vez se ha llenado el tanque, proceder a cerrar las llaves de paso (primero la del tanque de almacenamiento y luego la del Cargadero). Cerrar igualmente las tapas, las cortinas y los desfogues.
- Dirigirse hacia el lugar habilitado para el descargue del crudo.
- Cuadrar el vehículo en reversa. Instalar un acople entre el tanque y una manguera de 4" diámetro allí ubicada.
- Subirse al tanque con máxima precaución, abrir las tapas, cortinas y los desfogues.
- Proceder luego a abrir la llave de paso del carro tanque parte trasera. El crudo va saliendo por gravedad. (En el Cargadero hay una pendiente leve para ubicación del vehículo).
- Una vez se ha retirado totalmente el crudo del vehículo, procede en forma inversa a cerrar compartimientos, a desacoplar la manguera y ubicarla en un costado del tanque.

NOTA: Si no existe Cargadero:

- La operación de cargue por gravedad se realiza por la tubería que sirve de drenaje de agua de los tanques de almacenamiento de crudo. El vehículo se ubica en un trayecto inclinado de este sitio.

- Acoplar la manguera de 3" diámetro que existe allí con el tubo de acceso al tanque del vehículo. Otra opción es cargar por la parte superior del tanque del vehículo.
- Para esta última opción, se realizan las mismas actividades relacionadas en el punto de cargue de crudo.
- Si el nivel del tanque de almacenamiento de crudo es muy bajo, no hay posibilidad de cargar por gravedad. Se recurre entonces al camión de vacío para que realice la operación de llenado del carro tanque.
- Nunca se debe utilizar la motobomba incorporada al vehículo, pues la presencia de gas en la atmósfera hace del sector un sitio de muy alto riesgo. Una chispa originada en la combustión del motor podría ocasionar un grave accidente.
- El proceso de descargue en los pozos que están en mantenimiento se realiza por dos métodos: Por gravedad hacia un tanque habilitado. El vehículo se coloca en una rampa y se procede a descargar haciendo las conexiones de la manguera según lo que ya se ha descrito. Otra forma es por conexión directa a la bomba de transferencia del equipo de Workover. Se procede a hacer las conexiones y a coordinar el descargue con instrucciones que indique el Tool Pusher del equipo.

Hay otras actividades que se realizan en el campo como:

- Cargue de agua de formación, agua industrial, lodo de pozos. En este caso se utiliza el camión de vacío que se conecta al tanque de almacenamiento de lodo y luego procede a cargar al tanque del vehículo. El proceso de descargue se realiza también con la intervención del camión del vacío.
- Descargue de residuos líquidos en los Skimmers de las Baterías.
- Todas las anteriores actividades deberán ser realizadas, ajustándose al procedimiento relacionado en el punto VII en lo que corresponde al modo de cargar, descargar u operar la motobomba.

VIII. **Permisos de trabajo:** Se requiere del permiso de trabajo por parte de la operadora para ejecutar esta actividad, sin embargo los trabajos deberán coordinarse con el personal que solicita el servicio.

IX. **Equipos, accesorios y elementos de protección personal:**

- Camión tipo Doble - Troque con tanque cisterna de capacidad entre 120 y 130 Bbls.
- Motobomba preferiblemente operada con ACPM de potencia entre 5 y 10 HP.
- Llanta de repuesto, equipo de carretera, extintor de 20 Lb.
- Accesorios: Dos mangueras de 3" de diámetro y 6 m de largo, reducciones, acoples, abrazaderas.
- El tanque está enganchado al chasis con 7 soportes unidos con grapas de 3/4.
- Contar con el Equipo de contingencia mínimo para el caso de derrames.
 - ✓ Tela oleofílica

- ✓ Cinta de seguridad amarilla
 - ✓ Manila
 - ✓ Pica y Pala
 - ✓ Baldes o canecas de 55 Bbls
 - ✓ Sacos de aserrín ó cascarilla de arroz
 - ✓ Linterna, peinilla o machete
 - ✓ chaleco reflectivo
 - ✓ Botiquín de primeros auxilios
 - ✓ Extintor de 30 Lb
- Los elementos de protección personal adecuados son: casco de seguridad, botas de cuero con puntera, guantes de cuero, guantes de nitrilo para manejo de residuos base aceite, Overol manga larga en dril, gafas de seguridad transparentes y oscuras, mascarilla para vapores orgánicos y gases ácidos (cuando requiera destapar el volco), monja o capuchón, tapaosidos tipo copa (cuando esta en áreas industriales), impermeable y botas de caucho con puntera, cuando la zona de trabajo esta muy húmeda.

ETAPA III. ALMACENAMIENTO

DEPARTAMENTO: TECNICO

TITULO: **ALMACENAMIENTO DE FLUIDOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO**

REFERENCIA: FORMA MIR-006, MIR-008.

1. RESPONSABILIDADES

Los Operarios, son responsable de realizar las labores de almacenamiento, volteo y movimiento de los residuos en cada una de las áreas de tratamiento con los equipos suministrados para dicha actividad (tractor, retroexcavadora, etc).

El Jefe del Dpto. Técnico y la Coordinadora Ambiental, son los encargados de identificar el tipo de residuo y asignar el área adecuada para su almacenamiento, distribuyéndolo en las piscinas (si es residuo fluido) o área de Land Farming (si es residuo sólido).

El Coordinador Ambiental es el responsable de revisar los resultados de las caracterizaciones fisicoquímicas iniciales de los residuos, así como del seguimiento a los tratamientos establecidos para cada caso, cumpliendo con los requisitos exigidos por las empresas.

2. CONTENIDO

La secuencia de las actividades en el proceso de almacenamiento de los residuos es la siguiente:

- I. **Distribución:** Cuando el vehículo llega a la planta de tratamiento con el residuo, se debe realizar una caracterización fisicoquímica inicial del mismo tomando una muestra y analizándola en el laboratorio.

Cuando el residuo es fluido, se hace un análisis de BSW, determinación de aceite, agua y sólidos suspendidos. Si se transporta agua, se analizan cloruros, pH y sólidos suspendidos. De acuerdo a su caracterización, se especifica en que piscina se debe hacer el almacenamiento y el tratamiento. La planta de tratamiento de ATP cuenta con cuatro (4) piscinas de almacenamiento. El control de llegada de este tipo de

residuos a cada piscina se registra en la **Forma MIR-006 de “Registro de Control Almacenamiento en Piscinas”**.

Para residuos sólidos, se hace caracterización de la muestra determinando si los residuos son borras con alto contenido de sólidos > al 70%. Se disponen directamente en el área de Land Farming, ubicándolos de tal forma que no se mezclen con sólidos de otras compañías. Cuando el volumen es de 200 m³, se asignará una zona para el tratamiento. En la medida en que van llegando los residuos se va diligenciando la **Forma MIR-008 de “Registro de Control y Almacenamiento Área de Land Farming”**, para cada una de las compañías a quienes se les está almacenando los residuos.

II. **Recepción:** Al realizar la recepción, manipulación ó disposición de los residuos, se deben tener en cuenta los siguientes criterios:

- En lo posible no se deben mezclar fluidos base agua con fluidos base aceite.
- No se deben mezclar fluidos de diferentes compañías u origen.
- Cada piscina tiene una tabla de control donde se almacena la información requerida, como: Movimiento Realizado (si es entrada ó salida de fluidos), Descripción del Fluido (si es base agua ó base aceite), Volumen, Procedencia o Destino (si es entrada o salida de fluidos), Fecha del Movimiento y Volumen Actual que se encuentra en la piscina.
- Esta **Forma MIR-006 de “Registro de Control Almacenamiento en Piscinas” en medio magnético**, se registra para cada compañía independiente. A medida que van llegando los fluidos, se va almacenando en la piscina correspondiente a la misma compañía y/o tipo de residuo.
- El área de Land Farming se encuentra dividida para cada compañía, así no se mezclan los residuos. Cada área tiene una tabla de control donde se almacena la información requerida, como: Movimiento Realizado (si es entrada ó salida del residuo), Tipo de Residuo, Volumen, Procedencia o Destino (si es entrada o salida del residuo), Fecha del Movimiento y Volumen Actual que se encuentra para tratamiento.
- Esta **Forma MIR-008 de “Registro de Control y Almacenamiento Área de Land Farming” en medio magnético**, se registra para cada compañía independiente. A medida que van llegando los fluidos, se va almacenando en la piscina correspondiente a la misma compañía.
- Los operarios y personal encargado de la manipulación y manejo de los residuos, deben cumplir con el uso adecuado de los elementos de protección apropiados, como guantes de cuero, guantes de nitrilo, guantes para manejo de ACPM y fluidos, casco de seguridad, mascarillas para vapores orgánicos y gases ácidos (en casos específicos), gafas de seguridad, botas de seguridad en cuero y en caucho, overol y tyvek.

Los residuos incinerables deben ser recibidos y almacenados en la zona ubicada dentro del área de landa farming para tal fin. Esta zona de almacenamiento se encuentra totalmente cubierta, cerrada y con piso en concreto. Los residuos incinerables deberán estar totalmente secos y no se llevarán a la zona residuos líquidos ni otro tipo de residuos que no sean incinerables. Cuando se encuentre un volumen de 2 Toneladas, se deberá proceder a enviar el material a la empresa que realiza el proceso de incineración.

Las canecas procedentes de la recolección de residuos o las que son llevadas por los clientes, serán ubicadas contigua a la zona de almacenamiento de la zona de incinerables, igualmente dentro de la zona de land farming, a una distancia prudencial de las cunetas perimetrales y los diques de contención de dicha área.

Igualmente se cuenta con una zona de almacenamiento de combustibles, los cuales deben estar almacenados en dicha zona. Estos deberán contar con las identificaciones o etiquetas del producto, las hojas de seguridad respectivas y el equipo de contingencia necesario. El almacenamiento de los productos químicos se realizará en la zona destinada para tal fin, y se ubicarán los productos de acuerdo a lo establecido en el Procedimiento S&SO-019 Procedimiento Compatibilidad de Productos Químicos.

ETAPA IV. TRATAMIENTO

DEPARTAMENTO: TECNICO

TITULO: PROCEDIMIENTO PARA DISEÑO DEL TRATAMIENTO DE LOS FLUIDOS

REFERENCIA: FORMA MIR-003, MIR-004.

1. RESPONSABILIDADES

Los Operarios, cada uno es responsable de almacenar, manejar y disponer de los productos necesarios para el tratamiento del crudo de forma adecuada y segura, en las áreas establecidas para realizar dichos procesos.

El Coordinador Ambiental es el encargado de verificar y monitorear el tratamiento que se realizará a los fluidos almacenados en la planta.

El Jefe del Dpto. Técnico, es responsable de determinar el tipo de tratamiento que se realizará de acuerdo a los resultados de las muestras iniciales, además de disponer los recursos necesarios para implementar las medidas ideales para el funcionamiento adecuado de la planta.

Los Ingenieros Dpto. Técnico, debe tener experiencia en la formulación de productos químicos, ya que los fluidos son diferentes y requieren diversos tratamientos. Esté apoyará al Jefe de Planta en el seguimiento al tratamiento.

2. CONTENIDO

Cuando se ha realizado la selección de los fluidos (crudo) en las piscinas, se pasa a los tanques de tratamiento el cual se realiza teniendo en cuenta diferentes criterios y actividades como:

- II. **Equipos y accesorios:** Para hacer los diversos análisis a muestras, se deben de utilizar los siguientes elementos: Equipo para pruebas de botella, material de vidrio (probetas, beakers, pipetas, erlenmeyers, etc.), pipetas aforadas, pipetas graduadas, cronómetro, etc.

Además de utilizar equipos como Centrífuga, Kart Fischer, Espectrofotómetro, Kits para determinar diferentes parámetros, etc. Se cuenta con extintores ABC, Solkaflam de 150 y 30 Lb.

- II. **Permisos de trabajo:** Estas actividades que se ejecutan en el laboratorio (muestreo, BSW, caracterización de la muestra, determinación del tipo de tratamiento), requieren procedimientos y ASTs para garantizar la efectividad de la actividad así como la seguridad para las personas que la ejecutan. Dichas evaluaciones se realizan en el laboratorio diseñado para tal fin.
- III. **Elementos de protección personal:** La persona que realiza los análisis de laboratorio, así como la preparación del tratamiento del crudo, debe hacer uso de elementos de protección mínimo para evitar accidentes. Estos incluyen: guantes de nitrilo anatómicos, gafas de seguridad transparentes para evitar salpicaduras, bata de laboratorio, mascarilla para vapores ácidos (si es necesario), botas de seguridad y ropa completa manga larga (overol). Además se cuenta con una ducha lavajos en caso de emergencia.
- IV. **Alcance:** Este método corresponde a la evaluación de productos rompedores de emulsión y dispersantes de parafinas y sólidos, presentados en los fluidos a tratar.

El objetivo es simular las condiciones de operación del sistema, para que el producto seleccionado sea aplicado en campo. Las dosificaciones utilizadas en la prueba no corresponden a las usadas en campo, pero permiten un estimativo.

Este método no pretende exponer todos los problemas de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario establecer prácticas apropiadas de salud y seguridad usando los elementos de protección adecuados para este proceso, establecidas por el Departamento de HSEQ; además debe determinar la aplicabilidad de las regulaciones limitantes que tengan que ver con su uso.

V. **Muestreo:**

- Se deben seleccionar muestras representativas del sistema, teniendo en cuenta las diferentes variables (emulsión, presión, volumen, agua libre etc).
- Las muestras deben estar libres de químicos o cualquier otra sustancia.
- Las muestras deben dejarse drenar lo suficiente para que ésta sea representativa (mínimo dos minutos).
- La muestra debe recogerse en un recipiente plástico de 2 Galones con válvula de drenaje. Se deben tener en cuenta las normas de seguridad para recolección de muestras teniendo en cuenta que son diversos los sistemas de almacenamiento de fluido.

VI. **Procedimiento:**

- Obtenga una muestra representativa y libre de químicos, del crudo que va a ser sometido a la prueba.
- Retire el agua libre de la muestra y realice la prueba tan pronto como sea posible.
- Determine la emulsión y el BSW de la muestra según los procedimientos establecidos.
- Agite la muestra y proceda a llenar las botellas, hasta la medida de 100 ml, el número de botellas depende del número de rompedores a probar y de la capacidad del baño maría.
- Coloque las botellas en el baño, a la temperatura promedio del sistema.
- Adicionar el producto a evaluar a cada botella, las dosis a evaluar depende del API del crudo, normalmente 500, 1.000, 2000, 5.000 y 10.000 ppm.
- Tapar y marcar las botellas para su identificación y lectura.
- Colocar las botellas en el baño maría y leer la caída de agua a 10, 30, 45, 60, 120, 180, 240 min. Dependiendo del tiempo de la prueba.
- Al cumplirse el tiempo de la prueba se realiza la lectura de cantidad de agua, sólidos precipitados.
- Se toma muestra de crudo, por encima de la interfase un 20% y se le analiza emulsión y BSW, en cada botella.

VII. **Interpretación de resultados:**

- La separación de agua y precipitación de sólidos debe ser la presentada en la centrifugación.
- El producto de mejor separación en las diferentes dosis nos indica cual debe de aplicarse en campo.
- Luego de determinar el tipo de químicos que se utilizarán para el tratamiento del crudo, El Coordinador Ambiental debe diligenciar la **Forma MIR-003 de "Diseño de Tratamiento Físicoquímico de Residuos"**, donde se relacionan los productos utilizados en el tratamiento, formulación, las dosis aplicadas en ppm, resultados obtenidos de BSW, además de otra información adicional.
- Este reporte se debe hacer con cada uno de los tratamientos que se lleven a cabo en los tanques de almacenamiento y se establece para determinar la efectividad del tratamiento.

- Cuando se determina el tratamiento adecuado y se sigue aplicando, se hace un seguimiento para ver la eficacia del químico. Se toman muestras en diferentes puntos (tope, medio y fondo) y se analizan las condiciones del fluido como %BS, %emulsión, %agua, %BSW. Además se registra el químico aplicado y las observaciones hechas en el momento del muestreo o en los resultados. Estos datos son registrados por la Coordinadora Ambiental en la **Forma MIR-004 de “Seguimiento al Tratamiento Físicoquímico de Fluidos”**.
- Este registro se lleva con cada uno de los tratamientos que se lleven a cabo en los tanques de almacenamiento.
- La finalización del tratamiento depende del tipo de fluido y la eficacia del producto aplicado. Además será determinado por el Jefe de la Planta, Ingeniero de Operaciones o Jefe del Departamento de Operaciones, encargados de analizar las muestras del crudo.

DEPARTAMENTO: **TECNICO.**

TITULO: **DETERMINACIÓN DE AGUA Y SEDIMENTOS EN CRUDOS POR EL MÉTODO DE LA CENTRÍFUGA (PROCEDIMIENTO DE CAMPO).**

SEGURIDAD: Todas las tareas realizadas en el área de trabajo deben ser ejecutadas por personal equipado con elementos de seguridad básicos: guantes, monogafas, botas de seguridad, mascarilla para vapores orgánicos, casco, impermeable, etc., según se requiera.

1. RESPONSABILIDADES

El jefe del departamento de HSEQ es el responsable de mantener actualizados los procedimientos de acuerdo a normas y estándares vigentes.

Los jefes de departamento de HSEQ y Operaciones son los encargados de verificar y asegurar que los equipos empleados en esta prueba cumplan con lo estipulado en el procedimiento Selección y Control de equipos de inspección, medición y ensayo.

El personal encargado de la realización de las pruebas es responsable de:

- El adecuado uso y preservación de los equipos.
- De la ejecución de las actividades de mantenimiento y calibración cuando estas sean de su competencia.
- De la ejecución de las pruebas y ensayos de acuerdo al procedimiento.

2. CONTENIDO

NOTA: la numeración interna de cada práctica, está sujeta a la numeración establecida en la norma estándar.

**MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA AGUA Y SEDIMENTOS EN CRUDOS POR
EL MÉTODO DE LA CENTRÍFUGA (PROCEDIMIENTO DE CAMPO)
ASTM D 96 / 1998 (R2000)
API MPMS Capítulo 10.4 / 2002 – 10**

1. Alcance.

1.1 Este método de prueba cubre el método de centrífuga para la determinación de sedimentos y agua en crudo durante la custodia de transferencias. Este método de prueba puede no proveer siempre los resultados más exactos, pero es considerado el método más práctico para la determinación en campo de sedimentos y agua. Cuando se requiere un alto grado de exactitud, el procedimiento de laboratorio descrito en los Métodos de Prueba D 4006, D 4377 o D 473 deben ser usados.

NOTA 1.- El agua por destilación y sedimentos por extracción, son considerados los métodos más exactos para la determinación de agua y sedimentos en crudos. Por consiguiente estos métodos deben ser empleados para resolver diferencias en resultados en variaciones de estos procedimientos o entre estos procedimientos y otros métodos, o en el caso de una disputa entre las partes.

1.2 Este estándar puede envolver materiales, operaciones y equipos peligrosos, y no es su propósito direccionar todos los problemas de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de este estándar establecer prácticas apropiadas de seguridad y salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones regulatorias antes de su uso.

2. Documentos de Referencia.

2.1 Estándares ASTM:

- D 253 Especificaciones para Alcoholes Minerales (Alcoholes de Petróleos) (Alcoholes de Hidrocarburos Limpiados en seco).
- D 362 Especificaciones para Tolueno Grado Industrial.
- ASTM D 473/API MPMS 10.1 Método de Prueba para Sedimentos en Crudos y Aceites Combustibles por el Método de Extracción.
- D 846 Especificaciones para Tolueno Grado Diez.
- D 1209 Método de Prueba para Color de Líquidos Claros (Escala Platino-Cobalto).
- D 3699 Especificaciones para Kerosene.
- ASTM D4006/API MPMS 10.2 Método de Prueba para Agua en Crudo por Destilación.
- ASTM D 4057/API MPMS 8.1 Práctica para Muestreo Manual de Petróleo y Productos del Petróleo.
- ASTM D 4177/API MPMS 8.2 Método para Muestreo Automático de Petróleo y

Productos del Petróleo.
 ASTM D 4377/API MPMS 10.7 Método de Prueba para Agua en Crudos por
 Titulación (Karl Fischer).
 E 1 Especificaciones para Termómetros ASTM.
 E 542 Práctica para Calibración de Vasijas Volumétricas.

2.2 Estándares API:
 Manual de Mediciones Estándares de Petróleo. Capítulo 8, Muestreo de Petróleo y Productos del Petróleo Capítulo 10, Sedimentos y Agua.

3. Sumario del Método de Prueba.

3.1 Volúmenes conocidos de crudo y solventes (agua saturada si es requerida) son colocados en un tubo de centrífuga y calentados a 60 ± 3 °C (140 ± 5 °F). Luego de la centrifugación, el volumen de la capa de sedimentos y agua en el fondo del tubo es leído.

NOTA 2.- Se ha observado que para algunos crudos cerosos, temperaturas de 71 °C (160 °F) o mayores pueden ser requeridas para fundir los cristales de cera completamente de tal manera que no sean medidas como sedimentos. Si temperaturas mayores que 60 °C (140 °F) son necesarias para eliminar este problema, ellas pueden ser usadas con el consentimiento de las partes envueltas. Si la saturación de agua del solvente es requerida, se puede hacer a la misma temperatura.

4. Significado y Uso.

4.1 Una determinación de contenido de sedimentos y agua es requerida para determinar exactamente el volumen neto de crudo envuelto en ventas, impuestos, cambios, inventarios, y custodias de transferencias. Una excesiva cantidad de sedimentos y agua en crudos es significativa debido a que pueden causar corrosión del equipo y problemas en el procesamiento y transporte y pueden violar regulaciones federales, estatales o municipales.

5. Aparatos.

5.1 Centrífuga.- Una centrífuga debe ser capaz de hacer girar dos o más tubos cónicos a una velocidad que pueda ser controlada para dar una fuerza centrífuga relativa mínima de 500 en la punta de los tubos. La velocidad de rotación necesaria para producir una fuerza centrífuga relativa de 500 para varios diámetros de giro puede ser determinada de la Tabla 1 o de una de las siguientes ecuaciones:

$$r/\text{min} = 1335 \sqrt{\text{rcf}/d} \quad (1)$$

$$r/\text{min} = 265 \sqrt{\text{rcf}/d} \quad (2)$$

donde:

rpm = velocidad de rotación, en revoluciones por minuto.

rcf = fuerza centrífuga relativa.

d = diámetro de arco, en mm (Ec. 1) o pulg. (Ec. 2), medido entre la punta de los tubos puestos cuando estos están en su posición rotatoria.

La cabeza giratoria, los aros y copas contenedoras, incluyendo los aguantadores, deben ser sólidamente contruidos, para soportar la máxima fuerza centrífuga suministrada por la fuente de vapor. Las copas de contenedoras y los aguantadores soportarán firmemente los tubos cuando la centrífuga está en movimiento. La centrífuga estará encerrada en un escudo metálico o caja fuerte suficiente para contener el vuelo de desechos en el caso de que un tubo se quiebre o la centrífuga funcione mal.

- 5.1.1 La centrífuga debe ser calentada y debe ser capaz de mantener la muestra a una temperatura de $60\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($140\text{ }^{\circ}\text{F} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{F}$). La temperatura mínima permisible en el campo debe ser de $52\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($125\text{ }^{\circ}\text{F}$).
- 5.2 Tubos de Centrífuga:
- 5.2.1 Los tubos de centrífuga deben ser de forma cónica y medir 203 mm (8 pulg.) o 167 mm (6 pulg.) de longitud. Los tubos deben estar conforme a las dimensiones dadas en la Fig. 1 (203 mm) o Fig. 2 (167 mm) y deben ser hechos de vidrio completamente templado. Un tubo de 200 partes debe estar conforme a la dimensiones mostradas en la Fig. 2, con las marcas para cada división multiplicadas por 2 (por ejemplo 25 ml = 50 partes). Las graduaciones deben estar legibles y distinguirse claramente y la abertura debe quedar completamente cerrada con un tapón. Las graduaciones para los tubos de 203 mm (8 pulg.) y 167 mm (6 pulg) deben estar de acuerdo con las exigencias de las Tablas 2 y 3 respectivamente. Los errores de escala para tubos de centrífuga no deben exceder las tolerancias especificadas en las Tablas 2 y 3.
- 5.2.2 La exactitud de las marcas de graduación de los tubos debe ser volumétricamente verificada o gravimétricamente certificada antes del uso del tubo en campo, en concordancia con la Práctica ASTM E 542 usando los equipos del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología divulgable. La verificación incluye un chequeo de calibración a cada marca superior a partir de la marca de 0.5 ml (1 parte); a las marcas de 1-, 1.5-, y 2- ml (2-, 3-, y 4- partes); y a las marcas de 50- y 100 ml (100- y 200- partes). Los tubos no deben ser usados si la escala de error en alguna marca excede la tolerancia aplicable de las Tablas 2 o 3.
- 5.3 Precalentador.- El precalentador debe ser un bloque metálico o un baño líquido de suficiente profundidad para permitir la inmersión del tubo de centrífuga hasta la marca de 100- ml (200- partes) y capaz de calentar la muestra a $60 \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($140 \pm 5\text{ }^{\circ}\text{F}$).
- 5.4 El termómetro debe tener graduaciones a intervalos de $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($2\text{ }^{\circ}\text{F}$) o menos y debe ser exacto a $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 2\text{ }^{\circ}\text{F}$). Un termómetro tal como el ASTM 1C o 1F es adecuado como se muestra en la Especificación ASTM E 1.

6. Reactivos.

6.1 Los reactivos listados en esta sección son satisfactorios para uso en las pruebas de campo.

6.2 Cuando sea necesario, un desemulsificante debe ser usado para mejorar la separación de agua de la muestra, para prevenir que entre agua a la muestra, y para prevenir que se pegue a las paredes del tubo de la centrífuga y para la distinción de la interfase agua-aceite. En algunos casos un desemulsificante es requerido para lograr que concuerde con el método base (ver Nota 1). Cuando se usa un desemulsificante, este se mezcla de acuerdo a las recomendaciones de su fabricante y nunca deben adicionarse al volumen determinado de agua y sedimentos. El desemulsificante debe ser usado siempre en forma de una solución patrón desemulsificante-solvente o ser premezclado con el solvente a usarse en la prueba. El desemulsificante en solución debe ser almacenado en un recipiente oscuro con cierre ajustado.

6.3 Kerosene.

6.3.1 Las características típicas del kerosene son un rango de destilación de 205 a 300 °C (401 a 572 °F), un punto de congelación máximo de -30 °C (-22 °F), y un punto de chispa mínimo de 38 °C (100 °F).

6.3.2 El solvente Stoddard y el kerosene no deben estar saturados con agua y la solubilidad del agua en estos solventes debe ser casi nula a 60 °C (140 °F).

6.4 Solvente Stoddard (Especificación D 235):

6.4.1 Las características típicas del solvente Stoddard son un rango de destilación de 149-208 °C (300-407 °F), un punto de chispa mínimo de 38 °C (100 °F) y un contenido adicional de olefinas aromáticas de menos del 20 % en volumen.

NOTA 4: Advertencia.- El solvente Stoddard es combustible (Ver Anexo A1.2).

6.4.2 Ver 6.3.2.

6.5 Tolueno (Especificación D 362):

6.5.1 Las características típicas del tolueno son un peso molecular de 92, un color de 10 según American Public Health Association (APHA) (por ASTM D 1209), un rango de ebullición (inicial al punto seco) de 2.0 °C (3.6 °F) [punto de ebullición registrado de 110.6 °C (231.1 °F)], y un residuo después de la evaporación de 0.001 %. El tolueno pasa la prueba de la American Chemical Society (ACS) para sustancias oscurecidas por H₂SO₄ (componentes de azufre como S, 0.003 %).

NOTA 5: Precaución.- El tolueno es inflamable (ver Anexo A1.3).

6.5.2 El tolueno y el xileno deben ser saturados con agua a 60 ± 3 °C (140 ± 5 °F) y mantener esta temperatura hasta su uso. Un procedimiento para la

saturación de solventes es dado en el apéndice. El solvente saturado con agua debe estar libre de agua suspendida al tiempo de ser usado. El tolueno y el xileno son recomendados para determinación de agua y sedimentos en crudos asfálticos.

6.6 Xileno (Especificación D 846):

6.6.1 Las características típicas del xileno son un peso molecular de 106, un color de no más de 10 (en concordancia con el Método de Prueba D 1209), un rango de punto de ebullición de 7 °C (12°F) (inicial al punto seco) [punto de ebullición registrado 137 °C (279 °F)], y 0.002 % de residuo luego de la evaporación. El xileno pasa la prueba de la ACS para sustancias oscurecidas por ácido sulfúrico.

NOTA 6: Advertencia.- El xileno es inflamable (Ver Anexo A1.4)

6.6.2 Ver 6.5.2.

7. Muestreo.

7.1 El muestreo es definido como todas las etapas requeridas para obtener una cantidad representativa del contenido de algún oleoducto, tanque, u otro sistema y colocarla en un tubo de centrífuga apropiada.

7.2 La muestra debe ser completamente representativa del crudo en cuestión, y la porción de la muestra usada para la determinación de agua y sedimentos debe ser completamente representativa de la muestra misma. Si una unidad automática de custodia de transferencia (LACT) es envuelta, se requiere una agitación vigorosa del contenedor de muestra antes de que la muestra sea transferida al tubo o tubos de centrífuga. Sólo muestras representativas obtenidas como se especifica en la Práctica D 4057 o Método D 4177 debe ser usada para este método de prueba.

8. Procedimiento.

8.1 Llene cada uno de los dos tubos de centrífuga exactamente hasta la marca de 50 ml (100 partes) con una muestra tomada directamente del dispositivo de muestreo (por ejemplo, una botella ladrona, beaker, o un contenedor de muestra LACT) o el contenedor en que la muestra ha sido colectada. Luego llene cada tubo con solvente exactamente hasta la marca de 100 ml (200 partes). Lea el tope del menisco a las marcas de 50 y 100 ml (100 y 200 partes). Si la experiencia indica que se requiere un desemulsificante, y aún no ha sido agregado al solvente, adicione a cada tubo una cantidad de solución patrón de desemulsificante-solvente (2 ml con una pipeta) que previamente ha sido determinada para satisfacer la prueba del crudo en cuestión. Tape el tubo apretadamente e y invierta los tubos diez veces hasta asegurarse de que el crudo y el solvente están uniformemente mezclados.

NOTA 7. Precaución.- En general la presiones de vapor de hidrocarburos a 60 °C (140 °F) son aproximadamente el doble de aquellas a 40 °C (104 °F). Consecuentemente, los tubos siempre deben ser invertidos a una posición inferior al nivel del ojo.

- 8.1.1 Cuando el crudo es muy viscoso y la mezcla con el solvente es dificultosa, el solvente puede ser agregado antes que el crudo al tubo de centrifuga para facilitar el mezclado. En este caso, se debe tener extremo cuidado al llenar el tubo de centrifuga exactamente hasta a marca de 50 ml (100 partes) con el solvente y luego exactamente hasta la marca de 100 ml (200 partes) con la muestra.
- 8.2 Afloje los tapones para prevenir restauración de presión durante el calentamiento e inmersa los tubos hasta la marca de 100 ml (200 partes) en el precalentador. Caliente el contenido a 60 ± 3 °C (140 ± 5 °F).
- 8.3 Asegure los tapones e invierta nuevamente los tubos diez veces para asegura una mezcla uniforme del crudo y el solvente.
- 8.4 Coloque los tubos en las copas contenedores en lados opuestos de la centrifuga par establecer una condición de balance. Apriete los tapones y haga girar la centrifuga por cinco minutos a una mínima fuerza centrifuga relativa de 500.
- 8.5 Inmediatamente después de que la centrifuga logre detenerse verifique la temperatura. No agite la interfase aceite-agua con el termómetro. La prueba sería inválida si la temperatura final luego de la centrifugación está por debajo de 52 °C (125 °F).
- NOTA 8.-** Si la temperatura final se encuentra por debajo de 52 °C (125 °F), ajuste el calentador de la centrifuga para incrementar la temperatura final de prueba y reinicie el procedimiento, iniciando en 8.2.
- 8.5.1 Lea y registre el volumen de agua y sedimento en el fondo de cada tubo como se indica en la Tabla 4 y en la Fig. 3 (Tabla 5 y Fig. 4 para tubos de 200 partes). Recaliente ambos tubos a 60 ± 3 °C (140 ± 5 °F), introduzca nuevamente los tubos dentro de la centrifuga sin agitación, y agite por otros cinco minutos a la misma rata. Repita esta operación hasta que dos lecturas consistentes consecutivas sean obtenidas para cada tubo.
- 8.6 Para que la prueba pueda considerarse válida, se debe observar una interfase clara entre la capa de crudo y el agua separada y no debe presentar capas indefinidas (emulsión), inmediatamente encima de la interfase agua-aceite. En algunos casos, uno o más de las siguientes soluciones son efectivas:
- 8.6.1 Agite la mezcla dentro de la centrifuga lo suficiente para dispersar la emulsión.
- 8.6.2 Use una cantidad incrementada de desemulsificante o uno diferente. (El desemulsificante no debe, sin embargo, contribuir al volumen de sedimento y agua).
- 8.6.3 Use cantidad incrementada de solvente o use uno diferente. Después que un procedimiento satisfactorio para un tipo particular de crudo se ha practicado, éste ordinariamente será adecuado para todas las muestras del mismo crudo.

La temperatura de la muestra durante todo el proceso de centrifugación deberá ser mantenida a 60 ± 3 °C (140 ± 5 °F). Para evitar el peligro de que los tubos se rompan en las copas, se debe tener cuidado de que sean colocados sobre los aguantadores, para que los tubos no se partan cuando están en contacto con el borde de la copa.

9. Cálculos y Reportes.

9.1 Compare las lecturas de los dos tubos. Si la diferencia entre las dos lecturas es mayor que una de las subdivisiones del tubo de centrífuga (ver Tabla 2 o 3) o 0.025 ml (0.05 % para tubos de 200 partes) para lecturas de 0.1 ml (0.2% para tubos de 200 partes) y menores, las lecturas son inadmisibles y la determinación debe ser repetida.

9.2 Si los tubos graduados en 100 ml han sido utilizados para la determinación, reporte la suma de sedimento y agua obtenida en cada tubo como el volumen final, como está especificado en la Sección 8, y reporte esta suma como el porcentaje de sedimento y agua (ver Fig. 3 para lecturas y reporte de sedimentos y agua cuando se usen tubos de centrífuga de forma cónica de 100 ml). Reporte los resultados como se muestra en la Tabla 6.

9.3 Si la lectura directa en tubos de 200 partes ha sido usada para la determinación, el porcentaje de sedimento y agua es el promedio, con tres cifras decimales, de los valores leídos directamente desde los dos tubos. El porcentaje puede ser leído directamente sólo desde tubos de 200 partes si contienen 50 ml o 100 partes de aceite.

9.4 Si el volumen de aceite es diferente de 50 ml o 100 partes, calcule el porcentaje de sedimentos y agua como sigue:

$$\text{Porcentaje de sedimentos y agua} = (S / V) \times 100$$

donde:

S = Volumen de sedimento y agua, ml o partes

V = Volumen de crudo de prueba, ml o partes.

9.5 Si las condiciones de prueba trazadas en la Sección 6 no son seguidas exactamente, lo siguiente también debe ser reportado:

9.5.1 El solvente usado y la temperatura de saturación del agua.

9.5.2 Tipo y cantidad de desémulsificante (si es usado).

9.5.3 Las temperaturas de la muestra y solvente, la temperatura del precalentador, la temperatura de la centrífuga, y la temperatura de la muestra luego de la centrifugación.

9.5.4 El número de muestras o tubos utilizados en la determinación.

10. Precisión.

10.1 Precisión.- La precisión de este método, obtenida estadísticamente por la

examinación de resultados de las pruebas entre diferentes laboratorios, está por el rango de 0.01 a 1.0 %.

10.1.1 Repetibilidad.- La diferencia entre los resultados de pruebas sucesivas, obtenidas por el mismo operador, con los mismos aparatos, bajo condiciones constantes de operación, en materiales de prueba idénticos, podría en el mismo desarrollo normal y correcto de la prueba, exceder los valores en solamente un caso entre 20 pruebas.

10.1.2 Reproducibilidad.- La diferencia entre los resultados de dos pruebas independientes, obtenidas por diferentes operadores, trabajando en diferentes laboratorios e idénticos materiales de prueba, podría, en el desarrollo normal y correcto de la prueba, exceder los valores en solamente un caso de veinte pruebas.

TABLA 1. Velocidades de Rotación Necesarias para Producir una Fuerza Centrífuga Relativa de 500 para Centrífugas de Varios Diámetros de Giro.

Diámetro de Giro		Velocidad de rotación rpm
Milímetros	Pulgadas	
305	12	1710
330	13	1640
356	14	1580
381	15	1530
406	16	1480
432	17	1440
457	18	1400
483	19	1360
508	20	1325
533	21	1290
559	22	1260
584	23	1240
610	24	1210

TABLA 2 Requerimientos Mínimos de Graduación y Tolerancias Máximas de Calibración para Tubos de Forma Cónica de 203 mm (8 pulg.)

Rango, ml	Subdivisión, ml	Volumen de Tolerancia, ml
0-0.1	0.05	± 0.02
>0.1-0.3	0.05	± 0.03
>0.3-0.5	0.05	± 0.05
>0.5-1.0	0.10	± 0.05
>1.0-2.0	0.10	± 0.10
>2.0-3.0	0.20	± 0.10
>3.0-5.0	0.50	± 0.20
>5.0-10	1.00	± 0.50
>10-25	5.00	± 1.00
>25-100	25.00	± 1.00

TABLA 3 Requerimientos Mínimos de Graduación y Tolerancias Máximas de Calibración para Tubos de Forma Cónica de 167 mm (6 pulg.)

Rango, ml	Subdivisión, ml	Volumen de Tolerancia, ml
0-0.1	0.05	± 0.02
>0.1-0.3	0.05	± 0.03
>0.3-0.5	0.05	± 0.05
>0.5-1.0	0.10	± 0.07
>1.0-1.5	0.10	± 0.10

>1.5-2.0	0.10	± 0.20
>2.0-3.0	0.20	± 0.30
>3.0-5.0	0.50	± 0.50
>5.0-10	1.00	± 0.75
>10-25	5.00	± 1.00
>25-100	A	±1.50

TABLA 4 Procedimiento para Lectura en un Tubo de Forma Cónica de 100 ml.

Volumen de sedimento y agua, ml	Aproximación de Lectura, ml
0.0 - 0.2	0.025
0.2 - 1.0	0.050
>1.0	0.100

TABLA 5 Procedimiento para Lectura en un Tubo de Forma Cónica de 200 Partes.

Volumen de sedimento y agua, %	Aproximación de Lectura, %
0.0 - 0.4	0.05
0.4 - 2.0	0.10
>2.0	0.20

TABLA 6 Expresión de Resultados

Volumen de sedimento y agua, ml		Sedimento y Agua total, %
Tubo 1	Tubo 2	
No visible	Traza	0
No visible	0.025	0.025
0.025	0.025	0.05
0.025	0.05	0.075
0.050	0.05	0.10
0.050	0.075	0.125
0.075	0.075	0.15
0.075	0.10	0.175
0.10	0.10	0.20
0.10	0.15	0.25

ANEXO

A1. INFORMES DE PRECAUCIÓN

- A1.1 Kerosene.- Manténgase alejado del calor, chispas y llama abierta. Manténgase en contenedores cerrados cuando no se esté usando. Sus vapores son dañinos. Cuando se use verifique que haya buena ventilación. La ingestión de kerosene puede causar irritación del tracto digestivo; la ingestión de grandes cantidades puede causar daños del sistema nervioso central. La aspiración de este material causa depresión del sistema nervioso. Evite el contacto directo con la piel, su contacto prolongado puede causar irritación de ésta.
- A1.2 Tolueno.- El tolueno debe manejarse con precaución ya que es inflamable. Debe mantenerse alejado del calor, chispas y llama abierta. Sus vapores son dañinos. El tolueno es tóxico. Se debe tener especial cuidado para evitar respirar el vapor y proteger los ojos. Mantenga los contenedores cerrados cuando no se esté usando. Provea adecuada ventilación cuando se use y las

concentraciones sobre el aire deben mantenerse bajo los límites establecidos de exposición. El límite de exposición permisible establecido por la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional es de 200 ppm, con un punto más alto aceptable de 300 ppm y un pico máximo aceptable por 10 minutos de 500 ppm. La Conferencia Gubernamental Americana de Higienistas Industriales ha establecido un valor límite umbral de 100 ppm, con un límite de corta exposición de 150 ppm para 1 min. La sobreexposición prolongada a través de inhalación puede causar tos, corte de la respiración, mareo e intoxicación. La aspiración de este material dentro de los pulmones puede causar neumonía química. La exposición en largos periodos de este material puede causar afecciones crónicas de la salud. El tolueno puede remover la grasa de la piel y causar dermatitis crónica. Otros peligros potenciales incluyen daños en el hígado, riñones, y el sistema nervioso, y sensibilidad cardiaca a la epinefrina. El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir rompimiento o resequedad de ésta.

Se debe tener en cuenta que la presión de vapor a 60 °C (140 °F) es aproximadamente el doble que a 40 °C (104 °F). Lo anterior para seleccionar con cual de los dos rangos de temperatura se debe trabajar el baño. Se pueden usar otros solventes alternos, tales como el xileno, gasolina blanca, kerosene, entre otros. Las normas de seguridad para estos otros solventes son muy similares a las implementadas con el tolueno.

A1.3 Xileno.- Debe mantenerse alejado del calor, chispas y llama abierta. Sus vapores son dañinos. Mantenga los contenedores cerrados cuando no se esté usando. Provea adecuada ventilación cuando se use y las concentraciones sobre el aire deben mantenerse bajo los límites establecidos de exposición. El límite de exposición permisible establecido por la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional es de 100 ppm. La Conferencia Gubernamental Americana de Higienistas Industriales ha establecido un valor límite umbral de 100 ppm, con un límite de corta exposición de 150 ppm para 15 min. La sobreexposición prolongada a través de inhalación puede causar corte de la respiración, mareo, intoxicación y colapso. La aspiración de este material dentro de los pulmones puede causar neumonía química. La exposición en largos periodos de este material puede causar afecciones crónicas de la salud. La exposición prolongada y repetida con altos niveles de xileno puede inducir problemas en el sistema nervioso central y puede causar daños en el hígado y riñones. Evite el contacto prolongado o repetido del xileno con la piel. El contacto con la piel puede causar desprendimiento de ella, irritación y ampollamiento.

A1.4 Solvente Stoddard.- Debe mantenerse alejado del calor, chispas y llama abierta. Sus vapores son dañinos. Mantenga los contenedores cerrados cuando no se esté usando. Provea adecuada ventilación cuando se use y las concentraciones sobre el aire deben mantenerse bajo los límites establecidos de exposición. El límite de exposición permisible establecido por la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional es de 500 ppm. La Conferencia Gubernamental Americana de Higienistas Industriales ha

establecido un valor límite umbral de 100 ppm. La inhalación de vapores o espuma debe ser evitada. La sobreexposición aguda puede causar irritación de la garganta y los pulmones. Altas concentraciones pueden causar depresión del sistema nervioso central. La aspiración de este material dentro de los pulmones puede causar neumonía química. La exposición en largos periodos de este material puede causar afecciones crónicas de la salud. La sobreexposición crónica ha resultado en desordenes en el hígado, corazón y la sangre. La exposición intensa y prolongada al solvente puede ser asociado con un riesgo incrementado de cáncer en el riñón, enfermedad del mismo, y daños en los nervios y en el cerebro. Evite el contacto del solvente con la piel. El contacto prolongado o repetido con el líquido puede resultar en resequedad y defectos de la piel que pueden causar irritación o dermatitis.

DEPARTAMENTO: **TECNICO**

TITULO: **DETERMINACIÓN DE pH EN AGUA**

SEGURIDAD: Todas las tareas realizadas en el área de trabajo deben ser ejecutadas por personal equipado con elementos de seguridad básicos: guantes, monogafas, botas de seguridad, mascarilla para vapores orgánicos, casco, impermeable, etc., según se requiera.

1. RESPONSABILIDADES

El jefe del departamento de HSEQ es el responsable de mantener actualizados los procedimientos de acuerdo a normas y estándares vigentes.

Los jefes de departamento de HSEQ y los Ing. Dpto. Técnico son los encargados de verificar y asegurar que los equipos empleados en esta prueba cumplan con lo estipulado en el procedimiento Selección y Control de equipos de inspección, medición y ensayo.

El personal encargado de la realización de las pruebas es responsable de:

- El adecuado uso y preservación de los equipos.
- De la ejecución de las actividades de mantenimiento y calibración cuando estas sean de su competencia.
- De la ejecución de las pruebas y ensayos de acuerdo al procedimiento.

2. CONTENIDO

NOTA: la numeración interna de cada práctica, está sujeta a la numeración establecida en la norma estándar.

METODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA pH EN AGUA ASTM D 1293 / 1995 (2005)	
1.	Alcance.
1.1	Este método cubre la medición precisa del pH del agua bajo condiciones de laboratorio estrictamente controladas, utilizando por lo menos 2 de las 7 soluciones buffer para estandarización de instrumentos.
2.	Documentos Aplicables.
2.1	Estándares ASTM: D 1066 Práctica para Muestreo de Vapor.

	<p>D 1067 Método de Prueba para Acidez o Alcalinidad de agua. D 1067 Definición de Términos Relativos al Agua. D 1192 Especificaciones para Equipos de Muestreo de Agua y Vapor. D 1193 Especificaciones para Reactivo Agua. D 2777 Práctica para Determinación de Precisión y Sesgo de Métodos del Comité D-19 sobre Agua. D 3370 Prácticas para Muestreo de Agua. E 70 Método de Prueba para pH de Soluciones Acuosas con el Electrodo de Vidrio.</p>
3.	Terminología.
3.1	Para definiciones de términos utilizados en estos métodos de prueba, refiérase a Definiciones D 1129.
3.2	Descripción de términos específicos para esta norma:
3.2.1	<p>pH- El pH de una solución acuosa es derivado de E, la fuerza electromotriz (efm) de la celda.</p> $\text{electrodo de vidrio} \mid \text{solución} \parallel \text{electrodo de referencia}$ <p>(donde la doble línea vertical representa un líquido de empalmadura) cuando los electrodos son sumergidos en la solución en la posición diagramada, y E_S es la fuerza electromotriz obtenida cuando los electrodos son sumergidos en una solución buffer de referencia. Para uso en la definición operacional, la señal de la medida de diferencia de potencial indicada para algunos pH metros podría ser anulada porque la configuración del electrodo usado con este método es la siguiente:</p> $\text{electrodo de referencia} \parallel \text{solución} \mid \text{electrodo de vidrio.}$ <p>Con el pH asignado de la referencia buffer designada como pHs, y E y E_S expresada en voltios como sigue:</p> $\text{pH} = \text{pHs} = (E - E_S) F / 2.3026 R T$ <p>donde: F = Faradios, R = Constante de gas T = Temperatura absoluta, $t(^{\circ}\text{C}) + 273.15$ Los valores del factor $F/(2.3026 RT)$ a diferentes temperaturas son dados en la Tabla 1 (ver X1.1 para comentarios sobre el significado del pH.).</p>
4.	Resumen del Método.
4.1	Este método cubre la determinación precisa del pH en el agua, usando al menos dos de las siete soluciones buffer de referencia para estandarización del instrumento bajo condiciones controladas. Este método no es adecuado para medida en el agua cuya conductividad sea menor que 5 $\mu\text{mhos/cm}$.
5.	Significado y Uso.
5.1	La determinación del pH en agua es una indicación de su tendencia ácido o alcalina. No es la medida de acidez o alcalinidad de la muestra de agua (Refiérase a Métodos de Prueba D 1067 y apéndice X1.). Un valor de pH menor de 7.0 muestra una tendencia hacia la acidez, mientras que valores superiores a 7.0 muestran una tendencia hacia la alcalinidad. El rango de la mayoría de aguas naturales está entre 6.0 y 9.0, pero hay notables excepciones, tales como agua extraída de minas y lluvia de agua no amortiguada. La

	medida de pH es una consideración importante en la determinación de la acción corrosiva del agua y valorando el tratamiento práctico del agua para procesos industriales. Es usado también para calcular la magnitud de la polución en la precipitación.
6.	Pureza de Reactivos.
6.1	Reactivos de grado químico deben ser usado en todas las pruebas, excepto como es específicamente anotado para la preparación de las soluciones buffer de referencia. A menos que se indique de otra manera, se entiende que los reactivos son conformes con las especificaciones del Comité sobre Reactivos Analíticos de la Sociedad Química Americana, donde están disponibles tales especificaciones. Otros grados pueden ser usados, si primero se ha proveído acertadamente que los reactivos son de pureza suficientemente alta para permitir que su uso no disminuya la exactitud de la determinación.
6.2	A menos que se indique de otra manera, referencias de agua pueden ser entendidas para significar reactivo agua conforme a la Especificación D 1193, Tipo I.
7.	Muestreo.
7.1	Colecte las muestras en concordancia con la práctica D 1066 o Especificaciones D 1192 o D 3370, según sean aplicables.
MÉTODO A - MEDICIÓN PRECISA DEL pH EN EL LABORATORIO	
8.	Alcance.
8.1	Este método cubre la medición precisa de pH en agua bajo condiciones de laboratorio estrictamente controladas.
9.	Interferencias.
9.1	Las mediciones de pH con electrodo de vidrio son aproximadamente confiables en todas las soluciones acuosas y en general no está sujeto a interferencias por el color de la solución, turbidez, materias coloidales, oxidantes o reductoras.
9.2	El electrodo de referencia puede estar sujeto a interferencias y podría ser escogido para cumplir todos los requerimientos de la sección 10 y 12.
9.3	EL valor real de pH de una solución acuosa o extracto es afectado por la temperatura. La fuerza electromotriz entre el vidrio y el electrodo de referencia es función de la temperatura tanto como del pH. El efecto de la temperatura puede ser compensado automáticamente por algunos instrumentos, o manualmente en la mayoría. La compensación de temperatura corrige los efectos de la temperatura del agua sobre el instrumento, incluyendo los electrodos, pero no corrige para efectos de temperatura sobre el sistema químico monitoreado. No ajuste el pH medido a una temperatura común; por lo tanto, la temperatura debe ser reportada para cada pH medido.
9.4	La respuesta de pH de la mayoría de los electrodos es imperfecta a ambos extremos de la escala de pH. El valor indicado de pH de soluciones altamente alcalinas, medidos con el electrodo de vidrio, serán también bajos. El valor indicado de pH de soluciones acuosas fuertes de sales y ácidos fuertes teniendo un pH menor que 1, a menudo serán mayores que el valor verdadero de pH. Las interferencias serán minimizadas por la selección apropiada del vidrio y electrodos de referencia para medidas de soluciones ácidas o altamente alcalinas.

9.5	Algunas sustancias algunas veces dispersas en agua contaminan el electrodo de vidrio.
10.	Aparatos.
10.1	pH Metro de Laboratorio.- Que tenga un rango de 0 a 14 unidades de pH y una precisión de ± 0.1 unidades.
10.2	Electrodo de vidrio.- El electrodo censor es un bulbo de vidrio especial, conteniendo una concentración fija de HCl o una solución fija de cloruro buffereada en contacto con un electrodo de referencia interno.
10.3	Electrodo de Referencia.- Un Calomel, de plata-cloruro de plata u otro electrodo de referencia de potencial constante puede ser usado. Hay dos tipos básicos de electrodos de referencia. Los electrodos de flujo y no flujo de líquido de tipo unión. Las unidades de flujo de líquido de tipo unión aseguran que el líquido fresco es formado en la unión para cada medición y debe ser usado para las determinaciones del método A. La respuesta de temperatura de elementos internos de los electrodos de vidrio y de referencia deben ser cerradamente correspondientes para evitar histéresis térmica. Si un electrodo calomel saturado es usado, algunos cristales de cloruro de potasio deben estar contenidos en la solución saturada de cloruro de potasio. Si el electrodo de referencia es del tipo siguiente de unión, el diseño del electrodo debe permitir la unión de un líquido fresco para ser formado entre la solución del electrodo de referencia y el buffer estándar o agua probada para cada medida y debe permitir trazas de solución para ser lavadas desde la salida a la superficie del electrodo.
10.4	Compensador de Temperatura.- El termocompensador es una resistencia sensible a la temperatura, sumergida en la muestra de agua junto con el electrodo y corrige automáticamente los cambios en el líquido del electrodo de vidrio (con los cambios de temperatura), pero no corrige para cambios actuales en el pH de la muestra con la temperatura. El termocompensador automático no es requerido si la temperatura del agua es esencialmente constante y el analista escoge usar la compensación manual de la temperatura del pH metro.
11.	Reactivos.
11.1	Soluciones Buffer de Referencia.- Los valores de pH de las soluciones buffer de referencia medidos a diferentes temperaturas son listados en la Tabla 3. Conservar las cinco soluciones buffer de referencia con pH menor de 9.5 en botellas de vidrio químicamente resistentes. Conserve las soluciones de hidróxido de calcio en una botella plástica que no sea porosa al aire (que sea polietileno de alta densidad o polipropileno). Conserve todas las soluciones buffers de referencia bien tapadas y reemplácelas después de tres meses o antes si son observados cambios visibles.
11.1.1	Solución Buffer de Referencia de Borax (pHs = 9.18 a 25 °C).- Disuelva 3.8 g de tetraborato de sodio decahidratado ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$) en agua y diluya a 1 L.
11.1.2	Solución Buffer de Referencia de Hidróxido de Calcio (pHs = 12.45 a 25 °C).- Preparar hidróxido de calcio puro ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) de carbonato de calcio (CaCO_3) bien lavado de bajo grado de álcali por calentamiento lento del carbonato en un disco de platino a 1000 °C y calcinando durante 45 minutos a esta temperatura. Después enfríe, adicione el producto calcinado lentamente al agua con agitación, caliente la suspensión resultante hasta ebullición, enfríe y filtre a través de un embudo conteniendo un disco de fibra de vidrio de porosidad media, recoja el sólido del filtro, seque en un horno a 110 °C y triture éste a un estado granular fino y uniforme. Prepare una solución de hidróxido de calcio saturado,

	agitando vigorosamente un exceso considerable (cerca de 3 g/L), de producto granular fino en agua a 25 °C en una botella plástica tapada (que sea polietileno o polipropileno de alta densidad) que no sea porosa a gases. Deje que el exceso de sólidos más grueso se asiente y filtre la solución a través de un embudo o filtro de fibra de vidrio de porosidad media. El filtrado es la solución buffer de referencia.
11.1.3	Solución Buffer de Referencia de Fosfato (pHs = 6.86 a 25 °C).- Disuelva 3.39 g de fosfato de potasio dihidrogenado (KH ₂ PO ₄) y 3.53 g de fosfato disódico hidrogenado (Na ₂ HPO ₄) en agua y diluir a 1 L.
11.1.4	Solución Buffer de Referencia de aftalato (pHs = 4 a 25 °C).- Disuelva 10.12 g de aftalato de potasio hidrogenado (KHC ₈ H ₄ O ₄) en agua y diluir a 1 L.
11.1.5	Solución Buffer de Referencia de Tartrato (pHs = 3.56 a 25 °C).- Agite vigorosamente un exceso (cerca de 75 g/L) de tartrato de potasio hidrogenado (KHC ₄ H ₄ O ₆) con 100 a 300 ml de agua a 25 °C en una botella de vidrio tapada. Filtre si es necesario, para remover sales suspendidas. Adicione un cristal de timol (cerca de 1 g) como preservativo.
11.1.6	Solución Buffer de Referencia de Tetraxalato (pHs = 1.68 a 25 °C).- Disuelva 12.61 g de tetraxalato de potasio dihidratado (KHC ₂ O ₄ .H ₂ C ₂ O ₄ .2H ₂ O) en agua y diluir a 1 L.
11.1.7	Solución Buffer de Referencia de Bicarbonato de Sodio-Carbonato de Sodio (pHs = 10.01 a 25 °C).- Disuelva 2.092 g de bicarbonato de sodio (NaHCO ₃) y 2.64 g de carbonato de sodio (Na ₂ CO ₃) en agua y diluir a 1 L.
11.2	Otras Soluciones Buffer.- Otras soluciones buffers además de las especificadas pueden usarse como estándares en el método, previendo que en cada caso las soluciones primero sean confrontadas con la correspondiente solución buffers de referencia, usando los procedimientos del método, y no debe ser encontrada una diferencia mayor de 0.02 unidades de pH.
11.3	Las soluciones buffer comerciales no son aceptables para la estandarización de este método.
12.	Estandarización del Montaje.
12.1	Encienda el instrumento, deje que se caliente completamente y alcance su balance eléctrico de acuerdo con las construcciones del fabricante. Lave los electrodos de vidrio y referencia y el contenedor de la muestra con tres cambios de agua destilada o por medio de un chorro que fluya desde una botella de lavado. Anote la temperatura del agua a ser probada. Si la compensación de la temperatura es manual, ajuste el dial del medidor a la temperatura del agua a ser probada. Deje un tiempo para que todos los buffers, soluciones y electrodos se equilibren térmicamente.
12.2	Seleccione al menos dos soluciones buffer de referencia, de pH conocido. Caliente o enfríe la solución de referencia tanto como sea necesario para igualar dentro de 2 °C la temperatura de la solución a ser probada. Llene el contenedor de muestra con la primera solución buffers de referencia y sumergir el electrodo.
12.3	Coloque el valor de pHs del buffer de referencia a la temperatura del buffer, como se lee en la Tabla 3 o interpolando de los datos de acuerdo a las instrucciones del fabricante.

12.4	<p>Desocupe el contenedor de muestra y repita, usando porciones sucesivas de la solución buffer de referencia, hasta que dos lecturas sucesivas sean obtenidas sin ajuste del sistema. Esas lecturas deben diferir del valor pH de la solución buffer por no más de 0.02 unidades de pH. Si únicamente una determinación de pH es hecha, estandarice el ensamblaje cada vez que este sea usado.</p> <p>NOTA 1- La temperatura del electrodo difiere apreciablemente de la temperatura de la muestra probada, use varias porciones de solución y sumerja profundamente el electrodo para asegurar que ambos, el electrodo y la solución estén a la temperatura deseada. Para reducir los efectos del atraso termal mantenga la temperatura de los electrodos, referencia la solución buffer, y lave tantas muestras de agua como sea posible.</p>
12.5	<p>Lave el electrodo y el contenedor de la muestra tres veces con agua destilada. Coloque la segunda solución buffer de referencia en el contenedor de la muestra y mida el pH. Ajuste el control únicamente hasta que la lectura corresponda al valor de temperatura corregida de la segunda solución buffer de referencia. Use porciones adicionales de la segunda solución buffer de referencia, hasta que dos lecturas sucesivas no difieran por más de 0.02 unidades de pH. El montaje debe ser evaluado para que esté operando satisfactoriamente si la lectura del pH obtenida para la segunda solución buffer de referencia concuerde con su valor de pHs asignado, con 0.05 unidades de pH para medidores Tipo I o con 0.03 unidades de pH para medidores Tipo II, III o IV (ver Tabla 2).</p>
12.6	<p>Si únicamente una determinación de pH es hecha, estandarice el ensamblaje cada vez que éste sea usado. En una larga serie de mediciones, chequeos intermedios suplementarios a intervalos regulares son recomendados. Ya que como los montajes comercialmente disponibles, exhiben diferentes grados de estabilidad de medida, conduzca estos chequeos a intervalos de 30 minutos, a menos que se sepa acertadamente que chequeos menos frecuentes sean satisfactorios para asegurar el rendimiento descrito en 12.2 a 12.5.</p>
13.	Procedimiento.
13.1	<p>Estandarice el ensamblaje con dos soluciones buffer de referencia como se describe en y luego lave el electrodo con tres cambios de agua destilada o por medio de un chorro fluyendo desde una botella de lavado.</p>
13.2	<p>Coloque la muestra del agua a analizar en un beaker de vidrio limpio provisto por un termómetro y un agitador.</p>
13.3	<p>Agite durante el periodo de medida de pH a una rata que prevenga salpicaduras y que evite pérdidas o ganancias de gases ácidos o básicos por intercambio con la atmósfera. Cuando sea necesario, agite rápido para entremezclar las fases de muestra de agua no homogéneas. Pare la agitación durante el periodo de medida, si corrientes potenciales son notadas.</p>
13.4	<p>Inserte el electrodo y determine un valor de pH preliminar (a partir de este valor puede hallar algún otro, éste será considerado como un valor estimado). Mida porciones sucesivas de la muestra de agua hasta que las lecturas en dos porciones sucesivas no difieran por más de 0.03 unidades de pH, y muestre aquellos que sean menores de 0.02 unidades de pH en 1 min. Dos o tres porciones serán usualmente suficientes si el agua es bien buffereada.</p>
13.5	<p>Registre el pH y la temperatura de la muestra.</p>
13.6	<p>Mida el pH de aguas ligeramente buffereadas (que estén en equilibrio con el agua) esencialmente como se describe en 13.1 a 13.5, pero mida el pH de partes sucesivas hasta que la lectura para dos veces consecutivas difieran por no más de 0.1 unidades de pH. Pueden ser necesarias seis o más partes.</p>

	NOTA 2- Tome precauciones especiales si la muestra no está en equilibrio con el dióxido de carbono de la atmósfera, protegiéndola de la exposición al aire durante la medida. Medida de muestras no buffereadas o ligeramente buffereadas es más confiable hacerlas en celdas flow-type. El apéndice X1.5.3 describe precauciones adicionales que deben ser tenidas en cuenta si la conductividad eléctrica de la muestra es menor que 5 $\mu\text{S/cm}$.
14.	Reporte.
14.1	Reporte la temperatura de la medida con aproximación de 1 $^{\circ}\text{C}$.
14.2	Reporte el pH de la solución probada con una aproximación de 0.01 unidades de pH, cuando la medida de pH esté entre 1 y 12.
14.3	Reporte el pH de la solución probada con aproximación de 0.1 unidades de pH, cuando la medida de pH sea menor que 1 y mayor que 12.
15.	Precisión y Sesgo.
15.1	La información recopilada en esta sección fue derivada de un estudio interlaboratorios realizado en 1.973, sobre cuatro soluciones buffer teniendo valores de pH de aproximadamente 3.7, 6.5, 8.2 y 8.4. Once laboratorios (catorce operadores, con un laboratorio dando cuatro operarios) analizaron cada solución por duplicado y repitiendo el análisis en otro día para un total de 224 determinaciones. Fueron usados una variedad de medidores comerciales en este estudio. Es asumido que todas las mediciones fueron hechas a temperatura ambiente.
15.2	El tratamiento estadístico de la data conforme a las recomendaciones de la Práctica D 2777. Información complementaria, basada sobre una diferente interpretación estadística, puede ser encontrada en el Método de Prueba E 70.
15.3	Sesgo.- El valor de pH de las soluciones buffer, como es determinado usando un electrodo de hidrógeno gaseoso, es comparado con los valores obtenidos usando este método en la Tabla 5.
15.4	La precisión y sesgo de la data fue obtenida usando soluciones buffer únicamente. Es responsabilidad del usuario asumir la validez de esta norma para tipos de agua no probados.

Tabla 2. pH Metros de Laboratorio.

	Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo IV
Rango normal	0 a 14	0 a 14	0 a 14	0 a 14.000
expandido		2 unit. pH	1.4 unit pH	
División de escala	0.1	0.01	0.01	0.001
Exactitud	± 0.05	± 0.01	± 0.007	± 0.002
Repetibilidad	± 0.02	± 0.005	± 0.002	± 0.002
Compensador de temperatura:				
Manual o automático	Sí	Sí	Sí	Sí
Rango, $^{\circ}\text{C}$	0 a 100	0 a 100	0 a 100	0 a 100
Menor graduación, $^{\circ}\text{C}$	2	2	2	2
Compensador de nivel.	-	Sí	Sí	Sí

Tabla 3. pH, Soluciones Buffer de Referencia							
Temperat., °C	Solución Tetraxalato	Solución Tartrato	Solución Ftalato	Solución Fosfato	Solución Borax	Bicarbon.- Carbonato de Sodio	Solución Hidróxido de Calcio
0	1.67	...	4.00	6.98	9.46	10.32	13.42
5	1.67	...	4.00	6.95	9.39	10.25	13.21
10	1.67	...	4.00	6.92	9.33	10.18	13.00
15	1.67	...	4.00	6.90	9.28	10.12	12.81
20	1.68	...	4.00	6.88	9.23	10.06	12.63
25	1.68	3.56	4.00	6.86	9.18	10.01	12.45
30	1.68	3.55	4.01	6.85	9.14	9.97	12.29
35	1.69	3.55	4.02	6.84	9.11	9.93	12.13
40	1.69	3.55	4.03	6.84	9.07	9.89	11.98
45	1.70	3.55	4.04	6.83	9.04	9.86	11.84
50	1.71	3.55	4.06	6.83	9.02	9.83	11.71
55	1.72	3.55	4.07	6.83	8.99	...	11.57
60	1.72	3.56	4.09	6.84	8.96	...	11.45
70	1.74	3.58	4.12	6.85	8.92
80	1.77	3.61	4.16	6.86	8.89
90	1.79	3.65	4.19	6.88	8.85
95	1.81	3.67	4.21	6.89	8.83

DEPARTAMENTO: TECNICO

TITULO: DETERMINACIÓN DEL ION CLORURO EN AGUA

SEGURIDAD: Todas las tareas realizadas en el área de trabajo deben ser ejecutadas por personal equipado con elementos de seguridad básicos: guantes, monogafas, botas de seguridad, mascarilla para vapores orgánicos, casco, impermeable, etc, según se requiera.

1. RESPONSABILIDADES

El jefe del departamento de HSEQ es el responsable de mantener actualizados los procedimientos de acuerdo a normas y estándares vigentes.

Los jefes de departamento de HSEQ y Operaciones son los encargados de verificar y asegurar que los equipos empleados en esta prueba cumplan con lo estipulado en el procedimiento Selección y Control de equipos de inspección, medición y ensayo.

El personal encargado de la realización de las pruebas es responsable de:

- El adecuado uso y preservación de los equipos.
- De la ejecución de las actividades de mantenimiento y calibración cuando estas sean de su competencia.
- De la ejecución de las pruebas y ensayos de acuerdo al procedimiento.

2. CONTENIDO

NOTA: la numeración interna de cada práctica, está sujeta a la numeración establecida en la norma estándar.

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA ION CLORURO EN AGUA ASTM D 512 - 2004

1. Alcance.

- 1.1 Este método cubre la determinación de ion cloruro en agua, aguas residuales y salmueras. Se han incluido los cuatro siguientes métodos:
Método A (Titulación Mercurimétrica),

Método B (Titulación con Nitrato de Plata),
Método C (Método Colorimétrico)
Método D (Método de Ion Electrodo Selectivo).

2. Documentos Aplicables.

- 2.1 Estándares ASTM:
- D 596 Método de reporte de resultados de análisis de agua.
 - D 1066 Práctica para muestreo de agua.
 - D 1129 Definición de Términos Relativos al Agua.
 - D 1193 Especificaciones para Reactivo Agua.
 - D 2777 Práctica para Determinación de Precisión y Sesgo de los Métodos del Comité D 19 sobre Agua.
 - E 60 Práctica Recomendada para Métodos Fotométricos para Análisis Químicos de Metales.
 - E 200 Método de Preparación, Estandarización y Almacenamiento de Soluciones Estándar para Análisis Químico.
 - E 275 Práctica para la Descripción y medida del Desempeño de Espectrofotómetros Ultravioletas, Visibles y Cercanos al Infrarrojo.

3. Significado.

- 3.1 El ion cloruro está bajo regulación en agua, y debe, por consiguiente, ser medido exactamente. Este es altamente detrimento en sistemas de calderas a alta presión y de acero inoxidable, su monitoreo es esencial para la prevención de daños. El análisis de cloruros es ampliamente usado como herramienta para la estimación de ciclos de concentración tales como aplicaciones en torres de enfriamiento. Las aguas de procesamiento y soluciones de salmuera usadas en procesos de alimentación de industrias, también requieren necesariamente de métodos de análisis de cloruros.

4. Definiciones.

- 4.1 Para la definición de términos usados en estos métodos, refiérase a la Definición D 1129.

5. Pureza de Reactivos.

- 5.1 Reactivos grado químico deben ser utilizados en todas las pruebas. A menos que se indique de otra manera, se entiende que todos los reactivos cumplen las especificaciones del Comité sobre Reactivos Analíticos de la Sociedad Química Americana donde se disponen tales especificaciones. Otros grados pueden ser utilizados, siempre y cuando se determine que el reactivo es de una pureza lo suficientemente alta para permitir su uso sin pérdida de la exactitud de la determinación.

6. Muestreo.

- 6.1 Colecta las muestras en concordancia con el método aplicable ASTM Método D 1066 y Práctica D 3370.

MÉTODO A - TITULACIÓN MERCURIMÉTRICA

7. Alcance.

- 7.1 Este método puede ser usado para determinar todas las concentraciones del ion cloruro en agua, donde interferencias intolerables proveídas están ausentes.
- 7.2 Aunque no está especificado en los reportes de investigación, el informe de precisión se presume que fue obtenido usando reactivo agua Tipo II. Es responsabilidad del analista asegurar la validez del método para matrices no probadas.

8. Sumario del Método.

- 8.1 Solución de nitrato mercúrico diluido es adicionado a una muestra acidificada en presencia de mezcla de indicador difenilcarbazona-bromofenol azul. El punto final de la titulación es la formación de un complejo mercúrico difenilcarbazona azul violeta.

9. Interferencias.

- 9.1 Los aniones y cationes generalmente encontrados en aguas industriales no ofrecen interferencias. Iones de zinc, plomo, níquel, hierro y cromo afectan la solución y el color del punto final, pero no reducen la exactitud de la titulación cuando están presentes en concentraciones de hasta 100 mg/L. El cobre es tolerable hasta 50 mg/L. Titulación en presencia del ion cromato requiere indicador alfazurina y previa reducción para concentraciones por encima de 100 mg/L. Ion férrico por encima de 10 mg/L debe ser reducido antes de la titulación, y el ion sulfito debe ser oxidado. Una parte del ion bromuro y el ion fluoruro serán tituladas con el cloruro. Sales cuaternarias de amonio también interfieren si se presentan en cantidades significativas (1 ó 2 mg/L). El color oscuro también puede interferir.

10. Aparatos.

- 10.1 Microbureta, 1 ó 5 ml, con intervalos de graduación de 0.01 ml.

11. Reactivos.

- 11.1 Peróxido de Hidrógeno (30 % H₂O₂).
- 11.2 Solución Hidroquinona (10 g/L).- Disolver un gramo de hidroquinona purificada

(1,4-(HO)₂C₆H₄) en agua y diluir a 100 ml.

- 11.3 Solución Estándar de Nitrato Mercúrico, (0.0141 N).- Disolver 4.2830 g de nitrato mercúrico (Hg(NO₃)₂.H₂O) en 50 ml de agua acidificada con 0.5 ml de ácido nítrico concentrado (HNO₃ G.E. 1.42). Diluir la solución de Hg(NO₃)₂ acidificada con agua a 1 L. Filtre si es necesario, y estandarice contra la solución estándar de cloruro de sodio (NaCl), usando el procedimiento descrito en la sección 12.

NOTA 1- Agudeza del punto final- El punto final, mientras se agudiza, puede ser mejorado algún tanto para ciertos tipos de agua por la adición a la muestra de titulación de varias gotas de una solución de 0.05 g/L de xilenocianol FF o alfazurina azul-verde (índice de color 714). Estos químicos pueden ser mezclados con el indicador en la misma proporción.

- 11.4 Solución Estándar de Nitrato Mercúrico, (0.0141 N).- Disolver 2.42 g de Hg(NO₃)₂.H₂O en 25 ml de agua acidificada con 0.25 ml de HNO₃ concentrado. Diluir la solución de Hg(NO₃)₂ acidificada con agua a 1 L. Filtre si es necesario, y estandarice contra la solución estándar de cloruro de sodio (NaCl), usando el procedimiento descrito en la sección 12 (Nota 1).

- 11.5 Solución Indicadora Mezclada.- Disolver 0.5 g de difenil carbazona cristalina y 0.05 g de bromofenol azul en polvo en 75 ml de alcohol etílico (95 %) y diluir a 100 ml con el alcohol. Metanol o isopropanol pueden ser usados en lugar de alcohol etílico. Almacenar en una botella oscura y desecharla después de seis meses (Nota 3).

NOTA 2.- Alcohol desnaturalizado no es recomendable. Metanol o isopropanol pueden ser usados si no es disponible el etanol puro.

NOTA 3.- El indicador líquido generalmente se deteriora hasta el punto que no produce color en el punto final luego de 12 a 18 meses de almacenamiento. Altas temperaturas (alrededor de 38.5 °C o 100 °F) y la exposición al brillo de la luz pueden reducir la vida de almacenamiento. Una mezcla de polvo seco de los dos ingredientes indicadores es estable por periodos mucho más largos. Ambos, la mezcla en polvo (en forma de cápsula) y el indicador líquido son disponibles comercialmente.

- 11.6 Ácido Nítrico (3+997).- Mezclar tres volúmenes de ácido nítrico concentrado (HNO₃) con 997 volúmenes de agua.
- 11.7 Papel Indicador de pH.- Con un rango de pH entre 1 y 12.
- 11.8 Solución de Cloruro de Sodio Estándar (0.025 N).- Secar varios gramos de cloruro de sodio (NaCl) por una hora a 600 °C. Disolver 1.4613 ± 0.0002 g de la sal seca en agua y diluir a 1 L a 25 °C en un matraz volumétrico.
- 11.9 Solución de Hidróxido de Sodio (10 g/L).- Disolver 10 g de hidróxido de sodio (NaOH) en agua y diluir a 1 L.

12. Procedimiento.

12.1 Use un volumen de muestra que no contenga más de 20 mg de ion cloruro, diluyendo la muestra con agua hasta aproximadamente 50 ml, si es necesario. Si el volumen de muestra contiene menos de 2.5 mg del ion cloruro, hacer la titulación final como se indica en el paso siguiente con una solución de $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ 0.0141 N usando una microbureta de 1 ó 5 ml. Determinar un indicador blanco sobre 50 ml de agua libre de cloruros, aplicando el mismo procedimiento seguido para la muestra. Si la muestra contiene menos de 0.1 mg/L de cloruro, concentrar un volumen apropiado de muestra a 50 ml.

12.2 Adicione de 5 a 10 gotas de solución indicadora mezclada y girar el frasco. Si se desarrolla un color azul violeta o rojo, adicione gotas apropiadas de HNO_3 (3+997) hasta que se torne amarillo. Adicione 1 ml de ácido en exceso. Si se forma un color amarillo o naranja inmediatamente después de la adición del indicador mezclado, adicione las gotas apropiadas de solución NaOH (10 g/L) hasta que el color cambie azul violeta; luego adicione las gotas apropiadas de HNO_3 (3+997) hasta que el color cambie a amarillo y además adicione 1 ml en exceso de ácido. La acidificación prescrita da un rango de pH satisfactorio de 3 a 3.5. No use muestras en las cuales el pH haya sido determinado electrométricamente.

NOTA 4.- La acidificación prescrita provee un rango satisfactorio de pH de 3 a 3.5. Muestras acidificadas sobre las que se han hecho mediciones electrométricas de pH no deben ser usadas, debido a que el uso del electrodo calomel de referencia puede introducir un error debido a la contaminación por cloruros. Para precisar ajustadamente el pH de la muestra teniendo una baja concentración de cloruros, pueden ser hechas medidas instrumentales sobre una alícuota de muestra para determinar el tratamiento necesario para otras o ser usado para la prueba de cloruros.

12.3 Titule la solución con solución de $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ 0.025 N hasta que el color azul violeta como el visto por la luz transmitida, persista en toda la solución. Registre los mililitros de solución de $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ adicionados.

NOTA 5.- El uso de indicador para la modificación y la presencia de iones de metales pesados pueden cambiar el color de la solución sin afectar la exactitud de la determinación. Por ejemplo, soluciones que contienen alfarina pueden ser azul claro cuando son neutras, gris púrpura cuando son básicas, azul verdoso cuando son ácidas, y azul violeta al punto final de cloruros. Si la solución contiene cerca de 100 mg/L de ion níquel y el indicador es normalmente mezclado, es púrpura cuando es neutra, verde cuando es ácida y gris al punto final de cloruros. Cuando se aplican estos métodos a muestras que contienen iones coloreados o que requieren indicadores modificados, se recomienda que el operador se familiarice él mismo con el cambio de color específico envuelto por experimentos con soluciones preparadas como estándar para comparación de efectos de color.

12.4 Si el ion cromato está presente en ausencia de hierro y en concentraciones

menores de 100 mg/L, usar el indicador mezclado modificado con alfazurina a acidificar la muestra como se indicó en 12.2 pero a pH de 3.0 (papel indicador de pH). Titule la solución como se indicó en 12.3 pero a un punto final púrpura oliva.

- 12.5 Si el ion cromato está presente en ausencia de hierro y en concentraciones mayores que 100 mg/L, adicione 2 ml de solución de hidroquinona fresca y proceda como se indicó en 12.3.
- 12.6 El ion férrico está presente en ausencia o presencia de iones cromato; use una muestra de volumen tal que no contenga más de 2.5 mg de ion férrico o ion férrico más ion cromato. Adicione 2 ml de solución de hidroquinona fresca y proceda como se indicó en 12.1 y 12.2.
- 12.7 Si el ion sulfato está presente, adicione 0.5 ml de H₂O₂ a 50 ml de muestra en el erlenmeyer y mezclar por 1 min. Luego proceda como se indicó en 12.1 y 12.2.

13. Cálculos.

- 13.1 Calcule la concentración de ion cloruro, en miligramos por litro, en la muestra como sigue:

$$\text{Cloruros, mg/L} = [(V_1 - V_2) * N * 35000]$$

donde:

V₁ = mililitros de solución estándar de Hg(NO₃)₂ requeridos para la titulación de la muestra.

V₂ = mililitros de solución estándar de Hg(NO₃)₂ requeridos para la titulación del blanco,

N = Normalidad de la solución de Hg(NO₃)₂, y

S = mililitros de la muestra usada.

14. Precisión y Sesgo.

- 14.1 Informe de Precisión. La precisión de este método puede ser expresada como sigue:

$$S_T = 0.023 X + 0.43$$

$$S_0 = 0.002 X + 0.46$$

donde:

S_T = Precisión global, mg/L,

S₀ = Precisión del operador individual, mg/L, y

X = Concentración del ion cloruro determinada.

- 14.2 Informe del Sesgo. Recobro de cantidades conocidas de cloruro son dadas como sigue:

Cantidad agregada,	Cantidad encontrada,	± % de sesgo
mg/L	mg/L	
250.00	248.00	-0.80
80.00	79.30	-0.88
8.00	7.51	-6.13

- 14.3 La anterior información es derivada de pruebas en las que cinco laboratorios incluyendo siete operadores, participaron. Aunque no es claramente especificado en el reporte de prueba, se presume que la matriz es de reactivo agua tipo II. De siete datas determinadas, clasificadas como se indica en la Práctica D 2777, ninguna fue rechazada, ninguno de los puntos determinados de datos simples fue excluido. Tres niveles de muestras fueron corridas en menos de tres días. El método de “cuadros menores” fue usado para determinar el informe de precisión, con correlaciones de 0.7394 para S_o y 0.9993 para S_T .
- 14.4 Es responsabilidad del analista asegurar la validez del método para matrices determinadas.

MÉTODO B- TITULACIÓN CON NITRATO DE PLATA

15. Alcance.

- 15.1 Este método es entendido primariamente para ser utilizado en aguas donde el contenido de cloruros sea de 5 mg/L o más, y donde las interferencias tales como color o altas concentraciones de iones de metales pesados hagan impracticable el método A.
- 15.2 Aunque no se especifiquen los reportes de investigación, se presume que los informes de precisión fueron obtenidos usando reactivo agua tipo II. Es responsabilidad del analista asegurar la validez del método para matrices indeterminadas.

16. Resumen del método.

- 16.1 El agua ajustada a un pH de 8.3 es titulada con solución de nitrato de plata en presencia de cromato de potasio como indicador. El punto final es indicado por la persistencia de un color rojo ladrillo del cromato de plata.

17. Interferencias.

- 17.1 Bromuros, yoduros y sulfuros son titulados junto con el cloruro. Ortofosfatos y polifosfatos interfieren si están presentes en concentraciones mayores que 250 y 25 mg/L respectivamente. Sulfitos y turbidez deben ser eliminados. Compuestos que precipitan a pH de 8.3 (hidróxidos) pueden causar error por oclusión.

18. Reactivos.

- 18.1 Peróxido de Hidrógeno (30 %) (H_2O_2) .
- 18.2 Solución Indicadora de Fenolftaleína (10 g/L).- Disolver 1 g de fenolftaleína en 100 ml de etanol (95 %), metanol o isopropanol.
- 18.3 Solución Indicadora de Cromato de Potasio.- Disuelva 50 g de cromato de potasio (K_2CrO_4) en 100 ml de agua y adicione nitrato de plata ($AgNO_3$) hasta producir un precipitado rojo claro. Deje en reposo la solución, protegida de la

luz por lo menos 24 horas después de adicionado el nitrato de plata. Luego filtre la solución para remover el precipitado, y diluir a 1 L con agua.

- 18.4 Solución Estándar de Nitrato de Plata (0.025 N).- Triturar 5 g de cristales de nitrato de plata (AgNO_3) y secar a peso constante a 40°C . Disuelva 4.2473 ± 0.0002 g de cristales secos en agua y diluir a 1 L. Estandarice contra la solución estándar de NaCl usando el procedimiento dado en la sección 19.
- 18.5 Solución Estándar de Cloruro de Sodio (0.025 N).- Prepare la como se describió en 11.8.
- 18.6 Solución de Hidróxido de Sodio (10 g/L).- Prepárela como se describió en 11.9.
- 18.7 Ácido Sulfúrico (1 +19).- Cuidadosamente adicione un volumen de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4 G.E. 1.84) a 19 volúmenes de agua, mezclando.

19 Procedimiento.

- 19.1 Vierta 50 ml o menos de la muestra que no contenga más de 20 ni menos de 0.25 mg de ion cloruro, dentro de un contenedor de porcelana blanco. Diluir aproximadamente a 50 ml con agua si es necesario. Ajustar el pH al punto final de fenolftaleína (pH = 8.3), usando H_2SO_4 (1 + 19) o solución de NaOH (10 g/L).
- 19.2 Adicione 1 ml de solución indicadora de cromato de potasio y mezcle. Adicione las gotas suficientes de nitrato de plata de la bureta de 25 ml hasta que un color rojo ladrillo (o rosado) persista en toda la muestra cuando sea iluminada con una luz amarilla o vista con anteojos amarillos.
- 19.3 Repita el procedimiento descrito en 19.1 y 19.2, usando la mitad de la muestra original, diluir a 50 ml con agua libre de haluros.
- 19.4 Si el ion sulfito está presente adicione 0.5 ml de H_2O_2 a la muestra descrita en 19.1 y 19.3, y mezcle por 1 min. Ajuste el pH, luego proceda como en 19.2 y 19.3.

20. Cálculos.

- 20.1 Calcule la concentración del ion cloruro en la muestra original, en miligramos por litro como sigue:

$$\text{Cloruros, mg/L} = [(V_1 - V_2) * N * 71000] / S$$

donde:

V_1 = mililitros de solución estándar de AgNO_3 requeridos para la titulación de la

Muestra preparada en 19.1
 V_2 = mililitros de solución estándar de AgNO_3 requeridos para la titulación de la

Muestra preparada en 19.3,
 N = Normalidad de la solución de AgNO_3 , y
 S = mililitros de la muestra original en los 50 ml de la muestra de prueba preparada en 19.1.

21. Precisión y Sesgo.

21.1 Informe de Precisión. La precisión de este método puede ser expresada como sigue:

$$S_T = 0.013 X + 0.70$$

$$S_0 = 0.007 X + 0.53$$

donde:

S_T = Precisión global, mg/L,

S_0 = Precisión del operador individual, mg/L, y

X = Concentración del ion cloruro determinada.

21.2 Informe del Sesgo. Recobro de cantidades conocidas de cloruro son dadas como sigue:

Cantidad agregada, mg/L	Cantidad encontrada, mg/L	\pm % de sesgo
250.00	248.00	-0.80
80.00	79.10	-1.13
8.00	7.77	-2.88

21.3 La anterior información es derivada de pruebas en las que seis laboratorios incluyendo diez operadores, participaron. Aunque no es claramente especificado en el reporte de prueba, se presume que la matriz es de reactivo agua tipo II. De diez datos determinadas, clasificadas como se indica en la Práctica D 2777, nueve fueron rechazadas, pero un punto de datos fue excluido. Tres niveles de muestras fueron corridas en menos de tres días. El método de "cuadros menores" fue usado para determinar el informe de precisión, con correlaciones de 0.9959 para S_0 y 0.9940 para S_T .

DEPARTAMENTO: **TECNICO.**

PROCESO: **REALIZACIÓN DEL SERVICIO Y CONTROL
OPERACIONAL**

TITULO: **TRATAMIENTO EN ÁREA DE LAND FARMING**

REFERENCIA: **FORMA MIR-009**

DEFINICIONES: Biorremediación, Land Farming.

1. **RESPONSABILIDADES**

El Jefe del Departamento Técnico es responsable de revisar los resultados de los tratamientos realizados a los residuos y de disponer los recursos necesarios para el funcionamiento adecuado de la planta. Además determina el tratamiento que se aplicará en cada caso, de acuerdo a las características del material a tratar.

El Coordinador Ambiental es el encargado de verificar y realizar el seguimiento al tratamiento que se está aplicando en el área de Land Farming. Este apoyará al Jefe del Departamento Técnico Comercial en la determinación de tratamiento.

El Jefe de Planta, cada uno es responsable de establecer manejar, almacenar y disponer de los residuos de forma adecuada, en las áreas establecidas para realizar dichos procesos.

2. **CONTENIDO**

El tratamiento y recuperación de los sólidos contaminados con hidrocarburos, por biorremediación, se disponen en el área de Land Farming luego de haber alcanzado los parámetros establecidos por las autoridades ambientales. Para ello se tiene en cuenta una serie de criterios y actividades que se deben ejecutar, y son las siguientes:

- III. **Equipos y accesorios:** Para hacer el tratamiento de los residuos sólidos por medio de biorremediación, es necesario contar con maquinaria pesada para el volcamiento y mezclado del producto químico a aplicar. En algunos casos se recomienda el uso de retroexcavadoras, volquetas, tractores, agua y catalizadores.

Además se utilizarán algunos equipos del laboratorio como la Centrífuga, para hacer análisis in situ de la muestra. En caso de no poder hacer los análisis requeridos se contratará a una compañía especialista en el análisis de dichas características.

- V. **Permisos de trabajo:** Estas actividades que se ejecutan en el área de Land Farming de volcamiento y mezclado de material, requieren de documentos como ASTs y procedimientos, para garantizar la efectividad de la actividad y la seguridad de las

personas que la ejecutan. No se requiere de permisos de trabajo para realizar esta actividad, debido a que es rutinaria; pero cuando se realiza traslado del material tratado al área de Land Fill, si requiere realizarse el permiso de trabajo, por la maquinaria pesada que se requiere para realizar la actividad.

- VI. **Elementos de protección personal:** Las personas que realizan las actividades de manejo de productos químicos y volteo de residuos sólidos en el Área de Land Farming, deben hacer uso de elementos de protección para evitar accidentes. Estos incluyen: Guantes de carnaza ó de cuero tipo ingeniero, gafas de seguridad transparentes, mascarilla para polvo ó mascarilla para vapores orgánicos y gases ácidos (para manejo de solventes), botas de cuero con puntera y ropa completa manga larga (overol). Además se cuenta con una ducha lavaojos en caso de emergencia.
- VII. **Alcance:** Este método permite el uso de productos biorremediables para realizar el tratamiento del residuo sólido contaminado con hidrocarburos.

El objetivo es minimizar la cantidad de residuos producidos en el área y hacer el tratamiento sin generar contaminación al medio ambiente. Las dosificaciones utilizadas en la prueba no corresponden a las usadas en campo, pero permiten un estimativo.

- V. **Procedimiento:** Una vez se haya recolectado la cantidad suficiente de residuos en volumen (1000 m³ recolectados por empresa), se dará inicio al tratamiento, usando la técnica de Land Farming por Biorremediación.
- Se extiende el material recogido en cada compañía con la maquinaria pesada (retroexcavadora), en el área de Land Farming, de acuerdo con la ubicación en el área.
 - Se hace la remoción de los sólidos no biodegradables (trapos, plástico, metal, vidrio, etc), a medida que el material es extendido en el área.
 - Se realiza un monitoreo preliminar de TPH del residuo; la muestra a analizar es tomada por el operador de la Planta y se envía a un laboratorio especializado. La muestra se debe recoger teniendo en cuenta las normas de seguridad para recolección de muestras. Por lo general, se usan guantes de nitrilo de 13", balde, pala, palín, bolsas plásticas con cierre hermético y papel aluminio.
 - Luego de tener los resultados preliminares, se hace dilución del residuo con material de descapote de la misma área, el cual es rico en materia orgánica. La relación de mezcla del material es 2:1. Este material es mezclado con la retroexcavadora.
 - Se hace la homogenización del residuo, tratando de dejar una capa de material de 0.30 m.

- Una vez extendido y homogenizado el material, se aplica agua hasta obtener un porcentaje de humedad entre el 60 y 80%. Además se adicionan los catalizadores necesarios (materia orgánica, melaza, urea, entre otros), para que sea más rápida la efectividad del tratamiento.
- Mensualmente se hace un seguimiento y monitoreo al residuo que se está tratando, verificando parámetros como TPH del suelo. Estos parámetros se monitorean hasta que el residuo cumpla con los requerimientos exigidos por la CAM para la disposición final.
- A medida que se va haciendo el tratamiento, se realiza un proceso de oxigenación del residuo. Esto se hace con tractor utilizando arado de discos; este proceso de arado tiene una duración de 2 horas diarias, todos los días de la semana, por un periodo de 120 días.

VIII. Interpretación de resultados:

- Luego de tener los datos preliminares y de determinar el tiempo del tratamiento, El Coordinador Ambiental debe diligenciar la **Forma MIR-009 en medio magnético de “Seguimiento Tratamiento de Residuos Sólidos”**, donde se relacionan los datos de empresa, volumen, fecha de toma de muestras y resultados de los parámetros medidos (TPH) y observaciones de las actividades que se han realizado en el área.
- Este reporte se debe diligenciar a cada una de las compañías a las que se les está haciendo tratamiento en el área de Land Farming, estableciendo así la efectividad del mismo.
- Al finalizar el tratamiento se hace otro muestreo del residuo en presencia de un funcionario de la CAM para verificar las características fisicoquímicas del suelo y lixiviados establecidas en la Resolución 1500 de Agosto 23 de 2006, para disposición final y tramitar ante la autoridad ambiental el certificado.

Nota: El tiempo de finalización del tratamiento depende del tipo de residuos y la eficacia del producto aplicado.

ETAPA V. DISPOSICION FINAL

DEPARTAMENTO: TECNICO

TITULO: **DISPOSICIÓN FINAL**

REFERENCIA: FORMA MIR-005

1. RESPONSABILIDADES

Los Operarios de la Planta, cada uno es responsable de establecer manejar, almacenar y disponer de los residuos de forma adecuada, en las áreas establecidas para realizar dichos procesos.

El Coordinador Ambiental es responsable de revisar los resultados de los tratamientos realizados a los residuos y de disponer los recursos necesarios para implementar las medidas necesarias para el funcionamiento adecuado de la planta. Además determina el tratamiento que se aplicará en cada caso.

El Coordinador Ambiental y El Jefe de Planta es el encargado de verificar y realizar el seguimiento al tratamiento que se está aplicando en el área de Land Farming.

2. CONTENIDO

La disposición final de los residuos, se realiza de acuerdo a los tratamientos químicos y por biorremediación aplicados a los residuos sólidos y líquidos. Los parámetros a seguir son los siguientes:

- IV. **Equipos y accesorios:** Para hacer la disposición de los residuos sólidos en el área, se debe contar con retroexcavadora, volqueta, tractor, agua y catalizadores. Cuando se entrega fluido se debe contar con equipos como tracto mula, motobomba, camión de vacío, los cuales se encargarán de transportar el crudo tratado o el agua que ha resultado del tratamiento.

Además se utilizarán algunos equipos del laboratorio como la Centrífuga, para hacer análisis de la muestra a entregar. En caso de no poder hacer los análisis requeridos se contratará a una compañía especialista en el análisis de dichas características.

- VIII. **Permisos de trabajo:** Estas actividades que se ejecutan en el área de Land Farming de volcamiento y mezclado de material, no requieren de permisos de trabajo, pero si de ASTs y procedimientos para la actividad. Para el proceso de movimiento de

residuos al área de Land Fill se requiere realizar permisos de trabajo, para garantizar la efectividad de la actividad y la seguridad de las personas que la ejecutan, debido a la maquinaria que se requiere para dicha actividad.

- IX. **Elementos de protección personal:** Las personas que realizan las actividades de manejo de productos químicos y volteo de residuos sólidos en el Área de Land Farming, deben hacer uso de elementos de protección para evitar accidentes. Estos incluyen: guantes de carnaza ó tipo ingeniero, gafas de seguridad transparentes, mascarilla para polvo ó para vapores orgánicos (si es necesario), botas de seguridad y ropa completa manga larga (overol). Además se cuenta con una ducha lavaojos en caso de emergencia.
- X. **Alcance:** Esta actividad no requiere de permiso de trabajo para su ejecución, ya que es una actividad rutinaria. El objetivo principal es cumplir con las normas establecidas para entrega de los residuos, tanto por la CAM como las compañías generadoras para la entrega.

En el caso de la entrega de crudo, se establecen unos parámetros por la compañía a la que se le hace la devolución. Se debe tomar una muestra para analizar los parámetros establecidos en el momento de la entrega.

- V. **Diseño área de disposición final:** para la disposición final de los residuos se deberá construir el mismo de la siguiente forma:
- El diseño del relleno para la disposición final de los residuos especiales ya tratados, se constituirá en un relleno conformado por tres niveles ó terrazas, apoyado sobre una superficie previamente adecuada e impermeabilizada con material arcilloso y geomembrana. La terraza más baja (1) tendrá una altura máxima de 2.0 m, la terraza intermedia (2) tendrá una altura de 1.0 m y la terraza final (3) tendrá una altura de 1.5 m. La disposición final de los residuos se realizará iniciando en la terraza más baja (terrazza 1).
 - En dicha área de disposición final de los residuos especiales y especialmente donde aflora la unidad hidrogeológica de limos arcillosos (B-1-2), y donde se encuentren materiales permeables como areniscas finas y limos dentro de la unidad geológica de arcillas (B-1-1) se deberá realizar un acondicionamiento de la misma a través de la instalación de cunetas perimetrales para evacuación de aguas lluvias; construcción de un sistema de impermeabilización de la base constituido básicamente primero por una capa de arcilla e 0.6 a 1.0 m de espeso, arcilla que debe presenta un limite líquido (LL), entre 25 y 30%, un límite plástico (Lp) entre 10 y 15%, la arcilla se dispondrá compactándola en niveles sucesivos de 20 cm, con un contenido de humedad del 15% y finalmente logrando una permeabilidad o conductividad hidráulica menos a 1×10^{-7} cm/seg., realizando en ella pruebas o ensayos de conductividad hidráulica, Segundo y posteriormente sobre la arcilla dispondrá una geomembrana como mínimo de 40 miles (1.0 mm) y tercero una capa de arena de 10 cm .

- En la base del relleno y sobre la geomembrana se instalará una red de filtros de sección rectangular, para la recogida de lixiviados, constituida básicamente por tubería PVC de 4" perforada y rodeada de gravilla de 1" contenidos dentro de un geotextil. Sobre la base y paredes de la sección rectangular del filtro igualmente se deberá instalar previo a la geomembrana la capa de arcilla con las características técnicas de instalación antes descritas.
- Los empalmes de la red de filtros y la recolección final de lixiviados se desarrollara a través de del diseño de cajas de empalmes y alberca colectora de lixiviados, respectivamente, de acuerdo a los diseños establecidos, además se deberán construir chimeneas para la evacuación de gases teniendo en cuenta su diseño al sistema para la toma de muestras de los mismos al igual que la terminación de las cajas de empalmes.
- Los residuos se dispondrán en celdas y deberán tener un recubrimiento de 0.25 m con material de cobertura que por sus características y granulometría permite un drenaje vertical del lixiviado de los niveles superiores, el cual se recepcionará y evacuará fuera del relleno mediante el sistema de drenaje construido en la base de este.
- El sistema de cobertura final deberá consistir en orden ascendente de la instalación de material, capa de arcilla compactada de 0.60 m con las características de instalación similar a lo descrito en la base del relleno, capa de drenaje lateral de mínimo 0.2 m de espesor, cubierta de geotextil, capa de soporte vegetativo o suelo orgánico y cubierta de especies gramíneas.
- Tanto el talud de cada nivel como la terminación sur y oriental de las terrazas del relleno se han diseñado con pendiente 2:1 y la cobertura de cierre final de las mismas deberán corresponder al diseño definido para la cobertura de cierre final de la parte superior del relleno explicado en el anterior párrafo.

VI. **Procedimiento:** La disposición final de los residuos se puede hacer de dos formas:

1. Los residuos sólidos, posterior al proceso de biodegradación, deberán ser dispuestos e integrados con los suelos del área de tratamiento de la Planta, para su reutilización en nuevos ciclos de tratamiento.
2. Después de tratados los residuos sólidos y cumpliendo con los parámetros establecidos en la Resolución 0765 de 2001, estos serán llevados al relleno conformado por tres niveles, la disposición se realizará iniciando por la terraza mas baja.
3. El agua resultado del tratamiento de crudo, tiene dos formas de disposición: si el agua es salada se envía a la operadora generadora para que la disponga; si el agua es dulce, se distribuye en el área de Land Farming para humedecimiento de la misma.

El residuo entregado (sea agua, sólido o crudo tratado), se registra por la Coordinadora Ambiental o el Jefe de la Planta en la **Forma MIR-005 de “Registro Entrega de Residuos”**, donde se registran los datos de la compañía, origen y destino del residuo, volumen, vehículo en el que se transporta, y caracterización del residuo.

BIBLIOGRAFIA

- Aroca Ángela María., 2008. Manual del Sistema Integral de Gestión de HSEQ (SGI) ATP Ingeniería Ltda. Sección Operaciones, Versión 3.
- Aroca Ángela María., 2008 Manual de Procedimientos Técnicos ATP Ingeniería Ltda.
- ASTM D 96 / 1998 (R2000). Método de prueba estándar para agua y sedimentos en crudos por el método de la centrifuga (procedimiento de campo)
- ASTM D 1293 / 1995 (2005). Método estándar para determinación del pH en agua
- ASTM D 512 - 2004. Método de prueba estándar para ion cloruro en agua
- Ministerio de Transporte. Decreto 1609 31 de Julio de 2002. Por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial. Decreto 4741 30 de Diciembre de 2005. Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral.
- Olaya Magda Milena., 2008. Manual del Sistema Integral de Gestión de HSEQ (SGI) ATP Ingeniería Ltda. Sección Operaciones, Versión 6.

CONCLUSIONES

- Se recopiló, organizó y clasificó toda la información perteneciente a la empresa acerca de las etapas que incluye el proceso de manejo integral de desechos o residuos.
- Por medio de visitas técnicas se evidenció, la zonificación de las áreas destinadas para el tratamiento y almacenamiento al interior de la planta, así como los procesos empleados dentro de esta para el almacenamiento, tratamiento y la disposición de residuos.
- Se documentaron técnicamente los procesos de recolección, transporte, tratamiento y disposición final de residuos especiales y peligrosos.
- Este manual es de gran importancia ya que integra las operaciones que realiza la empresa durante las etapas de recolección, transporte, almacenamiento, tratamiento y disposición final de residuos especiales y peligrosos, permitiendo tener una fuente de información organizada y de fácil acceso.
- El manual puede ser usado como un texto de aplicación directa al realizar o evaluar una operación que implique el manejo de residuos, una herramienta para la capacitación de personal de la empresa y modelo para la elaboración de otros manuales de procedimientos.

RECOMENDACIONES

- Realizar una revisión periódica del manual, para que este sea actualizado integrando los nuevos procedimientos y equipos que sean implementados por la empresa ATP ingeniería.
- Documentar no solo de forma escrita sino por medio de ayudas audiovisuales como imágenes y videos todas las operaciones que lleva a cabo la empresa ATP ingeniería en el manejo integral de residuos. Para que estas también puedan ser utilizadas e integradas dentro del manual como una fuente de información.
- Es de suma importancia que el contenido de este manual sea conocido por todos los trabajadores que realizan las diversas operaciones en el tratamiento de residuos, así como también debe ser accesible a los mismos para que sea utilizado en cualquier momento como fuente de información.
- Como apoyo directo al presente manual, se recomienda realizar un manual de procedimientos específicos de las anteriores operaciones y de los equipos involucrados en el tratamiento de residuos.