



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

REAPROVECHAMIENTO DEL FLUIDO Y
DESTINO DE LOS RECORTES DE
PERFORACION PARA PROTECCION
DEL MEDIO AMBIENTE

T E S I S

Que para obtener el título de
INGENIERO PETROLERO

p r e s e n t a

JESUS CUAUHEMOC CORTES ZAVALA



Director de Tesis: QUIM. ROSA DE JESUS HERNANDEZ ALVAREZ

México, D. F.

Octubre, 2000



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-I-1074

SR. JESUS CUAUHEMOC CORTES ZAVALA
Presente

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso la profesora Quím. Rosa de Jesús Hernández Álvarez y que aprobó esta Dirección para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de Ingeniero Petrolero:

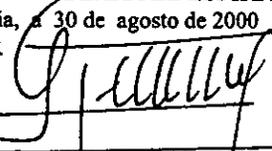
**REAPROVECHAMIENTO DEL FLUIDO Y DESTINO DE LOS RECORTES DE
PERFORACION PARA PROTECCION DEL MEDIO AMBIENTE**

- INTRODUCCION**
- I ASPECTOS GENERALES Y DEFINICIONES**
- II LEGISLACION AMBIENTAL MEXICANA E INTERNACIONAL**
- III FLUIDOS DE PERFORACION Y SU CONTROL PARA UNA RECUPERACION
UTILIZABLE**
- IV CONTAMINACION AMBIENTAL OCASIONADA POR LA INDUSTRIA
PETROLERA**
- V LA INDUSTRIA PETROLERA FRENTE A LA CONTAMINACION**
- VI CONCLUSIONES**
- BIBLIOGRAFIA**

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo, le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que se deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar examen profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, a 30 de agosto de 2000
EL DIRECTOR


ING. GERARDO FERRANDO BRAVO

GFB*RLLR*gtg

R

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIVISIÓN DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE EXPLOTACIÓN DEL PETRÓLEO

TÍTULO DE LA TESIS:

REAPROVECHAMIENTO DEL FLUIDO Y DESTINO DE LOS RECORTES DE
PERFORACIÓN PARA PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

TESIS PRESENTADA POR:

CORTÉS ZAVALA JESÚS CUAUHTÉMOC

DIRECTOR DE TESIS:

QUIM. ROSA DE JESÚS HERNÁNDEZ ALVAREZ

JURADO DE EXAMEN PROFESIONAL

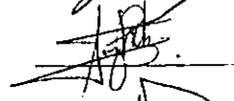
PRESIDENTE: DR. DANIEL GARCÍA GAVITO



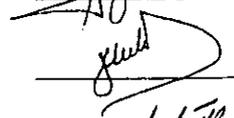
VOCAL: QUIM. ROSA DE JESÚS HERNÁNDEZ ALVAREZ



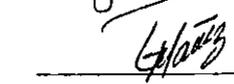
SECRETARIO: M. I. JOSÉ MARTÍNEZ PÉREZ



1ER. SPTE: M. I. JOAQUÍN MENDIOLA SÁNCHEZ



2DO. SPTE: ING. NORMA A. GARCÍA MUÑOZ



ÍNDICE

	PÁGINA
AGRADECIMIENTOS	i
ÍNDICE	ii
LISTA DE FIGURAS	iv
LISTA DE TABLAS	v
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I. ASPECTOS GENERALES Y DEFINICIONES	3
I.1. Desecho Sólido.	4
I.2. Tratar un Desecho.	4
I.3. Desechos Industriales.	6
I.4. Características Específicas de los Desechos Industriales.	7
I.5. Los Inventarios.	7
I.6. Recolección de los Desechos Industriales.	8
I.7. El Depósito de los Desechos Industriales.	9
I.8. Tratamientos Físico-Químicos.	14
I.9. Emulsiones Aceitosas y Solventes Clorados.	17
CAPITULO II. LEGISLACIÓN AMBIENTAL MEXICANA E INTERNACIONAL.	21
II.1. Legislación Ambiental Mexicana.	21
II.2. Legislación Ambiental Internacional.	36
II.3. Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte.	38
CAPITULO III. FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y SU CONTROL PARA UNA RECUPERACIÓN UTILIZABLE.	47
III.1. Definición.	47
III.2. Funciones de un fluido de perforación.	49
III.3. Factores de Influencia de un Fluido de Perforación.	53
III.4. Criterios para Seleccionar un Programa de Fluidos de Perforación.	56
III.5. Propiedades Importantes del Lodo para una Optima Perforación.	58
III.6. Tipos de Fluidos de Perforación.	60
III.7. Clasificación y Descripción de los Fluidos.	65
III.8. Análisis Químico, Aditivos y Reactivos de los Fluidos de Perforación.	87

CAPITULO IV. CONTAMINACIÓN AMBIENTAL OCACIONADA POR LA INDUSTRIA PETROLERA.	100
IV.1. Fuentes de contaminación.	100
IV.2. Efectos de los derrames del petróleo en tierra o en el mar.	103
IV.3. Contaminación del aire por uso del petróleo.	103
IV.4. Contaminación acontecida durante la perforación y producción en tierra y en el mar.	104
IV.4.1. Fuentes de contaminación.	104
IV.4.2. Contaminación operacional.	105
IV.4.2.1. Equipo de seguridad del pozo.	106
IV.4.2.2. Remoción de los derrames de aceite.	107
IV.4.2.3. Generación de desechos en pozos petroleros.	108
IV.4.2.4. Fuentes emisoras de desechos en la perforación de pozos.	108
IV.4.2.5. Tratamiento a recortes de perforación.	109
IV.4.2.6. Tratamiento de lodo de perforación a base de agua.	114
IV.4.2.7. Tratamiento de lodo de perforación a base de aceite.	115
 CAPITULO V. LA INDUSTRIA PETROLERA FRENTE A LA CONTAMINACIÓN.	 119
V.1. Introducción.	119
V.2. Acciones preventivas, correctivas y predictivas.	119
V.3. Marco de referencia ambiental.	121
V.4. Estrategias para la protección del medio.	122
V.5. Tecnologías para el tratamiento a recortes de perforación.	127
V.5.1. Lavado de recortes.	127
V.5.2. Inyección de recortes.	128
V.5.3. Proceso térmico para la limpieza de los recortes.	128
V.5.4. Proceso químico de eliminación de aceite de los recortes.	129
V.5.5. Proceso biológico de descontaminación de recortes.	129
V.6. RIMSA como centro de tratamientos y disposición final (confinamiento) De residuos impregnados de hidrocarburos y otros en México.	129
 CAPITULO VI. CONCLUSIONES.	 152
 BIBLIOGRAFIA.	 155

LISTA DE FIGURAS**PÁGINA**

I.1. Contenedor donde se Almacenan Fluidos o Recortes de Perforación.	10
I.2. Deposito sobre Áreas Naturales (Actualmente Prohibidos).	11
I.3. Deposito Controlado de Residuos Industriales Compañía RIMSA En San Bernabé, Nuevo León, México.	11
I.4. Confinamiento de Recortes de Perforación Impregnados con Hidrocarburos Estados Unidos de Norte América.	14
III.C. Componentes Principales, Equipo Acceso y Auxiliar de Perforación.	53
III.D. Presas de Lodo.	55
III.1. Tensión Interfacial.	64
III.2. Respuesta de un Fluido a la Acción de un Esfuerzo.	66
III.3. Fluido Newtoniano.	68
III.4. Fluido Plástico de Bingham.	69
III.5. Fluido Seudoplástico.	70
III.6. Fluido Dilatante.	70
III.7. Fluido Seudoplástico y Dilatante con Punto de Cedencia.	71
III.8. Fluido Tixotrópico.	72
III.9. Fluido Reopectivo.	72
III.10. Viscosímetro Rotacional FANN 35-VG.	79
IV.1. Sistema para Lavado de Recortes de Perforación.	111
IV.2. Contenedores para Recortes de Perforación para su Fácil Traslado, Compañía Fluid Transports INC, en el Condado de Roma, Texas.	112
IV.3. Confinamiento de Recortes de Perforación Impregnaos con Hc's, Compañía U.S. Liquids of LA, L.P. en Zapata, Texas, U.S.A.	113
IV.4. Planta de Tratamiento para Fluidos de Perforación, Compañía BAKER HUGHES (INTEQ), Reynosa, Tamps.	116
IV.5. Tanques de Recepción de Fluidos a base de Aceite de Diferentes Densidades, Compañía Baker Hughes (INTEQ), Reynosa, Tamps.	117
IV.6. Tanques de Almacenamiento de Fluidos de Perforación a base de agua o Aceite, Compañía Baker Hughes (INTEQ), Reynosa, Tamps.	117
IV.7. Plancha de Cemento para cualquier Derrame, Compañía Baker Hughes (INTEQ), Reynosa, Tamps.	118
V.1. Equipo Recuperador de Aceite Barrera Vikoma Weir Boom.	125
V.2. Centros de Control de Derrames y Áreas Susceptibles de Afectación.	126
V.3. Manifiesto de Entrega, Transporte y Recepción de Residuos Peligrosos.	140
V.4. Diagrama para el Manejo del Manifiesto de RIMSA.	142
V.5. Ejemplo de Manifiesto de Entrega, Transporte y Recepción de Residuos (Recortes Impregnados de Hc's), Reynosa, Tamps. (RIMSA).	143

LISTA DE TABLAS

PÁGINA

III.A. Componentes de un Fluido de Perforación.	47
III.B. Análisis Químico, Aditivos y Reactivos de los Fluidos de Perforación.	48
III.1. Clasificación Reológica de los Fluidos.	68
IV.A. Clasificación de Desechos Contaminantes en Perforación Debido a su Importancia.	109

INTRODUCCION

En esta época es difícil encontrar un problema de mayor actualidad que el de la conservación del medio ambiente. Su importancia reside en que de no detenerse el proceso progresivo de destrucción de la biosfera, se puede originar el desmoronamiento de las condiciones naturales de existencia de la humanidad.

De la correcta solución del problema de la conservación del ambiente depende mucho la posibilidad de desarrollo de la economía nacional, así como, el bienestar y la vida no solo de las generaciones actuales, sino también de las futuras.

Ahora bien, como el crecimiento ininterrumpido del desarrollo económico va inevitablemente acompañado de una explotación cada vez mayor de los recursos naturales, así como, del deterioro de la calidad del ambiente, lógicamente ha conducido a conferir una gran importancia teórica y práctica al problema de encontrar los nexos óptimos entre la economía y el ambiente, entre las necesidades de desarrollo y la protección y mejoramiento del medio habitado por el hombre.

En un país petrolero como México se necesita tener protección adecuada del medio con el fin de que la contaminación no lo afecte; es por eso que una de las principales preocupaciones del ingeniero petrolero debe ser la de proteger el medio ambiente.

Entre el desarrollo de la industria petrolera y la ecología existe una estrecha relación que no pasa desapercibida, debido a la responsabilidad que como individuos y como industria comparten la de respetar la vida y el ambiente.

En los países donde opera la industria petrolera, existe un gran potencial de contaminación ambiental ocasionado por la emisión de humos, polvos y gases, por la extracción de líquidos, la refinación y la producción de petroquímicos.

También por la transportación de crudos y productos refinados, a través de tuberías no exentas de la posibilidad de fugas que pueden contaminar. Las presas que se constrúan para tener los fluidos y recortes de perforación en el mismo campo y que afectaban a las tierras para su cultivo, el agua y la atmósfera.

Si a esto se agregan los derrames de algún pozo descontrolado, se tendrá una gama grande de posibilidades de contaminación.

Es más, aun durante la etapa de exploración se tiene un impacto sobre el medio al realizar exploraciones de geología superficial, estudios geofísicos de gravimetría, magnetometría y sismología.

Sin embargo, si hay algo de lo que se puede estar seguro con respecto a la contaminación es que se dispone de los medios y la capacidad para disminuirla, el ejemplo que podemos poner es de reciclar o hacer estudios para la reutilización de los

productos empleados. Esto motivo cierta inquietud, lo cual hizo abocarse al estudio de estos medios.

El objetivo de esta tesis es presentar causas, efectos y los medios con los cuales se cuenta para disminuir la contaminación, reutilizar el fluido de perforación y saber el destino de los recortes o sólidos que se tienen durante esta, porque al hacer esto, es tratar de restaurar las condiciones originales ambientales que se encontraban en el lugar en el cual se esta trabajando.

CAPITULO I.

I. ASPECTOS GENERALES Y DEFINICIONES

En la vasta lucha que se libra actualmente para la protección de la naturaleza y de nuestro medio ambiente la eliminación de los desechos sólidos desempeña un papel de suma importancia. Pemex Exploración Producción (PEP) en la Subdirección de Perforación y Mantenimiento a Pozos y en coordinación con compañías que hacen los trabajos de perforación, elaboran estudios para la reutilización de fluidos y el destino de los recortes (sólidos) de la perforación bajo la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección del Medio Ambiente (LGEEPA). Por eso en este capítulo conoceremos a que se le llamamos desecho y cual es su clasificación.

Es importante señalar a que le llamaremos Desecho La definición oficial dice: La LGEEPA, en su artículo 3, define el termino desecho como cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó. Todo desecho no peligroso, independientemente de su forma física, permanece bajo la jurisdicción de los estados, municipios. En el caso de recortes obtenidos durante la perforación de pozos petroleros dependerá da la cantidad y toxicidad de estos, los recortes serán llevados del fondo de la formación a la superficie por medio de un fluido de perforación, posteriormente conocer su tratamiento de dicho fluido, como será su recolección, las características que tendrá el deposito y los tratamientos que se les darán antes de confinarlos, "conviene tener siempre presente que, cuando se habla de un desecho dado, éste acaso lo es sólo en determinada época y para determinado poseedor".

Desecho sólido Si en algunos casos la respuesta es clara, existe otros en que no lo es. No otra cosa ocurre con los sedimentos, los fondos de los recipientes, todo lo que es pastoso. Y la dificultad se hace más grande aún porque la viscosidad de estas materias puede cambiar en función del tiempo y la temperatura.

La eliminación de los desechos sólidos es un elemento importante en la lucha que hoy se ha emprendido para la protección de la naturaleza y de nuestro medio ambiente.

Diferencia entre desechos sólidos y líquidos. Si el hecho de no ser bombeables genera obligaciones particulares, especialmente para la manipulación, no hay que olvidar que algunos desechos líquidos requieren tratamientos especiales cuya complejidad y precio de costo se equiparan con los de otros muchos desechos industriales sólidos. De hecho la verdadera distinción que cabe establecer debe referirse al contenido de agua de los desechos que se podría calcular en el 95%, se puede hablar de un "agua residual", cuyo tratamiento no tocaremos en esta tesis, requiere todo un conjunto de técnicas especiales. Los métodos de tratamiento se asemejan mucho a las técnicas de eliminación de los desechos sólidos.

Más bien que de “desechos sólidos”, habría que hablar, pues, de “desechos con un contenido de agua relativamente alto”. Como ya se hablo con anterioridad de una definición de desecho se puede señalar que es “todo bien mueble destinado por su propietario a ser abandonado”; otra propone lo siguiente: “un material cuyo poseedor no puede ni valorizar, ni arrojar tal como está al medio exterior”. La idea es clara, pero ofrece un aspecto subjetivo. Ella supone, en efecto, que un cierto material sólo debe considerarse desecho si su poseedor no puede valorizarlo, como el aceite usado en la perforación con fluido de emulsión inversa que trataremos en los siguientes capítulos, que actualmente ya no se considera como desecho sino que se lleva a plantas para su tratamiento para volver a utilizarlo.

I.1. DESECHO SÓLIDO.

Si en algunos casos la respuesta es evidente (escombros, recortes de la perforación de un pozo petrolero por citar algunos), existen casos límite, especialmente los sedimentos, los fondos de recipientes, todo lo que es pastoso. La distinción se hace más dificultosa porque la viscosidad de estas materias puede evolucionar en función del tiempo y la temperatura.

En general se considera “sólido” un desecho que es “paleable”, es decir, que se le pueda cargar con una pala; y “líquido”, un desecho que es “bombeable”, esto es, que se le puede aspirar y expulsar con una bomba. Pero como las bombas son cada vez más perfeccionadas, ocurre que hay desechos que son al mismo tiempo “paleables” y “bombeables”, lo que permite elegir entre estos dos grupos de métodos para tratarlos. No está de más recurrir al sentido común para resolver este caso.

I.2. TRATAR UN DESECHO.

Se puede señalar que: “Tratar” significa volver a valorizar el desecho: el caso de todas las clasificaciones, recuperaciones y transformaciones que permitirán encontrarle una nueva utilidad; o bien arrojarlo al medio exterior sin perjuicio desmedido.

Sin embargo señalemos que el daño es de naturaleza cualitativa: las descargas de basura se consideran indeseables porque desfiguran el paisaje; y es evidente que esto no puede ser evaluado cuantitativamente. Otro caso: volcar aguas de desecho en los ríos se considera inaceptable porque matan a los peces; y entonces algunos han tratado de comparar el precio del pez destruido con el de una estación de depuración. Pero tal estudio sólo lleva mayor confusión a los defensores de la naturaleza, porque en la mayoría de los ríos sólo viven peces de un valor comercial muy escaso, mientras que en una estación de depuración siempre resulta molesta, tanto por la inversión que demanda como por su explotación. Dejar desechos de los fluidos de perforación en el campo y que afectara a la tierra para su cultivo. Un río transparente, agradable, es un verdadero tesoro para toda la población; pero de naturaleza cualitativa. En esta época, donde sólo

se aceptan datos cuantificables, no es fácil tomar en cuenta tales criterios. Esto explica los numerosos malentendidos que se han dado entre los defensores de la naturaleza, los técnicos, los financieros, los economistas, etc.

Las principales fuentes de perjuicio pueden provenir:

- De la aparición de nuevos cuerpos tóxicos (por ejemplo cianuros, cromo hexavalente, pesticidas, etc.).
- Con mayor frecuencia, de una concentración de cuerpos que ya existen en la naturaleza en forma mucho más diluida (metales pesados, materias orgánicas o radioactivas, etc.).
- Y también con frecuencia, de la acumulación de materiales inertes inutilizables (escombros, recortes de la perforación de pozos petroleros, sedimentos tratados o no, etc.).

Eliminar los desechos da lugar a cuatro técnicas:

- El depósito, que debe efectuarse según las reglas, y que ahora es objeto de una reglamentación precisa, puede incluir un tratamiento in situ.
- Los procedimientos fisico-químicos, que utilizan métodos análogos a las industrias de fabricación.
- Los procedimientos biológicos, que hacen intervenir a los microorganismos encargados en la naturaleza de volver hacer entrar en el circuito a las moléculas elaboradas por los seres superiores.
- La incineración.

Estas técnicas ofrecen ventajas e inconvenientes:

- El depósito es el método menos molesto, pero suele acentuar frecuentemente la concentración de productos tóxicos.
- Los procedimientos fisico-químicos pueden adaptarse a cada caso particular, pero están limitados por la propia naturaleza de las reacciones que dan lugar.
- Los procedimientos biológicos reintegran a los residuos a sus circuitos naturales, pero no pueden actuar sobre muchos tóxicos.

- La incineración es un medio de oxidación poderoso, que permite además pensar en una recuperación de energía; pero no se puede aplicar más que a lo que se quema, y eso con la condición de que los humos generados sean aceptables.

No hay, pues, una solución única, y es la propia naturaleza del desecho la que decidirá la elección de la empresa que lo tratara o confinara en su caso.

Existen los desechos domiciliarios y desechos industriales.

En esta tesis no trataremos los desechos domiciliarios pero podemos resumir que es: "Todo lo que cabe en el cubo de basura".

I.3. DESECHOS INDUSTRIALES

Para poder considerar un desecho industrial, deben tomarse en cuenta prioritariamente dos elementos:

- **La cantidad.**
- **La toxicidad.**

Se habla de desecho industrial cuando las cantidades a tratar son notablemente mayores que las de un particular.

Se considerará también como industrial todo desecho, aunque se encuentre en débil cantidad, cuya toxicidad se considera suficiente para impedirle la entrada en un depósito corriente. Esta noción de toxicidad no resulta tan evidente como parece a primera vista.

Se puede incluir entre los desechos las aguas de enfriamiento o en el caso de desechos sólidos las tierras que provienen de trabajos de excavación o de canteras, por ejemplo, las aguas de enjuagar, muy diluidas, que pueden verterse en el medio exterior.

I.4. CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DE LOS DESECHOS INDUSTRIALES.

Además de su volumen y toxicidad, los desechos industriales presentan varias características muy particulares:

- Una cierta irregularidad en su producción y entrega. En efecto, por ser el producto de la actividad industrial, depende en gran medida de las fluctuaciones diarias y periódicas. Si una fábrica se ve obligada a cambiar su modalidad de fabricación para seguir la evolución del mercado, necesariamente los desechos cambiarán, pues la finalidad de una industria es siempre satisfacer a una clientela y no producir desechos. Y como un desecho es sobre todo el conjunto de lo que era indeseable en la materia prima que se le entrega a la fábrica, su composición cambiará con la de esta materia prima.
- Una gran variedad de productos homogéneos, sobre todo si se los compara con los restos domiciliarios, cuya heterogeneidad es sensible, tal como se comprueba con sólo examinar un simple cubo de basura. Una carga de desechos industriales suele estar constituida por un único producto; pero hay muy pocos puntos de contacto entre el fondo de un recipiente, las tierras de filtrado, los alquitranes sulfúricos o los polímeros que no son apropiados para la fabricación posterior.
- La presencia de sustancias pastosas cuya viscosidad varía con la temperatura.
- La presencia de materiales corrosivos, por acidez, alcalinidad u otra propiedad química.
- La evolución química que puede producirse, no sólo en el tratamiento, sino también en el almacenado si por razones de facilidad de transporte o explotación, se mezclan desechos que pueden reaccionar entre sí.
- La presentación. Muchos desechos llegan unidades recolectoras, pero no es raro que se les reúna en toneles metálicos o de material plástico. La manipulación de mover las cosas de un lugar a otro y después el tratamiento de los toneles, debe ser una de las mayores preocupaciones de un centro de tratamiento.

Todo estudio de eliminación debe comenzar, pues, por un examen profundo de los datos del problema.

1.5. LOS INVENTARIOS

1. Generalidades. Es posible pensar en un inventario de desechos para conocer la situación de una región o una rama de actividad, o para evaluar la clientela potencial de un centro que se proyecta. El punto de vista que se elija influirá en la elección de las personas a consultar. Para evaluar a una clientela potencial, cabe limitarse a los principales industriales; pero entonces habrá que ver con precisión qué aportarán éstos. Por el contrario, trazar el panorama de los desechos de una región, supondrá una selección previa de las empresas a consultar, según su importancia y el tipo de su actividad.

2. Elaboración de los inventarios. Hay que tomar en cuenta diferentes características. Las propiedades físicas (presentación, viscosidad, temperatura); la composición química; la toxicidad, que puede depender de la concentración; y, en el caso de un censo general, los tratamientos actuales o que se encargarán en el futuro, así como las posibilidades de valorización y reconversión.

La síntesis de todos estos resultados, a veces bastante delicados, permite trazar un panorama de la situación actual y decidir las líneas principales de conducta a seguir, tanto en lo referente a la reglamentación como a los proyectos técnicos. Un elemento importante en la elaboración de estos últimos es la posibilidad de transportar los desechos a distancias bastante largas. Puede establecerse una política de conjunto con el fin de lograr que se utilicen los centros de tratamiento en lo máximo de su capacidad nominal, para evitar el absurdo de que se multipliquen instalaciones que algunos meses después deberán demolerse.

3. Distribución de los desechos según los inventarios. De una manera esquemática, se puede decir que los desechos que se depositen, es decir que sean suficientemente sólidos e inertes, representan los dos tercios de los desechos industriales, que por lo demás no pueden volver a utilizarse. Los desechos para los cuales la incineración parece ser la solución mejor, constituyen la cuarta parte del total. El resto, o sea alrededor del 10%, debe pasar por un tratamiento más o menos completo (neutralización, desintoxicación, etc.). Y los residuos peligrosos propiamente dichos (tóxicos o que presentan peligros de explosión) representan de 3 a 5% del total.

I.6. RECOLECCIÓN DE LOS DESECHOS INDUSTRIALES

Esta operación puede tener repercusiones importantes en el tratamiento posterior de los desechos, a causa de los ritmos de entrega, de las mezclas efectuadas, del modo de presentación, etc. La recolección y transporte forman parte integrante de la eliminación de los desechos, de la que constituye una etapa importante. Las principales dificultades que deben resolverse son las siguientes:

- El cargado (a veces es difícil agrupar algunas sustancias pastosas).
- La variedad de los productos a transportar, aunque provengan de un mismo cliente. Los desechos pueden presentarse en montones sólidos, en unidades de recolección, en montones pastosos que puedan bombearse a una temperatura más o menos elevada, en bolsas, en cartones, en toneles de metal o de material plástico, de 20 a 200 litros.
- La toxicidad o las preocupaciones especiales que se requieren, especialmente en caso de punto de inflamación muy bajo, lo que ocurre con los desechos líquidos, pero

también con los sólidos cuando no hay impregnación del sólido por líquidos volátiles.

- El ritmo de evacuación y de entrega, pues los industriales desean que se les retire cuanto antes sus desechos (el caso de limpiezas) y pueden ocurrir que los centros se encuentren prácticamente saturados.
- La compatibilidad de los desechos entre sí; aun cuando las mezclas suelen ser inevitables, es preciso de todos modos que el transporte sea posible (algunos desechos pueden incendiarse por influencia de otros desechos) y que la mezcla se puede tratar en el centro: no hay que olvidar que lo que se transporta mezclado, se depositará y tratará también mezclado.
- La determinación exacta de los desechos: el recolector debe cuidarse de no transportar cualquiera, sin importar su carácter. Esto es así particularmente en el caso de los desechos en toneles, con los cuales puede haber confusiones de graves consecuencias.

Se comprende, pues, que se trata de un oficio particular, que debe ser ejercido por profesionales que respeten bien sus deberes. Algunas empresas de depósito exigen que se recurra a empresas de recolección habilitadas para tener derecho a las subvenciones establecidas.

El material del que se sirven las empresas de recolección y transporte es extremadamente variado: unidades móviles para las sustancias pastosas paleables, además de todas las variedades de "succionadoras" y camiones de limpieza. En todos los casos deben respetarse las normas de seguridad, que son más severas para los desechos especiales que deben atravesar una o varias fronteras.

Entre el industrial y el eliminador, el recolector de desechos hace las veces de puente, lo que muestra claramente la importancia de su función.

En la fig.I.1. Se tiene un contenedor en el cual son depositados tanto el fluido como los recortes de perforación, para posteriormente ser llevados a tratamiento o a un depósito controlado fig.I.3. y fig.I.4., para no dañar el medio ambiente en el que se trabaja.

1.7. EL DEPÓSITO DE LOS DESECHOS INDUSTRIALES

El depósito consiste en acumular los desechos en un terreno y esperar a que el tiempo haga su obra. Este tratamiento existe desde la más remota antigüedad: algunos depósitos hacen las delicias de los arqueólogos, que pueden así reconstruir la vida de nuestros antepasados lejanos.

Existen tres grandes grupos:

- El depósito bruto, también llamado simple o salvaje.

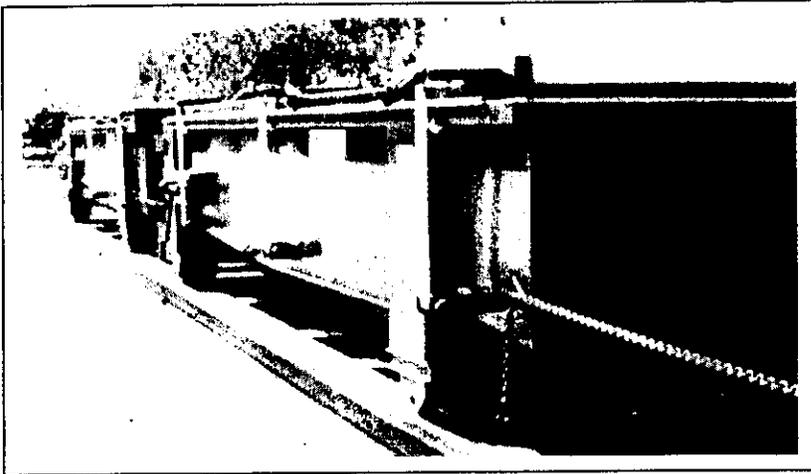


Fig. I.1. Se puede apreciar que ahora los contenedores donde se almacenan los fluidos como los recortes de perforación están sobre rieles para su rápido transporte a las plantas o confinamientos según se requiera. Compañía fluid transports Inc., en el Condado de Roma, Texas.

- El depósito controlado, con o sin trituración previa.
- El depósito compactado.

I.7.1. El depósito bruto. Como su nombre lo indica, consiste en volcar pura y simplemente las basuras, ya sea en una excavación preparada previamente, o bien al borde de un acantilado, desde donde caen, como se muestra en la fig.I.2.

Su aspecto es evidentemente bastante poco atractivo, en la mayoría de los casos, estos residuos constituyen un verdadero criadero de insectos, ratas y otros pequeños roedores, que encuentran allí alimento. Todavía hace algunos años así era el depósito de los recortes de la perforación que se encontraba a un lado de las instalaciones.

I.7.2. El depósito controlado. Desde fines del primer cuarto de siglo, esta técnica fue experimentada y practicada en varios países, especialmente en los Estados Unidos, que disponen de mucho espacio.

Un depósito controlado consiste en aplastar las basuras todos los días o cada dos días con la niveladora, y recubrirlas con alguna capa de materiales que cumplen una función de pantalla contra los insectos o los roedores, al tiempo que les permite a las materias

allí depositadas recibir siempre el aire necesario para su transformación, pues una evolución sin aire equivaldría a una putrefacción generadora de malos olores.



Fig. 1.2. Se puede apreciar como hace algunos años el deposito se hacia sobre áreas naturales y que no se tenia un buen control sobre estos.

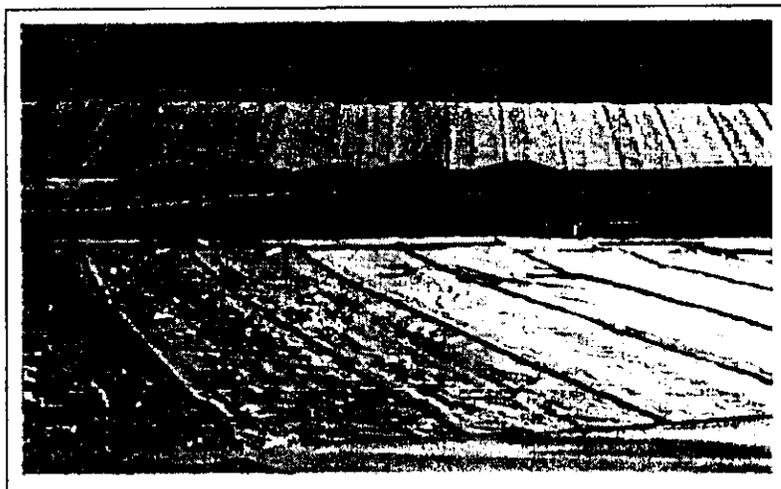


Fig. 1.3. Deposito controlado de Residuos Industriales, Compañía Rimsa en San Bernabé, Nuevo León, Mex.

Este tipo de depósito requiere, eso sí, que se ocupen seriamente de él. En particular es importante la elección del material de recubrimiento, ya que debe dejar pasar el aire, lo que excluye las rocas compactas como la arcilla, pero debe detener a los insectos y ello excluye a los guijarros que dejan intersticios demasiados grandes. La arena reúne todas las cualidades requeridas, pero su precio obliga casi siempre a descartarla en beneficio de una tierra más o menos acreada.

Cuando ha sido bien trabajado, este tipo de depósito presenta el aspecto de una cantera terraplenada, y no causa absolutamente ningún perjuicio al vecindario. Incluso no es raro que muchos de los que viven en las cercanías ignoren su destino exacto.

1.7.3. El depósito compactado. El desarrollo de esta técnica es reciente. Se trata de meter las basuras entre dos barreras de tierra bastante próximas, aproximadamente de 3 a 4 metros, y compactarlas todo lo que se pueda con un aparato apropiado. Así comprimidas las basuras evolucionan muy lentamente y se les pueda dejar varios días sin recubrir. Hasta es posible remodelar de este modo algunos paisajes; por ejemplo volver a rellanar antiguas canteras.

Recientemente han aparecido aparatos que permiten un compactado correcto sin que sea necesario construir barreras de tierra.

Precauciones a tomar. Los depósitos están clasificados como establecimientos de primera categoría que sólo pueden implantarse después de una investigación geológica seria, tendiente a determinar si corresponde o no proteger el subsuelo. Esta protección puede lograrse mediante una capa de material impermeable como la arcilla, o con un material enteramente artificial. Se han adoptado numerosas medidas para apreciar la contaminación de las aguas provenientes del filtrado de las precipitaciones atmosféricas en un depósito. Aunque estas medidas son difíciles de interpretar, parece haberse establecido que, si el depósito se ha hecho debidamente, sólo se encuentra en las aguas filtradas, materias oxidadas, nitratos o fosfatos, y en cantidades relativamente pequeñas. Por lo tanto es raro que un depósito constituya un peligro real de contaminación de las capas subterráneas. Sin embargo, las autoridades prefieren mantener una actitud de desconfianza, y tratan de alejar este tipo de explotación de las aglomeraciones y de las perforaciones de aguas destinadas a la distribución.

Dentro del servicio de eliminación de desechos habrá que incluir los gastos de transporte hasta el depósito.

En el caso de los desechos pastosos, hay que prestar particular atención a los productos de licuefacciones que pueden contaminar los depósitos; por esos sólo excepcionalmente se admiten los desechos petroleros en los depósitos corrientes; y en principio se rechazan los líquidos. En general, no se admiten toneles, salvo si sólo contienen desechos sólidos.

Precauciones especiales para los desechos industriales. Estas precauciones tienden fundamentalmente a proteger las aguas.

- a) La primera precaución que debe tomarse es la de conocer los desechos; y por ello, junto a todos los depósitos industriales, existe un laboratorio adecuadamente equipado.
- b) La segunda precaución consiste en impedir todo contacto entre el depósito propiamente dicho y el resto del suelo, valiéndose de un material impermeable. Puede recurrirse a diversas soluciones, desde la hoja de betún o material plástico debidamente protegida, hasta la capa de arcilla más o menos espesa. Es fundamental ser muy cuidadoso en la aplicación y mantenimiento de esta solución. Si se advierte que los residuos pueden dañar la capa protectora, se los debe rechazar.
- c) La tercera precaución es tratar las aguas que corren antes de arrojarlas al medio exterior, lo que supone, primero, que se las pueda recolectar, es decir que se haya construido una red de caños de desagüe y de sumideros. La gran dificultad reside en que suele ignorarse la composición exacta del agua, y por lo tanto el tratamiento que se le debe aplicar. A menudo se recurre a técnicas muy elaboradas, cuyo costo guarda relación con su complejidad. Felizmente los desechos suelen poseer una capacidad de retención bastante importante, lo que permite que la mayor parte del agua se evapore en lugar de correr.

Todas las obligaciones que imperan para los depósitos comunes rigen igualmente para los depósitos industriales, pero aún acrecentadas; en especial, el estudio geológico preliminar y la colocación de los desechos y del material de recubrimiento. Los sitios apropiados para tales depósitos se están inventariando, en el bien entendido de que no se pueden admitir sustancias explosivas, radioactivas, o que contengan los cuerpos tóxicos.

1.7.4. Los depósitos especiales. Para los desechos tóxicos, existen depósitos especiales que aprovechan las configuraciones geológicas excepcionales. Se pueden citar dos tipos, que se encuentran ya en funciones en Alemania y México:

Los depósitos sobre lenticulas de arcilla. Algunos yacimientos del subcretáceo, de varias decenas de kilómetros cuadrados de superficie, tienen un espesor que en algunos lugares sobrepasa los 150 m. La arcilla está recubierta de capas cuaternarias de 2 a 3 metros de espesor. Por su naturaleza, este yacimiento está prácticamente aislado de la capa freática, y es particularmente interesante para un depósito de desechos industriales especiales por cuanto a la arcilla, muy compacta, presenta el aspecto de una roca esquistosa. El depósito se encuentra entonces protegido de las aguas superficiales por un sistema de terraplenes y hondonadas de retención: las aguas situadas inmediatamente por debajo de la superficie del suelo, son recogidas por drenajes concéntricos, donde la parte inferior de las canalizaciones se encuentran en la unión de las capas cuaternarias y de la arcilla del sub-cretáceo: Estos caños de desagüe conducen a una fosa central de bombeo, desde donde las aguas se extraen y evacúan.



Fig. I.4. Confinamiento de Recortes de perforación impregnados con hidrocarburos, Estados Unidos de Norte América.

1.8. TRATAMIENTOS FÍSICO-QUÍMICOS

Este tipo de técnicas es el único posible para los desechos industriales o combustibles que no pueden depositarse y cuya toxicidad es demasiado elevada para permitir una degradación biológica en plazos aceptables.

Este tipo de desechos suele depositarse en forma líquida, que es más cómodo de transportar, manipular y almacenar: las reacciones químicas son más fáciles, pues dos líquidos se mezclan en general muy bien; en todo caso mejor que dos sólidos.

Se distinguen en esta categoría:

- Los desechos cuya nocividad reside en un pH extremo, licores ácidos o básicos.
- Los desechos con fuerte contenido en materias aceitosas.
- Los desechos tóxicos propiamente dichos, que contienen:
 - Venenos verdaderos, como los cianuros, el arsénico, el cromo hexavalente.
 - O simplemente cuerpos indeseables, como la mayoría de los metales pesados.

Algunos de estos desechos deben manipularse con grandes precauciones, debido a los riesgos de explosión cuando se les transporta o se les trata. Nunca se insistirá bastante en la necesidad absoluta que tiene el industrial que busca el eliminar los desechos, de conocer y hacer conocer su naturaleza con la mayor exactitud posible. Por citar tan solo un ejemplo: si se menciona por inadvertencia "cianuro" en un tonel que contenga un ácido, ello puede ser fuente de accidentes muy graves; pues el encargado de tratar los residuos, tomando en cuenta esa referencia, es posible que vierta el tonel en su reservorio de productos cianurados y provoque así, bajo la acción del ácido, un desprendimiento importante de vapores cianídricos, sumamente peligrosos para el personal.

I.8.1. Almacenamiento de los desechos. Este almacenamiento debe estudiarse con particular atención. Los desechos en toneles suelen depositarse en áreas que, aparte de otros riesgos, ofrecen el peligro de explosión. Los desechos líquidos deben colocarse en cisternas que van desde algunas decenas hasta algunas centenas de metros cúbicos.

Estas cisternas deberán estar provistas, en todo o en parte, de los dispositivos siguientes:

- Presión de nitrógeno, para mantener el contenido en una atmósfera neutra, y evitar que se evapore el solvente y se produzca un incendio.
- Agitadores, para impedir la formación de depósitos.
- Calefactores a temperaturas que pueden alcanzar los 70° C para algunas sustancias pastosas, que hay que mantener a una viscosidad compatible con un bombeo, o para evitar la cristalización de algunos productos.
- Válvulas de seguridad cuando existen riesgos de desprendimientos gaseosos importantes.

I.8.2. Neutralización. La mejor manera de neutralizar los desechos con pH demasiado bajo o demasiado elevado, es hacerlo mediante otros desechos.

Cuando hay exceso de un tipo de desechos con respecto a otro, se utilizan reactivos químicos tales como la lechada de cal o el ácido sulfúrico, que puede ser materias de recuperación. La reacción de neutralización tiene por resultado formar sales o hidróxidos metálicos, mucho de los cuales son insolubles. Ello se simula antes en laboratorio; y así se ha descubierto el gran interés de algunos reactivos, especialmente del sulfato ferroso, que puede ser también un material de recuperación.

I.8.3. Caso de cuerpos tóxicos difíciles de tratar.

- A) Desechos de laboratorios y de estaciones experimentales. Estos desechos se caracterizan por una muy grande variedad de cuerpos químicos muy diferentes, a veces muy tóxicos, en cantidades pequeñas o muy pequeñas (menos de un litro). Contrariamente a lo que se podría suponer, no siempre están determinados con precisión. Estos desechos se presentan con frecuencia en toneles, pero no son raros los conjuntos de frascos, lo cual no facilita las cosas. El tratamiento de tales desechos es siempre delicado y debe ser objeto de un examen profundizado en cada caso, lo que genera una variedad de precios muy amplia.

Es posible encarar la incineración del conjunto, siempre que esté seguro de que no hay ningún peligro de explosión o de desprendimiento de gases nocivos; o bien el revestimiento con un material inerte (por ejemplo cemento) y enviar luego el tonel así solidificado a depósitos especiales. La elección del camino a seguir sólo puede decidirse después de un estudio profundo.

- B) Caso de desechos altamente tóxicos y no notables. La sustancia tóxica de un desecho puede ser un cuerpo artificial fabricado por la industria humana, como los órganos clorados, que no existen en la naturaleza, o un cuerpo simple como el arsénico. La dificultad de tratar los puede provenir, en el primer caso, de su inercia, lo que es muy raro pues un cuerpo inerte no es tóxico a la temperatura ordinaria; o bien del peligro de combinaciones tóxicas durante su tratamiento. Es así que la combustión de ciertos compuestos clorados que puede producir fosgeno, gas asfixiante muy conocido. Cuando la toxicidad se debe a un cuerpo simple, ningún tratamiento químico cambiará nada; a lo sumo, podrá hacerlo pasar de un estado de oxidación a otro, si éste es menos tóxico, como se ve en el caso del cromo. Para algunos cuerpos, como el arsénico, la etapa de oxidación tiene escasa influencia en su toxicidad.

I.8.4. Evacuación de las aguas de tratamiento. En el caso más general, los centros de tratamiento de desechos están sometidos a normas tan coercitivas como las otras industrias, aunque tengan por materia prima un concentrado de contaminación. En particular sus rechazos líquidos no deben sobrepasar un cierto contenido en hidrocarburos, materias orgánicas, metales pesados, etcétera.

Pero estos rechazos incluyen las aguas de lavado, de enjuague de los recipientes de agua, de separación de los fluidos parcialmente acuosos, etc. A estos diversos orígenes, corresponden otras tantas características, a veces muy diferentes unas a otras. El único elemento favorable es que los volúmenes de las aguas utilizadas son en general muy débiles. Un centro, aunque sea importante, no sobrepasa casi 100/200 m³ /diarios, volumen que corresponde apenas a un pueblo de mil habitantes.

Una vez evacuados los rechazos que corresponden a las normas legales, se procede a una mezcla de las otras aguas en una cubeta-tapón, que beneficiará a sus eventuales

complementariedades –la serie de operaciones es fundamentalmente materia de casos especiales. Puede ocurrir que se haga necesario un “descremado”, que los sedimentos recolectados sean abundantes, o que sea indispensable restablecer el pH- a veces muy difícil en medio diluido. Y ocurre también que las reacciones químicas espontáneas entre las diferentes aguas residuales pueden bastar para que el líquido resultante esté de acuerdo con las normas de rechazo, pues no siempre hay que esperar lo peor.

La solución más elegante consiste, sin embargo, en reducir tanto como sea posible el volumen de los rechazos, y tener una estación “seca” que reconvierta todas sus aguas con los desechos líquidos.

Las moléculas de agua son entonces evacuadas:

- Ya sea a través de los sedimentos como líquido intersticial.
- Ya con los humos, si una instalación de incineración está unida a la estación físico-química.
- Ya sea por evaporación, si los rechazos se utilizan como enfriadores del fluido.

Estas dos últimas soluciones tienen la ventaja de dejar escapar hacia la atmósfera sólo un fluido poco contaminado, cuyas partículas sólidas quedan con los desechos de la fábrica. En cualquier caso, todos los rechazos deben controlarse permanentemente, lo que se verá facilitado por el empleo de cubetas de control.

1.9. EMULSIONES ACEITOSAS Y SOLVENTES CLORADOS

1.9.1. Emulsiones aceitosas:

Estas emulsiones, casi siempre designadas con el nombre impropio de “aceites solubles”, son muy utilizadas, sobre todo en la industria petrolera y mecánica. Consisten en líquidos blanquecinos que contienen entre 40 y 98% de agua, mientras que el resto se compone de aceite, agentes emulsionantes, tensoactivos, inhibidores de corrosión, etc. Durante su uso se cargan de virutas y recortes de metal, pero su composición química se modifica también por influencia de la temperatura, con aparición de hidrocarburos aromáticos. Por ejemplo se considera que se rechazan en Francia alrededor de 300 000 m³ anuales de emulsiones usadas con 95% de agua. Su DQO (demanda química de oxígeno) puede sobrepasar los 100 000 g/m³, valor que se debe comparar con las normas habituales de rechazo = 120 g/m³.

La eliminación de este desecho consistirá en separar la emulsión para poder recuperar, si es posible, la fase aceitosa, ya sea para tratar de regenerarlo, o para utilizarlo como combustible.

1.9.2. Incineración. La incineración directa de los aceites solubles es posible, pero presenta los siguientes inconvenientes:

- PCI muy bajo, y entonces el horno reacciona como si le inyectara agua. Pero si esto puede buscarse en algunos casos particulares, no se trata de un combustible y es preciso generar calor valiéndose de otros desechos.
- Presencia de partículas sólidas, con frecuencia metálicas; ello hace necesario que los inyectores y pulverizadores le prevean o que previamente se efectúe una filtración muy cuidadosa.
- Presencia de cuerpos químicos activos, que pueden producir serias corrosiones, dadas las temperaturas a que son tratados;
- Por último, imposibilidad de recuperar nada.

1.9.3. Separación de las emulsiones.

Los principales métodos son los siguientes:

- Absorción por arcillas especiales, que posteriormente pueden tratarse. Se las utiliza sobre todo en casos de contaminación accidental.
- Empleo de floculantes que favorecen la reunión de partículas de aceite, separadas luego por flotación natural o forzada.
- Empleo de reactivos que neutralizan la acción de agentes emulsionantes.
- Cambio de las características del medio, particularmente por una fuerte variación de pH mediante inyección de ácido; en ciertos procedimientos, se transforma la emulsión de aceite en el agua, en emulsión de agua en el aceite (del tipo “mayonesa”), que entonces resulta fácil de evacuar.
- Centrifugación enérgica, a menudo después de la “separación” ácida de las emulsiones.
- Ultrafiltración, es decir pasaje a través de membranas porosas, extremadamente finas, que retienen a los aceites con moléculas más grandes. Esta operación se hace naturalmente bajo presión; la tenue conservación de las membranas es un elemento fundamental de la calidad de este tratamiento, para el que se han aportado numerosos perfeccionamientos en estos últimos años.

El agua así despojada de aceite, no se puede arrojar directamente al medio exterior, pero los tratamientos que se le deben aplicar son los habituales para aguas industriales usadas.

I.9.4. Aceites usados. Incluyen todos los aceites residuales. Por ejemplo para una producción de 800 000 t por año, se considera que es recuperable un poco más de la mitad, pero que apenas se recolecta un tercio. Hay, pues, muchos progresos que hacer en este campo. Actualmente sólo se permite su incineración si no se los puede regenerar; y ella no presenta otras dificultades que las propias de cualquier desecho. Su PCI es a veces excelente (hasta de 9 000 y 10 000 term./ton).

La regeneración de los aceites es ahora una técnica muy bien conocida que supone en particular:

- Una decantación en frío.
- Una decantación al calor (entre 170°C y 200°C), que separa el aceite de los solventes más ligeros, y de la mayor parte del agua que quedará después de la decantación.
- Una destilación clásica.

La parte oleosa para enseguida por un tratamiento particular, que comprende entre otras operaciones:

- Una centrifugación al calor.
- Una acidificación.
- Un pasaje por tierra filtrante, etcétera.

Todas estas operaciones engendran, naturalmente, desechos y aguas residuales que a su vez tendrán que ser tratadas: por citar sólo un ejemplo, la incineración de los alquitranes sulfúricos debe examinarse con mucho cuidado y realizarse con precaución. El precio de la operación es elevado, pero la venta de los aceites recuperados aligera mucho los costos. Como se trata de productos cuya materia prima debe importarse, todas estas técnicas se ven ahora favorecidas en el plano administrativo.

I.9.5. Solventes clorados. Muchos solventes tienen contenidos en cloro particularmente elevados: 70% y a veces más. No es posible pensar en incinerarlos en las instalaciones clásicas, salvo que se encuentren en cantidad muy baja, puesto que la proporción de cloro en los humos está fijada a niveles a menudo inferiores al 1%. Una de las soluciones que se proponen actualmente es la incineración en el mar, en barcos

equipados especialmente con este fin. El agua de mar, en efecto, contiene cloro en abundancia, de modo que su poder de oficiar como "tapón" es considerable.

Estos barcos están equipados con hornos cilíndricos de alrededor de 14 m de diámetro y 10 a 11 m de altura, y los gases se escapan hacia lo alto. Estos hornos contienen unos veinte quemadores de una capacidad de 1 a 1.5 t/h, y se les puede suministrar combustible para mantener la instalación a la temperatura de combustión, que debe permanecer entre 1 200 a 1 700°C, lo que asegura la ruptura de las moléculas más resistentes sin poner al material en peligro. En la práctica, se lleva la temperatura del horno a 1 300°C por medio del combustible, antes de introducir el solvente; pero hay que disminuirla a 100°C antes de que el barco retorne a puerto. Se hacen estudios para poder quemar desechos no líquidos, particularmente desechos de toneles. Y se toman numerosas medidas de seguridad para proteger al personal y al material; pero extenderse sobre este tema sería sobrepasar el marco limitado de este opúsculo.

Se han adoptado varias medidas por parte del Ministerio de la Calidad de Vida (Congreso Internacional de 1972 en Francia) para comprobar si este quemador en alta mar ejerce alguna influencia notable sobre el medio marino.

De este estudio resultaron las siguientes comprobaciones:

Que los gases recogidos a la salida del incinerador contienen fundamentalmente nitrógeno, oxígeno, anhídrido carbónico, ácido clorhídrico, un poco de óxido de carbono, mientras que sólo se encuentran rastros de los otros compuestos clorados, como los clorofenoles. Particularmente el fosgeno sólo se encuentra en proporciones inferiores a 2×10^{-6} (2 ppm).

- A unos quince metros por encima del nivel del mar y en la zona del penacho de humo, la concentración máxima de ácido clorhídrico es del orden de 10^{-6} .
- El pH del agua de mar situada bajo el penacho no varía más de 0.05 por unidad durante quince segundos, lo que parece demostrar que la influencia sobre las poblaciones planctónicas es desdénfable, y ello fue confirmado por varias medidas que se hicieron en las zonas de quemado, tanto sobre el plancton como sobre los peces.

Sin pretender que esta solución, lo que es muy improbable en el dominio de los desechos, parece tener al menos verdadero interés.

CAPITULO II.

II. LEGISLACIÓN AMBIENTAL MEXICANA E INTERNACIONAL

Para poder hacer un manejo adecuado tanto de los fluidos como de los recortes de perforación es necesario conocer bajo que normas y reglamentos se manejaran los desechos contaminantes, por lo que en este capitulo se presenta los resultados obtenidos durante el análisis de:

- La Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.
- El Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos.
- La Comisión Para la Cooperación Ambiental de América del Norte.

Se conocerán las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), que aplicarán al manejo de desechos peligrosos, requisitos y disposiciones que se deben cumplir para el manejo de estos, los efectos que se deben prevenir y controlar durante la exploración y explotación de los recursos no renovables en el equilibrio ecológico, que en este caso serán sobre la contaminación del agua y suelo, por lo que es necesario tener contenedores donde ubicar dichos residuos y las características que deben cumplir. También es importante como ya se señalo en el capitulo anterior la cantidad y toxicidad de dichos desechos.

II.1. LEGISLACIÓN AMBIENTAL MEXICANA.

II.1.1. General.

Dentro de la legislación mexicana existen leyes que regulan la protección del ambiente; a continuación se mencionan extractos de ellas, donde uno de los puntos más importantes es el relativo al petróleo y a la contaminación de residuos peligrosos que este puede generar.

II.1.2. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA).

II.1.2.1. Normas Preliminares.

Esta es la ley reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que se refiere a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como, la protección al ambiente en el territorio nacional y las zonas donde la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Los reglamentos de esta ley se refieren a diferentes capítulos de la misma.

Se considera de utilidad pública el establecimiento de zonas intermedias de salvaguardia por la presencia de actividades como riesgosas.

II.1.2.2. Son asunto de alcance general en la nación o de intereses de la Federación.

La formulación de los criterios generales que deberán observarse en la aplicación de los instrumentos de la política ecológica para la protección de las Areas naturales de la flora y la fauna silvestre y acuática; para el aprovechamiento de los recursos naturales; y para el ordenamiento ecológico del territorio nacional y para la prevención y control de la contaminación del aire, el agua y el suelo.

Las acciones para la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección del ambiente, que se realicen en bienes y en zonas de jurisdicción federal.

La expedición de las normas técnicas en las materias objeto de esta ley; la regulación de las actividades que deban considerarse altamente riesgosas, según esta y otras leyes y sus disposiciones generales, por la magnitud o gravedad de los efectos que puedan generar en el equilibrio ecológico o el ambiente.

La protección de la fauna y flora acuáticas en aguas de propiedad nacional o sobre las que la nación ejerce derechos de soberanía y jurisdicción; la protección de la atmósfera en zonas o en caso de fuentes emisoras de jurisdicción federal.

El aprovechamiento racional y la prevención y el control de la contaminación de aguas de jurisdicción federal, conforme a esta ley, la Ley Federal de Aguas, las disposiciones vigentes de derecho internacional y las normas que dichas disposiciones se deriven.

La regulación de las actividades relacionadas con la exploración y explotación de los recursos del subsuelo que según el Artículo 27 de la Constitución son propiedad de la nación, en cuanto puedan originar desequilibrios ecológicos o daños al ambiente; la regulación de las actividades relacionadas con materiales o residuos (desechos) peligrosos.

II.1.2.3. Atribuciones de la Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca.

Corresponde a la Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP): Expedir las normas técnicas ecológicas que serán observadas en todo el territorio nacional.

Proponer al Ejecutivo Federal las disposiciones que regulen las actividades relacionadas con materiales o residuos peligrosos en coordinación con la Secretaría de Salud.

Expedir las normas técnicas ecológicas que deberán incorporarse a las normas oficiales mexicanas que se establezcan para productos utilizados como combustibles o energéticos.

II.1.2.4. Política Ecológica.

Para la formulación y la conducción de la política ecológica y la expedición de normas técnicas ecológicas y demás instrumentos previstos en esta ley, en materia de preservación y protección al ambiente y restauración del equilibrio ecológico, el Ejecutivo Federal observará los siguientes principios: **Los recursos naturales no renovables deben utilizarse de modo que se evite el peligro de su agotamiento y la generación de efectos ecológicos adversos.**

II.1.2.5. Evaluación del impacto ambiental.

La relación de obras o actividades públicas o privadas, que pueden causar desequilibrios ecológicos o rebasar los límites y condiciones señaladas en los reglamentos y las normas técnicas ecológicas emitidas por la Federación para proteger al ambiente, deberán sujetarse a la autorización previa del Gobierno Federal, por conducto de la SEMARNAP o las entidades federativas o municipios, conforme a las competencias que señala esta Ley, así como, el cumplimiento de los requisitos que se les impongan una vez evaluado el impacto ambiental que pudieran originar, sin perjuicio de otras autorizaciones que corresponda otorgar a las autoridades competentes.

Cuando se trate de la evaluación del impacto ambiental por la realización de obras o actividades que tengan por objeto el aprovechamiento de los recursos naturales, la SEMARNAP requerirá de los interesados que en la manifestación del impacto ambiental correspondiente se incluya la descripción de los posibles efectos de dichas obras o actividades en el ecosistema de que se trate, considerando el conjunto de elementos que lo conforman y no únicamente los recursos que serían sujetos de aprovechamiento.

Corresponderá al Gobierno Federal, por conducto de la SEMARNAP, evaluar el impacto ambiental, particularmente tratándose de las siguientes materias: Obras hidráulicas, vías generales de comunicación, oleoductos y gasoductos; industria química, petroquímica, siderúrgica; exploración, extracción, tratamiento y refinación de sustancias minerales y no minerales, reservadas a la Federación.

II.1.2.6. Normas técnicas ecológicas.

Para los efectos de esta Ley se entiende por norma técnica ecológica, el conjunto de reglas científicas o tecnológicas, emitidas por la SEMARNAP, que establezcan los requisitos, especificaciones, condiciones, procedimientos, parámetros y límites permisibles que deberán observarse en el desarrollo de actividades o uso y destino de bienes, que causen o puedan causar desequilibrio ecológico o daño al ambiente, y además, que uniformen principios, criterios, políticas y estrategias en la materia.

Las normas técnicas ecológicas, determinan los parámetros dentro de los cuales se garantizan las condiciones necesarias para el bienestar de la población y para asegurar la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente.

Las actividades y servicios que originen emanaciones, emisiones, descargas o depósitos, que causen o puedan causar daño al ambiente o afectar los recursos naturales, la salud, el bienestar de la población, o los bienes propiedad de la Estado o de los particulares, deberán observar los límites y procedimientos que se fijan en las normas técnicas ecológicas aplicables.

II.1.2.7. Aprovechamiento racional del agua y los ecosistemas acuáticos.

Con el propósito de asegurar la disponibilidad del agua y abatir los niveles de desperdicio, las autoridades competentes promoverán el tratamiento de aguas residuales y su empleo.

La SEMARNAP y la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), en sus respectivas esferas de competencia, realizarán las acciones necesarias para evitar, y en su caso controlar procesos de eutroficación, salinización y cualquier otro proceso de contaminación en las corrientes o cuerpos de aguas propiedad de la nación.

II.1.2.8. Aprovechamiento racional del suelo y sus recursos.

Los criterios ecológicos para la protección y aprovechamiento del suelo se considerarán en las actividades de extracción de materiales del subsuelo, la exploración, la explotación, el beneficio y aprovechamiento de sustancias minerales, las excavaciones y todas aquellas acciones que alteren la cubierta y suelos forestales.

II.1.2.9. Efectos de la exploración y explotación de los recursos no renovables en el equilibrio ecológico.

Para prevenir y controlar los efectos nocivos de la exploración y la explotación de los recursos naturales no renovables en los ecosistemas, la SEMARNAP expedirá las normas técnicas ecológicas que permitan la protección de las aguas que sean utilizadas o sean resultado de estas actividades, de modo que puedan ser objeto de otro uso.

La protección de los suelos y de la flora y fauna silvestres, de manera que las alteraciones topográficas que generen estas actividades sean oportunas y debidamente tratadas, y la adecuada ubicación y forma de los depósitos de desmontes, y escorias de las minas y establecimiento de beneficio de los minerales.

Las normas técnicas ecológicas a que se refiere lo anterior serán observadas por los titulares de concesiones, autorización y permisos para el uso, aprovechamiento, exploración y explotación de los recursos no renovables.

II.1.2.10. Prevención y control de la contaminación a la atmósfera.

Para la protección a la atmósfera se consideran las emisiones de contaminantes de la atmósfera, sean de fuentes artificiales o naturales, fijas o móviles y deben ser reducidas y controladas asegurando una calidad de aire satisfactoria para el bienestar de la población y el equilibrio ecológico.

Para controlar, reducir o evitar la contaminación a la atmósfera, la SEMARNAP expedirá las normas técnicas ecológicas para el establecimiento y operación de los sistemas de monitoreo de la calidad del aire.

Expedirá las normas técnicas ecológicas para la certificación por la autoridad competente de los niveles de contaminación de la atmósfera provenientes de fuentes determinadas.

En materia de contaminación atmosférica, los gobiernos de los estados y los municipios en los ámbitos de sus respectivas jurisdicciones, convendrán con quienes realicen actividades contaminantes, y en su caso, les requerirán la instalación de equipos de control de emisiones cuando se trate de actividades de jurisdicción local, y promoverán ante la SEMARNAP dicha instalación en los casos de jurisdicción federal; integrarán y mantendrán actualizado el inventario de fuentes fijas de contaminación y evaluarán el impacto ambiental.

La SEMARNAP promoverá que en la determinación de usos del suelo que definan los programas de desarrollo urbano respectivos, se consideren las condiciones topográficas, climatológicas y meteorológicas, para asegurar la adecuada dispersión de contaminantes.

II.1.2.11. Prevención y control de la contaminación del agua y de los ecosistemas acuáticos.

En la prevención y control de la contaminación del agua corresponde al Estado y la sociedad prevenir la contaminación de ríos, cuencas, vasos, aguas marinas y demás depósitos y corrientes de agua, incluyendo las aguas del subsuelo; el aprovechamiento del agua en actividades productivas susceptibles de producir contaminación, lleva la responsabilidad del tratamiento de las descargas para reintegrarlas en condiciones adecuadas para su utilización en otras actividades y para mantener el equilibrio de los ecosistemas.

Para la prevención y control de la contaminación del agua corresponderá a la SEMARNAP expedir, en coordinación con la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos y las demás autoridades competentes, las normas técnicas para el vertimiento de aguas residuales en redes colectoras, cuencas, causes, vasos, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de aguas, así como, infiltrarlas en terrenos; expedir las normas técnicas ecológicas a las que se sujetará el almacenamiento de aguas residuales, con la intervención que en su caso competa a otras dependencias; fijar condiciones, particulares de descarga cuando se trate de aguas residuales generadas en bienes y zonas de jurisdicción federal y de aquellas vertidas directamente en aguas propiedad de la nación.

A la SEMARNAP, en coordinación con las Secretarías de Agricultura y Recursos Hidráulicos y de salud; emitir opinión a la que deberá sujetarse la programación y construcción de nuevas industrias que puedan producir descargas contaminantes de

aguas residuales, así como, de las obras e instalaciones conducentes a purificar las aguas residuales de procedencia industrial en los casos de jurisdicción federal.

Para evitar la contaminación del agua, quedan sujetos a regulación federal o local las descargas de origen industrial, las descargas de desechos, sustancias o residuos generados en las actividades de extracción que afecten los mantos acuíferos.

El otorgamiento de asignaciones, autorizaciones, concesiones o permisos para la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas en actividades económicas susceptibles de contaminar dicho recurso estará condicionado al tratamiento previo necesario de las aguas residuales que se produzcan.

La SEMARNAP resolverá sobre las solicitudes de autorización para descargar aguas residuales, sustancias o cualquier otro tipo de residuos en aguas marinas, fijando en cada caso la norma técnica ecológica, condiciones y tratamiento de las aguas y residuos, de acuerdo al reglamento correspondiente. Cuando el origen de las descargas prevengan de fuentes móviles o de plataformas fijas en el mar territorial y la zona económica exclusiva, la SEMARNAP se coordinará con la Secretaría de Marina para la expedición de las autorizaciones correspondientes.

Para la protección del medio marino. El Ejecutivo Federal emitirá los criterios para la explotación, conservación y administración de los recursos naturales vivos y abióticos, del lecho y el subsuelo del mar y de las aguas suprayacentes, así como, los que deberán observarse para la realización de actividades de exploración y explotación en la zona económica exclusiva.

La SEMARNAP se coordinará con las Secretarías de Marina, de Energía, de Salud, de Comunicaciones y Transportes, a efecto que dentro de sus respectivas atribuciones y competencias que intervengan para prevenir, controlar, vigilar y abatir la contaminación del medio marino y preservar y restaurar el equilibrio de sus ecosistemas con arreglo a lo que se establece en la presente Ley, la Ley Federal del Mar, los demás ordenamientos aplicables y las normas vigentes del derecho internacional.

II.1.2.12. Prevención y control de la contaminación del suelo.

Para la prevención y control de la contaminación del suelo, se deben controlar los residuos en tanto constituyen la principal fuente de contaminación de los suelos; es necesario racionalizar la generación de residuos sólidos, municipales e industriales e incorporar técnicas y procedimientos para su reuso y reciclaje.

Los criterios para prevenir y controlar la contaminación del suelo se consideran, en los casos de las autorizaciones para la instalación y operación de confinamientos o depósitos de residuos, como lo haremos en capítulos posteriores.

Los residuos que se acumulen o puedan acumularse o se depositen o infiltren en los suelos deberán reunir las condiciones necesarias para prevenir o evitar la contaminación

del suelo, las alteraciones nocivas en el proceso biológico de los suelos y las alteraciones en el suelo que cambien su aprovechamiento, uso o explotación.

II.1.2.13. Actividades consideradas como riesgosas.

La SEMARNAP promoverá que en la determinación de los usos del suelo se especifiquen las zonas en que se permitirá el establecimiento de industrias, comercios o servicios considerados como riesgosos por la gravedad de los efectos que puedan generar en los ecosistemas o en el ambiente, tomándose en consideración las condiciones topográficas, meteorológicas y climatológicas de las zonas, su proximidad a centros de población, previniendo las tendencias de expansión del respectivo asentamiento y la creación de nuevos asentamientos, los impactos que tendría un posible evento extraordinario de la industria, sobre los centros de población y los recursos naturales y la infraestructura existente y necesaria para la atención de emergencias ecológicas.

II.1.2.14. Materiales y residuos peligrosos.

La instalación y operación de sistemas para la recolección, almacenamiento, transporte, alojamiento, reuso, tratamiento, reciclaje, incineración y disposición final de residuos peligrosos, requerirá de autorización previa de la SEMARNAP.

II.1.2.15. Inspección y vigilancia.

Las entidades federativas y municipios, podrán realizar actos de inspección y vigilancia, para la verificación del cumplimiento de esta Ley en asuntos de orden federal.

Las autoridades competentes podrán realizar por conducto de personal debidamente autorizado, visitas de inspección, sin perjuicio de otras medidas previstas en las leyes que puedan llevar a cabo para verificar el cumplimiento de este ordenamiento; en toda visita de inspección deberá levantarse acta, en la que se harán constar en forma circunstanciada los hechos u omisiones que se hubieren presentado durante la diligencia.

II.1.2.16. Medidas de seguridad.

Cuando exista riesgo inminente de desequilibrio ecológico o casos de contaminación con repercusiones peligrosas para los ecosistemas, sus componentes, o la salud pública, la SEMARNAP como medida de seguridad, podrá ordenar el decomiso de materiales o sustancias peligrosas, la clausura temporal, parcial o total, de las fuentes contaminantes correspondientes y promover la ejecución ante la autoridad competente, en los términos de las leyes relativas, de alguna o de algunas de las medidas de seguridad que en dichos ordenamientos se establezcan.

II.1.2.17. Sanciones administrativas.

Cuando la gravedad de la infracción lo amerite, la autoridad solicitará a quien lo hubiese otorgado, la suspensión, revocación o cancelación de la concesión, permiso, licencia y en general toda autorización otorgada para la realización de actividades comerciales, industriales o de servicios o para el aprovechamiento de recursos naturales que haya dado lugar a la infracción.

II.1.2.18. Denuncia popular.

Toda persona podrá denunciar ante la SEMARNAP, o ante otras autoridades federales o locales según su competencia, todo hecho, acto u omisión de competencia de la Federación, que produzca desequilibrio ecológico o daños al ambiente, contraviniendo las disposiciones de la presente Ley de la Preservación y Restauración del Equilibrio Ecológico.

Si en la localidad no existiere representación de la SEMARNAP, la denuncia se podrá formular ante la autoridad municipal o, a elección del denunciante, ante las oficinas más próximas de dicha representación.

Si la denuncia fuera presentada ante la autoridad municipal y resulta de orden federal deberá ser remitida para su atención y tramite en la SEMARNAP.

II.1.3. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia del Impacto Ambiental.

Disposiciones generales.

Deberán contar con previa autorización de la SEMARNAP, en materia de impacto ambiental, las personas físicas o morales que pretendan realizar obras o actividades, publicas o privadas, que puedan causar desequilibrios ecológicos o rebasar los límites y condiciones señalados en el reglamento y las normas técnicas y ecológicas emitidas por la Federación para proteger el ambiente, así como, cumplir los requisitos que se le impongan; particularmente oleoductos, gasoductos, industrias química, petroquímica y siderúrgica, exploración, extracción, tratamiento y refinación de sustancias minerales y no minerales reservadas a la Federación, con excepción de las actividades de prospección gravimétrica, geológica superficial, geoelectrica, magnetotelúrica de susceptibilidad magnética y densidad, instalaciones de tratamiento, confinamiento, o eliminación de residuos peligrosos, actividades altamente riesgosas, cuando la obra que pretenda realizarse pueda afectar el equilibrio ecológico de dos o más entidades federativas o de otros países o zonas de jurisdicción internacional.

II.1.4. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos.

II.1.4.1. Disposiciones generales.

Se consideran las siguientes definiciones:

Almacenamiento: Acción de retener temporalmente residuos en tanto se procesan para su aprovechamiento, se entregan al servicio de recolección o se dispone de ellos.

Confinamientos en formaciones geológicas estables: Obra de ingeniería para la disposición final de residuos peligrosos en estructuras naturales impermeables que garanticen su aislamiento definitivo.

Contenedor: Caja o cilindro móvil en el que se depositan para su transporte de residuos peligrosos.

Degradación: Proceso de descomposición de la materia, por medios físicos, químicos o biológicos.

Incineración: Método de tratamiento que consiste en la oxidación de los residuos vía combustión controlada.

II.1.4.2. Competencia de la SEMARNAP.

Controlar el manejo de residuos peligrosos que se generen en las operaciones y procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, y de servicios; evaluar el impacto ambiental de los proyectos sobre las instalaciones de tratamiento, confinamiento o eliminación de residuos peligrosos y resolver su autorización.

Autorizar la construcción y operación de instalaciones para el tratamiento de residuos peligrosos o su confinamiento.

Las personas físicas o morales públicas o privadas que con motivo de su actividad generen residuos están obligadas a determinar si estos son peligrosos.

Para la determinación de residuos peligrosos, deberán realizarse pruebas y análisis necesarios conforme a las normas técnicas ecológicas correspondientes y se estará al listado de residuos peligrosos que expida la SEMARNAP, previa opinión de las Secretarías de Comercio y Fomento Industrial, de Salud, de Energía, de Agricultura y Recursos Hidráulicos y de Gobernación.

II.1.4.3. Manejo de residuos peligrosos.

Se requiere autorización de la SEMARNAP para instalar y operar sistemas de recolección, almacenamiento, transporte, alojamiento, reuso, tratamiento, reciclaje,

incineración y disposición final de los residuos peligrosos, así como, para prestar servicios en dichas operaciones sin perjuicio de las disposiciones aplicables en materia de salud y de seguridad e higiene en el trabajo.

II.1.5. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera.

II.1.5.1. Disposiciones generales.

Compete a las entidades federativas y municipios, en el ámbito de sus circunscripciones territoriales y conforme a las distribuciones que se establezcan en las leyes locales, y en especial, la prevención y el control de la contaminación de la atmósfera generada en zonas o por fuentes emisoras de jurisdicción o municipal.

Se consideran las siguientes definiciones:

Emisión: La descarga directa o indirecta a la atmósfera de toda sustancia en cualquiera de sus estados físicos o de energía.

Fuente fija: Es toda instalación establecida en un solo lugar, que tenga como finalidad desarrollar operaciones o procesos industriales, comerciales, de servicios o actividades que generen o puedan generar emisiones contaminantes a la atmósfera.

Serán responsables del cumplimiento de las disposiciones del reglamento y de las normas técnicas ecológicas que de él se deriven, las personas físicas o morales, públicas o privadas que pretendan realizar o que realicen obras o actividades por las que emitan a la atmósfera olores, gases o partículas sólidas o líquidas.

Para los efectos del reglamento se consideran fuentes de jurisdicción federal: las instalaciones, obras o actividades industriales, comerciales y de servicios que realicen las dependencias y entidades de la administración pública federal.

La SEMARNAP, previos estudios, promoverá ante las autoridades competentes la reubicación de fuentes fijas, cuando las condiciones topográficas y meteorológicas del sitio en que se ubiquen, dificulten la adecuada dispersión de contaminantes a la atmósfera, cuando la calidad del aire así lo requiera o cuando las características de los contaminantes constituyan un riesgo inminente de desequilibrio ecológico.

II.1.5.2. Emisión de contaminantes a la atmósfera, generada por fuentes fijas.

Los responsables de las fuentes fijas de jurisdicción federal, por las que se emitan olores, gases o partículas sólidas o líquidas a la atmósfera estarán obligados a emplear equipos y sistemas que controlen las emisiones a la atmósfera para que éstas no rebasen los niveles máximos permisibles establecidos en las normas técnicas ecológicas correspondientes; llevar a cabo el monitoreo perimetral de sus emisiones contaminantes a la atmósfera, cuando la fuente de que se trate se localice en zonas urbanas o

suburbanas, cuando colinde con zonas con áreas naturales protegidas y cuando por sus características de operación o por sus materias primas, puedan causar grave deterioro a los ecosistemas a juicio de la SEMARNAP.

Sin juicio de las autorizaciones que expidan otras autoridades competentes, las fuentes fijas de jurisdicción federal que emitan o puedan emitir olores, gases o partículas sólidas o líquidas a la atmósfera, requerirán licencia de funcionamiento expedida por la SEMARNAP, la que tendrá una vigencia indefinida.

Sólo se permitirá la combustión a cielo abierto en zonas de jurisdicción federal, cuando se efectúe con permiso de la SEMARNAP para adiestrar y capacitar al personal encargado del combate de incendios.

II.1.6. Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas.

II.1.6.1. Disposiciones generales.

El presente reglamento tiene por objeto proveer, en la esfera administrativa, a la observancia de la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental en toda la República, en lo que se refiere a la prevención y control de la contaminación de las aguas, cualquiera que sea el régimen legal.

II.1.6.2. De la prevención y control de la contaminación de aguas.

La prevención y control de la contaminación de las aguas para preservar y restaurar la calidad de los cuerpos receptores, deberá realizarse en los términos de este reglamento mediante los siguientes procedimientos: Tratamiento de las aguas residuales para el control de sólidos sedimentables, grasa y aceites, materia flotante, temperatura y potencial de hidrógeno (pH).

Para los efectos de este reglamento se entiende por:

Agua residuales: Es el líquido de composición variada proveniente de usos municipales, industrial, comercial, agrícola, pecuario o de cualquier otra índole, ya sea pública o privada, y que no han sido utilizadas con fines industriales, comerciales, agrícolas o pecuarios.

Cuerpo receptor: Es toda la red colectora, río, cuenca, cauce, vaso o depósito de agua que sea susceptible de recibir directa o indirectamente la descarga de aguas residuales.

II.1.7. Reglamento para Prevenir y Controlar la Contaminación del Mar por Vertimiento de desechos y otras Materias.

II.1.7.1. Autoridad.

Por acuerdo presidencial, fue designada la Secretaría de Marina como autoridad competente para el ejercicio de todas y cada una de las funciones contenidas en el

Convenio Internacional para la Prevención de la Contaminación del Mar por Vertimiento de Desechos y Otras Materias.

II.1.7.2. Organización y competencia.

La Secretaría de Marina para los efectos de este reglamento ejercerá jurisdicción en el mar territorial y la zona económica exclusiva.

II.1.7.3. Del procedimiento.

El permiso se otorgará para verter los desechos y otras materias en la zona específicamente determinada por la Secretaría de Marina, desde barcos y aeronaves; las plataformas o otras estructuras utilizarán dichos medios para trasladar sus desechos hasta el lugar indicado para su vertimiento.

Para los efectos de este reglamento debe entenderse como vertimiento, toda evacuación deliberada en el mar por desechos u otras materias, efectuadas desde buques, aeronaves y las que realicen por estos medios las plataformas u otras estructuras.

No se permitirá el abandono o hundimiento deliberado en el mar de ningún barco o aeronave, plataforma u otra estructura que por si mismos contaminen el ambiente marino.

II.1.7.4. De las excepciones.

Los propietarios y las personas que se equiparen a ellos, que efectúen vertimiento por causa de fuerza mayor, no serán responsables en los casos que el vertimiento se produzca con motivo de un siniestro no imputable al propietario.

El capitán de la aeronave o nave o el responsable de alguna plataforma que lleve a cabo un vertimiento por causa de fuerza mayor, deberá rendir inmediatamente a su arribo al puerto más cercano, un informe detallado y pormenorizado a la autoridad competente de la zona o sección al mar más cercana, en el que se justifique la realización del mismo.

La contravención a lo dispuesto en este artículo, aun tratándose de un siniestro será considerado como vertimiento deliberado.

Para otorgar un permiso de vertimiento de alguna de las sustancias nombradas abajo, la autoridad competente exigirá que éstas puedan degradarse rápidamente en sustancias inocuas, que por los procedimientos físicos, químicos o biológicos a que hayan sido sometidos previamente, no contaminen ni alteren el sabor de los organismos marinos comestibles y que no representen un peligro a la salud humana o a la de los animales domésticos.

II.1.7.5. Sustancias.

Petróleo crudo, fuel-oil, aceite pesado, diesel y aceites lubricantes, fluidos hidráulicos y mezclas que contengan esos hidrocarburos, cargados con el fin de ser vertidos.

II.1.8. Acuerdo por el que el Plan Nacional de Contingencias para Combatir y Controlar Derrames de Hidrocarburos y Sustancias Nocivas en el Mar Será de Carácter Permanente y de Interés Social.

El Plan Nacional de Contingencias para Combatir y Controlar Derrames de Hidrocarburos y Sustancias Nocivas en el Mar, será de carácter permanente y de interés social y aplicable a las áreas cuya soberanía corresponde a la nación de acuerdo con la Ley.

La Secretaría de Marina coordinará y ejecutará el plan y se responsabilizará de las acciones para combatir cualquier tipo de contaminación por derrame de hidrocarburos y otras sustancias nocivas en las costas, mar territorial y zona económica exclusiva.

Se integrará un consejo técnico presidido por el Comandante General de la Armada de la Secretaría de Marina y con representantes de las Secretarías de Salud, de Comunicaciones y Transporte, de Agricultura y Recursos Hidráulicos, de Educación Pública, de la Defensa Nacional, SECOFI, así como la SEMARNAP y Petróleos Mexicanos.

II.1.9. Versión Abreviada del Plan Nacional de Contingencia para Combatir y Controlar Derrames de Hidrocarburos y Otras Sustancias en el Mar.

II.1.9.1. Introducción.

La creciente explotación de recursos de los fondos marinos entre los que se cuenta el petróleo, además del incremento del tráfico de buques petroleros, petroquímicos y de carga en general, que transportan hidrocarburos y sustancias nocivas en el medio marino, constituye un riesgo de contaminación.

El propósito del plan de contingencia, consiste en prevenir una reacción oportuna y adecuada en casos de contaminación, a fin de reducir al máximo la extensión de los daños, estableciendo, en consecuencia, procedimientos que permitan a todos los organismos gubernamentales capaces de aportar una contribución, concentrar sus recursos y esfuerzos de manera ordenada con objeto de responder a una emergencia, en este caso provocadas por un derrame de hidrocarburos u otras sustancias nocivas en el mar.

Para lograr lo anterior, es determinante un grado elevado de coordinación y esto se logrará en forma eficaz con una organización que se ajuste a la magnitud e índole del incidente, que sea capaz tanto de hacer frente a derrames pequeños y localizados, como de emprender operaciones de gran envergadura para responder a derrames de consecuencias peligrosas que requieran de la movilización de recursos considerables.

II.1.9.2. Objetivo.

El objetivo del presente plan es el de establecer una organización con un mando unificado para llevar a cabo planes de acción, para el combate y control de cualquier tipo de contaminación provocada por derrames de hidrocarburos o por cualquier otra sustancia nociva en el mar.

Establecer los mecanismos de coordinación necesaria entre las dependencias federales, estatales, municipales, privadas y población en general, para llevar a cabo en forma efectiva el plan necesario.

Aplicar y conocer los recursos legales nacionales e internacionales vigentes. Establecer las bases técnicas para que la Comisión Intersecretarial de Saneamiento Ambiental proponga lo conducente, a fin de legislar lo propuesto en el presente plan.

Establecer los mecanismos necesarios a fin de canalizar las erogaciones que por concepto de gastos se efectúen, tramitando ante las Secretarías de Estado correspondientes, la adquisición programada de material y formando un fondo especial para cubrir los gastos propios que una contingencia ocasionara.

Formar parte de un Plan de Contingencia conjunto entre México, Estados Unidos y Canadá y otros países con que se creyera conveniente formular este tipo de planes en el ámbito internacional, en caso de derrames.

II.1.9.3. Metas.

Prever una reacción oportuna y adecuada ante casos de contaminación marina a fin de reducir al máximo la extensión de los daños.

Actualizar los planes de acción con base al desarrollo tecnológico y las posibilidades económicas del país.

II.1.9.4. Integrantes.

A continuación se enlistan las Secretarías de Estado y dependencias descentralizadas integrantes de la Subcomisión de Prevención y Control de la Contaminación del Mar.

SS:	Secretaría de Salud
SEP:	Secretaría de Educación Pública
SDN:	Secretaría de la Defensa Nacional
SM:	Secretaría de Marina
SCT:	Secretaría de Comunicaciones y Transportes

SG: Secretaría de Gobernación

SEMARNAP: Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca

PEMEX: Petróleos Mexicanos

II.1.9.5. Administración y Recursos.

En cada plan los recursos humanos, materiales y financieros se escalonarán de la siguiente manera: Primer escalón, recursos de la Armada de México, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Petróleos Mexicanos y responsables del derrame; segundo escalón, recursos de las demás dependencias del Ejecutivo Federal involucrados en el plan; tercer escalón, recursos de gobiernos estatales, municipales y particulares.

Considerando que el tiempo de reacción es el factor más importante para hacer frente a los derrames en el mar, los gastos de operación inmediata para combatir un derrame serán cubiertos provisionalmente por los recursos financieros del Gobierno Federal.

II.1.10. Acuerdo que Establece los Lineamientos para la Formulación, Expedición y Modificación de Normas técnicas Ecológicas.

El presente acuerdo tiene como propósito establecer los lineamientos que deberán observar las unidades administrativas de la SEMARNAP, en la formulación, expedición y modificación de las normas técnicas ecológicas.

Las normas técnicas ecológicas tendrán por objeto:

- a) Contribuir a la conservación y aprovechamiento óptimo de los recursos naturales.
- b) Establecer los requisitos, especificaciones, condiciones, procedimientos, parámetros y límites permisibles que deberán observarse en el desarrollo de actividades o uso y destino de bienes, que causen o puedan causar desequilibrio ecológico o daño al ambiente.

En la gaceta de la SEMARNAP se publicará:

- a) Las actividades o uso y destino de bienes que se pretendan normar.
- b) La convocatoria mediante la cual se invita a participar a representantes de los sectores social y privado, con amplio reconocimiento en los temas a tratar.

II.2. LEGISLACIÓN AMBIENTAL INTERNACIONAL.

II.2.1. General

Existen muchas y variadas leyes, producto de convenciones multilaterales de relevancia internacional y aplicadas a través de convenciones regionales e incluso bilaterales, reflejando las necesidades del área interesada, con regulaciones y leyes nacionales, algunas de las cuales transforman las obligaciones internacionales y leyes nacionales mientras otras suplen el sistema de reglas internacionales. Los medios para ejecutar la ley son varios: la aplicación de las leyes internacionales contra barcos extranjeros involucra problemas difíciles de jurisdicción. La aplicación de reglas nacionales es en algunos casos un asunto de ley penal y en otros de ley civil.

Para su mejor comprensión las leyes internacionales se dividen en cuatro partes que son las relativas a:

1. Exploración
2. Explotación y Producción de aceite, incluyendo su transportación por oleoductos
3. Transportación marina por buques tanque
4. Por y después de su procesamiento

II.2.2. Normas.

1. No se justifica interferencia con la navegación, pesca o la conservación de recursos vivos en el mar.
2. La expedición de reglamentos para prevenir contaminación por tuberías o exploración y explotación de lecho marino y aceite en el subsuelo.
3. Señalamientos para protección de zonas de seguridad alrededor de instalaciones o dispositivos en los campos terrestres.
4. Notificar de la construcción de instalaciones, mencionando el peligro de su presencia y remoción de desechos o instalaciones abandonadas.
5. Señalamientos de recursos vivientes en zonas riesgosas.
6. Prohibición de operaciones de descarga.
7. Acatamiento en instalaciones de las normas de cuidado en una buena práctica en un campo petrolero.

II.2.3. Derrames en el Mar.

Los países que cuentan con ordenamientos para resolver los problemas ocasionados por derrames en el mar son: Bélgica, Canadá, Dinamarca, República Federal de Alemania, Finlandia, Francia, Grecia, Irlanda, Israel, Italia, Japón, Holanda, Noruega, Portugal, España, Estados Unidos, Gran Bretaña y México. Los convenios fundamentales aprobados de estos países son tratados en relación a los recursos amenazados por la contaminación por desechos del petróleo y por el mismo, evaluar el riesgo por contaminación, designación de responsabilidad de limpieza, recursos humanos y técnicos, e investigación y desarrollo de tecnología. También se consideran esquemas de adiestramiento y acuerdos internacionales de cooperación en el derrame de petróleo en aguas Europeas. Se hacen avalúos críticos de la respuesta a la mayoría de los derrames ocurridos de los cuales se obtienen conclusiones y tópicos específicos de acción definida.

Las recomendaciones se hacen para mejorar la efectividad de la existencia de convenios nacionales para combatir derrames de petróleo a través de más amplia cooperación internacional. Esto incluye el establecimiento de un inventario de equipo y materiales de limpieza; archivo sobre las propiedades, procedimientos y técnicas de limpieza de petróleo; la promoción de cooperación e intercambio de información relativa a la investigación, desarrollo y pruebas de equipo y materiales de limpieza, el fomento de esquemas de adiestramiento y el intercambio de ciertas técnicas especiales de limpieza.

II.2.4. Organismos de Industria Petrolera Para el Combate de Contaminación en el Mar.

En Europa existen diversos organismos que se encargan de combatir la contaminación debida a derrames de petróleo. El objetivo de estos organismos es el de proveer asistencia técnica.

A continuación se menciona algunos de los organismos más importantes, con sus siglas en inglés.

- Asociación Internacional de Industria Petrolera para la Conservación del Ambiente (IPIECA)
- Foro Internacional de Compañías Petroleras Marinas (OCIMF)
- Foro Internacional de Industria Petrolera de Exploración y Producción (E&P Forum)
- Grupo de Estudio de Compañías Internacionales Petroleras para la Conservación del Agua y Aire Europeos Limpios (CONCAWE)

II.3. COMISIÓN PARA LA COOPERACIÓN AMBIENTAL DE AMÉRICA DEL NORTE

II.3.1. MANEJO DE DESECHOS

Las políticas y los reglamentos sobre manejo de residuos están incluidos la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (en adelante LGEEPA) y el Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección del Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos y las **Normas Oficiales Mexicanas (NOM)**. La jurisdicción en los asuntos de manejo de residuos se divide entre las autoridades federales, estatales y municipales. En la esfera federal, la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) tiene la jurisdicción exclusiva sobre el manejo de todos los residuos peligrosos. Los estados y municipios son responsables de la regulación, la administración, la autorización y la aplicación de las normas de residuos sólidos y no peligrosos.

II.3.1.1. Residuos no peligrosos

II.3.1.2. Criterios y definición de residuos

Definición de residuo. La LGEEPA, en su Artículo 3, define el término residuo como cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó. Todo residuo no peligroso, independientemente de su forma física, permanece bajo la jurisdicción de los estados, municipios y el Distrito Federal.

II.3.1.3. Requisitos para el tratamiento, almacenamiento y disposición

La competencia sobre la regulación relativa a la recolección, almacenamiento, reuso, tratamiento y disposición final de los residuos no considerados peligrosos se ha delegado específicamente, mediante el Artículo 7(VI) de la LGEEPA a los gobiernos estatales. De acuerdo con el Artículo 8(IV) y el Artículo 135(II) de la LGEEPA, corresponde a los gobiernos municipales aplicar tales regulaciones, así como operar sistemas de limpia y disposición final de residuos no considerados peligrosos. Las normas sobre estos residuos podrán ser iguales o más estrictas que las normas federales, pero no podrán ser menos severas.

La NOM-083-ECOL-1996 regula el diseño, la construcción y en general las condiciones que deben cumplir los tiraderos para disposición final de residuos sólidos municipales.

II.3.1.4. Reducción de residuos

El Artículo 134 de la Ley de Ecología establece dos políticas centrales de reducción de residuos:

1. Controlar los residuos cuando éstos constituyan la fuente principal de contaminación del suelo; y
2. Reducir y controlar la generación de residuos sólidos, urbanos e industriales e incorporar técnicas de reciclaje y reuso.

De acuerdo con la Ley de Ecología, la SEMARNAP se encarga además de algunas actividades de apoyo a la reducción de residuos, al igual que la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI). La reducción de este tipo de residuos es también una política central del Plan Nacional de Desarrollo y el Programa Nacional de Protección Ambiental 1995-2000, elaborado por la SEMARNAP.

II.3.1.5. Aspectos de ubicación

Generalidades. La LGEEPA no trata específicamente los requisitos sobre la ubicación de los tiraderos de no peligros. El tema se aborda en términos más bien generales en las disposiciones sobre la prevención de la contaminación del suelo y uso de terrenos de la LGEEPA, cuyos Artículos 134 a 144 establecen criterios generales que rigen las descargas peligrosas y no peligrosas, depósitos o infiltraciones de sustancias o materiales contaminantes en el suelo.

II.3.1.6. Normas de prevención de la contaminación del suelo. Bajo el Artículo 136 de la Ley de Ecología, los residuos que se acumulen, depositen o infiltren en el suelo deben tener las condiciones necesarias para evitar alteraciones dañinas a los procesos biológicos del suelo; alteraciones al suelo que puedan alterar su calidad, uso o capacidad de aprovechamiento.

Estas normas generales sobre el control de la contaminación del suelo se aplican en la planeación y regulación del desarrollo urbano, operación de instalaciones de tratamiento y disposición de residuos sólidos, autorización de instalaciones de confinamiento de residuos, y permisos para la recolección, almacenamiento, reuso, tratamiento y disposición de residuos sólidos. Todas las NOM o normas técnicas promulgadas a nivel federal o estatal deben basarse también en los criterios anteriores.

II.3.1.7. Normas sobre el uso de terrenos. Además de las normas para el control de la contaminación del suelo, el Artículo 98 de la Ley de Ecología establece algunos criterios para la preservación y aprovechamiento sustentable del suelo. Estos criterios señalan lo siguiente:

1. El uso del terreno debe ser compatible con el estado natural del mismo y no debe alterar el ecosistema de la tierra o suelo;
2. El uso del terreno debe efectuarse de tal forma que éste mantenga su integridad física y capacidad productiva; y

3. Todas las instalaciones o proyectos públicos y privados que pudieran causar un deterioro grave al suelo deben instrumentar actividades equivalentes de restauración, regeneración y restablecimiento.

Asimismo, de acuerdo al Artículo 145 de la LGEEPA, la SEMARNAP cuenta con autoridad para elaborar y promover normas de zonificación para actividades riesgosas con base en las condiciones topográficas, meteorológicas o climáticas de regiones específicas, su proximidad a asentamientos humanos, efectos ambientales e infraestructura existente.

NOM-083-ECOL-1996. Por otra parte, la NOM-083-ECOL-1996 establece condiciones de ubicación para tiraderos de residuos sólidos municipales. Además, establece normas obligatorias respecto las características a topográficas, sísmicas, geológicas, geológica, geohidrológica, de permeabilidad y ventilación de lugares destinados para tiraderos de residuos sólidos.

Responsabilidad y aplicación

II.3.1.8. Jurisdicción federal. Los tiraderos de residuos sólidos bajo jurisdicción federal están sujetos a las sanciones generales estipuladas en la LGEEPA. Las posibles sanciones federales, impuesta por la SEMARNAP, incluirán las siguientes:

1. Multas de 20 a 20,000 veces el salario mínimo diario vigente en el Distrito Federal en el día en que se imponga la sanción;
2. Cierre temporal o definitivo, parcial o total de la instalación infractora;
3. Arresto administrativo de hasta 36 horas;
4. Suspensión o revocación de los permisos, licencias o autorizaciones correspondientes.

No subsanar una infracción dentro del plazo establecido puede dar lugar a multas por cada día que continúe dicha infracción. La reincidencia se sanciona con hasta dos veces la cantidad de la multa impuesta originalmente.

II.3.1.9. Jurisdicción estatal o local. Las prácticas estatales y local en cuanto al establecimiento de responsabilidades y la aplicación de sanciones varían de una entidad federativa a otra. Las sanciones de los gobiernos locales generalmente son similares a las penalizaciones federales. La Constitución Mexicana señala que las sanciones estatales no podrán exceder las que estipula el Gobierno Federal.

II.3.2. RESIDUOS PELIGROSOS

Generalidades. Las disposiciones sobre el control de residuos peligrosos se establecen en la LGEEPA y se amplían en el Reglamento de Residuos Peligrosos. La

LGEEPA, en sus Artículos 150 a 153 regula los residuos peligrosos en los siguientes aspectos: clasificación y determinación de residuos peligrosos, responsabilidad del manejo y disposición final, prevención y reducción en la generación de residuos peligrosos, jurisdicción, regímenes de permisos, así como la exportación e importación de residuos peligrosos. Asimismo, las disposiciones sobre sanciones en la Ley de Ecología establecen la base para las penalizaciones por incumplimiento del Reglamento de Residuos Peligrosos.

II.3.2.1. Jurisdicción exclusivamente federal. Los residuos peligrosos son de competencia exclusivamente federal. La dependencia administrativa federal con facultades control y regulación sobre residuos peligrosos es la SEMARNAP. Sin embargo, la SEMARNAP puede coordinarse con las autoridades ambientales estatales para el control de residuos peligrosos de baja peligrosidad.

II.3.2.2. Criterios para la categorización de residuos peligrosos

II.3.2.3. Definición. La LGEEPA define en el Artículo 3, el término residuo peligroso como todos aquellos residuos, en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológicas infecciosas, representen un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente.

Esta definición general es la base de las siglas CRETIB, la cual significa corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad y biológicamente infeccioso, definidas con mayor detalle en la NOM-052-ECOL-1993. Esta NOM establece además las normas químicas y físicas para determinar si un residuo tiene una característica CRETIB. Una segunda NOM, la NOM-053-ECOL-1993, crea normas para las pruebas de extracción empleadas para determinar si un residuo es peligroso. Finalmente la norma NOM-087-ECOL-1995 establece las normas adicionales para la separación, confinamiento, envasado, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de residuos peligrosos biológicos infecciosos originados en hospitales.

II.3.2.4. Lista de residuos peligrosos. Además del sistema CRETIB, la SEMARNAP, en coordinación con otras dependencias, ha adoptado también cuatro listas de residuos peligrosos en los anexos 2, 3, 4 y 5,1 de la NOM-052-ECOL-93. Esta lista clasifica cerca de 144 residuos peligrosos según se trate de (1) la industria y los procesos; (2) fuentes no fijas; (3) materias primas empleadas en la producción de pinturas, y (4) características de lixiviado tóxicas para el ambiente.

II.3.2.5. Residuos incompatibles. En los Artículos 3, 14, 19 y 31 del Reglamento de Residuos Peligrosos se define el término residuo incompatible como aquel que al entrar en contacto o ser mezclado con otro reacciona produciendo calor o presión, fuego o evaporación, o partículas, gases o vapores peligrosos, pudiendo ser esta reacción violenta. Las normas químicas y físicas para determinar si un residuo es incompatible se establecen de acuerdo con las normas técnicas incluidas en la NOM-054-ECOL-1993.

II.3.2.6. Requisitos de tratamiento, almacenamiento y disposición

Generalidades. La LGEEPA en su artículo establece que el generador de los residuos peligrosos es el responsable de su manejo y .disposición final. El derecho ambiental mexicano establece una diferencia entre la generación y el manejo de residuos peligrosos, lo cual implica responsabilidades diferentes, principalmente en cuanto al sistema de permisos y manifiestos establecido en el Artículo 151BIS de la Ley de Ecología y en el Reglamento de Residuos Peligrosos. Asimismo, la SEMARNAP expedirá las NOM relativas al etiquetado y envasado de residuos peligrosos.

Generadores de residuos peligrosos. El Artículo 3 del Reglamento de Residuos Peligrosos señala que los generadores de residuos peligrosos son las personas físicas o morales que, como resultado de sus actividades, produzcan residuos peligrosos. Los generadores deben obtener un permiso de la SEMARNAP para producir residuos peligrosos. Además, son responsables de determinar si sus residuos son peligrosos o no y deben cumplir con las NOM sobre clasificación y extracción, básicamente las NOM-052-ECOL-93, la NOM-053-ECOL-93, la NOM-054-ECOL-93 y la NOM-87-ECOL-1995. Los generadores deben obtener autorización de la SEMARNAP para producir residuos peligrosos. Asimismo, en los Artículos 8 y 14 del Reglamento de Residuos Peligrosos se estipula que los generadores deben apuntarse en el registro correspondiente de la SEMARNAP; llevar registros mensuales de los residuos peligrosos generados y entregar a esa Secretaría informes semestrales sobre los movimientos de los residuos peligrosos. Además, los generadores tienen que contar con transportistas que porten documentos de entrega, recibo y disposición que debe firmar el receptor final y regresarlo al generador en 30 días naturales. El Reglamento de Residuos Peligrosos exige a los generadores dar aviso a la SEMARNAP en caso de no recibir en el lapso señalado los comprobantes firmados por el receptor final.

El generador es el responsable final de garantizar que el transporte y disposición final de sus residuos peligrosos cumplan con el Reglamento de Residuos Peligrosos y las NOM aplicables, y de que todas las personas que participen en el manejo de los mismos se registren debidamente ante la SEMARNAP.

II.3.2.7. Manejo de residuos peligrosos. El Artículo 151 de la Ley de Ecología señala que la responsabilidad del manejo y disposición de residuos peligrosos corresponde a quien los genera. El Artículo 9 del Reglamento de Residuos Peligrosos estipula que el manejo de los mismos incluye todas las operaciones relacionadas con el almacenamiento, recolección, transporte, confinamiento, reuso, tratamiento, reciclaje, incineración y disposición final de residuos peligrosos. Se requiere un permiso especial de la SEMARNAP para manejar residuos peligrosos con base en la evaluación de impacto ambiental (EIA) de la SEMARNAP.

II.3.2.8. Tratamiento. En el Artículo 3 del Reglamento de Residuos Peligrosos define el término tratamiento como la acción de transformar los residuos, por medio de lo cual se cambian sus características. El tratamiento de residuos peligrosos pertenece a la categoría de "manejo de residuos peligrosos", y toda actividad de tratamiento debe estar autorizada por la SEMARNAP.

Las leyes y reglamentos mexicanos no definen los métodos generales de tratamiento. En los casos en que es necesario, deben tratarse previamente los residuos con anterior a su disposición final. Sin embargo, los requisitos de tratamiento previo se establecen por lo regular en los permisos de manejo individuales. Además, la NOM-052-ECOL-1993 establece los niveles máximos permisibles de concentraciones de químicos residuales que pueden eliminarse. El eliminador final de residuos tiene la responsabilidad en última instancia de garantizar que todos los residuos eliminados cumplan con las normas estipuladas en la NOM-057-ECOL-1993. La lista de los límites máximos permitidos para los desechos tóxicos se establece en el anexo 5 de la NOM-052-ECOL-1993. Por su parte, los hospitales y demás establecimientos que presten atención médica deberán acatar lo dispuesto en relación al tratamiento de residuos peligrosos biológico-infecciosos en la NOM-087-ECOL-95.

II.3.2.9. Almacenamiento. El almacenamiento de residuos peligrosos se define como la acción de retener temporalmente residuos en tanto se procesan para su aprovechamiento, se entregan al servicio de recolección, o se dispone de ellos. Se define disposición final (que se analiza más adelante) de manera independiente al almacenamiento. En virtud de que éste último pertenece a la categoría de manejo de residuos peligrosos, deben obtenerse los permisos respectivos de manejo antes de operar una instalación de almacenamiento temporal.

II.3.2.10. Contenedores. En términos generales, los contenedores para el almacenamiento temporal deben estar debidamente etiquetadas y cumplir con las condiciones establecidas en las normas técnicas. Los contenedores, según lo estipulado en el Artículo 14 del Reglamento de Residuos Peligrosos, deben estar diseñados para evitar pérdidas y vertimientos durante la descarga, carga y transporte, prevenir que los operadores se vean expuestos a los residuos peligrosos y estar debidamente etiquetados. Si bien no se han establecido NOM que regulen los contenedores de almacenamiento de residuos peligrosos en general, se han promulgado NOM relacionadas con los contenedores de transporte. En específico, la NOM-087-ECOL-1995 regula el envasado de residuos peligrosos biológico-infecciosos.

II.3.2.11. Instalaciones de almacenamiento. El almacenamiento temporal de residuos peligrosos en áreas tanto cerradas como abiertas, debe cumplir con las condiciones mínimas. Establecidas en las NOM y en los Artículos 15 a 21 del Reglamento de Residuos Peligrosos que establecen un sistema de manifiestos para registrar la entrada y la salida de residuos peligrosos de las áreas de almacenamiento. En específico, la NOM-087-ECOL-1995 regula el almacenamiento de residuos peligrosos biológico-infecciosos.

II.3.2.12. Disposición. La disposición de residuos peligroso se define en el Artículo 3 del Reglamento de Residuos Peligrosos como es la acción de depositar en forma permanente en sitios adecuados y condiciones apropiadas a fin de evitar daños al ambiente. Como la disposición pertenece a la categoría de manejo, debe obtenerse el permiso respectivo antes de operar una unidad de disposición final. Las personas físicas o morales dedicados a la disposición final de residuos peligrosos son responsables del tratamiento previo a los mismos que sea necesario.

La disposición final puede ser de tres tipos: (1) confinamiento controlado; (2) confinamiento en formaciones geológicas estables; y (3) receptores de agroquímicos. El confinamiento controlado, o tiradero no natural, se define como la obra de ingeniería para la disposición final de residuos peligrosos que garantice su aislamiento definitivo. El confinamiento en formaciones geológicas estables es la obra de ingeniería para la disposición final de residuos peligrosos en estructuras naturales impermeables que garanticen su aislamiento definitivo. En específico, la NOM-087-ECOL-1995 regula la disposición final de residuos peligrosos biológico-infecciosos.

II.3.2.13. Diseño de instalación de confinamiento controlado. La NOM-057-ECOL-1993 regula el diseño y construcción de instalaciones para el confinamiento controlado, sus sistemas de recolección de lixiviados, capacidad de recolección, sistemas de ventilación y cubiertas. Las instalaciones de confinamiento deben operarse de acuerdo con los requisitos de mantenimiento de bitácora y de manifiestos, así como de los procedimientos de manejo de residuos de conformidad con la NOM-058-ECOL-1993. No podrán removerse los residuos dispuestos en una instalación de disposición final a menos que sea en forma temporal por razones de emergencia. Los receptores de agroquímicos no se definen específicamente. Sin embargo, el Reglamento de Residuos Peligrosos señala que éstos podrán emplearse sólo para el confinamiento de residuos agroquímicos o sus empaques.

II.3.2.14. Reducción de desechos (incluyendo políticas de reciclaje o reuso)

La reducción de residuos bajo el derecho ambiental mexicano se presenta como reciclaje o como reuso. De acuerdo con el Artículo 152 de la Ley de Ecología, la SEMARNAP promoverá la prevención y reducción en la generación de residuos peligrosos, así como su reuso y reciclaje. Ambas actividades pertenecen a la categoría de manejo de residuos peligrosos y requieren de permisos. La reducción de residuos está contemplada por el Plan Nacional de Desarrollo y los programas establecidos por cada secretaría para instrumentarlo.

II.3.2.15. Aspectos de ubicación

La selección del sitio de una instalación de disposición final debe cumplir con las normas técnicas y ecológicas respectivas, así como con las políticas y disposiciones generales sobre contaminación del suelo y uso de terrenos establecidas en el Artículo 105 de la LGEEPA y en el Artículo 32 del Reglamento de Residuos Peligrosos. Se han expedido las normas técnicas bajo la NOM-CRP-055-ECOL-1993 la cual establece las condiciones técnicas específicas respecto a la hidrogeología (de superficie y del subsuelo), ecología, clima, ubicación cerca de centros de población, sismología, topografía y el acceso a instalaciones de disposición final.

II.3.2.16. Responsabilidad y aplicación

De acuerdo con los términos generales de la LGEEPA y el Reglamento de Residuos Peligrosos, toda infracción a las leyes sobre residuos peligrosos está sujeta a sanciones administrativas.

Las sanciones administrativas por infracciones a las disposiciones sobre residuos peligrosos incluyen las siguientes:

1. Multas de 20 a 20,000 veces el salario mínimo diario general en el Distrito Federal;
2. Clausura temporal o definitiva, total o parcial por infracciones a las leyes sobre residuos peligrosos;
3. Arresto administrativo de hasta 36 horas.

Además, a discreción de la SEMARNAP, todos los permisos, licencias y autorizaciones de operación están sujetos a revocación por infracciones graves o reincidencia. El no cumplir con los requisitos administrativos para subsanar las infracciones dará lugar a multas adicionales por cada día que continúen dichas violaciones. En caso de cometer una infracción dos veces en el mismo año, podrá imponerse una multa del doble de la originalmente impuesta. Por otra parte, las sanciones civiles y penales a que hubiera lugar bajo la ley mexicana son independientes de las penalizaciones administrativas señaladas en el Artículo 60 del Reglamento de Residuos Peligrosos.

De este capítulo podemos resumir que dichos reglamentos tanto nacionales como internacionales prohíben el vertimiento de los siguientes desechos:

- Petróleo Crudo
- Combustibles
- Diesel
- Fluidos Hidráulicos
- Aceites Lubricantes
- Compuestos Orgánicos Halógenos
- Mezclas de Hidrocarburos
- Cadmio y compuestos de Cadmio (Metal blanco que se usa como revestimiento que protege al acero de la corrosión).
- Plásticos y Demás materiales Persistentes
- Así como desechos radioactivos

Si estos desechos no afectan a organismos comestibles y no ponen en peligro a los humanos y animales, no estarán prohibidos.

Los siguientes desechos necesitaran un permiso especial de las secretarias a cargo para un posible vertimiento:

- Cianuros
- Fluoruros
- Arsénico
- Plomo
- Zinc
- Cobre y sus Compuestos
- Compuestos Orgánicos de Silicio.

Por lo que se prohibirá la descarga de fluidos de base aceite (Emulsión Inversa) o que contengan diesel y los fluidos que contengan aceite usado en la lubricación y reparación de maquinas.

II.3.2.17. Elementos que Generan Toxicidad Durante la Perforación de Pozos Petroleros.

La toxicidad de los desechos generados durante las operaciones de perforación dependerá de los volúmenes, concentraciones, frecuencias y tiempo de degradación, así como el análisis CRETIB (corrosivo, radioactivo, explosivo, tóxico, inflamable o biológico-infeccioso).

- Fluidos de Perforación
- Recortes de la Formación Impregnados de Lodo de Perforación
- Aguas Aceitosas
- Aceites y Grasas Lubricantes
- Mezcla de Ácido y Fluido de Control
- Mezcla de Cemento, Lodo y Materiales Triturados
- Salmueras
- Polvos (Bentonita, Barita, Cemento, etc.).

Los cuales serán explicados en el capítulo IV.

CAPITULO III.

III. FLUIDOS DE PERFORACIÓN Y SU CONTROL PARA UNA RECUPERACIÓN UTILIZABLE.

III.1. Definición:

Definición API: "Es un fluido circulante, usado en la perforación de pozos, para ejecutar alguna o todas las funciones requeridas. (Operaciones de perforación)".

Un fluido puede ser definido simplemente como una sustancia la cual tiende a fluir bajo la acción de un esfuerzo, no importando la consistencia de éste. En un fluido, los esfuerzos entre las partículas adyacentes son proporcionales al ritmo de deformación y tienden a desaparecer cuando cesa el movimiento.

Un fluido de perforación dependerá de las características que la formación a perforar tenga y se clasificara por:

- Fluidos Neumáticos.
- Fluidos base agua.
- Fluidos base aceite.

Los fluidos de mayor toxicidad serán los de base aceite, ya que están compuestos de muchos componentes y su contenido variara.

Estos componentes se presentan en la tabla III.A. y su explicación de cada uno será explicada más adelante dentro del mismo capítulo.

Neumáticos	Base Agua	Base Aceite
Aire Seco Niebla Espuma	Iniciales Bentonitico Tratados con Fosfato Gel-Químicos Cálcicos con adición de cal Cálcicos con Yeso Salados(de baja salinidad, salados saturados, salados de aplicación especial).	Aceite(5% de agua) Emulsión Inversa

Tabla.III.A. Componentes de un Fluido de Perforación.

También existirá un análisis químico con tratamiento y acondicionamiento para dichos fluidos con aditivos y reactivos que se señalan en la tabla III.B. y que también tendrán dicha explicación mas adelante, ya que dichos fluidos se degradan y pierden propiedades conforme pasa el tiempo de utilización debido a que se incorporan materiales y fluidos ajenos a estos, por lo que es necesario revalorizar, para un buen funcionamiento.

Es importante que las presas de lodo no se contaminen, con aceites y lubricantes durante la limpieza de del equipo de perforación, cuando se limpien las presas para el cambio de tipo de fase, ya que hay muchos sólidos que se depositan en el fondo y hay que quitar con palas y otros accesorios.

En este capitulo también se hablara sobre aspectos importantes de un fluido como es su densidad y viscosidad que variará de pendiendo de las condiciones de la formación a perforar.

Otro aspecto importante es la reología de los fluidos que serán clasificados por su comportamiento bajo la acción de un esfuerzo cortante y a la velocidad de corte inducida por dicho esfuerzo, por eso es que se considero para esta tesis.

El contenido de sólidos en un fluido de perforación, será otro concepto importante a tratar ya que en la practica los sólidos de perforación pueden encontrarse de dos diferentes maneras:

- Sólidos Agregados desde la superficie.
- Sólidos Agregados por la Formación.

Análisis Químicos Necesarios
Factor p.H.
Dureza Total
Cloruros
Alcalinidad
Potasio
Pruebas Diversas en el Campo
Viscosificantes
Materiales Densificantes
Reactivos Reductores de Viscosidad
Reductores de Perdida de Agua
Emulsificantes
Materiales para el Control de la Perdida de Circulación
Aditivos Especiales

Tabla.III.B. Análisis Químico, Aditivos y Reactivos de los Fluidos de Perforación.

III.2. Funciones de un Fluido de Perforación.

Las funciones de los fluidos de perforación son lograr un completo éxito de un programa de perforación mantenimiento como se dijo anteriormente eficiencia, seguridad y economía.

Las siguientes ocho funciones se enlistan en orden de importancia:

III.2.1. Enfriar y Lubricar la Barrena.

Durante la perforación se produce considerable calor debido al contacto de la barrena con la formación. El calor producido se transmite al fluido de perforación, el cual, por circulación, es llevado a la superficie, donde se disipa dicho calor. El fluido de perforación también lubrica la barrena y reduce la fricción de la formación con la barrena y con la sarta de perforación. La mayoría de los fluidos de perforación contienen diferentes aditivos (bentonita, polímeros, etc.) que ayudan a reducir la fricción al enfriar y lubricar la barrena y la sarta de perforación.

III.2.2. Transmisión de Potencia Hidráulica a la Barrena.

El fluido de perforación es el medio a través del cual se transmite la potencia hidráulica a la barrena.

Un fluido cuya viscosidad en la barrena se aproxima a la del agua, disminuirá las pérdidas de presión por fricción y aumentará la potencia hidráulica disponible a la barrena. Esto se debe a que mientras más baja la viscosidad tenga un fluido, menos pérdida por fricción en las paredes del pozo tendrá, ya que le será más fácil el movimiento y, por lo tanto, aumentará el rendimiento de la potencia hidráulica disponible.

III.2.3. Transporte y Acarreo de los Recortes a la Superficie.

Uno de los aspectos principales en la perforación, es la obtención de un óptimo valor de la "Velocidad de Penetración". Para obtenerlo, es esencial el acarreo apropiado de los recortes, de acuerdo con el tipo de barrena, peso, velocidad de rotación y programa hidráulico.

El fluido de perforación deberá proporcionar un flujo adecuado para crear una turbulencia, a través de la barrena, que levante y acarree instantáneamente los recortes perforados; esto se realiza mediante el diseño de un programa hidráulico adecuado. De otra manera, la velocidad de penetración será reducida, debido al remolimiento de los recortes por la barrena.

El levantamiento de los recortes depende principalmente de las características reológicas del lodo y de su velocidad. El valor del punto de cedencia deberá controlarse, para obtener el óptimo desplazamiento de los recortes a la superficie.

III.2.4. Control de las Presiones de la Formación.

La densidad del fluido de perforación debe ser adecuada para contener cualquier presión de la formación y evitar el flujo de los fluidos de la formación hacia el pozo, además de dar un cierto margen de seguridad mientras se efectúa un viaje de tubería. Sin embargo, la densidad no debe ser tan alta para crear excesivas presiones diferenciales, las cuales disminuirían la velocidad de penetración y podría causar una pérdida de circulación; así como una posible pegada de tubería.

III.2.5. Estabilidad de las Paredes del Pozo.

Estabilizar las paredes del pozo mientras se perfora a través de formaciones inestables, es una función de gran importancia. Las causas de la inestabilidad en las formaciones pueden ser numerosas y son diferentes en cada área.

Estas causas deben quedar bien definidas, para así poder formular un fluido de perforación con los requerimientos físicos y químicos que permitan evitar el problema. Para asegurar la estabilidad del agujero, el enjarre, la densidad, el flujo y la actividad química del lodo deberán ser ajustados.

III.2.6. Ayuda en la Toma de Registros Eléctricos.

El lodo debe suministrar un medio apropiado para evaluar las formaciones a través de los Registros Eléctricos.

Para tomar los Registros Eléctricos se requiere que el fluido de perforación sea un medio conductor eléctrico, que permita obtener las propiedades eléctricas de los diferentes fluidos de la formación.

La evaluación apropiada de la formación se dificulta enormemente si la fase líquida del fluido de perforación se ha desplazado al interior de la formación, o bien si el fluido altera las propiedades químicas o físicas del agujero.

III.2.7. Sustentación de la Sarta de la Perforación y de Revestimiento.

El fluido de perforación tiene, entre otras funciones la de sustentar la sarta de perforación y de revestimiento. Esto se realiza por medio de un empuje ascendente que obra en la tubería al estar sumergida en el fluido de perforación. Este empuje dependerá de la profundidad a la que se encuentre la tubería y de la densidad del fluido sustentante.

Cuando el fluido considerado es aire, el empuje es casi nulo, por la baja densidad del aire; pero en el caso de un pozo donde la tubería se encuentra sumergida en lodo, el empuje puede ser considerable y se deberá de tomar en cuenta para obtener un análisis real de todas las variables involucradas en el pozo.

Para la determinación de la sustentación de la sarta por el fluido de perforación, se seguirá la siguiente secuela, considerando la Tensión que obra en una determinada sección de tubería, como base de estudio.

Sea una sección de tubería de revestimiento o de perforación a "h" pies de la base, con peso lineal de W (lb/pie). El peso o fuera de tensión que obra es igual a Wh, siempre y cuando la tubería se encuentre libre o colgada sin fluido de perforación.

$$T = Wh = (\text{lb/pie}) (\text{pie}) = (1b)$$

Cuando la tubería se sumerge en un fluido de perforación, ésta comienza "a perder peso", debido al empuje ascendente que actúa en ella, por lo cuál la fuerza de Tensión cambiará de valor y por lo tanto quedará:

$$T = \text{Peso total de toda la tubería debajo de la sección considera (P) - Empuje ascendente provocado por el lodo bajo la sección considerada (E)(Ec.1).$$

El valor de (P) puede determinarse conociendo el área de la sección de dicha tubería y la densidad relativa del acero (agua = 1) que es 7.83, con lo que se podrá escribir:

$$P.- \text{Peso de la tubería bajo la sección considerada} = Ah \times 62.4 \times 7.83 = (1b)$$

donde:

- A = Área de la sección de la tubería (pie²)
- H = Altura de la sección de la tubería (pie)
- 62.4 = Densidad del agua (lb/ pie³)
- 7.83 = Densidad relativa del acero (adimensional)

El valor de (E) se puede determinar de la misma forma. En éste caso se considera la densidad relativa del lodo(Gm) (agua = 1).

$$E.- \text{Empuje ascendente del lodo bajo la sección considerada} = Ah \times 62.4 \times Gm.$$

Donde:

- Gm = Densidad relativa del lodo (adimensional)
- E = (1b)

Sustituyendo las dos ecuaciones anteriores en (Ec.1)

$$T = p-E = Ah \times 62.4 \times 7.83 - Ah \times 62.4 \times Gm = Ah \times 62.4 \times 7.83 (1 - Gm/7083) \quad (\text{Ec.2})$$

Como la Tensión T de la sección que se encuentra libre y el peso de la tubería bajo la sección considerada (P) son iguales, se tiene:

$$T = p-E = Ah \times 62.4 \times 7.83$$

Por lo que sustituyendo en (Ec.2)

$$T = Wh (1 - Gm/7083) \dots\dots\dots(Ec.3)$$

$$\text{Donde } (1 - Gm /7.83) \dots\dots\dots(Ec.4)$$

Se le llama el "Factor de Flotación", que afecta a la tubería al estar en contacto con el fluido de perforación. La ecuación Ec.3 expresa que para determinar la tensión neta, que actúa en una sección cualesquiera, es necesario multiplicar el peso de la tubería por el correspondiente factor de flotación.

En el caso de no tomar en cuenta el medio en que está sumergida la tubería, por considerar que es el aire el medio en que se encuentra la tubería, el factor de flotación será igual a "1".

III.2.8. Suspensión de los Recortes.

La suspensión de los recortes se efectúa principalmente cuando la circulación del fluido es detenido por un tiempo determinado durante un viaje de tubería, o por cualquier otra causa. Los recortes que no han sido removidos deberán de quedar suspendidos, ya que si no se efectúa el fenómeno anterior, caerán al fondo y causarán problemas al meter nuevamente la tubería de perforación y al reanudar la perforación, reduciendo la velocidad de perforación al producir un atascamiento de la barrena con los recortes sueltos asentados.

La velocidad de asentamiento de una partícula a través del fluido de perforación, depende de la densidad de la partícula, así como la densidad, la viscosidad y de gelatinosidad o tixotropía del fluido.

La gelatinosidad previene el asentamiento al reducir el grado de caída de las partículas; sin embargo altas gelatinosidades requieren altas presiones de bombeo para iniciar la circulación. Debido a esto se deberán programar, antes de hacer cualquier operación, las propiedades que convengan para un cierto objetivo. En algunas ocasiones se puede dejar de perforar y circular antes de sacar la tubería de perforación, a fin de limpiar el agujero de cortes y presumir el asentamiento de éstas durante el viaje de la tubería.

En la Fig.III.C. Se puede observar los componentes principales que existen en un equipo de perforación y en el cual es importante señalar que ya no existen las presas de "desperdicios", estas son prohibidas.

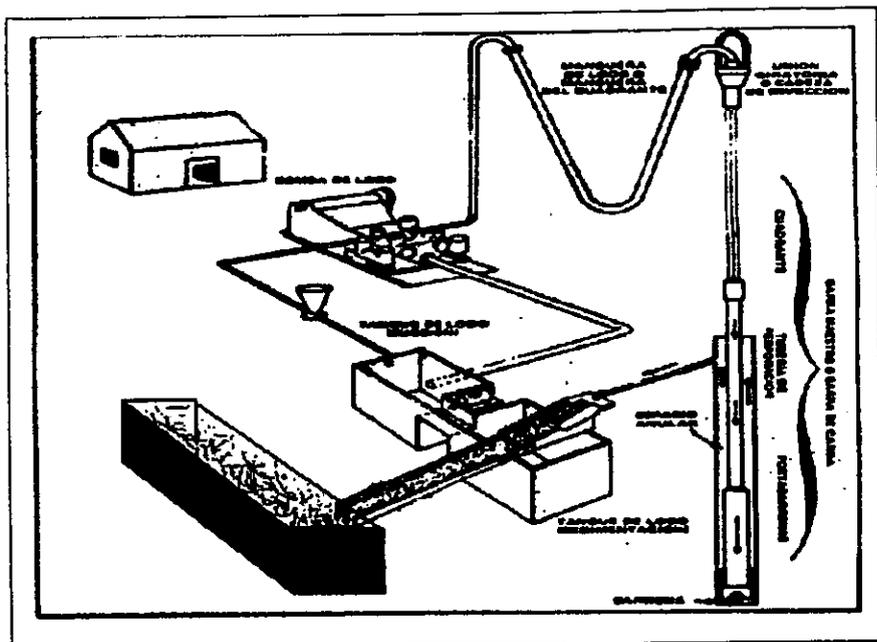


Fig.III.C. Componentes Principales, Equipo Acceso y Auxiliar de perforación.

III.3. Factores de Influencia de un Fluido de Perforación.

III.3.1. Velocidad de Perforación.

La velocidad o ritmo de perforación depende principalmente de la selección y mantenimiento apropiados del fluido de perforación. El fluido debe tener propiedades que permitan la mayor velocidad de penetración; por ejemplo: la menor densidad posible, el mínimo contenido de sólidos, y óptimas propiedades de flujo.

III.3.2. Limpieza del Agujero.

Para mantener una apropiada limpieza del agujero, la velocidad anular, el punto de cedencia y la gelatinosidad del fluido de perforación, deben ser mantenidos en los valores apropiados, indicados por las condiciones de la perforación.

III.3.3. Estabilidad del Agujero.

La estabilidad del agujero se afecta principalmente por tres factores externos (1) erosión mecánica debida a la barrena y al aparejo de perforación, (2) composición química del fluido de perforación y (3) el tiempo que el agujero permanece descubierto.

La erosión mecánica es producto de la rotación y de los viajes del aparejo de perforación, y no existe modo de eliminarla. La composición química del filtrado se puede modificar, de manera que cause el menor daño posible a las formaciones sensibles al agua. El fluido de perforación se debe diseñar de tal manera que aumente la velocidad de penetración. El lodo debe permanecer el menor tiempo posible en el agujero descubierto.

III.3.4. Programa de Revestimiento.

Aunque el programa de revestimiento está principalmente determinado por la profundidad del pozo y la presión de la formación, queda también supeditado al fluido de perforación en zonas donde se encuentren formaciones inestables. Un fluido de perforación, debe ser acondicionado para estabilizar el agujero, de manera que pueda introducirse el revestimiento a mayores profundidades. Por ejemplo: al estar perforando una zona de lutitas inestables, hidratables o deleznales, se puede observar la necesidad de usar un revestimiento, para cubrir esta zona, después de haberla perforado. Sin embargo si se usa un fluido estabilizador, para evitar que reaccionen las lutitas, se puede eliminar el uso de una tubería intermedia y así proseguir la perforación hasta la siguiente profundidad de revestimiento.

III.3.5. Evaluación de la Formación.

El fluido de perforación se debe diseñar de manera que tenga el mínimo efecto sobre la formación productora. Esto permitirá una mejor interpretación de las características del yacimiento y del potencial de la zona productora. La mayoría de los fluidos de perforación son, con algunas excepciones, dañinos a la zona productora. Para reducir cualquier daño, es importante que el fluido de perforación esté en buenas condiciones (bajo contenido de sólidos, composición química apropiada) al perforar la zona productora.

III.3.6. Tiempo de Perforación Total y Costos de Terminación.

La elección de los fluidos de perforación se debe hacer tomando en cuenta el mayor valor de penetración con un agujero estable y el mínimo daño a la formación productora. Los costos diarios y final del lodo no son el factor más importante en la elección del fluido. El objetivo es reducir el número de días en el pozo, a través de una apropiada elección y mantenimiento del fluido.

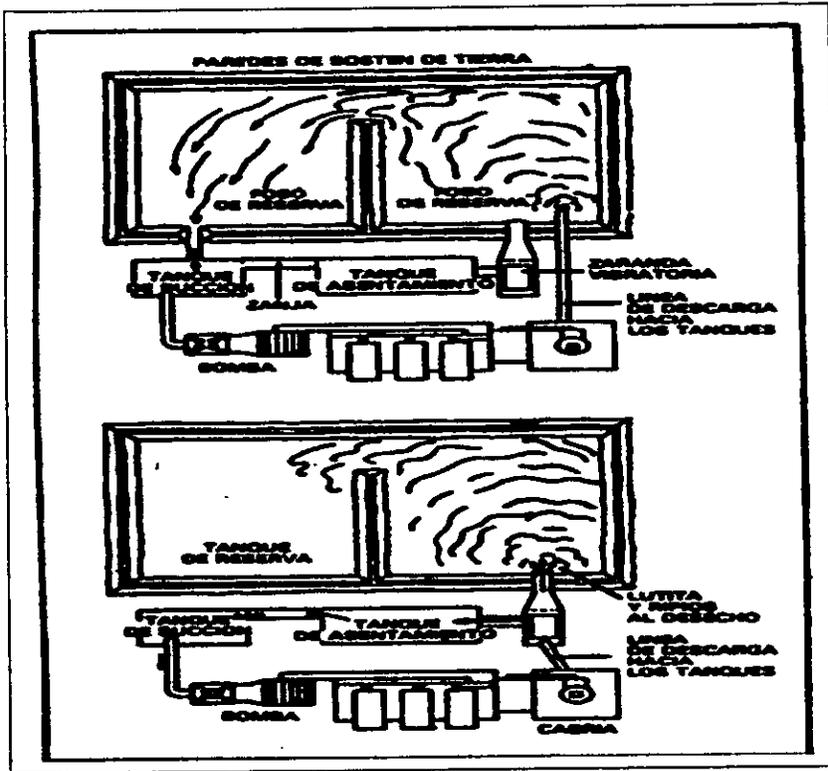


Fig.III.D. Presas de Lodo.

III.3.7. Selección del Equipo.

Generalmente el equipo empleado, para manejar los fluidos de perforación, se selecciona en forma inapropiada. Muchos equipos perforan ineficientemente debido a un programa de lodo mal escogido y viceversa. Siendo la meta de un programa de perforación terminar un pozo en el menor tiempo, con el mínimo costo; el equipo escogido debe funcionar apropiadamente con el fluido de perforación. Esto significa que el equipo deberá contar con dispositivos para eliminar sólidos y que proporcionen una adecuada circulación, de manera que los beneficios de un buen programa de lodo puedan realizarse. La elección de un fluido de perforación es una variable importante en la optimización de la perforación, y un buen fluido no se puede mantener y usar sin el equipo apropiado de circulación y de remoción de sólidos, en el equipo de perforación. En la fig.III.D. se puede apreciar la selección y los componentes de unas presas de lodo, en que forma se lleva la circulación del lodo y recolección de los recortes de perforación.

III.4. Criterios para Seleccionar un Programa de Fluidos de Perforación.

III.4.1. Tipo de Pozo.

Pozo Exploratorio:

El fluido de perforación que se escoja para un pozo exploratorio debe permitir la obtención de información geológica con facilidad y seguridad. Debe proporcionar estabilidad en las paredes del pozo, así como permitir tomar muestras y controlar las operaciones en el fondo del pozo.

Pozos de Desarrollo:

Los pozos de desarrollo permiten el uso completo de las técnicas de perforación. Los sistemas de lodo experimentales u otros no probados aún, se usan una vez que se conoce la litología básica. Si se desea que los pozos de desarrollo se perforen en el mínimo de tiempo y con el menor costo posible, el programa de perforación y el de los fluidos de perforación deben ser planeados cuidadosamente.

Reparación y Terminación de Pozos.

Los fluidos para reparación y/o terminación de pozos se deben escoger de tal manera, que se produzca el mínimo daño a la formación productora. Usualmente estos fluidos se elaboran con la mínima cantidad de sólidos, solubles en ácidos, y se densifican con sales disueltas para evitar daño a la formación.

III.4.2. Tipo de Formación a Perforar.

Lutitas Deleznables.

El problema de las lutitas puede ser menor o muy grave y tiene gran influencia en la selección del fluido de perforación. En situaciones normales, cuando el problema de las lutitas es menor, usualmente la formación oportuna de un buen enjarre controla la lutita deleznable. Si la situación es grave, se debe hacer un análisis completo de la lutita y se debe elaborar el fluido de perforación específico para controlar o disminuir el problema.

Anhidrita.

El problema más grave al perforar formaciones de anhidrita (CaSO_4) es el factor de los iones de calcio (Ca^{++}) sobre las partículas de bentonita en un sistema de agua dulce. La contaminación cálcica de la formación de anhidrita limita seriamente la hidratación de la bentonita y floculará la bentonita hidratada, ocasionando aumentos en la pérdida de fluido y en las propiedades viscosas del fluido de perforación. Si solamente se perforan unos cuantos estratos de anhidrita o si se perfora una sección de anhidrita, el recurso más

económico sería eliminar el calcio y utilizar el fluido de perforación que más satisfaga a la perforación. Si se necesitan perforar secciones masivas de anhidrita y lutita, entonces se tendrá que usar un lodo especial, que no sea afectado por la anhidrita y/o lutita.

Sal.

En la perforación de secciones de sal se tendrán efectos de contaminación similares, en un lodo aguada dulce, a los que se tienen con la anhidrita. Como los estratos de sal pueden estar compuestos de cloruro de magnesio ($MgCl_2$), cloruro de calcio ($CaCl_2$) y cloruro de sodio ($NaCl$) los efectos adversos antes mencionados serán debidos a los iones de calcio (Ca^{++}), magnesio (Mg^{++}) y de cloruro (Cl^-). Si es posible, se debe hacer un análisis del contenido de calcio y magnesio, para determinar si estos contaminantes se pueden eliminar económicamente. Si solo se necesita perforar unos cuantos metros de estrato y estos luego se revisten, puede usar un lodo de agua dulce, con tal que los iones de calcio y magnesio se hayan eliminado.

Si se están perforando secciones masivas de sal, se tendrá que usar un lodo saturado de sal o un lodo saturado de sal o un lodo inerte, para evitar él deslave y la formación de cavidades.

Formaciones con Alta Temperatura.

La estabilidad de los componentes del fluido de perforación se deberá considerar, cuando la temperatura de fondo sea mayor de $250^{\circ}F$ ($120^{\circ}C$). Las altas temperaturas, reducirán la efectividad de los aditivos químicos, aumentarán las pérdidas de agua y aumentarán la gelatinosidad de los lodos. En general entre más bajo sea el contenido de sólidos perforados, más fácil será mantener las propiedades deseadas a altas temperaturas.

Formaciones con Pérdida de Circulación

Aunque el tipo de fluido de perforación en uso no tenga un comportamiento directo con la pérdida de circulación, otras complicaciones y costos asociados con las pérdidas de lodo, en una zona particular, tienen influencia directa en la selección del fluido de perforación. Si los costos de obturar una zona de pérdida son muy altos se debe considerar la opción de continuar la perforación ciega y/o meter una tubería de revestimientos, o perforando con aire o espuma si las condiciones lo permiten.

III.4.3. Abastecimiento de Agua.

Composición del Agua.

De la composición química del agua se debe analizar el contenido de calcio y magnesio, de manera que se escoja un sistema de lodo conveniente a la composición química del agua.

Disponibilidad.

La fuente de abastecimiento de agua es una consideración importante que debe hacerse al elegir un programa de lodo. Si el agua dulce es abundante, entonces la dilución del lodo se puede mantener con bajos costos. Si el agua tiene que ser acarreada en camiones u otros medios, debe reducirse su consumo al mínimo. Esto requerirá el uso apropiado de equipo de control de sólidos. En otros casos como en la perforación costafuera es más económico utilizar agua de mar como base del fluido de perforación y, de esa manera, reducir el gasto que representaría el acarreo de agua dulce.

III.4.4. Naturaleza de las Formaciones Productoras.

Cuando se están perforando pozos de desarrollo, se deben dar determinadas consideraciones para escoger el fluido de perforación apropiado de manera que disminuya los daños a la formación.

El tipo de lodo usado para perforar la formación productora dependerá de las características de la roca de ese yacimiento.

III.5. Propiedades Importantes del Lodo para una Optima Perforación.

III.5.1. Contenido de Sólidos Coloidales.

Para obtener un beneficio completo de las técnicas de optimización es esencial conocer y controlar el tipo, concentración y distribución del tamaño de las partículas de los sólidos en los fluidos de perforación. Las pruebas de perforación han demostrado que aunque todos los sólidos sean adversos al ritmo de penetración, las partículas menores de una micra son 12 veces más perjudiciales que las partículas más grandes.

III.5.2. Filtrado y Fragmentos Atrapados en el Fondo.

Cuando se quedan fragmentos atrapados en el fondo del agujero se crea en el fondo una presión diferencial contraria, entre el frente hidrostático del lodo y la de la formación. Estos fragmentos no se pueden levantar inmediatamente del fondo, a menos que la presión diferencial que los retiene se elimine. El primer filtrado es el filtrado que se encuentra anteriormente al enjarre, este filtrado iguala la presión que se forma entre los fragmentos y la formación y por lo tanto elimina la presión diferencial, haciendo que los fragmentos se levanten inmediatamente del fondo. Los fluidos de perforación cargados con partículas coloidales no muestran el primer filtrado y por lo tanto retardan el desplazamiento de los fragmentos de la formación hacia la superficie.

III.5.3. Limpieza del Fondo del Agujero y Desplazamiento de los Recortes.

La eficiente limpieza del fondo del agujero y el desplazamiento de los cortes, son dos de los prerequisites para optimizar la perforación. La Limpieza del fondo del agujero depende principalmente del flujo turbulento a través de la barrena. El transporte o desplazamiento efectivo de los cortes del agujero depende del perfil del flujo anular.

III.5.4. Densidad.

La densidad del lodo se debe mantener en la mínima requerida para anular las presiones de la formación, considerando además un pequeño factor de seguridad por los viajes de la tubería. Las pruebas de perforación y los datos del campo han establecido que ha medida que la presión diferencial, entre el frente hidrostático y la formación aumenta, el ritmo de penetración disminuye drásticamente. Esta disminución se atribuye a un aumento en los esfuerzos de comprensión de la roca matriz bajo presión y a los efectos exagerados de la retención de fragmentos en el fondo.

La densidad del lodo es una propiedad expresada en términos de la masa por unidad de volumen ($\rho = m/v$). Idealmente, se desea que el lodo tenga una densidad tan baja como la del agua, para lograr óptimas velocidades de penetración y disminuir las pérdidas de circulación. Sin embargo, un lodo con densidad dos veces y media más de la del agua podrá ser necesario para prevenir o controlar un derrumbe ocasionado por formaciones deleznable.

Por regla general, para obtener con seguridad la óptima velocidad de penetración, la densidad del lodo deberá mantenerse a un valor mínimo, que equilibrará la presión de la formación y suministrará un leve sobrebalance, para dar seguridad contra sondeos del pozo durante viajes y conexiones de tubería.

Son excepciones para esta regla cuando se está perforando en un área con baja permeabilidad y formaciones sobrepresionadas o en áreas donde formaciones plásticas o hidratables tienden a cerrarse sobre el agujero que está siendo perforado. En el primer caso la solución sería perforar usando un preventor rotatorio en la superficie, para controlar el flujo de la formación. En el segundo caso, además de ajustar otras propiedades del lodo, se aumenta su densidad para evitar los derrumbes de la formación.

Como sucede con otras propiedades del lodo, la habilidad para controlar eficazmente la densidad, es el control de la naturaleza y el contenido de sólidos en el lodo. Esto depende de las formaciones perforadas, la velocidad de penetración, el equipo superficial de control de sólidos, el tipo de lodo utilizado, la calidad de los reactivos, y la calidad del personal calificado para la perforación del pozo. Todos estos factores, con excepción de las formaciones perforadas, pueden ser controlados y mejorados.

III.5.5. Presión Hidrostática.

Es la presión ejercida por una columna de fluido, a una profundidad vertical dada, que actúa en todas direcciones. Para una densidad dada se puede calcular la presión hidrostática con las siguientes ecuaciones:

$$P.H. (\text{lb/pg}^2) = \text{Gradiente del lodo (lb/pg}^2/\text{pie)} * \text{profundidad vertical (pies)}$$

$$P.H. (\text{lb/pg}^2) = 0.052 * \text{densidad (lb/gal)} * \text{profundidad vertical (pies)}$$

$$P.H. (\text{kg/cm}^2) = (\text{profundidad vertical (m)} * \text{densidad (gr/cm}^3)) / 10$$

La definición matemática de esta ecuación está expresada como: “La Presión Hidrostática es igual al gradiente de presión por la profundidad vertical del punto de interés”.

III.6. Tipos de Fluidos de Perforación.

III.6.1. Neumáticos.

Aire Seco.

Aire seco es el medio ideal para obtener altos valores de velocidad de penetración. La capacidad de acarreo de los cortes depende de la velocidad anular. Su aplicación queda restringido por agujeros inestables, formaciones productoras de agua y factores económicos. Aunque la perforación con aire puede continuar en la presencia de flujo de gas, la posibilidad de explosiones en el agujero, debidas a una mezcla crítica de gas-metano, es siempre una amenaza.

Niebla.

La perforación con niebla es la perforación de aire seco con pequeñas cantidades de agua surfactantes espumosos inyectados a altas velocidades en una corriente de aire.

Espuma.

Los lodos de espuma se elaboran inyectando agua y surfactantes espumosos, en una corriente de aire, creando una espuma viscosa. Las espumas estables se hacen inyectando un lodo conteniendo surfactantes espumosos a una corriente de aire.

La capacidad de acarreo de estos fluidos depende en mayor grado de la viscosidad del fluido que de la velocidad anular. Las espumas se utilizan cuando existen flujos débiles de las formaciones atravesadas. En comparación con el aire, la espuma ejerce una presión mayor, que actúa sobre los fluidos de las formaciones.

Lodos Acreados.

Los lodos acreados se elaboran inyectando aire y una mezcla gelatinosa. Estos fluidos son usados para perforar formaciones de baja presión, donde el equipo superficial y de profundidad impiden el uso de aire o espuma, y en ocasiones en zonas de pérdida de circulación.

III.6.2. Lodos Base Agua.

Lodos Iniciales.

Los lodos iniciales se usan en la perforación del agujero del tubo conductor. Usualmente consisten de una mezcla viscosa de bentonita o atapulgita, que proveen al lodo de una buena capacidad de acarreo para limpiar los agujeros de gran diámetro. Los lodos iniciales se desechan después de haber perforado el agujero del tubo conductor, debido a que no se tiene instalado el equipo de recuperación del fluido.

Lodo Bentonítico.

Los lodos tratados con bentonita son fluidos de perforación simples que se pueden utilizar en la perforación de pozos someros en áreas no problemáticas. La bentonita mejora la capacidad de acarreo y previene los problemas que se presentarían perforando con agua solamente.

Lodos Tratados con Fosfato.

Los fosfatos son productos inorgánicos (dispersantes) usados para reducir la viscosidad de los lodos bentoníticos que han sido contaminados con sólidos de la formación o cemento. Los fosfatos no controlan el filtrado y son inestables a temperaturas mayores de 150°F. De cualquier manera los fosfatos son los dispersantes químicos más eficientes, y sólo se necesita una pequeña cantidad para controlar las propiedades de flujo.

En las partes superiores del pozo o en pozos someros en lugar de tratamientos costosos a base de lignitos y surfactantes se pueden utilizar fosfatos, siempre y cuando no existan problemas de altas temperaturas de fondo.

Lodos Gel – Químicos.

Un lodo gel-químico consiste de bentonita y pequeñas concentraciones de un adelgazante (reductor de viscosidad) como el quebracho o un lignosulfonato. Un lodo de este tipo es similar en su aplicación al lodo tratado con fosfatos, pero puede ser utilizado a mayores profundidades.

Lodos Cálcidos.

Los lodos cálcidos son aplicables en la perforación de capas de poco espesor de anhidrita y también en aquellas zonas donde las lutitas deleznable y los flujos de agua salada son comunes. Estos lodos difieren de los otros lodos base agua, en que las arcillas sódicas (bentonita) se convierten en arcillas cálcidas a través de la adición de cal y yeso.

- Con Adición de Cal.

Los lodos de cal se preparan mediante la adición de sosa cáustica, adelgazantes orgánicos y cal hidratada, a un lodo bentonítico. Estos lodos resisten contaminaciones hasta de 50,000 ppm. de sal (30,000 cloruros); sin embargo, tienden a solidificarse o desarrollarse alta gelatinosidad a altas temperaturas.

- Con Adición de Yeso.

Los lodos con adición de yeso se han usado en la perforación de formaciones de anhidrita y yeso, especialmente aquellas con intercalaciones de sal y lutita. Se elaboran a partir de lodos naturales mediante la adición de yeso (sulfato de calcio) y lignosulfonatos.

Lodos de Polímeros de Bajo Contenido de Sólidos No Dispersos.

Los lodos de bajo contenido de sólidos no dispersos son el resultado de recientes avances tecnológicos entre la industria química de los polímeros y la tecnología de la perforación. El objetivo de este tipo de lodos, es que en lugar de dispersar los sólidos en el lodo, los recubre y los flocula para facilitar su desplazamiento y así mejorar la estabilidad y las características de perforación del fluido de perforación.

Diversos tipos de lodos de polímeros de bajo contenido de sólidos no dispersos se han elaborado usando varios polímeros con o sin bentonita y evitando el uso de dispersante.

Estos lodos se elaboran mediante la adición de bentonita con polímeros floclantes, para usar menos bentonita, o sea una concentración menor de sólidos en su elaboración. También se preparan utilizando polímeros reductores, poco recubridores y floclantes, para su aplicación en formaciones bentoníticas. Un buen lodo de este tipo permitirá obtener altas velocidades de perforación, gracias a sus propiedades tixotrópicas y filtrantes. Son también los lodos base agua más estables a la temperatura, debido a su bajo contenido de sólidos y pueden ser densificados a cualquier valor.

Lodos Salados.

Para su estudio se pueden dividir en:

- Lodos de Baja Salinidad (1% de NaCl ó $< 10,000$ ppm).

Estos lodos exhiben altas velocidades de filtración y enjarres gruesos. Para su control se utilizan reactivos orgánicos. Su P.H. generalmente es mayor de 8.0. Con el uso de valores de P.H. mayores de 9.5, se controla la fermentación de los agentes reductores de filtrado. La suspensión es difícil, debido a la floclación de las arcillas, donde para mejorar ésta propiedad se utiliza atapulgita o bien bentonita que deberá ser hidratada en agua dulce.

La salinidad, puede ser producto del agua de mar, sal añadida (NaCl) en la superficie o sal disuelta proveniente de estratos de sal. (Domas Salinos o formaciones evaporíticas). Este tipo de lodos se usa para perforar domos salinos y algunas veces cuando se encuentran flujos de agua salada, así como formaciones o secciones de anhidrita, de yeso y de lutitas problemáticas.

- Lodos Salados Saturados.

Estos lodos se utilizan para perforar domos salinos, donde existen problemas de agrandamiento del agujero con otros lodos.

Es necesario controlar el filtrado antes de llegar al domo salino, por medio de agentes de control de filtración (reducirlo si es posible hasta 1cc según la prueba API). El control de sus propiedades consiste en la adición de agua salada para reducir la viscosidad; de atapulgita para aumentar su poder de sustentación; y de agentes reductores para controlar el filtrado.

- Lodos Salados de Aplicación Especial.

Algunos de estos sistemas se elaboran a partir de polímeros, los cuales aumentarán la viscosidad del agua salada. Su aplicación principal es en operaciones de reparación de pozos o en la perforación costafuera y en áreas de lutitas donde no se necesitan lodos de alta densidad. Otros sistemas son similares a los lodos convencionales, pero incluyen aditivos para estabilización de la lutita.

III.6.3. Lodos Base Aceite (Teoría de las Emulsiones).

Lodos de Aceite (menos de 5% de agua).

Los lodos de aceite son usados principalmente para evitar las contaminaciones de agua de las formaciones productoras y para muestreo de formación en estado nativo. Son también inertes a las contaminaciones tales como en estado nativo. Son también inertes a las contaminaciones tales como de H₂S, secciones de sal y anhidrita. Los lodos de aceite se elaboran comúnmente con crudo previamente desgasificado. (Aceite estabilizado).

Emulsión Inversa.

Las emulsiones de agua en aceite, contienen el agua como "fase dispersa" y al aceite (usualmente diesel) como fase continua. Valores hasta de 40% de agua se pueden dispersar y emulsificar en aceite. Las emulsiones inversas tienen las características de los lodos base aceite, ya que el aceite es la fase continua y el filtrado es únicamente aceite. Estos fluidos son estables a altas temperaturas, son inertes a la contaminación química y pueden ser densificados después de ser ajustada la relación aceite-agua. El uso de los lodos de aceite y de emulsión inversa, requiere medidas de seguridad para protección del medio ambiente.

- Teoría de las Emulsiones.

Las emulsiones son una dispersión de un líquido inmisible en otro líquido inmisible ejemplo aceite en agua o agua en aceite el primer ejemplo se refiere cuando la fase continua es agua y la fase dispersa o interna es el aceite; si nosotros agregamos mayor cantidad de aceite hasta obtener casi la unión de las burbujas de aceite diríamos que existe una emulsión de agua en aceite (fase dispersa agua).

Diferentes trabajos de investigación se basan en la naturaleza de la película interfacial y que éste es el principal aportador a la estabilidad de la emulsión ya que contribuyen a la resistencia y compatibilidad de ella.

La tensión interfacial podemos representarla por el siguiente esquema:

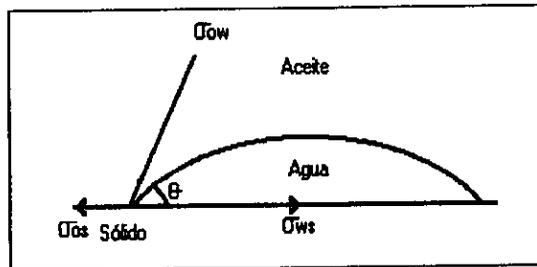


Fig.III.1. Tensión Interfacial.

En donde se tiene:

$$\sigma_{os} = \sigma_{ws} + \sigma_{ow} \cos \theta$$

$$\cos \theta = \frac{\sigma_{os} - \sigma_{ws}}{\sigma_{ow}}$$

En la mayoría de las emulsiones, el aceite es la fase dispersa y el agua es la fase continua, pero las emulsiones inversas, en las cuales el agua es la fase dispersa, se pueden lograr con un emulsionante adecuado, que previene que las partículas dispersas vuelvan a juntarse y formen una fase, disminuyendo así la tensión interfacial fig.III.1. estabilizando la emulsión.

Para hacer esto el emulsificador deberá construir gradualmente una película fuerte y vigorosa alrededor de las gotas para estabilizar su condición.

Otro mecanismo por el cual las gotas llegan a estabilizarse es a través de la adsorción de iones de la solución.

La resultante de las partículas eléctricamente cargadas repelen a las otras y posteriormente previenen su combinación (fenómeno de ionización).

La formación de una emulsión ya sea aceite en agua (directa) o de agua en aceite (inversa), dependerá de la solubilidad relativa del emulsionante en las dos fases. Por lo tanto un surfactante preferentemente soluble en agua como el oleato de sodio, formará una emulsión directa, porque disminuye la tensión superficial en el lado del agua de la interfase aceite/agua, y la interfase tiende a curvarse hacia el lado que tiene mayor tensión superficial, formando una gota de aceite rodeada de agua. Por otro lado los oleatos de calcio y magnesio son solubles en aceite, pero no en agua, y por lo tanto forman emulsiones inversas.

Las emulsiones típicas para emulsiones directas que se usan en los fluidos base agua, son sulfatos y sulfonatos de alquil aril, ácidos grasos polioxietilénicos, ésteres y éteres.

Una emulsión directa puede romperse agregando emulsionante de agua en aceite, la emulsión se invertirá si se añade demasiado emulsionante contrastante.

Se pueden formar emulsiones estables sin la presencia de un surfactante, por la adsorción de sólidos finamente divididos, tales como: arcillas, CMC, almidón y otros materiales coloidales, en la interfase aceite/agua. Una película de partículas sólidas es entonces para rodear a las gotas dispersas lo cual previene su choque. Puesto que las partículas no bajan la tensión interfacial significativamente, se conocen como "emulsionantes mecánicos".

Con el objeto de formar emulsiones estables, las partículas deben ser entre ligeramente humectables en aceite y ligeramente humectables en agua, de tal forma que permanezcan parcialmente en cada fase, idealmente las emulsiones más estables se forman cuando el ángulo es de 90° .

Las arcillas dispersadas y varios aditivos coloidales, especialmente los lignosulfonatos en solución alcalina, actúan como agentes emulsionantes mecánicos, de tal manera que se forman emulsiones directas completamente estables, agregando únicamente el aceite y proporcionando la agitación mecánica suficiente.

Las emulsiones mecánicas no son tan estables como las químicas. Cuando no se ha alcanzado la suficiente estabilidad, la emulsión puede estabilizarse agregando pequeñas cantidades de un emulsionante químico adecuado.

III.7. Clasificación y Descripción de los Fluidos.

El flujo de fluidos o sistemas de fluidos, a través de conductos circulares y espacios anulares, es uno de los aspectos más comúnmente encontrados en el campo de la ingeniería; especialmente en la perforación, terminación y reparación de pozos

petroleros. Por lo tanto, las características reológicas o de flujo de fluidos deberán ser bien definidas, a fin de diseñar adecuadamente los requerimientos de potencia necesaria para circularlos.

Además, en el diseño de sistemas de fluidos y en el comportamiento de flujo a diferentes condiciones; así como el efecto de diversos contaminantes sobre los fluidos, es posible obtenerlos solamente a partir de un estudio reológico o de las variaciones en sus propiedades reológicas.

III.7.1. Reología.

Es la ciencia de la deformación y flujo de los materiales. Es la rama de la física que trata sobre la mecánica de los cuerpos deformables. La mayoría de la teoría sobre la reología trata con casos idealizados, basado en ecuaciones diferenciales de primer orden y sobre el concepto de las constantes en esas ecuaciones no varían con los cambios en las variables involucradas. Sin embargo, existen numerosas excepciones de los conceptos ideales; las cuales han sido matemáticamente desarrolladas. Por tanto, estos sistemas reológicos, llamados "anómalos", parecen ser aún más comunes que los sistemas ideales. Además, aun cuando la teoría sobre la reología, tanto cualitativa como cuantitativamente, trata con fenómenos reversibles, a menudo se encuentra la irreversibilidad.

Los fluidos pueden ser clasificados de acuerdo con su comportamiento bajo la acción de un esfuerzo cortante y a la velocidad de corte inducida por dicho esfuerzo; resultante en un flujo laminar y unidireccional, a temperatura constante. Se considera un sistema de dos placas paralelas separadas por un fluido, como el mostrado en la fig. III.2. Las placas son infinitamente grandes con respecto a la separación entre ellas.

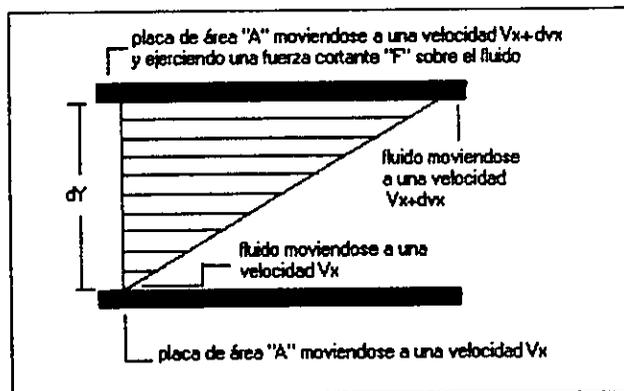


Fig.III.2. Respuesta de un Fluido a la Acción de un Esfuerzo.

Suponga que la placa superior se está moviendo con una velocidad $U_x + dU_x$ en tanto que la placa inferior lo hace a una velocidad U_x así, la velocidad de flujo adyacente a las placas es la misma que la velocidad de éstas. Por lo tanto, el fluido está sujeto a una deformación du/dy la cual es un gradiente de velocidad de corte γ .

En tanto que la fuerza cortante F por área unitaria A , impuesta sobre el fluido y tendiente a causar el movimiento del mismo, es denominado esfuerzo cortante ζ .

Así, para todos los fluidos existe una relación entre el esfuerzo cortante y la velocidad de corte resultante. Por consiguiente, esta relación es diferente para todos los fluidos y puede ser distinta para el mismo fluido, bajo condiciones diferentes de presión y temperatura.

Por lo tanto, la relación:

$$\zeta = f(\gamma) \dots\dots\dots (Ec. 5)$$

es única para cada tipo de fluido; siendo característica para un fluido bajo condiciones dadas de presión y temperatura.

Esta relación funcional entre el esfuerzo y la velocidad de corte es conocida como la ecuación reológica o constituida del fluido. Sin embargo, en el caso general, esta relación no es tan simple, ya que depende de otros factores tales como interacciones químicas, cambios de orientación y alineamientos de las partículas o moléculas, concentración de las fases, etcétera.

De esta manera, basados en la forma de las ecuaciones reológicas o en sus reogramas (representación gráfica de la ecuación reológica), los fluidos se clasifican en varios tipos.

Así, los fluidos se clasifican principalmente en dos grandes grupos: Fluidos Puramente Viscosos y fluidos que exhiben propiedades viscosas elásticas, denominados Fluidos Viscoelásticos.

Sin embargo, de acuerdo con su comportamiento bajo la acción de un esfuerzo cortante y la velocidad de corte inducida por dicho esfuerzo, los fluidos se clasifican como: FLUIDOS NEWTONIANOS Y FLUIDOS NO-NEWTONIANOS, como se muestra en la tabla III.1.

III.7.2. Fluidos Newtonianos.

Los fluidos Newtonianos o ideales son aquellos cuyo comportamiento reológico puede ser descrito de acuerdo con la Ley de la Viscosidad de Newton.

Es decir, son aquellos fluidos que exhiben una proporcionalidad directa entre el esfuerzo cortante aplicado y la velocidad de corte inducida, como se muestra en la fig.III.3.

III.7.2.1. Fluidos No-Newtonianos.

Los fluidos No-Newtonianos son aquellos fluidos que no se comportan de acuerdo con la Ley de la Viscosidad de Newton. Por exclusión, en este grupo se incluye a todos los fluidos que no exhiben una relación directa entre el esfuerzo cortante y la velocidad de corte. A su vez, éstos pueden ser subdivididos en dos grupos: Fluidos Independientes del Tiempo y Fluidos Dependientes del Tiempo.

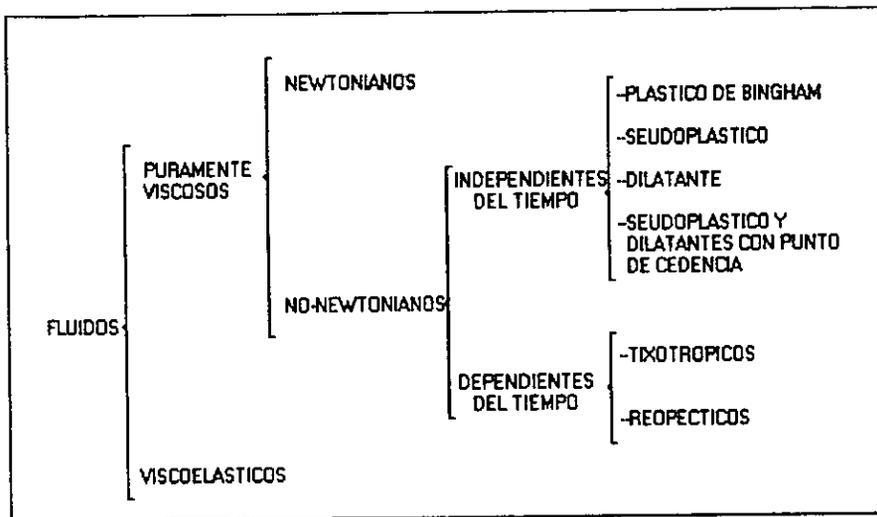


Tabla III.1. Clasificación Reológica de los Fluidos.

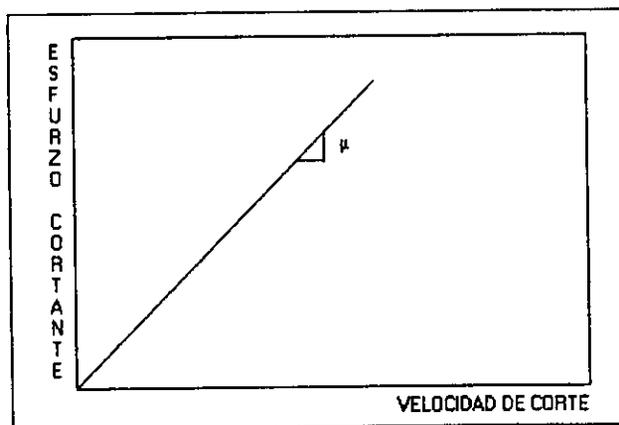


Fig.III.3. Fluido Newtoniano.

III.7.2.2. Fluidos Independientes del Tiempo.

Son así denominados debido a que sus propiedades reológicas no cambian con la duración del corte o con su historia de corte. Entre éstos se encuentran los Fluidos Plásticos de Bingham, Seudoplásticos, Dilatantes, y Seudoplásticos y Dilatantes con Punto de Cedencia.

Fluidos Plásticos de Bingham.

Son un caso idealizado de los fluidos No-Newtonianos; pues a fin de iniciar su movimiento se requiere vencer un esfuerzo inicial finito, denominado esfuerzo o punto de cedencia. Una vez que dicho esfuerzo inicial ha sido excedido, estos fluidos exhiben una relación lineal entre el esfuerzo cortante y la velocidad de corte, como se muestra en la fig.III.4.

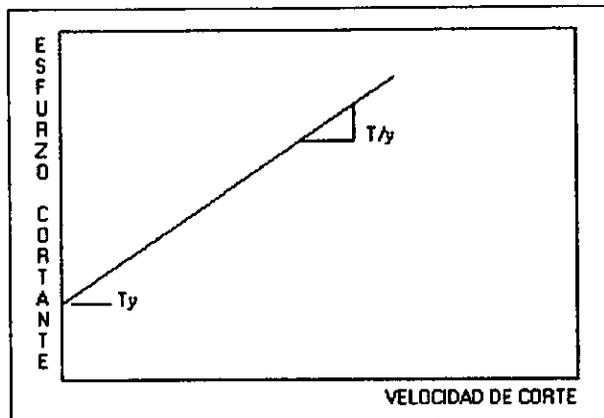


Fig.III.4. Fluido Plástico de Bingham.

Fluidos Seudoplásticos.

Son aquellos fluidos para los cuales un esfuerzo cortante infinitesimal iniciará su movimiento y para el cual el ritmo de incremento en el esfuerzo cortante decrece conforme se incrementa la velocidad de corte, según se observa en la fig.III.5.

Fluidos Dilatantes.

Estos fluidos presentan un comportamiento similar a los Fluidos Seudoplásticos, con la diferencia de que los Fluidos Dilatantes el ritmo del incremento del esfuerzo cortante con la velocidad de corte se incrementa, como se observa en la fig.III.6.

Matemáticamente éstos fluidos son similares a los Fluidos Seudoplásticos y por lo tanto, para ambos tipos de fluidos se aplican las mismas ecuaciones empíricas, con valores apropiadamente diferentes de ciertas constantes reológicas.

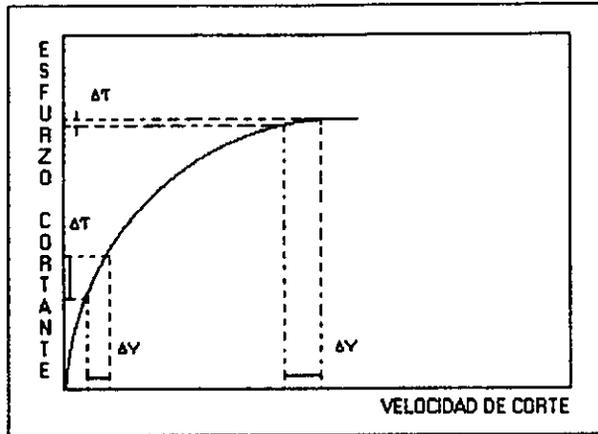


Fig.III.5. Fluido Seudoplástico.

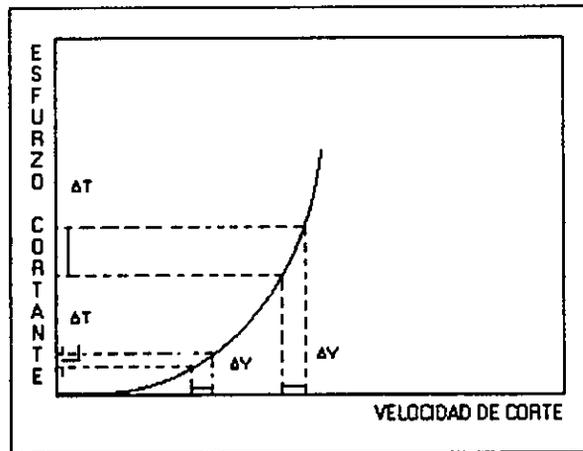


Fig.III.6. Fluido Dilatante.

Fluidos Seudoplásticos y Dilatantes con Punto de Cedencia.

Son aquellos que exhiben un esfuerzo inicial finito o punto de cedencia, como en el caso de los Fluidos plásticos de Bingham; pero una vez que el esfuerzo inicial ha sido rebasado la relación entre el esfuerzo cortante, en exceso del esfuerzo inicial, con la velocidad de corte resultante no es lineal. Es decir, una vez que el esfuerzo de cedencia ha sido excedido, su comportamiento esfuerzo-deformación se asemeja al comportamiento de los Fluidos Seudoplásticos o Dilatantes, como se muestra en la fig.III.7.

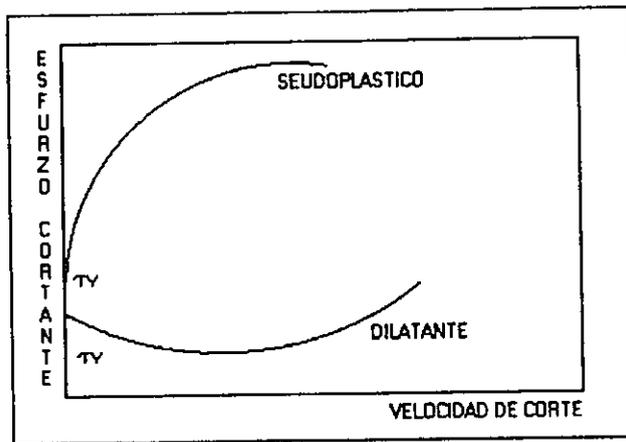


Fig. III.7. Fluido Seudoplástico y Dilatante con Punto de Cedencia.

III.7.2.3. Fluidos Dependientes de Tiempo.

Estos fluidos se caracterizan porque sus propiedades reológicas (relación esfuerzo cortante-velocidad de corte) varían con la duración del corte, dentro de ciertos límites. Los Fluidos Dependientes del Tiempo se subdividen en: Fluidos Tixotrópicos y Fluidos Reopécticos.

Fluidos Tixotrópicos.

Son aquellos en los cuales el esfuerzo cortante decrece con la duración del corte fig.III.8. Fluidos Reopécticos.

A diferencia de los Fluidos Tixotrópicos, en los Fluidos reopécticos el esfuerzo cortante se incrementa conforme se incrementa la duración del corte, como se aprecia en la fig.III.9.

III.7.2.4. Fluidos Viscoelásticos.

Los Fluidos Viscoelásticos son así denominados debido a que presentan características intermedias entre los fluidos puramente viscosos y los sólidos puramente elásticos, especialmente la característica de deformación bajo la acción de un esfuerzo y de retornar a su forma original indeformada cuando cesa la acción de dicho esfuerzo. Es decir, recobran su forma original después de la deformación a la que han sido sujetos, cuando cesa la acción del esfuerzo.

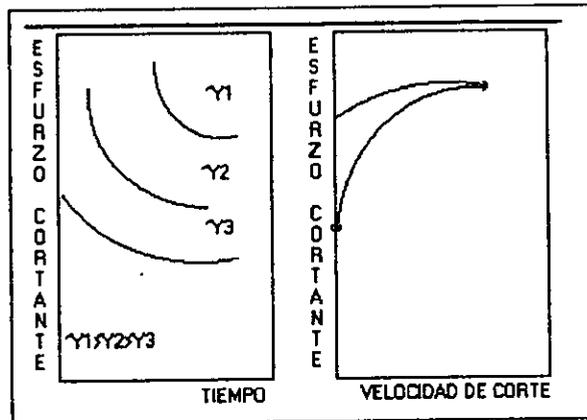


Fig. III.8. Fluido Tixotrópico.

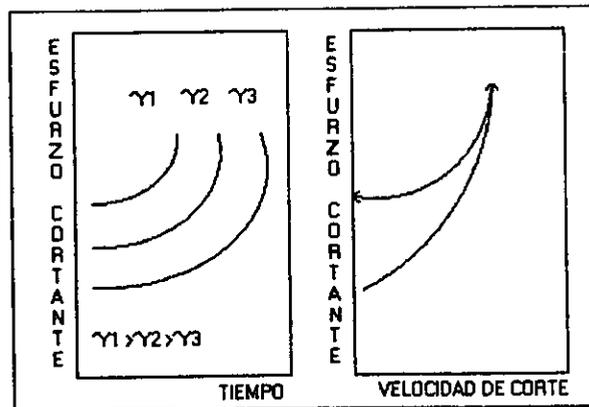


Fig. III.9. Fluido Reopectico.

III.7.2.5. Fluidos de Perforación.

Los fluidos de perforación son generalmente suspensiones de sólidos en líquidos, los cuales presentan características de flujo bastante complejas, pues no siguen, al menos en forma rigurosa, ninguno de los comportamientos reológicos descritos anteriormente.

Además, las condiciones de flujo tales como la presión y la temperatura, así como las diferentes velocidades de corte encontradas en los pozos petroleros, tienden a dificultar el entendimiento de las propiedades de flujo de estos fluidos.

De acuerdo con las funciones que tienen que cumplir estos fluidos, las características tixotrópicas son deseables. Pero esta dependencia del tiempo deberá de ser eliminada antes de estudiarlos desde el punto de vista reológico. Sin embargo, los fluidos de perforación (lodos de perforación), pueden ser considerados como fluidos No-Newtonianos e independientes del tiempo; es decir, pueden ser tratados como Fluidos plásticos de Bingham y/o Seudoplásticos con y sin Punto de Cedencia.

III.7.3. Viscosidad del Lodo.

Se debe recordar que el término "viscosidad" es apropiado solamente para fluidos newtonianos. Para los fluidos no-newtonianos, este término no tiene sentido, al menos en el sentido estricto.

Sin embargo, la relación entre el esfuerzo cortante y la velocidad de corte se refiere comúnmente como un término de viscosidad, esto es:

$$\eta = \tau_c (\dot{\gamma}) \dots \dots \dots (\text{Ec.6})$$

De tal manera que para los fluidos no-newtonianos, el término "viscosidad" significa exactamente la relación entre el esfuerzo cortante y la velocidad de corte, τ_c y $\dot{\gamma}$, cualquiera que sea la relación existente entre ambas, $\tau_c = f(\dot{\gamma})$. Por este motivo, la viscosidad deberá ser especificada a una velocidad de corte determinada.

En el campo, es necesario determinar las propiedades reológicas de los fluidos de perforación, terminación y reparación de pozos, en una forma rápida y sencilla de tal manera que los cálculos a realizar sean rápidos y los resultados prácticos y confiables.

Para la determinación de las constantes reológicas en el campo, se supone que la velocidad de corte depende únicamente de la geometría del viscosímetro y de la velocidad de rotación; es decir, no depende de las propiedades reológicas (esto es solamente cierto para Fluidos Newtonianos). Además, en algunos casos se supone que la lectura del aparato, θ , es igual al esfuerzo cortante.

Se considerará el Viscosímetro Fann 35-VG (fig.III.10), comúnmente empleado en la Industria Petrolera, equipado con la combinación estándar de bob-camisa y resorte de torsión No. 1, por ser éstos los suministrados con cada aparato. Para combinaciones o aparatos diferentes, referirse a los catálogos y manuales del proveedor; no obstante, el procedimiento a seguir es similar, variando entonces los valores de las constantes y otros factores.

Para el viscosímetro rotacional de campo y la combinación bob-camisa estándar y resorte de torsión No. 1, se tiene:

$$\begin{aligned} R_c &= 1.8420 \text{ cm.} \\ R_b &= 1.7250 \text{ cm.} \\ h_c &= 4.0500 \text{ cm.} \\ \beta &= 1.068 \\ K_r &= 387.0000 \text{ dinas-cm/grado} \end{aligned}$$

Por lo que el esfuerzo de corte estará definido por la ecuación:

$$\zeta_b = \frac{K_r \theta}{2\pi R_b^2 h_c} = \frac{387 \theta}{2\pi(1.725)^2 (4.050)}$$

$$\zeta_b = 5.1109 \theta \quad (\text{dinas/cm}^2) \dots\dots\dots(\text{Ec.7})$$

y en unidades prácticas de campo:

$$\zeta_b = 1.067 \theta \quad (\text{lb}_f/100 \text{ pies}^2) \dots\dots\dots(\text{Ec.8})$$

Por otro lado, la velocidad de corte está definida por la ecuación:

$$\gamma_w = \frac{\pi N \left[\frac{\beta^2}{\beta^2 - 1} \right]}{15 \left[\beta^2 - 1 \right]} = \frac{\pi N \left[\frac{1.06782^2}{1.06782^2 - 1} \right]}{15 \left[1.06782^2 - 1 \right]}$$

$$\gamma_w = 1.703 N \quad (\text{seg}^{-1}) \dots\dots\dots(\text{Ec.9})$$

En tanto que la viscosidad del fluido, a cualquier velocidad de corte está definida por:

$$\eta = \frac{\zeta_b}{\gamma_w} = 32.17 \frac{1.067 \theta}{(100)(1.703)N}$$

$$\eta = 0.2016 (\theta/N) \quad (\text{lb}_m/\text{pie-seg}) \dots\dots\dots(\text{Ec.10})$$

y en unidades de campo:

$$\eta = 300 (\theta/N) \quad (\text{cp}) \quad \dots\dots\dots(\text{Ec.11})$$

III.7.3.1. Modelo de Bingham.

La determinación de la viscosidad plástica y el punto de cedencia se basa en las lecturas a 600 y 300 rpm. Evaluando el modelo de Bingham en estas lecturas:

$$\zeta_{600} = \frac{\eta_p}{gc} \gamma_{600} + \zeta_y$$

$$\zeta_{300} = \frac{\eta_p}{gc} \gamma_{300} + \zeta_y$$

y resolviendo las dos ecuaciones anteriores para la viscosidad plástica, se tiene:

$$\eta_p = gc \left| \frac{\zeta_{600} + \zeta_{300}}{\gamma_{600} + \gamma_{300}} \right| \dots\dots\dots(\text{Ec.12})$$

$$\eta_p = \frac{(32.17) (1.067) (\theta_{600} + \theta_{300})}{(100) (1.073) (300)}$$

$$\eta_p = 0.000672 (\theta_{600} + \theta_{300}) \quad (\text{lb}_m/\text{pie-seg})$$

y en unidades prácticas:

$$\eta_p = \theta_{600} + \theta_{300} \quad (\text{cp}) \quad \dots\dots\dots(\text{Ec.13})$$

El punto de cedencia se obtiene del modelo de Bingham evaluando a 300 rpm, sustituyendo η_p de la Ec. 12 y resolviendo para ζ_y , así:

$$\zeta_y = \zeta_{300} - \frac{gc \left| \zeta_{600} + \zeta_{300} \right|}{gc \left| Y_{600} + Y_{300} \right|} Y_{300}$$

$$\zeta_y = \zeta_{300} - (\zeta_{600} + \zeta_{300})$$

Suponiendo que $\zeta = \theta$:

$$\zeta_y = \theta_{300} - (\theta_{600} + \theta_{300})$$

pero por la Ec.13, finalmente resulta:

$$\zeta_y = \theta_{300} - \eta_p \quad (\text{lb}/100\text{pies}^2) \quad \dots\dots\dots(\text{Ec.14})$$

Nótese que el valor del punto de cedencia es una aproximación, pues de acuerdo con la Ec.8, $\zeta \neq \theta$.

III.7.3.2. Modelo de Ley de Potencias.

A partir de la ecuación constitutiva del modelo evaluada a 600 y 300 rpm, resultan:

$$\zeta_{600} = K \gamma n_{600}$$

$$\zeta_{300} = K \gamma n_{300}$$

las cuales pueden ser resueltas simultáneamente. Así, para el índice de comportamiento de flujo, se tiene:

$$n = \frac{\log \left| \frac{\zeta_{600}}{\zeta_{300}} \right|}{\log \left| \frac{\gamma_{600}}{\gamma_{300}} \right|}$$

y en base a las lecturas Fann y revoluciones por minuto:

$$n = \frac{\log \left| \frac{\theta_{600}}{\theta_{300}} \right|}{\log (2)}$$

$$n = 3.32 \log \left| \frac{\theta_{600}}{\theta_{300}} \right| \quad (\text{adim}) \dots\dots\dots(\text{Ec.15})$$

Ahora, despejando K del modelo:

$$K = \frac{\zeta}{\gamma n}$$

y suponiendo que $\zeta = \theta$:

$$K = \frac{\theta_{600}}{1022^n} = \frac{\theta_{300}}{511^n} \left| \frac{\text{lb}_f \cdot \text{seg}^n}{100 \text{ pies}^2} \right| \dots\dots\dots(\text{Ec.16})$$

III.7.3.3. Modelo de Ley de Potencias Modificado.

Este modelo presenta tres parámetros reológicos, lo cual hace difícil la evaluación de éstos. Por lo que, para su solución es necesario suponer:

$$\zeta = \theta \quad \text{y} \quad \zeta_y = \theta_0$$

donde θ_0 es el valor de gelatinosidad (gel) inicial; considerando en este caso como una aproximación al verdadero valor de ζ_y .

Mediante la evaluación del modelo a 600 y 300 rpm se tiene:

$$\zeta_{600} = K \gamma n_{600} + \zeta_y$$

$$\zeta_{300} = K \gamma n_{300} + \zeta_y$$

Resolviendo simultáneamente ambas ecuaciones, resulta:

$$n = \frac{\log \left| \frac{\zeta_{600} - \zeta_y}{\zeta_{300} - \zeta_y} \right|}{\log \left| \frac{\gamma_{600}}{\gamma_{300}} \right|}$$

y en función de las lecturas del viscosímetro y las revoluciones por minuto:

$$n = \frac{\log \left| \frac{\theta_{600} - \theta_0}{\theta_{300} - \theta_0} \right|}{\log (2)}$$

$$n = 3.32 \log \left| \frac{\theta_{600} - \theta_0}{\theta_{300} - \theta_0} \right| \quad (\text{adim}) \dots\dots\dots(\text{Ec.17})$$

Así mismo, despejando K del modelo:

$$K = \frac{\zeta - \zeta_y}{\gamma n}$$

y en función de las lecturas, suponiendo que $\zeta = \theta$ y $\zeta_y = \theta_0$:

$$K = \frac{\theta_{600} - \theta_0}{1022^n} = \frac{\theta_{300} - \theta_0}{511^n} \left| \frac{\text{lb}_r - \text{seg}^n}{100 \text{ pies}^2} \right| \dots\dots\dots(\text{Ec.18})$$

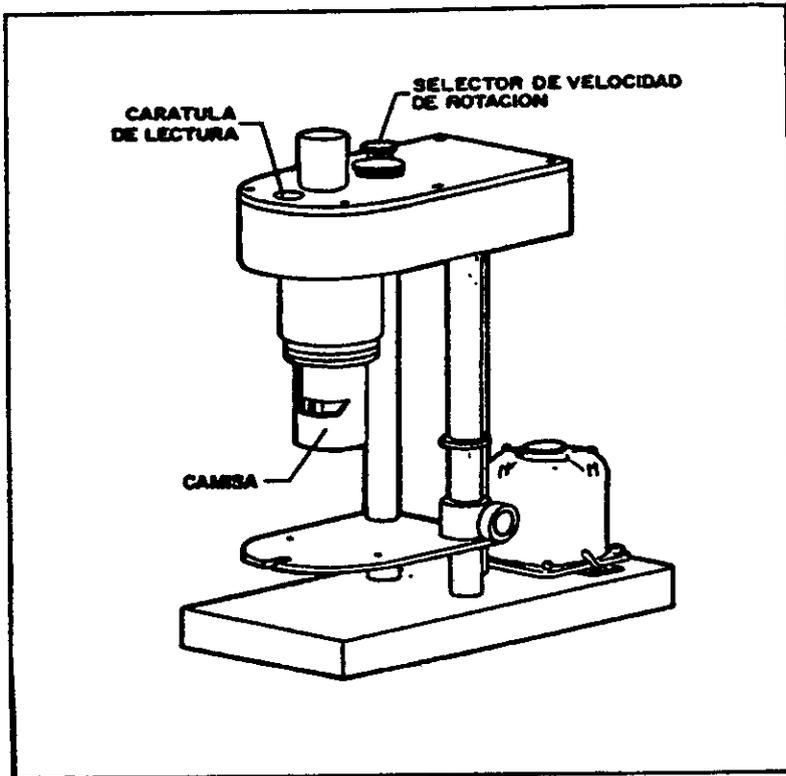


Fig.III.10. Viscosímetro Rotacional Fann 35-VG.

III.7.3.4. Contenido de Sólidos.

En un fluido de perforación, los sólidos en suspensión, son en esencia las células que forman su sistema circulatorio, por lo que el contenido de sólidos en un fluido de perforación es la propiedad más importante que debe controlarse.

En la práctica los sólidos de perforación pueden encontrarse de dos diferentes maneras:

- Sólidos Agregados desde la Superficie
- Sólidos Agregados por la Formación

1. Sólidos Agregados desde la Superficie.

El tipo y cantidad de sólidos agregados al fluido de perforación desde la superficie en cantidades controladas son uno de los puntos más importantes en el control de un fluido de perforación, ya que de ellos dependerán todas las propiedades importantes que se han mencionado anteriormente (densidad, viscosidad y pérdida de agua); es por esto la importancia que la cantidad y el tipo de sólidos sea controlada con eficiencia para poder alcanzar los objetivos de la perforación.

Entre los sólidos agregados se encuentra principalmente los “Aditivos químicos” que con su naturaleza, propiedades viscosas y actividad iónica, tendrán un papel importante en el equipo mecánico para remover sólidos así como un mejor control de los sólidos perforados contenidos en el sistema de circulación.

Refiriéndose a los aditivos químicos tales como, polímeros de revestimiento, que ayudan a preservar las partículas perforadas de la desintegración y por lo tanto mejoran la eficiencia de acarreo hacia la superficie de los sólidos perforados.

En ocasiones se utilizan también aditivos dispersantes, que en caso contrario al de preservar las partículas perforadas, retienen y dispersan los sólidos perforados creando sólidos finos que no podrán ser removidos por equipo mecánico, por gravedad o por disolución.

En cuanto a las propiedades viscosas, una alta viscosidad va a impedir la efectividad de la remoción de sólidos por medios mecánicos o químicos y por lo tanto también evitará el asentamiento de las mismas.

La actividad iónica cuando es mantenida retardará la hidratación de los sólidos perforados que puedan ser activos con el fluido de perforación y la remoción en la superficie es efectiva.

2. Sólidos Agregados por la Formación.

Son los sólidos generados por el trabajo de la barrena y retenidos en el lodo, son indeseables ya que afectan adversamente las propiedades primarias del fluido y necesitan la frecuencia y aumento de tratamientos en el sistema de circulación.

La naturaleza de los sólidos perforados que deben retenerse en suspensión por un fluido de perforación puede variar de partículas reactivas de bentonita a granos de arena inerte. Estas partículas ya sean hidratadas y dispersas en el fluido de perforación se podrán encontrar:

- a) Mecánicamente o químicamente suspendidas para un determinado trabajo.
- b) Convertidas en muy pequeños tamaños para formar suspensiones coloidales y así no ser separados del fluido al circular a la superficie.

Los más comunes y perjudiciales contaminantes del fluido de perforación son los sólidos generados por la barrena. Pruebas de campo para determinar el contenido total de sólidos y la clasificación de estos sólidos en varios tipos se explica enseguida. Sin embargo si ejecutamos con cuidado y evaluamos correctamente los resultados de las pruebas de campo en el contenido de sólidos será suficiente como para determinar las causas de los problemas de lodo y los pasos necesarios para corregir la situación que se presente.

Debido a los efectos adversos en la pérdida de agua, la viscosidad y la densidad en un lodo de perforación, los sólidos perforados retenidos en el lodo reducen drásticamente el ritmo de la perforación aumentando el peligro de pegaduras de tubería y otros problemas y por lo tanto aumentan los costos de la perforación.

Medida de Sólidos en el Campo.

La medida en el campo del contenido total de sólidos está dirigido a determinar el contenido de arena y el contenido de partículas de bentonita. Estos datos deben ser evaluados en conjunto con la densidad del lodo, el análisis del filtrado y en el cálculo del aumento de partículas de bentonita, barita y sólidos de baja densidad presentes en el lodo.

Contenido de Arena.

La arena contenida en un fluido de perforación es medida en por ciento de partículas de arena que son retenidas en una malla No. 200. Esta medida nos dará una indicación para el tratamiento que se dará al fluido de perforación y nos hará una evaluación de la eficiencia del equipo de control de sólidos y el procedimiento de su operación. Esta medida es hecha con muestras de lodo tomadas en la línea de flujo o en la presa de succión indicando el porcentaje de partículas de arena que circulan a la superficie y sirviendo para checar la efectividad de la remoción de sólidos.

El contenido de arena en la muestra de la presa de succión, debe ser casi nulo, de lo contrario estos sólidos volverán a la circulación y alcanzarán tamaños coloidales.

Análisis por Medio de la Retorta.

La retorta para lodo es usada para determinar el porcentaje de aceite, agua y el total de sólidos que componen el fluido de perforación. Las dos retortas más comúnmente usadas son Baroid y la Fann.

Retorta Baroid. La retorta Baroid tiene una cámara de lodo de 10 cm³ de capacidad al momento de colocar la tapa y el exceso de lodo es arrojado por un orificio situado en la parte posterior. Después de que la cámara de lodo (con tapa), el cilindro de extensión (con dos capas de limadura de acero), y la sección de condensación son instalados, la cámara de lodo y el segmento de extensión se colocan en el lugar de calentamiento de la retorta.

Procedimiento. Cuando la muestra se está destilando, los vapores emigran a través de la limadura de acero dentro de la cual los sólidos acarreados por el vapor son atrapados y entonces el agua y el aceite son condensados y recolectados en una probeta graduada de 10 cm³. La diferencia de líquidos colectados en el cilindro graduado y el volumen original de la muestra de 10 cm³, es el por ciento total de los sólidos. Si se tiene la precaución de que la muestra del lodo en la cámara de la retorta no atrape aire y la temperatura de la retorta no sea excesiva, el aceite, agua y sólidos contenidos se leerán directamente en la probeta graduada (ejemplo: si se recolectan 8.2 cm³ de agua es 82 el contenido de agua).

Retorta Fann. La retorta Fann utiliza una cámara de 20 cm³, se conecta el elemento de calentamiento el cual es insertado dentro de la cámara y enroscado. El uso de limadura de fierro no es recomendado por el fabricante, dado que puede afectar el balance volumétrico dejando residuos en las paredes del muestreo.

El cilindro graduado que trae el aparato está calibrado para leer los volúmenes recuperados en por ciento directamente.

Si se usa un cilindro regular de 20 cm³ el líquido recuperado se multiplica por 5 para obtener el porcentaje de los valores.

Fuentes de Error en las Lecturas de la Retorta Fann.

La primera fuente de error es la lectura exacta de aceite y agua recuperados en el cilindro graduado.

Como se puede observar debido a las fuerzas capilares la interfase entre el agua-aceite es curvo.

La curvatura de un fluido sólo o en interfase se llama menisco, el contacto agua-aceite tiene un menisco cóncavo hacia abajo. La lectura correcta del agua debe ser la línea horizontal tangente al punto plano más abajo del menisco aceite-aire o agua-aire.

Otra fuente de error es que si la temperatura de operación de la retorta es baja o si la retorta no se opera el suficiente tiempo, queda algo de condensado en los sólidos retenidos en la cámara de lodo sobre la limadura de acero.

Un cuidadoso análisis de la retorta dará la cantidad exacta de los diferentes tipos de sólidos en el fluido de perforación y dará la eficiencia de trabajo del equipo de control de sólidos antes de que se presente alguna etapa crítica.

Prueba de Azul de Metileno (MTB)

La prueba de azul de metileno (MBT) es una prueba para determinar la cantidad de sólidos reactivos (sólidos bentoníticos) en el fluido de perforación, basado en la capacidad de cambio de cationes de estas partículas sólidas. En esta prueba, el material

orgánico presente en la muestra de lodo es primeramente oxidado y una cantidad de azul de metileno es agregada para teñir, y agitando vigorosamente, permite que las partículas bentoníticas que permanecen en la muestra se tiñan. Cuando la presencia de color libre en la muestra es detectada y se suspende la presencia de color libre en la muestra es detectado y se suspende la adición, basándonos en este punto (volumen de tinte absorbido por las partículas), que es la capacidad de absorción de las partículas bentoníticas y conocido el volumen de la muestra, la concentración de partículas bentoníticas es calculado en función de la concentración de equivalente de bentonita en lb/barril.

Ocasionalmente un sistema de lodo con valores MBT apropiados pueden ser altas pérdidas de fluido (HP-HT), esto ocurre cuando las lecturas MBT se deben a la perforación de arcillas bentoníticas, las cuales no tienen la misma pérdida de fluido que la bentonita ensayada.

Usos de los Resultados de la Prueba de Azul de Metileno

1. Dan una medida directa del contenido equivalente de bentonita en un lodo de perforación en lb/b1 de bentonita y a la vez es una herramienta de diagnóstico para atacar los problemas de las propiedades del lodo.
2. Se usan conjuntamente con los datos de la retorta, densidad del lodo y filtrado en el análisis de la evaluación de la cantidad de cada tipo de sólidos en el fluido de perforación.
3. Da la causa de los problemas de viscosidad o ayuda a identificar los valores de pérdida de fluido.

Separación Mecánica de Sólidos.

La separación mecánica de sólidos que puede usarse en el campo es por: Vibradores, de desarenadores, centrifugas o varias combinaciones de ellos. Este equipo es diseñado para remover partículas de sólidos en un rango de varios tamaños.

Vibradores: Los vibradores (Shale Shakers) son el equipo básico para remover sólidos en una operación de perforación. Están diseñados para separar sólidos de tamaños de 100 micras en adelante (125,400 micras = 1pg). En ocasiones es necesario utilizar vibradores de alta velocidad con tamaños pequeños de mallas que puedan semejar el flujo y el tipo de formaciones que se perforan.

Para obtener mejor separación en vibradores de mallas finas, es importante que las mallas se conserven limpias y se evite que se tapen con lodo seco. Los vibradores se pueden eliminar solamente cuando se agrega material obturante para combatir pérdidas parciales de lodo.

Desarenadores y Centrifugas. (Removedores de Sedimentos): Los desarenadores y removedores de sedimento son hidrociclones. Los cuales tienen varios tamaños de cómo

los desarenadores son utilizados para remover partículas debajo de 25 micras (cono de 6pg) y los removedores de sedimento para remover partículas de 15 micras (cono de 8pg) por lo que no dejan pasar partículas de barita y por lo tanto su uso se limita a sistemas de lodo de baja densidad.

Diseño de Equipo: Para un diseño o especificación de un sistema efectivo de circulación hay que seguir el criterio siguiente:

- Diferente tipo de equipo de control de sólidos, debe instalarse en serie.
- La capacidad normal de un equipo de control de sólidos debe ser 100% a 150% del gasto máximo de circulación esperado.

Control de Sólidos.

La habilidad del control de sólidos en el fluido de perforación se afecta por la selección del fluido de perforación, la selección del equipo de perforación, los ritmos de penetración en varias secciones del agujero, el equipo para remover sólidos y las técnicas empleadas en el campo.

Sistemas de bajos sólidos con polímeros no dispersos pueden ser causa de problema, por su habilidad de floculación de los sólidos perforados o sistemas de lodos densos dispersos tendrán efectos de neutralizar las cargas de las partículas de los sólidos perforados y hacer que el sistema tolere más sólidos.

En algunos casos de perforación el aumento de sólidos generados por altos ritmos de penetración en diferentes tamaños de agujero pueden ser excesivos. En estas circunstancias no importa que sistema de control de sólidos se use en el equipo. La única manera de poder controlar los sólidos es controlar el ritmo de penetración.

El control de sólidos y las técnicas rutinarias en el campo son:

Todo el equipo debe mantenerse operando continuamente (excepción hecho cuando se agregan obturantes).

1. Vibradores de alta velocidad.
2. Desarenadores.
3. Deslimizadores.
4. Limpiadores de lodo y centrifugas.- Si la necesidad del campo lo justifica y los gastos de circulación están dentro de la capacidad de este equipo para remover los sólidos.

Removedores Químicos (Floculación).

Floculación: Es el acto de unir físicamente partículas micrométricas en aglomeraciones grandes, las cuales pueden separarse del fluido de perforación por métodos mecánicos y químicos.

De las sustancias químicas que pueden producir floculación, los polímeros pueden flocular sólidos perforados sin afectar las propiedades de los componentes del fluido de perforación.

Los polímeros floculantes están clasificados en tres categorías:

- (1) Floculantes completos.
- (2) Floculantes selectivos.
- (3) Polímeros de doble acción.

1. Los floculantes completos son comúnmente usados en perforaciones con agua en áreas donde la formación de lodo no es necesaria.
2. Los floculantes selectivos, como lo indica su nombre floculan sólidos perforados y lutitas de bajo MBT, sin afectar las partículas de bentonita y barita. Estos floculantes tienen su aplicación más común en fluidos de perforación base-agua de cualquier salinidad y cualquier densidad.
3. Polímeros de doble acción tienen uso como floculantes en perforaciones con agua y sistemas de lodos bajos sólidos no dispersos. Estos polímeros floculan sólidos perforados de baja densidad y al mismo tiempo partículas bentoníticas en el fluido de perforación; por lo tanto, el uso de polímeros de doble acción en la perforación de formaciones de alto contenido de bentonita debe suspenderse y reemplazarse por floculantes selectivos para evitar viscosidades excesivas.

Pequeña adición de calcio (cal) mientras se perforan formaciones bentoníticas, han aumentado la efectividad de los polímeros (incluyendo los polímeros de doble acción).

La técnica recomendada para la floculación en el campo es mezclar el floculante diluido adicionándolo en la línea de flujo, entre el "niple campana" y el vibrador. Una pequeña cantidad de agua en la línea de flujo ayuda a reducir la viscosidad y facilita la mezcla del floculante con el fluido de perforación.

III.7.3.5. Nomenclatura.

- gc : Constante gravitacional (M-L/(F-T))
- he : Altura efectiva del bob (L)
- K : Indice de consistencia (F-Tⁿ/L²)
- K_R : Constante del resorte de torsión del Viscosímetro FANN 35-VG (F-L/grados)
- N : Velocidad de rotación de la camisa (rpm)
- n : Indice de comportamiento de flujo (adim)
- R_b : Radio del bob (L)
- R_c : Radio de la camisa (L)
- β : Relación entre el radio de la camisa y el bob (adim)
- γ : Velocidad de corte (1/T)
- η : Viscosidad del fluido a una γ determinada (M/(L-T))
- η_p : Viscosidad plástica (M/(L-T))
- θ : Lectura Fann, deflexión del resorte (grados)
- μ : Viscosidad absoluta o Newtoniana (M/(L-T))
- ζ : Esfuerzo cortante (F/L²)
- ζ_y : Esfuerzo de cedencia (F/L²)

Las unidades son consistentes, pudiéndose emplear cualquier sistema de unidades. F- unidades de fuerza, M- unidades de masa, L- unidades de longitud y T- unidades de tiempo; grados- significa grados de deflexión del resorte de torsión del viscosímetro rotacional.

III.8. Análisis Químico, Aditivos y Reactivos de los Fluidos de Perforación.

El análisis químico del lodo de perforación y del filtrado del lodo, debe hacerse como rutina para determinar la presencia y concentración de varios iones. Dichas pruebas son necesarias para detectar el nivel de electrolitos que afectan los sólidos reactivos (bentonita) en el fluido y también las propiedades del fluido.

Con objeto de evitar daños a la formación, hidratación de alguna lutita problema o lavar secciones saladas, es importante formular y controlar la composición de los filtrados del lodo para la compatibilidad o inhibición de las formaciones que se van perforando.

Los análisis químicos necesarios son:

III.8.1. Factor p.H.

El factor pH es la medida de la acidez o la alcalinidad de una solución electrolítica.

El factor pH tiene valores que varían de 1 a 14.

Una solución neutra (agua destilada) tiene $\text{pH} = 7$.

La disminución del pH de 7 a 1 indica un grado de acidez y el aumento del pH de 7 a 14 indica un grado de alcalinidad.

El valor propio del pH para un fluido de perforación depende del tipo de fluido. Por ejemplo el pH de lodos de bajo contenido de sólidos no dispersos debe mantenerse entre 7 y 9, valores más altos perjudican la efectividad de los polímeros. Por otro lado sistemas de lodo dispersos requieren valores de pH de 9 a 10.5.

Para obtener un pH estable y duradero, los reactivos químicos, sosa cáustica o hidróxido de potasio, deben agregarse despacio y por periodos de tiempo prolongados.

Medida en el Campo: La medida del pH en el campo comúnmente se determina colorimétricamente por medio del papel pH que muestra la variación del color.

Medidores del pH con electrodos de vidrio (potenciómetro) se pueden usar en el campo y son más de laboratorio.

III.8.2. Dureza Total.

La dureza total de una solución es la suma total de los iones de calcio (Ca^{++}) y magnesio (Mg^{++}) en esa solución.

Comúnmente la dureza total se reporta como contenido de calcio.

Medida de Dureza Total:

La medida de dureza total así como la concentración Ca^{++} y Mg^{++} puede ser determinada por:

1. La concentración separada de Ca^{++} y Mg^{++} se determina por titulación (Análisis volumétrico).
2. La dureza total en sí puede ser determinada usando el indicador "calgamite" en solución diluida con agua destilada y :
3. La titulación específica para Ca^{++} se determina usando el Amortiguador "Calver II". La diferencia entre la dureza total y contenido de Ca^{++} , será la concentración de iones de Mg^{++} .

Precipitación de Ca^{++} y Mg^{++} en Fluidos de Perforación.

1. Si la fuente de los iones de calcio aumenta por agua o por estratos de yeso, el calcio debe ser precipitado con ceniza de sosa. La cantidad de sosa requerida para precipitar todo el calcio es de 0.0015 lb de ceniza por barril de lodo/ppm Ca^{++} .

La reacción química es la siguiente:



2. Si el calcio es debido a contaminación de cemento, los iones de hidróxido (OH) debido al cemento formarán dos moléculas de sosa cáustica (NaOH) por cada molécula de cemento e impartirán un excesivo pH. Esta reacción es la siguiente



Por lo tanto, la ceniza de sosa no debe usarse en exceso para eliminar la contaminación por cemento, excepto en sistemas dispersos donde se usan adelgazantes químicos no cáusticos para bajar el pH. En lugar de ceniza de sosa se puede usar bicarbonato de sodio (NaHCO_3) para eliminar la contaminación por cemento especialmente en sistemas no dispersos donde se pueden utilizar ácidos. El bicarbonato de sodio debido al ion hidrógeno forma solo una molécula de sosa cáustica y al mismo tiempo una molécula de agua mientras se elimina el cemento, esta reacción es:



3. Los iones de magnesio son precipitados por el uso de sosa cáustica en la misma concentración que la ceniza de sosa para eliminar el calcio (0.0015 lb de sosa cáustica/barril de lodo/ppm Mg⁺⁺).

La reacción en la precipitación del magnesio es:



III.8.3. Cloruros.

Los iones de cloruro en el fluido de perforación se pueden deber a lo siguiente:

- a) Sales disueltas al agregar agua (NaCl, CaCl₂ ó MgCl₂)
- b) Sales agregadas al lodo, Estratos de sal perforados y por flujo de agua salada.

La salinidad de un fluido de perforación se determina por la titulación del filtrado;

Es común suponer que todos los cloruros son debido a la presencia de sal común (NaCl) y el contenido de cloruros convertido al contenido de sal o viceversa:

$$\text{ppm sal (NaCl)} = \text{ppm cloruros (Cl)} \times 1.65$$

$$\text{ppm cloruros (Cl)} = \text{ppm sal (NaCl)} \times 0.606$$

Esta práctica es aceptable siempre que la dureza total y el potasio del filtrado sea bajo.

La máxima saturación de cloruros en el agua a 20° C (68° F) es de 188,000 ppm. Esta es equivalente a la saturación máxima de sal (NaCl) 311,000 ppm. En fluidos de perforación saturados de sal, la solubilidad de la sal aumenta a medida que se eleva la temperatura en el pozo y por lo tanto la salinidad actual en lodos saturados, será mayor que la saturación máxima a 20° C (68° F). La máxima solubilidad en sistemas salados

depende de la temperatura del fluido de perforación y la solubilidad relativa de la sal individual.

III.8.4. Alcalinidad (P_f , P_m , H_f , y P_1 , P_2) en el Lodo y Filtrado del Lodo.

La medida de la alcalinidad en el lodo y en el filtrado consiste de la titulación de una pequeña muestra con una solución de ácido sulfúrico o nítrico al punto final de una solución indicadora (cuando el indicador cambia de color). Las dos soluciones indicadoras más comunes con la fenoftaleina y el anaranjado de metilo.

La fenoftaleina: tiene un cambio al punto final cuando el pH es de 8.3 y tomará un color rosado en soluciones con pH mayor de 8.3 A medida que se va agregando el ácido gota a gota el pH de la muestra va bajando y cuando el pH sea 8.3, el color rosado desaparecerá. La titulación con el indicador de fenoftaleina es referida al punto final dependiendo ya sea de una muestra de filtrado o de lodo, se abreviará como valores P_f o P_m respectivamente.

Un punto importante en el campo es que si el filtrado o la muestra de lodo tiene valores P_f o P_m mayores que cero (0.01), el pH de esa muestra no puede ser menor que 8.3 (el punto final del indicador).

Los valores P_f y P_m son utilizados para determinar el contenido de calcio en fluidos de perforación base cálcica. Los valores P_f y M_f también se utilizan para estimar el hidróxido de calcio, bicarbonatos o iones de carbonato en el filtrado.

El anaranjado de metilo: tiene un punto final cuando el pH sea de 8.3 y el cambio de color será el punto final de la titulación.

La titulación se hace en la misma forma que con la fenoftaleina usando la misma solución de ácido, 0.5 N. El anaranjado de metilo tiene un color amarillo arriba de un pH de 4.3 el cual se cambia a rosado el punto final de pH 4.3. La titulación con anaranjado de metilo también se abreviará con M_f y M_m (filtrado y lodo respectivamente).

Todas las alcalinidades se reportan simplemente como el volumen de ácido (cm^3) necesario para alcanzar el punto final indicador para una muestra de 1 cm^3 . Como ejemplo: si se usaron 1.4 cm^3 de ácido para una titulación de 2 cm^3 del filtrado el P_f será 0.7 cm^3 en el reporte del lodo.

III.8.5. Contenido de Potasio.

La determinación del contenido de potasio en los fluidos de perforación ha ganado importancia mientras se desarrolla la aplicación de fluidos para estabilización de las lutitas, ya que la utilización del cloruro de potasio sirve "para suprimir la hidratación de las lutitas bentónicas".

La determinación de los iones de potasio en el campo comúnmente se basa en el contenido de cloruros. Otra práctica es registrar el agua y cloruro de potasio agregado al sistema.

III.8.6. Pruebas Diversas en el Campo.

Resistividad.

La resistividad del lodo de perforación y la del filtrado es necesaria en la interpretación de registros del pozo y se mide directamente al tomar la resistividad eléctrica al momento de tomar el registro.

Estabilidad Eléctrica.

La medida de la estabilidad eléctrica se aplica únicamente en lodos de emulsión inversa. Esta prueba es una indicación de la estabilidad eléctrica de una emulsión agua en aceite.

Consiste en pasar un voltaje, aumentándolo a través de un electrodo sumergido en la emulsión, hasta que la corriente se establezca, decida a la separación del agua de la emulsión.

Esta es una medida relativa de la estabilidad de la emulsión y la estabilidad eléctrica deseada dependerá de la cantidad y densidad de agua en el lodo.

Usualmente una estabilidad eléctrica de 240 Volts indica una emulsión fuerte.

Sulfato.

Se determina la presencia del sulfato en el filtrado del lodo cuando se perforan secciones de yeso o cuando un excesivo contenido de sulfato se espera. La contaminación por sulfato o carbonato se sospecha cuando de las pruebas comunes de iones están entre valores razonables, pero las propiedades del lodo son adversamente afectadas (pérdida de agua, viscosidad).

Sulfuro.

Detecta la presencia del sulfuro es esencial mientras se perforen áreas conocidas de ácido sulfhídrico (H_2S).

Esfuerzo Cortante.

Además del viscosímetro, un "Sharómetro" puede utilizarse para determinar las características de gelatinización del fluido de perforación.

La medida de los esfuerzos de corte con el "Sharómetro" está basada en la velocidad a la cual un cilindro hueco de aluminio se sumerge en un recipiente graduado que está

lleno con la muestra del lodo. Las unidades de los esfuerzos de corte son los mismos que los esfuerzos gel medidos en un viscosímetro, 1bf/100 pies².

III.8.7. Viscosificantes.

- Bentonita.

Bentonita (montmorillonita de sodio) se usó en principio como materia: para dar viscosidad y también como reductor de pérdida de agua para lodos base agua dulce.

La bentonita imparte viscosidad por el fenómeno de hidratación en agua dulce, también puede prehidratarse en agua dulce y agregarse al agua de mar o a lodos salados para el control de la viscosidad y control de filtración

- Atapulguita.

Atapulguita (silicato hidro magnesio-aluminio) es usado como material para dar viscosidad a lodos de agua salada. La atapulguita obtiene viscosidad a través de un efecto de unión de sus partículas, debido a su estructura de agujas.

No imparte control de la filtración como la bentonita por lo tanto un polímero reductor de pérdida de agua puede ser usado con atapulguita para el control de la filtración.

- Asbestos.

Asbesto (silicato de calcio-magnesio) es usado como material para dar viscosidad en lodos de agua dulce o salada. Dan viscosidad de la misma manera que lo hace la atapulguita debido a la estructura de sus fibras. Debe emplearse con cuidado ya que es conocida como un material cancerígeno (agente que causa el cáncer). Se debe usar guantes y máscara protectora cuando se maneje este material.

- Polímeros.

Los polímeros son usados para controlar diferentes propiedades del fluido de perforación, asimismo sirven para dar viscosidad al fluido. Los principales son:

- a) Polímero X C.- Es manufacturado por una fermentación bacteriana produciendo viscosidad al agua de cualquier salinidad aún sin sólidos coloidales. Se deberá usar un preservativo para evitar una degradación bacterial. Su temperatura máxima de trabajo es de 250° F.
- b) Celulosa "DRISPAC".- Se usa como reductor de pérdida de agua para lodos de agua dulce o salada y también para impartir viscosidad a éstos sistemas. Su degradación es a 300° F.

- c) Carboxymethyl Celulosa(CMC).- Se usa como reductor de pérdida de agua, impartiendo viscosidad en lodos de agua dulce y agua salada arriba de 50 000 ppm de Cl⁻. Su degradación es de 250° F.
- d) Hydroxyethyl Celulosa (HEC).- Se usa para dar viscosidad a fluidos de reparación de pozos, altamente soluble en ácidos y se usa en unión de otros polímeros para dar viscosidad a lodos salados. Su degradación es de 250° F.
- e) Agentes Amplificadores y de Revestimiento de la Bentonita.
 - “Ben – EX”.- Es usado para ampliar el campo de la bentonita para formar un verdadero lodo de bajos sólidos no disperso, así como agente floculante para sólidos perforados. En lodos densos no dispersos funciona como ampliador de la bentonita y agente de revestimiento para la barita. Algunas bentonitas no reaccionan y necesitan ceniza de sosa.
 - “Lo – Sol”.- Se usa en la fabricación de lodo de bajo contenido de sólidos no disperso, ampliando el campo de la bentonita. Reacciona con la mayoría de la bentonitas sin la adición de ceniza de sosa.

III.8.8. Materiales Densificantes.

Barita.

La barita es un sulfato de bario ($BaSO_4$) se encuentra como un mineral natural, tiene una densidad de 4.2 a 4.6 gr/cm³ y una dureza de 3.0, don diferentes coloraciones blanco, gris o café. Se encuentra mezclado con silicato de hierro y aluminio.

Algunas baritas se encuentran en formaciones suaves de cal y requieren de un lavado antes de molerse. Con la barita se pueden obtener lodos de densidad hasta de 2.4 gr/cm³. (20 lb/gal).

Oxido de Hierro.

El oxido de hierro (Fe_2O_3) tiene una densidad de 4.9 a 5.3 gr/cm³ y una dureza de 7.0, tiene coloración café, roja o negra. El óxido de hierro se usó como material densificante sin ver la importancia del espesor del enjarre. Después se descubrió que tenía tendencia a incrementar la pérdida de agua y el espesor del enjarre, combinado con la decoloración de la piel y la ropa por lo que dejó de usarse como material densificante.

Galena.

La galena es un sulfuro de plomo ($Pb S$), con densidad de 6.7 a 7.0 gr/cm³ y dureza de 2.5 con coloración que va del gris al negro. Debido a su toxicidad rara vez se usa como material densificante al lodo. Debido a su alta densidad se pueden fabricar lechadas de (32 lb/gal.) 3.84 gr/cm³.

Carbonato de Calcio.

El carbonato de calcio (CaCO_3) con densidad de 2.7 gr/cm^3 y una dureza de 3.0, se usa para obtener lodos de densidad moderada base aceite en trabajos de reparación de pozos. Puede ser usado como material para controlar pérdidas de circulación en trabajos de reparación de pozos, con el se obtienen lodos de $(10.8 \text{ lb/gal}) 1.30 \text{ gr/cm}^3$.

Sales Disueltas.

- Cloruro de Sodio (NaCl).

El cloruro de sodio NaCl se usa cuando se perforan estratos de sal o domos, se obtiene con el lodos de $(10.0 \text{ lb/gal}) 1.20 \text{ gr/cm}^3$ de densidad.

- Cloruro de Calcio (CaCl_2).

El cloruro de calcio CaCl_2 se usa principalmente para obtener lodos libres de sólidos para trabajos de reparación de pozos. Con el se pueden obtener lodos de $(11.8 \text{ lb/gal}) 1.42 \text{ gr/cm}^3$ de densidad. Se usa también en combinación con el cloruro de sodio para obtener densidades intermedias a una misma saturación, el CaCl_2 es más corrosivo que el NaCl .

- Cloruro de Calcio/Bromuro de Calcio.

Las soluciones de bromuro de calcio y cloruro de calcio se usan para obtener lodos de densidad $(11.7 \text{ a } 15.1 \text{ lb/gal}) 1.40 - 1.81 \text{ gr/cm}^3$. Estos fluidos se usan para trabajos de reparación de pozos pero son altamente corrosivos.

III.8.9. Reactivos Reductores de Viscosidad.

1) Fosfatos.

- a) Pirofosfato de Sodio Ácido (SAPP).

Su característica es tener un peso molecular de 221.97, densidad de 1.85 gr/cm^3 en solución diluida, su pH es de 4.8 en general es un polvo blanco con algunas impurezas insolubles (sulfatos) es ligeramente corrosivo al fierro. El pirofosfato es de uso común para reducir la viscosidad en lodos. Cuando el SAPP empieza a perder efectividad es porque está sujeto a contaminaciones de sal. Su degradación es de 150°F .

- b) Fosfato Tetrasódico (TSPP).

El fosfato tetrasódico TSPP ($\text{Na}_2 \text{P}_2 \text{O}_7$) tiene un peso molecular de 266.03 y densidad de 2.534 gr/cm^3 . Es un producto blanco cristalino, que en solución diluida el pH es de 10.2 y solución al 10%, pH de 10.0. Su degradación de 150°F .

c) Hexametáfosfato de Sodio (SHMP).

El hexametáfosfato de sodio, SHMP ($\text{Na}_6(\text{PO}_3)_6$) tiene un peso molecular de 612.10 y una densidad de 2.181 gr/cm^3 , es incoloro, y en solución de 10%, el pH es de 5.1. No es tan efectivo como el SAPP en tratamientos largos y continuos. El SHMP también elimina el calcio. Su límite de temperatura es de 150°F .

2) Tanatos.

• Extracto de Quebracho.

El extracto de quebracho $\text{C}_{14}\text{H}_{10}\text{O}_9$, tiene aproximadamente el 65% de tanino, es de apariencia de vidrio granulado y de color café. Es lentamente soluble en agua y en una suspensión del 10% tiene un pH de 5.0, es soluble en solución cáustica y en combinación de 1:3 de cáustica y quebracho tiene un pH de 10.5. Es uno de los más efectivos adelgazadores químicos para lodos naturales y se usa hasta 250°F , siempre y cuando el contenido de sal y calcio del lodo no exceda de 10 000 ppm de NaCl y 240 ppm de calcio. Se agrega lignito al quebracho para ayudar al control de la pérdida de fluido.

• Extracto de Abeto.

Es un tanino extraído de la corteza del abeto. Este producto se usa como adelgazador en lodos que contengan arriba de 240 ppm de calcio y 10 000 ppm de NaCl.

3) Lignitos.

• Lignitos de Mina o Ácidos Humicos.

Son materiales producto de la podredumbre de la vegetación. El producto final es de color café o negro, tiene un pH (6.8) casi neutro. Se usa con cáusticos en proporción de 1 parte de cáusticos y 5 partes de lignito, se usa también como adelgazador, emulsificador de aceite, reductor en pérdidas de fluido y no es efectivo en tratamientos específicos de lodos cálcicos.

Se usa como un adelgazador, como reductor de pérdida de fluido y como emulsificador de aceite.

• Lignitos Caustizados.

Son lignitos a los cuales se les ha agregado cáusticos. Generalmente una parte de cáustico de 4 ó 5 partes de lignitos se mezclan y empaican en sacos de 50 lbs.

• Lignitos Modificados.

Son usados con lignosulfonatos modificados para ayudar al control de la filtración particularmente a altas temperaturas, todos los lignitos son estables a temperaturas arriba de 400°F .

4) Lignosulfonatos.

- Lignosulfonatos de Calcio.

Son usados como dispersantes químicos para lodos cálcicos. No son especialmente efectivos como adelgazadores en lodos de agua dulce pero son excelentes dispersantes para preparar lodos cálcicos

- Lignosulfonatos de Sodio Modificados.

Son lignosulfatos de metal pesado cromo. Son usados para reducir la viscosidad y el esfuerzo gel y también para ayudar al control de la pérdida de fluido.

Se usan también en combinación con los lignitos modificados para el control de las propiedades del fluido a altas temperaturas.

5) Poliacrilatos de Sodio.

Los poliacrilatos de sodio son usados en los lodos de bajo contenido de sólidos no dispersos (pesados y ligeros) para controlar el valor de cedencia, el esfuerzo gel y la pérdida de agua, en vez de dispersantes.

III.8.10. Reductores de Perdida de Agua.

A. Bentonita.

La bentonita es un material usado principalmente para dar viscosidad a lodos de agua dulce. Sin embargo debido a que tiene características de formar él enjarre en el pozo imparte cierto control en la filtración. También se usa en lodos salados para ayudar al control de la filtración en menor grado.

B. Almidón.

El almidón es un material que se usa para reducir la pérdida de fluidos y es un dispersante en lodos de agua dulce y salada. El almidón es susceptible de fermentación, la que se puede reducir manteniendo un pH de 12.0, también se usa para ayudar a mantener la concentración de sal arriba de 230,000 ppm.

C. Carboximetil Celulosa de Sodio (CMC)

El CMC es un material que se mantiene disperso en agua dulce o salada, es altamente coloidal. Tiene más resistencia bacterial que el almidón y que muchas otras gomas naturales. El CMC es precipitado por el calcio y su uso se limita con menos de 50 000 ppm de sal.

D. Drispac.

El "drispac" es derivado de la celulosa. Tiene poder dispersible en lodos base agua, desde agua dulce a agua saturada, es un material no biodegradable y se usa para controlar la pérdida de agua y la viscosidad.

E. Poliacrilato de Sodio.

El poliacrilato de sodio se usa para bajar la pérdida de agua en lodos no dispersos de bajo contenido de sólidos.

F. Dispersantes.

De los dispersantes químicos que hemos visto, los fosfatos y los taninos solos no impartirán control de la pérdida de agua. Los lignosulfonatos son principalmente agentes para el control de la viscosidad y que también imparten control de la pérdida de agua debido a su acción sobre las partículas de bentonita.

En sistemas dispersos, valores muy bajos de pérdida de agua se obtienen con la adición de lignito.

III.8.11. Emulsificantes.

1. Emulsificantes de Aceite en Agua.

La emulsión de aceite en agua casi siempre es perjudicial en el avance de la perforación y emulsiones arriba de 30% de aceite solo se usan en aplicaciones muy especiales.

a) Lignitos.

En un sistema de lodo disperso los lignitos se usan para el control del filtrado y también para emulsionar lodos con contenido de 10% de aceite en volumen sin necesidad de usar ningún emulsificante.

b) Emulsificante Tipo Jabón.

Materiales jabonosos son tenso activos superficiales, los cuales disueltos ya sea en agua o en aceite producen emulsiones en la misma forma que lo hacen los jabones ordinarios.

c) Emulsiones Agua en Aceite.

Los emulsificantes usados en la composición, de las emulsiones menos comunes agua en aceite (W/O) o emulsiones inversas son:

"INVERMUL"

"IMCO KEN X"

III.8.12. Materiales para el Control de la Perdida de Circulación.

- **Materiales Fibrosos.**

EL material fibroso es usado como filtro y material obturante. Los materiales fibrosos para controlar pérdidas de circulación no son compatibles con lodos base aceite.

- **Cáscara de Nuez.**

La cáscara de nuez es el material más comúnmente usado para combatir la pérdida de circulación por acción de taponamiento. La cáscara de nuez puede usarse en lodos base aceite.

- **Recorte de Celofán.**

El recorte de celofán puede usarse sólo o con cáscara de nuez para restablecer circulación. El celofán tampoco es compatible con lodos base aceite.

- **Combinación de Materiales Fibrosos, Recortes y Material Granular.**

Esta es una combinación de tres productos que vienen en una sola bolsa. No es recomendable que se usen con lodos base aceite.

- **Diesel M.**

El diesel M. es una tierra diatomacea usada en los trabajos de pérdida de circulación en inyecciones forzadas, este producto se puede usar con todos los sistemas de lodos incluyendo lodos base aceite.

- **Materiales Diversos para Perdida de Circulación.**

Materiales diversos se han usado en el pasado, se encontró que solamente tenían efectos temporales de taponamiento. Estos materiales se usan en la actualidad en profundidades debajo de la tubería de revestimiento superficial. Ejemplo de estos materiales son: Cáscara de semilla de algodón, mica; aserrín y papel.

III.8.13. Aditivos Especiales.

- 1) **Floculantes.**

Polímeros fluoculantes son usados para flocular sólidos perforados de grandes conglomerados de manera que se pueden remover ya sea por asentamiento o por medio mecánico. La floculación es el único método para remover los sólidos de tamaño coloidal que se producen durante la perforación, los cuales son altamente perjudiciales en el avance de la perforación.

2) Agentes para Control de Corrosión.

Los inhibidores de corrosión más comúnmente usados son compuestos a base de aminas aplicados manual o mecánicamente en el pozo para proteger el interior y exterior de la sarta de perforación.

3) Desespumantes.

a) Desespumantes para todos Propósitos.

Pueden usarse en todos los sistemas de lodos base agua.

b) Desespumantes para Agua Salada.

Usados en el control de la espuma en lodos de agua salada.

4) Control de pH.

La sosa cáustica o hidróxido de sodio (Na OH) es el reactivo comúnmente usado para el control del pH en el fluido de perforación. La potasa cáustica o hidróxido de potasio (KOH) puede ser directamente sustituido por NaOH en todos los sistemas de lodo base agua, especialmente en áreas donde hay problemas de calizas inestables. La ceniza de sosa (Na_2CO_3) también afecta el pH en menor grado.

CAPITULO IV

IV. CONTAMINACIÓN AMBIENTAL OCASIONADA POR LA INDUSTRIA PETROLERA

En este capítulo se empezara por mencionar información generalizada sobre derrames de petróleo, la contaminación que esté genera en tierra y la importancia que tiene para no dañar el medio ambiente en el que se encuentra, posteriormente se hará un análisis de las principales fuentes de generación de desechos durante la perforación de pozos petroleros.

IV.1. Fuentes de contaminación.

IV.1.1. Contaminación por petróleo.

La contaminación por petróleo, particularmente en el mar y en aguas navegables ha despertado mucho más interés en el público que cualquier otro desperdicio o material derramado, aun cuando este resulte potencial o realmente mucho más peligroso. Son dos de las razones:

Primera, el petróleo en general flota en la superficie del agua y puede ser visto aunque sólo sea una capa muy delgada.

Segunda, cualquiera, caminando en la playa o nadando en el mar, es muy probable que se encuentre con capas de aceite, no importando en que parte del mundo se esté.

No es únicamente la contaminación del agua por petróleo la que causa intranquilidad, sino todas las operaciones relativas a la perforación, producción, el almacenamiento, el transporte y la distribución del petróleo y sus derivados.

Como se mencionó en el capítulo II los diversos países expiden leyes y reglamentación tendientes a reducir los derrames y residuos peligrosos y el consecuente deterioro del medio ambiente y la salud humana.

Las propiedades de los materiales derramados varían, pero existen algunas de carácter general.

El petróleo crudo y sus derivados usualmente despiden un vapor inflamable el cual puede ser fácilmente encendido. El registro principal, por tanto, es el de la presencia de fuego y la ocurrencia de una explosión. Esta propiedad da lugar a la reglamentación concerniente a todos los aspectos de transporte y de almacenamiento.

Estos vapores son incoloros y por lo tanto invisibles, y pueden acumularse al nivel del suelo; son medianamente tóxicos y dependiendo de la concentración puede causar desde desvanecimientos hasta sofocación por la reducción de la cantidad de oxígeno.

Los productos líquidos, especialmente la gasolina, son tóxicos si son ingeridos. El plomo, un aditivo en la mayoría de las gasolinas, incrementa su toxicidad.

La limpieza y reparación de tanques es especialmente peligrosa. La mayoría de los productos del petróleo actúan como solventes muy efectivos y pueden causar dermatitis por un prolongado contacto con la piel.

Las aves marinas son particularmente vulnerables a la contaminación por petróleo. Ellas se posan en la superficie del agua y algunas veces se sumergen deliberadamente en las películas de aceite, tal vez, por que los pájaros ven el aceite una semejanza con los bancos de peces.

El petróleo destruye el impermeabilizante natural de las plumas de tal manera que pierden sus propiedades protectoras del sol y el ave muere por insolación o cansancio. Además, al limpiarse ellas mismas se intoxican.

IV.1.2. Fuentes del petróleo.

En muchos campos petroleros, los estratos que contienen al petróleo tienen fisuras por las cuales fluye éste a la superficie. Los campos pueden estar en tierra o en el mar. Debido a los yacimientos que se localizan en el fondo marino hay un gran número de infiltraciones marinas naturales y se ha estimado que en el mar, debido a esto, se encuentran entre dos décimas y seis toneladas por año de petróleo.

En el pasado, la terminación (brote) de los pozos se efectuaba sin control alguno dando lugar a derrames de aceite crudo.

Actualmente los pozos se terminan debidamente controlados, pero ocasionalmente ocurren accidentes (brotos imprevistos). Se ha estimado que por cada mil pozos perforados uno se puede descontrolar, pero, solamente uno de cada diez mil pozos perforados representa alguna amenaza al medio ambiente.

Cuando la perforación se localiza en el mar, particularmente en aguas profundas, las condiciones adversas incrementan el riesgo de un derrame y hacen más difícil su control.

La mayoría del petróleo que contamina el mar procede de tierra o directamente de descargas de ductos, de refinerías o de plantas petroquímicas en las corrientes de agua de descarga.

Este puede ser desperdicio de petróleo vertido accidental o deliberadamente en las corrientes o la descarga de líquidos oleosos de fabricas de todos los tipos. Los automóviles usan derivados de petróleo que se queman, pero, una parte se descarga como niebla de aceite o bien gotea sobre la calle al caminar o cuando está estacionado.

Una gran parte del aceite usado en automóviles se arroja al drenaje o al terreno al realizar el mantenimiento.

El aceite procedente de cualquiera de estas fuentes, eventualmente llega al mar o daña nuestros suelos para el cultivo.

Las descargas directas dentro del mar por buques tanques u otros barcos se puede dividir en cuatro grupos:

- a) Descargas operacionales durante el lavado del tanque
- b) Descargas por fisuras
- c) Derrames por accidentes marinos
- d) Derrames durante la carga o descarga

IV.1.3. Contaminación por petróleo en tierra.

Hasta aquí, tal vez se ha insinuado que la mayor parte del problema de la contaminación por petróleo ocurre en el mar. Esto está lejos de la realidad, la contaminación del suelo por petróleo y sus derivados es igualmente objetable y es más difícil de llevar a cabo la limpieza y aplicar las medidas correctivas.

Anteriormente, los pozos petroleros fueron perforados sin considerar el medio ambiente, lo cual ocasiona graves daños al medio ambiente.

La mayoría de los derrames en tierra tienen su origen en tanques de almacenamiento o de fugas y de roturas de tuberías, en las presas de lodo que eran en algún espacio al lado del equipo de perforación y que no tenía otro destino más que quedarse ahí en ese terreno sobre todo cuando eran lodos de emulsión inversa, donde se ocupa diesel.

El petróleo vertido por completo en las corrientes puede recolectarse por medio de represas y bombearlo posteriormente.

El petróleo que se filtra a través del terreno dentro de los acuíferos puede viajar con el agua grandes distancias y en consecuencia contaminar las fuentes de agua potable. Esta agua puede tener sabor a aceite. Pues bien, pequeñas cantidades, particularmente de petróleo o combustibles ligeros de tanques de almacenamiento subterráneos pueden producir muy serios problemas; afortunadamente tales casos son raros pero se deben tener permanentemente gran cuidado.

El petróleo transportado en tanques por carretera o por vía férrea constituye un riesgo latente de contaminación y algunas veces de pérdidas de vidas.

Los productos del petróleo, después de accidentes en vías de comunicación, derramamientos sin fuego, tienden a descargar dentro de las vías fluviales, frecuentemente propiciado por los bomberos, quienes limpian los caminos para reducir el peligro de un incendio y fácilmente conducen a problemas de contaminación del agua.

IV.2. Efectos de los Derrames del Petróleo en Tierra o en el Mar.

El petróleo y sus componentes que se han derramado dentro del medio ambiente eventualmente se degradan por agentes fisicoquímicos o biológicos, con o sin asistencia humana, y se vuelven inofensivos; pero, en el proceso, pueden causar serios daños a las plantas y animales o sus medios físicos, y de este modo dificultar el aprovechamiento de los recursos naturales. Es difícil cuantificar o siquiera resumir los efectos de dicha contaminación, ya que existe una gran diversificación en los tipos de aceites. Los efectos de la contaminación por petróleo puede inferir directamente con la industria o el comercio, dañando los centros de recreo o afectando procesos naturales aparentemente no relacionados con asuntos humanos.

La contaminación terrestre por petróleo a causa de derrames sencillos debido a pérdidas menores pero tal vez repetitivas, que se originan en el manejo de pequeñas fábricas que vierten furtivamente sus desperdicios oleosos, constituyen fuentes de contaminación local.

Las lluvias y tormentas acarrearán de los estacionamientos y carreteras una cantidad de lubricantes u otros aceites, usualmente ignorados, como los lodos de perforación base aceite (diesel), que pueden también ser una fuente de contaminación local.

La mayoría de la contaminación está localizada en las proximidades a las áreas donde el petróleo se produce, se procesa, se transporta y se usa, puesto que los derrames rara vez se extienden en el medio ambiente terrestre.

IV.3. Contaminación del Aire por Uso del Petróleo.

Para mucha gente la contaminación por petróleo del medio ambiente significa buques tanque que naufragaron, chapopote en la playa y tal vez más contaminación en los alrededores de su localidad causada por un derrame o por fugas en instalaciones de almacenamiento sobre el terreno o dentro de una corriente de agua.

La contaminación del aire puede producirse por sustancias emitidas cuando el petróleo se refina y sus derivados se queman en motores y en hornos.

Para estar seguros de que no hay un concepto erróneo en cuanto a lo que constituye la contaminación, es conveniente repetir "que el aire tiende a estar contaminado cuando las concentraciones de algunos de sus constituyentes menores son suficientemente altas para causar daño a la salud o a la pérdida de afabilidad". También se deben tomar en cuenta los efectos económicos adversos que ocasiona dicha contaminación a la agricultura y materiales (edificios, monumentos, estructuras metálicas, etc.).

Las sustancias que contaminan el aire a causa del uso de combustibles fósiles, sea carbón o petróleo y que causan preocupación, son:

Dióxido de carbono

Monóxido de carbono

Oxido de azufre

Oxido de nitrógeno

Humo y tiznes

En adición a éstos, el carbón produce una gran cantidad de polvos y cenizas, y los productos del petróleo son casi enteramente responsables de los siguientes:

Compuestos sulfurados orgánicos malolientes

Vapores de hidrocarburos

Contaminantes fotoquímicos (smog)

Compuestos de plomo

IV.4. Contaminación Acontecida Durante la Perforación y Producción en Tierra y en el Mar.

En la contaminación por petróleo durante las actividades de perforación y producción, se debe, como en otras actividades relacionadas con el petróleo, diferenciar entre la contaminación que ocurre durante las actividades operacionales y en los casos de emergencia.

Hay también diferencias entre operaciones en tierra y costa afuera debido a las grandes diferencias en el medio ambiente, el efecto del petróleo en la ecología y las variaciones en equipo impuesto por el medio. Se debe también diferenciar entre las diversas fases de la exploración, de la producción y de ciertos aspectos del transporte y almacenamiento.

IV.4.1. Fuentes de Contaminación.

El peor accidente posible desde el punto de vista tanto de seguridad como de amenaza de contaminación es, por supuesto, el descontrol de un pozo.

Se debe enfatizar que contrariamente a muchas creencias, tal ocurrencia es rara; el promedio mundial en pozos costa afuera es de dos por cada mil pozos.

En miramiento a las causas, medios de prevención y control de brotes, se deba tener en cuenta que un descontrol no únicamente representa una amenaza de contaminación, también es una amenaza para la vida humana, grandes daños materiales, pérdidas de ingresos, todos los cuales se combinan para garantizar a que medios de prevención y adiestramientos se dará prioridad en cualquier operación de perforación y producción.

El descontrol de un pozo se debe al escape de aceite y gas o de gas y condensado a la presión natural del yacimiento en lugar de ser retenidos durante la perforación por el peso de la columna del fluido de perforación o por dispositivos mecánicos de seguridad durante la perforación.

Su ocurrencia se debe a numerosas razones. Durante la perforación o durante el reacondicionamiento de pozos productores su ocurrencia se debe principalmente a fallas de los dispositivos de seguridad (preventores) seguidos de fallas de la columna de fluido de perforación para contrarrestar la presión natural del yacimiento después de las medidas preventivas operacionales, este fluido puede ser de emulsión inversa (diesel) y puede causar severos daños a la ecología.

Las medidas preventivas pueden ser sobrepasadas por una inesperada presión de formación durante la perforación; por ejemplo, por el paso de gas a través de la columna de fluido reduciendo el peso efectivo de éste. Otra posibilidad puede ser la pérdida de circulación del lodo, cuando en vez de retornar a la superficie se pierde dentro de los estratos de la roca porosa.

Ninguno de estos sucesos en si significa que ocurra un brote; de ellos, virtualmente en todos los casos los problemas son combatidos por una serie de medidas preventivas. Tales medidas inician con los estudios geológicos iniciales de las formaciones que serán atravesadas. Durante la perforación, muchas variables se registran; la más significativa desde el punto de prevención de un brote lo constituye el registro continuo de la densidad y el volumen del fluido de perforación. Cualquier cambio en este registro obligara e a tomar las medidas necesarias como son aumentar la densidad del lodo, suspender la perforación, circular, cerrar los preventores, etc.

IV.4.2. Contaminación Operacional.

Hasta aquí una gran parte de la atención se ha dado a las causas de la contaminación por petróleo ocurrida durante la perforación y producción.

El método y grado de tratamiento varia, dependiendo de sí se consideran operaciones costa afuera o en tierra, y en le impacto potencial de las descargas resultantes al medio ambiente. En todos los casos las fuentes de tal contaminación pueden ser relativamente fáciles de categorizar.

En operaciones de perforación y producción se pueden esperar emanaciones oleosas debido a defectos mecánicos menores en el sistema, tales como fugas en los sellos de las bombas y la necesidad, en ciertos casos, de depresionar las vasijas en el tratamiento del crudo.

En operaciones de perforación se consideran dos fuentes específicas de contaminación:

Primero: Cuando se usa fluido de perforación a base de aceite.

Segundo: Cuando se realizan pruebas del pozo.

En operaciones de producción de líquido que fluye desde el pozo usualmente es una mezcla de gas, aceite y agua los cuales se separan, siendo esta última desechada.

En operaciones costa afuera es necesario ampliar el tratamiento dependiendo de la localización, profundidad del agua y de las corrientes marinas y del efecto de las descargas sobre los seres vivos potencialmente vulnerables.

IV.4.2.1. Equipo de Seguridad del Pozo.

El equipo de seguridad está diseñado para cerrar el pozo automáticamente si el peso de la columna del fluido de control no es suficiente para balancear la presión del yacimiento.

En las operaciones de perforación el principal elemento de control son los preventores. Los preventores están diseñados para cerrar el pozo bajo diferentes circunstancias.

Los preventores se conectan a la tubería de revestimiento; su arreglo y los rangos de presión dependen del pozo, el estado de la perforación y los posibles problemas que se puedan presentar.

En si los preventores son los elementos más importantes de protección en caso de un brote, más no son los únicos elementos pues también se usan preventores internos colocados dentro de la tubería o válvulas que cierran la sarta de perforación.

En operaciones de producción los sistemas están diseñados para contener y controlar presiones por lo que el equipo de seguridad se incorpora no solamente para controlar, sino también para cerrar el pozo debido a problemas en la cabeza del pozo o en el sistema de producción. El diseño de la cabeza del pozo y de los sistemas de seguridad está determinado por las presiones involucradas, flujos anticipados, el grado de mantenimiento requerido del pozo y el tipo de aceite producido.

El elemento usado en la cabeza del pozo se conoce como árbol de válvulas.

Las válvulas automáticas de seguridad superficiales normalmente se instalan corriente debajo de la válvula maestra y son diseñadas para cerrar el pozo en caso de que se excedan ciertos límites especificados de presión o temperatura. También se usan válvulas subsuperficiales de seguridad.

IV.4.2.2. Remoción de los derrames de aceite.

En caso de derrame de aceite se deben tomar medidas para la contención y la limpieza, particularmente cuando son amenazados sistemas ecológicos vulnerables.

En tierra dichas precauciones pueden involucrar el uso de palas mecánicas para reunir el aceite y que sea fácilmente recogido; en el mar el aceite de la superficie se recolecta con equipo especial o se puede usar dispersantes.

Es de mucha importancia conocer el destino del aceite derramado en el mar y la capacidad del aceite para dispersarse naturalmente por la acción del viento y las corrientes; esto se puede determinar para conocer las áreas que serán afectadas y de esta manera protegerlas.

En el mar existen tres fenómenos naturales que afectan los remanentes de aceite en la superficie:

El primero de estos es la evaporación, que depende del espesor de la película, temperatura y turbulencias en el mar.

El segundo es la solución de los componentes ligeros del aceite, este fenómeno es de poca importancia desde el punto de vista de remoción de aceite, no así desde el punto de vista ecológico. La solubilidad de tales componentes es baja, ocurre en la superficie y se evaporan rápidamente.

El último es la dispersión natural. Ocurre cuando se forman pequeñas gotas de aceite por la acción del oleaje y en una capa en la parte superior del agua. Estas gotas, que ocupan una superficie amplia, se biodegradan en el agua. La proporción de aceite que se dispersa en la superficie debido a este fenómeno es alta y se incrementa con la acción del oleaje.

El agua producida, por lo general, acarrea residuos de aceite y debe ser previamente tratada antes de su descarga. Tal tratamiento está usualmente basado en dos procesos o una combinación de ambos. El primero consiste en un tratamiento por gravedad, utilizando separadores similares a los interceptores de lámina corrugada usados en las refinerías; frecuentemente se usan baterías de dos en serie. El segundo es mediante el uso de celdas de flotación en serie. Aquí, el petróleo, disperso en gotas, se remueve de la superficie mediante aire finamente dividido y esparcido dentro de cada celda.

Generalmente se usa un separador por gravedad corriente arriba de las celdas de flotación para remover la mayor parte del aceite y mejorar la coalescencia de las gotas, ayudada en muchos casos con la adición de productos químicos. Como los sistemas en operaciones costa afuera son más críticos, los trenes de separación frecuentemente son duplicados.

IV.4.2.3. Generación de Desechos en Pozos Petroleros.

Al perforar. Cuando se perfora un pozo se obtendrán desechos (recortes) de la formación, estos son llevados a superficie por medio de un fluido, estos recortes serán transportados por el lodo hasta la temblorina donde se separaran del fluido, dichos recortes se llevaran a un contenedor de desperdicios que se tendrá en las cercanías del pozo, estos recortes estarán impregnados de lodo de perforación y su grado de toxicidad dependerá del fluido que sea empleado.

Al hacer cambios de tuberías. Conforme se va haciendo la perforación y se va incrementando la profundidad es necesario conectar mas tubería, y cuando esta se saca lleva fluido en el interior de la flecha, este fluido mezclara con la grasa que se pone durante la conexión y quedara contaminado, además que esta mezcla quedara en el piso de perforación.

Al hacer cambio y limpieza de fluidos en las presas. Cuando es necesario cambiar el tipo de fase del lodo se quitara el fluido que ya no se ocupara y se cambiara por uno que tenga las condiciones requeridas en el fondo del contenedor quedaran residuos mas pesados que serán necesarios quitar con palas y que también se consideraran como desechos.

Al hacer cementaciones. Durante este procedimiento se inyectara una lechada de cemento a la formación para protegerla y aislarla, pero en el fondo del pozo quedara un tapón de cemento que será necesario romper a fin de continuar con la perforación la cual también generara desechos.

IV.4.2.4. Fuentes Emisoras de Desechos en la Perforación de Pozos.

- Sistemas de control de sólidos como son las temblorinas y las presas de fluidos (cambio y limpieza de estas).
- El piso de perforación aquí existirán derrames de fluidos que se vertieran con grasas de conexión y desconexión de tuberías.
- Aguas Aceitosas de maquinas y bombas de lodos.
- En el área de carga y descarga de materiales.

En la Tabla IV.A. se muestra una clasificación de desechos debido a su importancia.

En perforación, en tierra o costa afuera, el uso de los fluidos de perforación a base de aceite requiere de tratamiento especial.

El lodo a base de aceite no se usa habitualmente, siendo una alternativa costosa en comparación con un fluido a base de agua; sin embargo ciertas formaciones se pueden afectar adversamente por la presencia de agua, la cual puede, por ejemplo, causar hinchazón o debilitamiento.

DESECHOS	VOLUMEN M ³
Recortes impregnados de fluidos de perforación (tóxicos)	208
Fluido de perforación derramado en el piso de perforación (tóxico)	125
Derrames durante la estimulación de pozos	50
Fluido de perforación derramado durante el cambio de lodo (tóxico)	40
Aceites derramados durante el mantenimiento de maquinas y bombas	9
Traslado y manejo de materiales.	5

*Tabla.IV.A.Clasificación de desechos contaminantes en perforación debido a su importancia.

Los problemas de contaminación se pueden originar por dos causas:

Primero, la dispersión de los recortes oleosos.

Segundo, derrames de lodo durante la perforación cuando la tubería se extrae del pozo.

En el segundo caso, dicho derrame casi invariablemente retorna a la presa de tratamiento.

Los cortes oleosos, en plataformas, se lavan para remover el aceite, previamente a su desecho. En tierra este problema es menos crítico, puesto que el aceite en los cortes se biodegrada con su exposición al aire.

El fluido a base de aceite es usualmente dispuesto para su tratamiento y reutilización, y los recortes impregnados de este aceite para su confinamiento en tierra como se vera en el siguiente capítulo.

Los tratamientos dados a los diversos residuos obtenidos son:

IV.4.2.5. Tratamiento a recortes de perforación.

Estos son fragmentos de las rocas que van siendo penetradas durante la perforación e un pozo. Están constituidas de material inerte.

* Procedimiento para la Protección Ecológica Durante las Operaciones de Perforación de Pozos Costa Afuera. Dr. Daniel García Gavito, J. Martínez. IMP, México, 1993.

Debido a su naturaleza inerte, este tipo de materiales puede desecharse directamente al mar, cuando los pozos son costa afuera, excepto los impregnados de hidrocarburos, los cuales deben ser lavados con el equipo apropiado.

Uno de los equipos utilizados para el lavado de recortes consiste en un tubo vertical inmerso en agua a través del cual los recortes se descargan al mar después de lavarse con solvente y agua, fig. IV.1.

Estas unidades constan de cribas vibradoras (temblorinas) y de boquillas por donde el solvente se automatiza sobre los recortes de perforación. El exceso de solvente se recircula a un depósito y se vuelve a utilizar.

Continuando con el proceso, los recortes son enjuagados con agua de mar y está corriente de recortes, solventes y agua de mar se descarga en el tubo vertical.

El fluido que se mantiene por encima en el tubo vertical, aceite y solvente, se bombea a un separador, donde el solvente se manda a las cribas vibratorias y el aceite al tanque de recuperados.

Cuando se trata de pozos en tierra, los recortes son enviados a la presa de desperdicio que en estos tiempos la presa ya no es salvaje sino que ahora son carros de acero, donde en caso que los recortes estén impregnados de aceite, éste se biodegrada como ya se mencionó anteriormente.

En las fig.IV.2 y IV.3. se muestran los contenedores de recortes de perforación y posteriormente el confinamiento a donde se les llevara después de recibir un tratamiento.

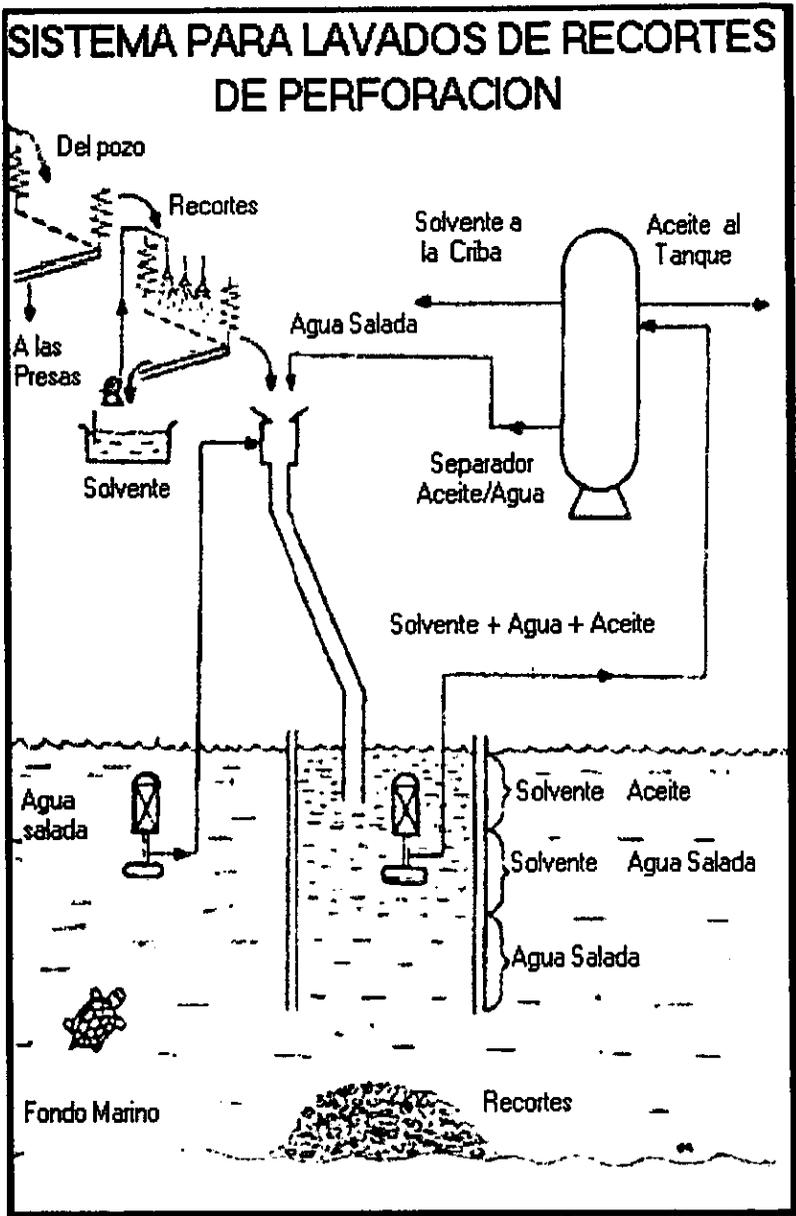


Fig. IV.1.



Fig. IV.2. Contenedores para Recortes de Perforación, para su fácil traslado, Compañía Fluid Transports Inc., en el Condado de Roma, Texas.



Fig. IV.3. Confinamiento de Recortes de Perforación impregnados con Hidrocarburos, Compañía U. S. LIQUIDS OF LA, L. P. En Zapata Country, Texas, Estados Unidos de Norte América.

En el Capítulo V se vera el tratamiento y confinamiento que se tiene para los recortes de perforación impregnados con lodos a base de aceite.

IV.4.2.6.Tratamiento de lodo de perforación a base de agua.

Este lodo es una suspensión de arcilla y barita en agua, ya sea dulce, salada o saturada con cloruro de sodio.

A este tipo de lodo se le agregan aditivos como ya se vio en el Capítulo III; estos compuestos se adicionan en pequeñas cantidades de tal forma que no constituyen un riesgo de contaminación.

Antes cuando se trata de un pozo terrestre, los lodos de perforación a base de agua se desechan directamente a las presas de desperdicio.

El lodo pasa por la presa de asentamiento, la cual tiene un desgasificador que sirve para que si el lodo viene con gas todo se vaya a este, para que pase el lodo limpio sin gas y en la presa de asentamiento queden los puros sólidos. Cuando el lodo sale de la presa de asentamiento pasa por un canal y luego se va a las presas de tratamiento, aquí tiene sus embudos para agregar material químico, también hay una caja para preparar reactivos por ejemplo salmueras, ya cuando el lodo esta descontaminado pasa a la presa de succión para que las bombas lo lleven nuevamente al pozo, después de su utilización el lodo se lo llevara las compañías a sus plantas para su almacenamiento y tratamiento para su posterior utilización.

Las compañías como Baker Hughes (INTEQ) almacenan estos lodos en tanques o en presas y ahí se le va dando la utilidad al lodo para otro pozo o varios pozos, hay veces que se reciben lodos con obturantes mismos que se limpian o que se utilizan para un pozo con perdidas. El caso es abaratar el costo del servicio reutilizando los fluidos que ya se tienen preparados tomando en cuenta que estos fluidos tienen ya cierta cantidad de materiales y cierta concentración como emulsificantes, reductores de filtrado, lubricantes, etc. Todo eso se considera desde el momento en que se reutilizan lodos para otro pozo.

El recorte lleva cierta cantidad de impregnación de lodo, en la Región Norte por cada tonelada de recorte cuando se perfora con lodo base agua se pierde aproximadamente 1m. de lodo en los recortes que se puede considerar despreciable.

En el caso de que el pozo sea costa afuera, el lodo se desechaba usualmente al mar, ahora también se transporta a tierra, para su tratamiento.

IV.4.2.7. Tratamiento de lodo de perforación a base de aceite.

Como ya se mencionó el fluido de perforación a base de aceite se utiliza cuando la formación tiene características tales que se presenta inestabilidad del agujero, derrumbes, flujo por mantos salinos, corrosión y altas temperaturas.

Su uso puede causar riesgos de contaminación si no se tiene cuidado al desecharlo. Si se tiene las precauciones debidas en su manejo, este fluido puede usarse sin peligro.

Cuando los fluidos son de pozos terrestres, los fluidos son tratados y reutilizados o en su caso incinerados.

Cuando se trata de pozos en el mar, los fluidos deben almacenarse, y transportarse a tierra en donde pueden ser tratados o confinados.

Durante las pruebas del pozo, el petróleo que fluye desde él, para probar el potencial del yacimiento, se elimina a través de un quemador o se almacena en tanques portátiles.

El tratamiento en tierra del agua producida es semejante al de las descargas de las refinarias, e invariablemente incluirá separación por gravedad seguido por un tratamiento adicional dependiendo de la capacidad del receptor del agua para soportar la recarga biológica.

En algunos casos, tanto en tierra como en el mar, puede ser práctico el reinyectar el agua dentro del yacimiento, lo cual omite la necesidad del tratamiento. Sin embargo, esto depende de las características del yacimiento ya que en algunos casos la reinyección puede inhibir la recuperación de aceite.

Por datos proporcionados por la Compañía Baker Hughes (INTEQ), para pozos perforados a base de aceite en la Región Norte que son a 20 días salen de 300 a 350 toneladas de recortes que son constantes por programa en este año de 220 pozos aproximadamente.

Para el lodo base aceite el mismo lodo que se esta sacando de un pozo se esta reciclando para darle utilidad a todo lo que se tiene y no desperdiciar, porque sino se estaría generando continuamente volúmenes y más volúmenes y de hecho esa no es la idea, sino reutilizar los fluidos que ya se tienen, claro que para reutilizar los fluidos se lleva un proceso. Los lodos que se recuperan de los pozos se llevan a la planta y se limpian porque llevan cierta cantidad de sólidos, ya que se limpian se aprovechan y se van clasificando por volumen y densidad.

Debido a que el mismo lodo a base de aceite aparte de que lleva aceite que es de origen natural. La química es que tienen polímeros, arcillas, asfaltos o jabón cálcico, lo que más pudiera en un momento dado ser contaminante seria el cloruro de calcio pero este pierde su salinidad al estarse vertiendo con agua y entonces va quedando muy poca sal misma que van aprovechando la vegetación.

En el Mar del Norte se hacen pruebas pilotos donde los fluidos los reutilizan para la agricultura, porque un lodo de emulsión inversa esta constituido por una fase interna que es el agua salada una fase externa o principal que es el aceite y un jabón cálcico o químico que permite emulsionar el agua dentro del diesel, o la fase continua que es el diesel, entonces todos estos residuos que quedan al final le proporcionan a los vegetales amoniacos o benefician en un momento dado las áreas donde se cultivan los vegetales.

En la Compañía Baker Hughes (INTEQ) Región Norte, Reynosa, Tamps. Se recibe el lodo lo acondicionan antes de almacenarlo lo limpian en un equipo auxiliar Fig. IV. 4. Este equipo sirve para limpiar y eliminar sólidos se le bajan estos últimos al máximo permisible para que se pueda trabajar con mejores condiciones reológicas, con este lodo se auxilia a otros pozos en casos de perdidas del mismo lodo que se esta sacando.

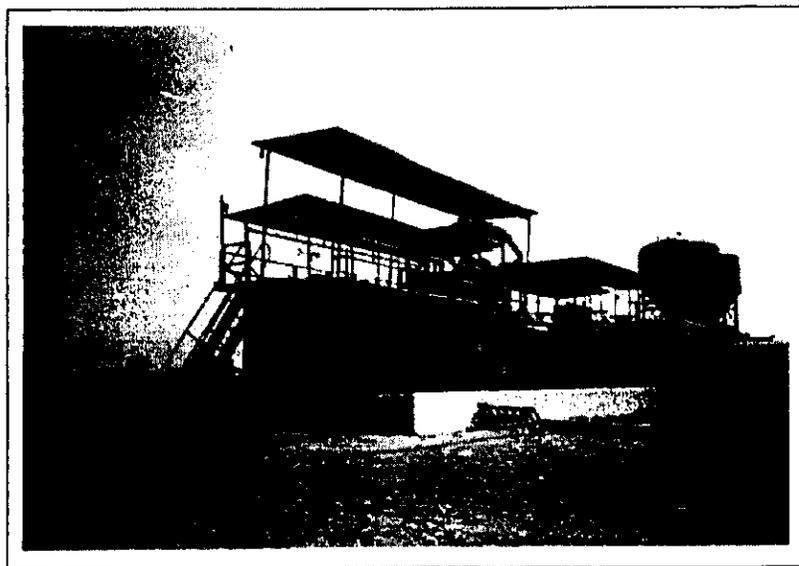


Fig. IV.4. Planta de Tratamiento para Fluidos de Perforación, Compañía Baker Hughes (INTEQ), Reynosa Tamaulipas.

A esta planta se le inyecta aire para desplazar el lodo o revolverlo, y se saca el aire para jalar al lodo en caso dado, también se tiene un sistema de temblorinas para eliminar los sólidos y reciclar el lodo, hay presa de mezclado y de succión, hilos de barita a presión para acondicionar, y todos los sistemas con los que cuentan en un pozo de perforación normal.

También se cuenta con presas (contenedores) para almacenar y controlar los fluidos según su densidad, volumen y de que pozo proviene, como lo muestra la Fig. IV.5., IV.6 y IV.7.

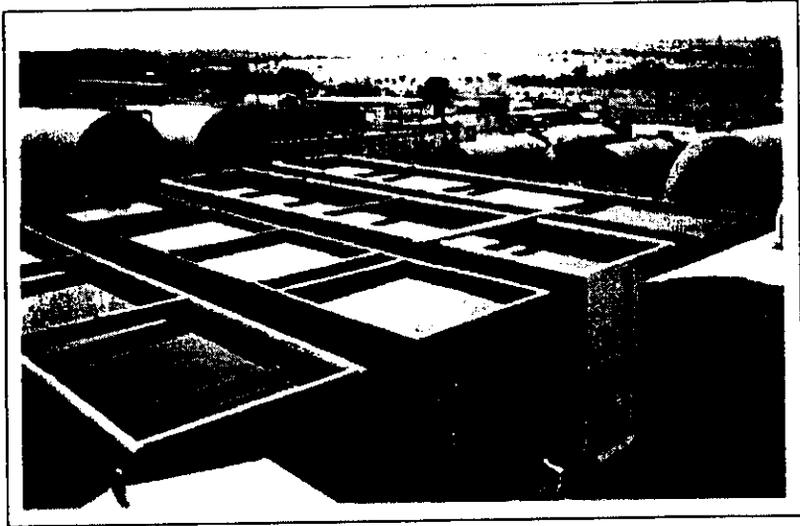


Fig. IV.5. Tanques de Recepción de fluidos a base de Aceite de Diferentes Densidades, Compañía Baker Hughes (INTEQ), Reynosa, Tamaulipas.

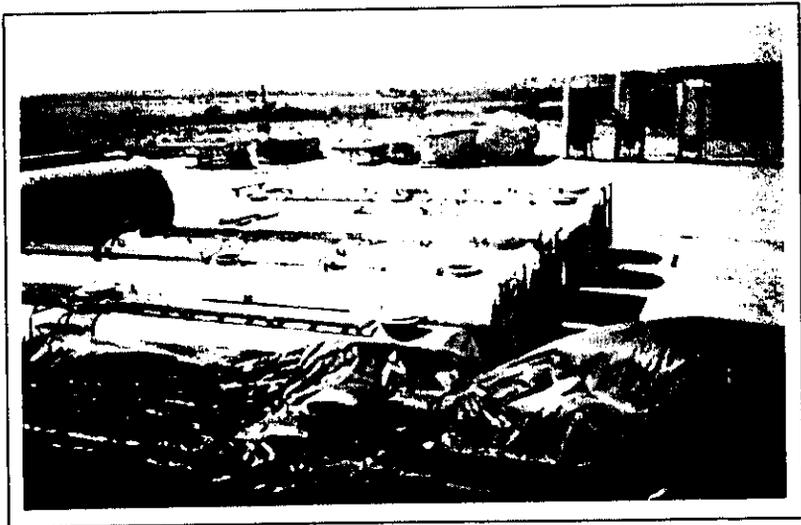


Fig. IV.6. Tanques de Almacenamiento de Fluidos de Perforación a base de agua o aceite, Compañía Baker Hughes (INTEQ), Reynosa, Tamaulipas.



Fig. IV.7. Plancha de Cemento para cualquier Derrame, se quede ahí y luego se limpie, Compañía Baker Hughes (INTEQ), Reynosa, Tamaulipas.

La Política de la Compañía Baker Hughes (INTEQ), es utilizar la mayor cantidad de lodo que se tenga almacenado y utilizar la menos cantidad de diesel posible para bajar el costo del lodo (gasto del diesel y del material agregado), la Compañía se queda con la materia prima que es el lodo 1m^3 de lodo cuesta a la Compañía de 400 a 500 dls.

Por cada tonelada de recorte con fluidos de emulsión inversa se pierden 700 lbs. de este fluido, por lo cual es primordial su pronta limpieza para minimizar costos.

El recorte que se obtiene de esta limpieza del lodo se lo lleva la compañía RIMSA (Residuos Industriales Multiquim S.A.) para su confinamiento, de la cual se hablara en el Capitulo V.

CAPITULO V

V. LA INDUSTRIA PETROLERA FRENTE A LA CONTAMINACIÓN.

V.1. Introducción.

Una de las políticas fundamentales para la definición y ejecución de las acciones de protección ambiental de la Industria Petrolera Mexicana, es la de lograr que sus actividades se desarrollen en una forma armónica con el medio ambiente.

Es por eso que se fijó el establecimiento de una serie de programas de trabajo, tendientes a evitar o mitigar todo impacto ambiental adverso a la ecología, derivado de su desarrollo. La diversidad de actividades que realiza la Industria Petrolera Mexicana para la exploración, explotación, transformación, distribución de petróleo y de sus productos derivados, hace que prácticamente en todo el territorio nacional exista algún tipo de instalación.

El desarrollo industrial se ha intercalado con la vida cotidiana de los hombres de las regiones petroleras, y ejerce influencia en su forma de vivir y en su desarrollo socioeconómico. Este fenómeno debe mantenerse en equilibrio para que la vocación del suelo persista y no sufra cambios sustanciales y al mismo tiempo permita que el desarrollo industrial se realice con la única condición de que se conserve la armonía con el medio ambiente.

Debido a esto, la Industria Petrolera Mexicana realiza un programa de estudios de marco de referencia ambiental, en el entorno de los Estados de la República donde se desarrollan actividades petroleras, con lo cual se obtiene información de las áreas donde se realizan dichas actividades y sirve para tomar las medidas necesarias, preventivas y correctivas, para evitar afectaciones significativas a los ecosistemas.

Estos estudios están enfocados a conocer los tipos de vegetación, así como, el aprovechamiento del suelo y del mar con respecto a las actividades agrícolas, ganaderas, pesqueras y forestales dentro del área de influencia. El petróleo ha representado en general para los distintos estados donde se tienen instalaciones un impacto ambiental positivo, su explotación ha sido un factor importante en el desarrollo industrial y socioeconómico, lo que generó en forma paralela la infraestructura necesaria para la creación de polos de desarrollo, que transformaron a pequeñas poblaciones en ciudades importantes.

V.2. Acciones Preventivas, Correctivas y Predictivas.

Las actividades que desarrolla la industria petrolera y las características de los productos que maneja representan una fuente de contaminación potencial hacia los ecosistemas aledaños.

Consiente de este riesgo, la Industria Petrolera Mexicana en materia de protección ambiental realiza acciones preventivas, correctivas y predictivas.

Las acciones preventivas se llevan a cabo en forma continua, como parte normal de la operación de las instalaciones y se refieren a los dispositivos anticontaminantes para el tratamiento de las aguas de desecho y la emisión de gases y humos, cuyo objetivo es controlar la calidad de las aguas residuales y disminuir las emisiones a la atmósfera.

Para las emisiones atmosféricas, todas las instalaciones de transformación industrial cuentan con quemadores elevados para la eliminación de gases ácidos. Para el control de las aguas de desecho, en todas las instalaciones petroleras, como baterías de separación, refinerías y centros petroquímicos se tienen tratamientos primarios donde por métodos físicos se separa el aceite el agua de desecho. En algunas instalaciones de transformación industrial se tiene, además, tratamiento de tipo secundario, el cual consiste en una serie de procesos en los que intervienen reacciones de tipo biológico, que degradan la materia orgánica que se encuentra en la descarga, tal como fue explicado ampliamente en el capítulo anterior.

En caso de que en algunas instalaciones petroleras, estos sistemas de tratamiento se encuentren en etapa de modificación o rehabilitación, las aguas de desecho tendrán un alto contenido de hidrocarburos. En estos casos específicos, se establecen programas de recuperación de hidrocarburos, cuyos resultados evitan afectaciones en áreas aledañas.

Otra de las acciones preventivas consiste en la realización de diagnósticos ambientales, que cumplen dos objetivos principales: Revisar las condiciones de operación de los dispositivos anticontaminantes para detectar las fuentes de contaminación y conocer la situación que guarda el entorno en un área de dos kilómetros de diámetro.

Las acciones correctivas se llevan a cabo para la atención y control de derrames de hidrocarburos y cuerpos de aguas que se han visto afectados por las emisiones naturales de hidrocarburos, vertimiento de aguas de desecho y derrames accidentales.

Las acciones predictivas se llevan a cabo en todas las áreas donde la industria petrolera desarrolla cualquier actividad y se realizan para dar cumplimiento al procedimiento de impacto ambiental, establecido en la Ley Federal de Protección al Ambiente, la cual fue explicada ampliamente en el segundo capítulo. Estas acciones consisten en estudios ecológicos y marcos de referencia ambiental.

Los estudios ecológicos se realizan para evaluar el posible impacto ambiental en los ecosistemas aledaños a las instalaciones petroleras, en los cuales se incluyen muestreos y análisis fisicoquímicos, tanto en la descarga como en los cuerpos receptores.

Los estudios de marco de referencia ambiental permiten obtener información en áreas donde la Industria Petrolera Mexicana realiza actividades o proyecta construir obras

mayores, con el fin de conocer las características de los ecosistemas y evitar o minimizar al máximo las afectaciones de los mismos.

V.3. Marco de Referencia Ambiental.

V.3.1. Terrestre.

El marco de referencia ambiental, está enfocado principalmente a los tipos de vegetación y los principales usos del suelo que componen el área de influencia de las instalaciones petroleras.

Con este conocimiento se podrán definir las zonas prioritarias para fortalecer los programas de preservación del medio ambiente; además, esta información permitirá tener un marco de referencia ambiental de zonas donde pueda realizarse a futuro actividades propias del desarrollo de la industria petrolera.

Para conocer el marco de referencia ambiental de la vegetación y uso del suelo en las zonas petroleras, se estableció una zona de estudio comprendida dentro de la superficie limítrofe de cada uno de los distritos de explotación. Dentro de esta zona están localizadas las instalaciones de producción primaria y para efecto de este estudio se incluyen instalaciones que geográficamente están dentro de los límites de los distritos de explotación, pero no son administrados por el distrito, tal es el caso de instalaciones de transformación industrial, y comercialización.

Estas zonas de estudio se estructuraron tomando en cuenta que las instalaciones petroleras no están concentradas en un área específica, sino que están dispersas, por lo que se trazo un contorno imaginario conforme a una figura irregular, cuyos vértices son las instalaciones ubicadas más al exterior, y se adicionó una franja envolvente de 5 kilómetros de ancho para incluir a esas instalaciones perimetrales.

A estas zonas de estudio se les denominó área de influencia de las instalaciones petroleras.

Estas áreas de influencia tiene como característica principal ser la región donde se concentran las instalaciones petroleras y su infraestructura, por consiguiente, es aquí donde se presenta la mayor cantidad de fenómenos que determinan la interrelación de las instalaciones con el medio ambiente.

La magnitud de la superficie que cubre la zona de estudio de cada distrito de explotación, está determinada por su extensión y no por el número de instalaciones, de tal modo que el área de influencia será distinta para cada distrito de explotación.

V.3.2. Marino.

En el Golfo de México y su litoral se desarrollan importantes operaciones para la producción, transformación y comercialización del crudo, ya que en el se localizan los más grandes yacimientos petroleros del país, particularmente de la Sonda de Campeche,

en la cual, en la actualidad se encuentran en explotación 16 campos considerados como súper gigantes.

Para conocer el marco de referencia ambiental de la zona marina, se ha establecido una zona de estudio que comprende la plataforma continental del Golfo de México.

V.4. Estrategias para la Protección del Medio.

V.4.1. Terrestre.

Se ha establecido un programa de realización de diagnósticos ambientales de las condiciones actuales de las zonas de influencia de los pozos.

El programa de realización de diagnósticos ambientales tiene como objetivo prever, mitigar o eliminar oportunamente cualquier situación de contaminación ambiental, que pudiera generar alguna repercusión al medio ambiente aledaño, y determinar, si es el caso, la existencia de impactos negativos en la zona como resultado de la interacción de la actividad petrolera con el medio físico natural.

En lo referente a la perforación y de acuerdo a lo anterior, durante la realización de los diagnósticos se verifica principalmente el avance y situación actual para cada pozo, en cada uno de los siguientes conceptos.

V.4.1.1. Caminos de Acceso.

En su etapa de construcción del camino de acceso se registra el avance del mismo y se comprueba que el derecho de vía no exceda lo estipulado, considerando la topografía del terreno. Una vez que el camino está construido, se hacen observaciones sobre los terrenos deforestados para fines agropecuarios aledaños a los caminos de acceso.

V.4.1.2. Pera del Pozo.

En su etapa de construcción se lleva un seguimiento de su avance. Cuando la localización ya cuente con su equipo de perforación y se está perforando, se hacen observaciones sobre el estado de la pera, indicando si existen zonas manchadas o desperdicios, así como, si cuentan con cuneta perimetral y las condiciones de la misma.

V.4.1.3. Presas del Sistema de Tratamiento de Desechos Líquidos.

Durante la etapa de construcción se lleva un seguimiento del avance de cada una de las presas del sistema, verificando la instalación de los tubos rectos o sifón según sea el caso. Cuando el sistema está en operación se verifican las condiciones de la descarga de cada presa a la presa subsecuente, que para la actualidad ya se cuentan con presas de metal y no se tiran al depósito bruto o salvaje como se hacía antes.

Asimismo, en caso de que las aguas residuales de la segunda presa auxiliar del sistema de tratamiento de desechos líquidos se estén descargando hacia áreas aledañas, y

a fin de constatar que éstas se encuentren dentro de los límites máximos permisibles que indica la legislación capítulo II, se realizan, en forma periódica, muestreos y análisis fisicoquímicos de las mismas. Los puntos de muestreo que se toman en cuenta para el análisis respectivo, son generalmente en la llegada del agua de abastecimiento, en la segunda presa auxiliar y en el cuerpo receptor antes de la descarga de aguas residuales.

Las determinaciones fisicoquímicas en los que se incluyen en los programas de análisis son: Temperatura, pH, sólidos sedimentables, materia flotante, grasas y aceites, oxígeno disuelto, sulfuros, color, conductividad y cloruros.

V.4.1.4. Equipo de Perforación.

Se lleva un seguimiento de la instalación del equipo de perforación y del avance de la profundidad alcanzada, una vez iniciada la perforación.

V.4.1.5. Áreas Aledañas.

Se hace una inspección de las áreas aledañas a la localización observando si existen áreas manchadas o de vegetación afectada como consecuencia de las actividades que se realizan, procediendo a identificar la fuente de contaminación para la implantación de las medidas para su eliminación.

Asimismo, durante la realización de los diagnósticos ambientales se realizan observaciones sobre los asentamientos humanos e hidrología en la zona, así mismo, observaciones que permitan conocer la influencia que sufre el medio por la incidencia de otras actividades.

En lo concerniente a la producción se realizan acciones preventivas, correctivas y predictivas lo cual fue discutido en el inciso B.

V.4.2. Marino.

Los derrames de hidrocarburos en el mar tienen un comportamiento que depende de factores naturales como los vientos, corrientes marinas, temperatura y oleaje. Además de fenómenos naturales como difusión, evaporación, emulsificación, biodegradación, fotooxidación y dilución, que se manifiestan desde el momento mismo en que se presenta el derrame, provocando alteraciones fisicoquímicas al hidrocarburo derramado. Dichos fenómenos y la naturaleza del crudo intervienen para que se evapore el 40% de los componentes volátiles del petróleo en las primeras horas de ocurrido el derrame, lo que provoca la formación de un producto muy viscoso, que con la dispersión natural y emulsificación se desintegrará llegando a formar pequeños grumos de aceite y plastas, las cuales se integran lentamente a la columna de agua y son transportados hasta arribar a las playas y costas.

La Industria Petrolera Mexicana conforme a los lineamientos establecidos en el Plan Nacional de Contingencias ha elaborado un plan interno de contingencias para combatir y controlar derrames de hidrocarburos y otras sustancias nocivas en el mar, el cual es de

carácter general y establece los lineamientos de operación y su participación en el control de contingencias en el mar.

Como complemento a dichos planes, se ha elaborado además normas específicas de respuestas para el control de derrames en aquellos sitios considerados como estratégicos y que cuentan con instalaciones industriales que pueden causar situaciones de contaminación.

En dichos documentos se describen las posibles fuentes de contaminación localizadas en la zona en cuestión, las áreas susceptibles de afectación, las funciones y responsabilidades institucionales y las actividades de control necesarias para el control del derrame.

Para la atención de derrames de hidrocarburos, se han establecido en el litoral del Golfo de México, seis centros de control de derrames distribuidos estratégicamente en Tampico Tamps., Tuxpán Ver., Veracruz Ver., Coatzacoalcos Ver., Dos Bocas Tab., y Ciudad de Carmen Camp., en estos centros se tienen concentrados equipos recuperadores de aceite tales como barrera Vikoma Weir Boom Fig.V.1., lanchas recuperadoras, desnatadoras, bombas neumáticas y centrifugas, así como, barreras de contención de hidrocarburos.

V.4.2.1. Acciones preventivas para la protección de costas.

Las acciones preventivas en las costas del litoral del Golfo, son de gran importancia ya que permiten evitar afectación a las mismas. Estas acciones, si bien son consideradas para cualquier sitio donde exista la posibilidad de arribo de hidrocarburos, se enfocan principalmente aquellos lugares que por su importancia pesquera, turística y ecológica, requieren de un cuidado especial. Dentro de estos sitios destacan las playas turísticas, barras lagunas costeras, islas, arrecifes y esteros.

La afectación de estas áreas podrá ocurrir principalmente al presentarse un derrame de gran magnitud. En estos casos se efectúan vuelos de inspección para el seguimiento del derrame, ya que como se describió anteriormente, los derrames pueden tener un comportamiento impredecible por lo que mediante esta actividad se pueden dictar las medidas preventivas necesarias para evitar el arribo de aceite a los sitios mencionados. La acción más importante para conseguir lo anterior es la disposición estratégica de barreras de contención para confinar el aceite que está a la deriva.

V.4.2.2. Acciones correctivas para la limpieza de costas.

Las playas son las áreas que pueden ser dañadas por los derrames de hidrocarburos, afectación que puede producir cambios negativos en las playas turísticas, además de existir la posibilidad de dañar los avíos de pesca y dañar la bota que habita el lugar.

En el litoral del Golfo de México las playas están constituidas principalmente por terrenos de tipo arenoso, con diferentes texturas que facilitan las labores de limpieza; sin embargo, existen áreas rocosas y acantilados en los cuales no se pueden realizar labores de limpieza.

La limpieza de las playas es una actividad final que se realiza dentro del control de derrames para restaurar las áreas impactadas por los hidrocarburos; esta actividad puede ser la única forma de atender un derrame y en algunas ocasiones se realiza simultáneamente con la recuperación de hidrocarburos.

Los procedimientos de limpieza de playas se llevan a cabo en función de dos factores principales que son el tipo de terreno y las vías de acceso existentes, realizándose dicha forma en forma manual o utilizando maquinaria. Esta actividad requiere vigilancia permanente en virtud de que frecuentemente el hidrocarburo no arriba a las playas en forma continua y masiva, fenómeno que depende de las corrientes, vientos y mareas, por lo que la limpieza de playas comúnmente se desarrolla varias veces en el mismo sitio.

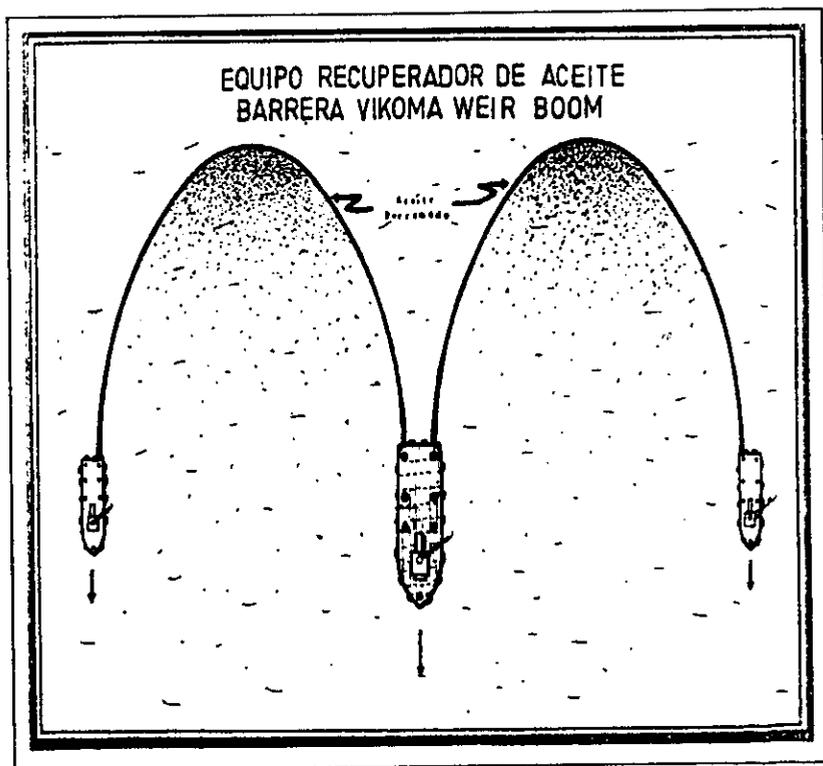


Fig. V.1.

La limpieza en forma manual se realiza con personal obrero recolectando grumos, plastas o material vegetal manchado de aceite, utilizando palas o rastrillos. El producto que se recolecta se deposita en costales de nailon para su disposición final.

La limpieza con maquinaria pesada se realiza haciendo un barrido superficial en la playa, a fin de remover y eliminar solamente la capa afectada; esta actividad se realiza con una motoconformadora y para la recolección de grumos, plastas y material manchado se usa un trascabo. El producto recolectado es depositado en fosas que se construyen en áreas fuera de la influencia de mareas y mantos friáticos. Este tipo de limpieza se hace sólo en aquellos sitios donde el acceso al equipo pesado es factible.

En el mapa se muestran las áreas susceptibles de afectación en el Golfo de México y los puntos donde se realiza la limpieza de playas en forma manual o maquinaria, Fig. V.2.

V.5. Tecnologías para el Tratamiento a Recortes de Perforación.

Estas dependerán de los costos y disponibilidades que se tengan para poder escoger el sistema de tratamiento adecuado, pero el costo es el aspecto fundamental, los tratamientos que existen son los siguientes:

- Lavado de Recortes
- Inyección de los Recortes
- Procesos Térmicos para la Limpieza de los Recortes
- Procesos Químicos de Eliminación de Aceite de los Recortes
- Procesos Biológicos de Descontaminación de Recortes

V.5.1. Lavado de Recortes.

Como ya se menciona en el capítulo anterior estos son fragmentos de las rocas que van siendo penetradas durante la perforación e un pozo. Están constituidas de material inerte.

Debido a su naturaleza inerte, este tipo de materiales puede desecharse directamente al mar, cuando los pozos son costa afuera, excepto los impregnados de hidrocarburos, los cuales deben ser lavados con el equipo apropiado.

Uno de los equipos utilizados para el lavado de recortes consiste en un tubo vertical inmerso en agua a través del cual los recortes se descargan al mar después de lavarse con solvente y agua, fig. IV.1.

Estas unidades constan de cribas vibradoras (temblorinas) y de boquillas por donde el solvente se automatiza sobre los recortes de perforación. El exceso de solvente sé recircula a un depósito y se vuelve a utilizar.

Continuando con el proceso, los recortes son enjuagados con agua de mar y está corriente de recortes, solventes y agua de mar se descarga en el tubo vertical.

El fluido que se mantiene por encima en el tubo vertical, aceite y solvente, se bombea a un separador, donde el solvente se manda a las cribas vibratorias y el aceite al tanque de recuperados.

Cuando se trata de pozos en tierra, los recortes son enviados a la presa de desperdicio que en estos tiempos la presa ya no es salvaje sino que ahora son carros de acero, donde en caso que los recortes estén impregnados de aceite, éste se biodegrada como ya se mencionó anteriormente.

V.5.2. Inyección de los Recortes.

Los recortes generados durante la perforación son nuevamente introducidos a la formación esto consistirá en:

Determinar una zona porosa e impermeable de la formación que pueda permitir dichos recortes está costara de una roca sello superior e inferior para no permitir la migración vertical. Conocer los gradientes de presión de formación y fractura del intervalo en el que se pondrá la lechada, un buen diseño de la cementación así como la profundidad de asentamiento de las tuberías de revestimiento. Esta lechada será de cemento con los recortes ya diluidos en esta. Es importante conocer las características de la formación que se va cementar ya que también se podrán inyectar con recortes impregnados de lodos de emulsión inversa. Por ejemplo para lodos base agua el periodo cuaternario es adecuado y para lodos base aceite el periodo terciario es el requerido debido a las arenas que son rocas porosas y permeables con lutitas como roca sello.

Para la lechada que llevara los recortes de perforación es necesario un equipo especial que contenga: un canal de transporte de recortes, presa de disolución, presa de tratamiento y succión, bomba de diafragma de circulación y una bomba triples de inyección.

V.5.3. Proceso Térmico para la Limpieza de los Recortes.

Este consiste en la eliminación de fluidos base aceite que están impregnados en los recortes de la perforación mediante la incineración con la aplicación de energía calorífica. Existe la Retorta Térmica en está se introducen los recortes impregnados de aceite y se circulan a través de un cilindro y se incrementa la temperatura con unos quemadores eliminando el aceite que se tiene y el gas que queda se condensa y sirve para reaprovecharlo en los quemadores y los recortes que se obtienen con un mínimo porcentaje de aceite. Este proceso es económico y es empleado efectivamente en la industria petrolera.

V.5.4. Proceso Químico de Eliminación de Aceite de los Recortes.

Este proceso consiste en el encapsulamiento de los hidrocarburos en el propio recorte mediante emulsificantes y silicatos, esta técnica es relativamente nueva pero también con excelentes resultados. Los emulsificantes absorben los hidrocarburos disminuyéndolos y posteriormente se agrega un silicato reactivo para generar una celda que atrapa al hidrocarburo posteriormente se lleva aun secado para que quede un resto final que será llevado a un confinamiento. También existe el proceso de Solidificación que consiste en agregar a los recortes impregnados de aceite silicatos, aluminosilicatos de calcio, magnesio y otras bases, con esto se puede tener una lechada que puede servir como cementante que posee excelentes propiedades reológicas, ya también teniendo este resultado se puede confinar, este proceso lo hace RIMSA en sus instalaciones, como posteriormente se verán.

V.5.5. Proceso Biológico de Descontaminación de Recortes.

Este proceso actualmente se a hecho en laboratorio y no se a aplicado en el campo y consiste en generar bacterias que degraden al aceite que queda impregnado en los recortes, este proceso bacterial elimina hasta un 90% la contaminación que se genera, o sea que tiene magníficos resultados.

Lo importante de este proceso es que es muy costoso porque hay que generar el cultivo de esta bacteria y los estudios e investigaciones generan costos muy altos.

Por ultimo podemos resumir sobre estos procesos es que:

- El proceso sea efectivo.
- Se pueda aplicar en instalaciones ya sea tierra o mar.
- Cumpla con las normas CRETIB.
- Y por ultimo que san económicamente factibles.

A continuación se hablara de la única empresa en México que tiene un confinamiento y procesos de tratamiento para recortes de perforación.

V.6. RIMSA Como Centro de Tratamientos y Disposición Final (Confinamiento) de Residuos Impregnados de Hidrocarburos y Otros en México.

V.6.1. Antecedentes.

A inicios de la década de los 80's, Industrias Multiquim compañía dedicada a la fabricación de productos químicos, ante la necesidad de disponer adecuadamente de los residuos peligrosos generados en sus procesos productivos y dado que no existía en México una compañía que prestara los servicios de recolección, tratamiento y disposición final de residuos industriales peligrosos y con la inquietud de atender estas necesidades en la zona norte del país, se abocó a los trabajos de investigación que los condujeron, en colaboración con las autoridades ambientales mexicanas y de los Estados

Unidos de Norteamérica a conocer y visitar confinamientos autorizados en los Estados Unidos, conociendo así de tecnologías adecuadas para estas actividades.

Por otro lado y simultáneamente, se realizaron estudios de campo para localizar el sitio que reuniese las características geológicas, hidrológicas, climatológicas, de precipitación pluvial y cercanía con zonas habitadas, requeridas para este tipo de empresa, lo cual dio como resultado el lugar conocido como Puerto San Bernabé, Municipio de Mina, Nuevo León, fue así como presentó en el año de 1984 ante las autoridades ambientales, una carta intención para el establecimiento de una compañía dedicada al manejo de residuos industriales.

Posteriormente en 1985 se constituye Residuos Industriales Multiquim S.A. (RIMSA), y en el año de 1987 obtiene su primer licencia de operación expedida por la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología con lo cual se da inicio a las operaciones primeramente con el servicio de disposición final de residuos no peligrosos. Y posteriormente de tratamiento y disposición final de residuos peligrosos. En el año de 1988 se obtiene la licencia de funcionamiento y posteriormente en virtud de dar una mayor respuesta a los problemas ambientales, RIMSA pone en operación su planta de reciclado de Solventes en 1992 y de igual forma y ante la creciente demanda de servicios, se ponen en operación en 1993 sus plantas de neutralización, oxidación y reducción, así como de mezclado de combustibles alternos.

En este mismo año RIMSA obtiene la autorización definitiva de operación de un confinamiento controlado con los servicios de recolección, transporte, almacenamiento temporal, tratamiento físico-químico, reciclaje, mezclado para la formulación de combustible alternativo y disposición final de residuos peligrosos.

RIMSA con el fin de continuar a la vanguardia en el manejo de residuos peligrosos en México, concreta una alianza tecnológica con Chemical Waste Management, empresa líder a nivel mundial en el manejo de residuos industriales, con el firme propósito de ofrecer un servicio integral y avanzado tecnológicamente para beneficio de nuestros clientes y de la comunidad en general.

V.6.2. Misión.

Esta es lograr que la sociedad confíe a RIMSA el manejo de los residuos industriales; entendiendo como sociedad al conjunto de sus clientes directos como PEMEX, las autoridades y el público en general.

RIMSA con su filosofía de calidad, provee de capacitación continua a su gente en todos los niveles de la organización, mantiene la práctica de procedimientos estándar de operación que garantizan la seguridad para su gente y la comunidad, como primera prioridad, así como la uniformidad y la continuidad en sus operaciones; además de promover continuamente la definición de requerimientos para establecer relaciones Cliente-proveedor, tanto dentro como afuera de la compañía que lleve un esfuerzo continuo para la satisfacción de la sociedad.

V.6.3. Certificado de Industria Limpia.

A través de los años y desde su fundación RIMSA, ha logrado un desarrollo acorde con el crecimiento y la modernización de la industria del país, aplicando las técnicas más avanzadas en la materia, para beneficio de sus clientes y el mejoramiento al medio ambiente garantizando el cumplimiento de la Legislación Ambiental Federal y cumpliendo con las especificaciones técnico administrativas establecidos en el convenio de la auditoría ambiental. Lo anterior permitió que RIMSA en abril de 1997 recibiera el certificado como Industria Limpia otorgado por la SEMARNAP por conducto de la PROFEPA, así mismo obteniendo su certificación 1998 y 1999 hasta el año 2001 garantizando con esto un servicio de clase mundial con los más altos estándares de calidad en ramo y profesionalismo en su labor como colaborar a que las empresas mexicanas puedan cumplir oportunamente con las regulaciones en materia ambiental.

V.6.4. Sistema de Administración Ambiental (SAA).

El Sistema de Administración Ambiental de RIMSA está establecido de acuerdo a los requerimientos de la Norma Internacional ISO 14001. Toma como un punto de partida la política Ambiental y administra eficientemente sus asuntos ambientales buscando prevenir riesgos al ambiente y mejorar continuamente el desempeño ambiental de sus actividades y servicios. Cuenta con procesos que le permiten identificar continuamente y evaluar los aspectos e impactos ambientales de sus actividades diarias así como un Plan Ambiental para la evitación, control y eliminación de éstos.

Dentro del SAA de RIMSA se consideran aspectos tales como:

- La constante actualización y cumplimiento de los requerimientos legales y otros aplicables.
- El establecimiento de Objetivos y Metas Ambientales.
- La capacitación y concientización de todo el personal de la Organización Evaluaciones internas semestrales para identificar desviaciones al SAA y proponer soluciones correctivas y preventivas.

V.6.5. Política Ambiental.

La alta administración de RIMSA tiene como uno de sus objetivos prioritarios, el desarrollo e implementación de acciones que contribuyan a la Protección, Conservación y Restauración de los Recursos Naturales, el Medio Ambiente y la Salud Humana, dentro de sus ámbitos de influencia a nivel local, Nacional e Internacional.

- Esta comprometida a cumplir íntegramente las Políticas Corporativas establecidas, así como las Disposiciones Ambientales Vigentes que apliquen.

- Previene la Contaminación y Evalúa el Impacto Ambiental, en las operaciones y servicios ambientales integrales que ofrece en sus instalaciones.
- Aplica tecnologías de vanguardia que permitan el Aprovechamiento, la Recuperación y Reciclaje de Materiales, a fin de maximizar el valor de los mismos cuando esto sea técnica y económicamente factible.
- Promueve el cumplimiento de las obligaciones ambientales de proveedores y clientes.
- Ha puesto en práctica procedimientos y acciones congruentes dentro de la organización, entre ellos están:
 1. Capacitar al personal de la Organización para que se responsabilice solidariamente con las obligaciones ambientales y asegure el éxito de las políticas corporativas.
 2. Evaluar constantemente todos los aspectos que representen impactos ambientales, para definir acciones que permitan la mejora continua de nuestro Sistema de Administración Ambiental.
 3. Promover una Cultura Ambiental Responsable.

V.6.6. Preguntas Frecuentes.

¿Cuál es el tamaño y perfil de la Empresa?

RIMSA, es una empresa que ha estado en el mercado domestico por más de 10 años. Cuenta con la infraestructura suficiente para atender la demanda nacional si fuera el caso, operando a toda capacidad. Emplea a más de 300 personas en forma directa y a más de 600 en forma indirecta. Cuenta con una plantilla de Especialistas en las opciones de manejo ambiental que el generador requiere tanto en la operación como en el campo de asesorías para la minimización, manejo in-situ, transporte, exportación de residuos para su destrucción o reciclado y tecnologías de tratamiento térmico, por citar algunas.

Capacidad de Manejo: Cuenta con una capacidad de manejo de 100,000 toneladas mensuales en turnos normales. Actualmente, opera a un 25% de capacidad instalada.

Vida útil de la Instalación: El predio de RIMSA tiene una extensión de 1,300 hectáreas, de las cuales a la fecha se ha operado sólo el 15%. Tomando en cuenta la recepción mensual que se tiene y la tendencia a la disminución a la generación, el desarrollo de tecnologías de reciclado y recuperación, el sitio cuenta con una vida remanente de más de 60 años.

¿Qué es un residuo peligroso para RIMSA?

En el marco ambiental vigente en nuestro país, las políticas en la materia emitidas por la autoridad correspondiente, han manejado acertadamente los alcances de lo que es un residuo peligroso y este se define como: “ Todos aquellos residuos en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológica-infecciosas representen un peligro para el equilibrio ecológico o al ambiente”.

¿Qué es un confinamiento?

La autoridad competente y en el sector ambiental en el que se participa, se conoce a esta opción como: “ Una obra de Ingeniería para la disposición final de residuos peligrosos, que garantice su aislamiento definitivo”. Esta obra de Ingeniería, tiene claramente definidas sus especificaciones de diseño, de materiales utilizados, construcción y operación, tomando como puntos de partida la vocación del suelo y subsuelo donde se establecen este tipo de obras. La celda de seguridad, que es en sí el espacio de disposición final dentro de un confinamiento controlado, se encuentra completamente aislado del suelo mediante “ un sistema de componentes de membranas de alta densidad, impidiendo cualquier contacto de los materiales estabilizados, con el suelo y subsuelo”.

¿Los residuos son colocados en dichos confinamientos, tal y como se reciben?

Naturalmente que No. Hay que ser muy claro con este punto e inclusive agregar que las Normas y Reglamentos de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) en la materia, establece ciertos límites para su disposición en celdas de seguridad. Todo aquel residuo que exceda los límites establecidos de una o varias de las características CRETIB, previo análisis y determinación de su receta, es sometido a procesos de tratamiento físico-químico, para lograr su estabilización y garantizar su inmovilización en las celdas. De esta manera los residuos originales son transformados en materiales estables, no reconocibles y con las características de peligrosidad técnicamente eliminadas.

¿Qué es un análisis CRETIB?

CRETIB es un análisis que se hace a los residuos para conocer sus características de peligrosidad (corrosivo, radioactivo, explosivo, tóxico, inflamable o biológico-infeccioso).

¿Que tiempo de vida tiene el confinamiento?

100 años o más, dependiendo de las tecnologías que se encuentren y las dimensiones del terreno.

¿Qué Planes de Expansión se tiene RIMSA?

Los planes y programas de crecimiento de RIMSA, atienden las políticas y directrices ambientales emitidas por la autoridad competente en el espíritu de la LGEEPA, desarrollando opciones para los generadores. Por ello cuenta con alternativas complementarias para abatir distancias y tiempos, mediante sistemas de manejo integral a nivel de una red enlace al país y sus diferentes centros de generación. Esto no significa como tal abrir otros confinamientos, no los justifica el mercado. Los esfuerzos de la compañía están hoy por hoy orientados a la recuperación de valor que pueda identificarse en las corrientes de residuos que se manejan, vía recuperación y reciclaje. Así mismo en la solución de problemas ambientales In-situ, mediante tecnologías de vanguardia mundialmente probadas con éxito, por citar algunas las Biorremediaciones de suelos y los tratamientos térmicos con recuperación de materiales. Por el momento se desea elevar los estándares de operación, para ofrecer un mejor y eficiente servicio. Aún así están en evaluación diferentes proyectos para ser desarrollados en otros Estados de la República y poder ofrecer una mayor gama de servicios a la industria.

Restricciones que se tienen/ Qué tipo de residuos se reciben en las plantas.

La autorización que opera RIMSA en su centro de tratamiento y disposición final ubicado en el municipio de Mina Nuevo León, tiene restricciones para confinar: Residuos Explosivos, Gases comprimidos, Radioactivos, Hexaclorados (Hexacloroetano, Hexaclorobutadieno, Hexaclorobenceno), Biológicos infecciosos y Bifenilos Policlorados. Actualmente RIMSA ofrece la mejor opción para el manejo tratamiento y disposición final de Bifenilos Policlorados y Hexaclorados vía exportación cumpliendo totalmente con la normatividad ambiental vigente, en México y en el extranjero.

¿La planta en Mina, N.L. Recibe materiales radioactivos?

La planta nunca ha aceptado, ni aceptará este tipo de residuos. Para esto se realiza un análisis de residuos enviados por el generador, en el cual como primer caso se hace la prueba de radioactividad y antes de recibir los materiales se aplica el Contador Geiger para detectar cualquier índice de radioactividad.

Normativa que regula y vigila la operación de RIMSA.

La Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), por medio del Instituto Nacional de Ecología, es la responsable de emitir el reglamento y las Normas Oficiales Mexicanas que regulan los residuos peligrosos y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, es la responsable de vigilar el cumplimiento, en materia de residuos peligrosos y ocho normas oficiales, documentos en los que se establece a detalle las obligaciones y responsabilidades tanto de quien maneja los residuos, en las operaciones en las que se participe, como de quien las transporte y los genera.

¿Qué autoridades regulan la operación del confinamiento?

En cuanto al manejo de los residuos peligrosos las Autoridades Federales de SEDESOL (A través del INE y de PROFEPA) son las que supervisan la operación y seguimiento de las normas.

Cercanía con la comunidad.

Uno de los aspectos vitales para la operación segura y la buena marcha de una instalación de este tipo es la proximidad con los centros de población, la cuál deberá ser como mínimo de 15 kilómetros. El sitio de RIMSA se localiza a 56 kilómetros de la población más cercana y no existen proyecciones de crecimiento. Los Directivos de la Empresa, con una gran sensibilidad a este respecto y conscientes del crecimiento de población, que con el paso del tiempo terminan rodeando una fuente de trabajo, buscó y localizó el sitio ideal, lugar donde actualmente opera. Cumpliendo con todo lo que indica la normatividad (estudios geológicos e hidrológicos, etc.).

¿Qué seguros, fianzas y garantías aplican a estas operaciones?

En todas las Autorizaciones de Manejo que emite SEMARNAP, mediante INE, se condiciona a contar con Seguros y Fianzas que garanticen el cumplimiento de las operaciones de manejo de los residuos peligrosos en los términos de la Normatividad Ambiental vigente. En su caso, RIMSA, por ser una empresa que ha logrado ganar un prestigio, seriedad y manejo responsable, ha realizado esfuerzos y asignado todo tipo de recursos de protección que exceden los niveles de aseguramiento exigido para los posibles daños que las operaciones llegasen a causar al ambiente, en caso de accidentes.

¿Qué sector industrial cumple más con el manejo de residuos?

En la experiencia de RIMSA ha podido identificarse un movimiento ascendente en el manejo responsable de los residuos por parte de los generadores, acentuando más por las alianzas estratégicas que muchas empresas han establecido a raíz de la globalización. Otra respuesta del generador, favorable al cuidado del ambiente, está vinculado a los programas de Auditoría Voluntaria a cargo de la PROFEPA. Con relación a esta pregunta, ha sido muy consistente el manejo responsable de los residuos generados en la Industria Química, la Farmacéutica y la Automotriz.

¿Qué asociación se tiene con MARDUPOL?

RIMSA promueve sus servicios a través de la asociación comercial con MARDUPOL en sus 16 oficinas de representación localizadas en la República Mexicana.

¿Cómo se ofrecerá el servicio de combustibles alternos?

Los residuos que sean contratados por RIMSA para este programa, serán enviados para que sean utilizados como combustible suplementario en los hornos cementeros.

¿Importan residuos de otros países?

Las políticas de la compañía establecen que sólo tratarán o dispondrán residuos que provengan de empresas establecidas en la República Mexicana y maquiladoras cuyos residuos no provengan de materiales regulados por el régimen de importación temporal, que deberán ser retornados al país de procedencia. Sólo se aceptará la importación de residuos cuando se tenga por objeto su reciclaje o reuso en el territorio nacional.

¿Cuáles son los permisos con los que RIMSA cuenta para su adecuado funcionamiento?

Cuenta con los permisos de Salubridad, Transporte y los Municipales.

Los programas de seguridad e higiene que son seguidos por RIMSA, son similares a los E.U.

Este es uno de los puntos en los que WM INC. Aporta su experiencia y programa de capacitación, para poder cumplir con las estrictas medidas de seguridad que ha planteado la empresa.

En cuanto al historial de RIMSA, esta ha sido multada o clausurada por violar alguna norma.

No, la compañía siempre ha operado con un alto grado de responsabilidad en el manejo de los residuos peligrosos y siempre acatando las disposiciones que en materia ambiental se han promulgado.

¿Existen grupos de la comunidad que se oponen a su operación?

La experiencia nos indica, que en este tipo de plantas que manejan residuos peligrosos siempre se dará la oposición, la cual es llevada a cabo por grupos que tienen otro tipo de objetivo e interés que no está relacionado básicamente con la protección del medio ambiente. (En algunos casos son económicos y políticos).

¿El confinamiento está sujeto a auditorias internas?

Además de los de RIMSA, WM INC. Apoya con sus técnicos especializados, los cuales realizarán auditorias internas de cumplimiento no solo ambiental, sino además de las políticas internas de RIMSA y WM INC.

¿Por qué instalaron el confinamiento de RIMSA en ese lugar?

Después de haber buscado diferentes sitios que pudieran cumplir con las principales características hidrológicas y climatológicas para la construcción de un confinamiento controlado de residuos peligrosos regulados por SEDESOL, San Bernabé fue el único lugar que cumplió con todas las especificaciones que establece la Secretaría de desarrollo Social (NOM-CPR-004 ECOL/93).

¿Con qué frecuencia se hacen las inspecciones o revisiones a los pozos de monitoreo de las celdas?

Cada 15 días y cada mes se envía un reporte a la SEMARNAP.

¿Qué estudios especializados tiene el médico del confinamiento?

En toxicología y de acuerdo a la NOM-079 DE S.S.A. anualmente se les realiza un examen a todos los trabajadores de la planta y semestralmente a los trabajadores del área de proceso, incluye análisis biológicos.

V.6.7. Instalaciones.

CIMARI, Mina, N.L.

El Centro Integral de Manejo y Aprovechamiento de Residuos Industriales (CIMARI) está ubicado en el kilómetro 86 de la carretera Monterrey-Monclova tiene una superficie de 1,300 hectáreas, el sitio es una zona semi-desértica de clima seco y con una precipitación pluvial de 200 milímetros en promedio anual y con un 97.17% de evapotranspiración, presenta vegetación y fauna muy escasa. Por otra parte los asentamientos humanos son casi nulos y no existen futuros polos de desarrollo en la zona. El suelo y subsuelo tiene estructuras geológicas de Difunta, Parras, Agustín e Eagle Ford, cada uno con un grosor aproximado de 275 metros de barro y piedra laja.

Para disponer adecuadamente los residuos RIMSA cuenta con celdas especiales cuyas capacidades exceden 500,000 m³. Mismas que son construidas utilizando sistemas de protección que incluye la instalación de membranas que consta de una capa de bentonita, una malla ciclónica para proteger la bentonita, una capa de polietileno de alta densidad, una capa de algodón de Bentofix, un sistema recolector de lixiviados y un sistema de monitoreo de los mantos friáticos, que garantizan la seguridad en el manejo de los residuos. Durante su operación se lleva un registro de la localización exacta de los residuos afín de contar con la información precisa para su acceso y consulta.

En este CIMARI se encuentran las plantas de neutralización, oxidación y reducción, así como la planta de mezcla de combustibles alternos.

Planta de Tratamiento Térmico, Villahermosa, Tab.

En 1999 fue puesta en marcha la planta de tratamiento térmico para la limpieza de suelos contaminados con hidrocarburos y recortes de perforación en el municipio del Centro en Villahermosa, Tabasco. Esta planta tiene una superficie de 7 hectáreas y tiene una alta capacidad de manejo de materiales contaminados, genera 200 empleos directos y 200 indirectos. Es un eficiente sistema de reciclaje y recuperación de suelos contaminados.

Centros de Transferencia.

Tijuana B.C.

Generalmente la industria maquiladora utiliza en sus procesos materias primas, adquiridas bajo el régimen de importación temporal, por lo cual los residuos generados deberán regresados a su lugar de origen de acuerdo a la LGEEPA para su correcta disposición final. Atendiendo a esta necesidad, RIMSA ofrece un servicio integral de manejo, gestoría en trámites de exportación, transporte, reciclaje, incineración y disposición final en instalaciones filiales en el extranjero, para ello se cuenta con dos centros de almacenamiento y procesamiento de residuos industriales ubicado uno en Tijuana, Baja California y otro en El Paso, Texas, contando con oficinas de atención y servicio al cliente para exportación en las ciudades de Mexicali, Nogales, Ciudad Juárez, Monterrey, Reynosa y Nuevo Laredo.

Silao, Gto.

En le 2000 RIMSA inicia operaciones de su nuevo Centro de Transferencia Bajío con el fin de estar más cerca de los medianos, pequeños y micro generadores con el objetivo de ofrecerles un servicio integral con asesoría técnica, recolección con transporte especializado, distribución, documentación oficial, recepción inmediata, con atención personalizada, logrando con esto un aprovechamiento seguro de los residuos industriales, para beneficio de la comunidad en general y de todos los sectores industriales de la región para mantener nuestro medio ambiente limpio.

Waste Tracking.

Las empresas que requieran de los servicios de disposición final de RIMSA deberán observar y cumplir con las normas y procedimientos que se indican en la LGEEPA (Capítulo II). Primero, presentar los manifiestos (Fig.V.3.,V.4. y V.5.) como generador debidamente sellado en el cual incluye información sobre el origen y la caracterización cretib de los residuos, a partir de esta información se les asigna un número de perfil de residuo mejor conocido como RI (residuo industrial), que permitirá predeterminar un posible tratamiento, para la disposición final y que establezca la logística de transportación desde la empresa generadora, hasta las instalaciones de RIMSA. Al arribo del embarque al confinamiento se lleva a acabo una inspección detallada de la documentación, de los manifiestos y permisos, realizándose además el muestreo de los residuos para su análisis. Si el análisis realizado corresponde a lo estipulado en la hoja de manifiesto, el laboratorio determinara el tipo de manejo o tratamiento a seguir para su posterior disposición final, una vez cubierto este requisito el vehículo pasara al área donde será verificado su peso. Después de ser confinados los residuos, se registra su localización exacta de acuerdo a sus coordenadas dentro de la celda esta información pasa a un centro de informática, donde se lleva una base de datos completa de cada cliente generador, antes de abandonar la planta las unidades de transporte son revisadas y de requerirlo pasaran por el área de descontaminación, donde por seguridad son lavadas para posteriormente pasar a la báscula, al mismo tiempo que es verificado el

procedimiento de confinamiento, finalmente se entrega la documentación correspondiente para su salida. Congruentes con nuestras políticas de cumplimiento ambiental RIMSA asume la responsabilidad total del manejo de residuos enviados y recibidos de conformidad en sus instalaciones tomando en cuenta la información veraz y oportuna del generador.

Salud, Seguridad y Bienestar (Programas Permanentes).

En RIMSA están comprometidos por el bienestar y seguridad de su gente y entorno por eso, cada uno cuenta con el equipo adecuado, conveniente y necesario, para desarrollar su trabajo con seguridad y eficiencia: cascos, lentes, mascarillas, guantes, trajes tybek y botas especiales, son algunos de los equipos que se utilizan. Cuenta con una gran variedad de programas que garantizan que cada empleado realice sus funciones con el mejor entrenamiento y el mejor equipo posible para el desempeño óptimo de sus labores en cada nivel de la organización.

Programa de Protección y Seguridad.

Programa Integral de Seguridad en cumplimiento con las normas de la Secretaría de Trabajo y Previsión Social. Afiliado a la Asociación Mexicana de Seguridad e Higiene y al Consejo Interamericano de Seguridad.



SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE RECURSOS NATURALES Y PESCA
 INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA
 DIRECCIÓN GENERAL DE MATERIALES PELIGROSOS Y ACTIVIDADES PELIGROSAS

ALCOS 511

MANIFIESTO DE ENTREGA, TRANSPORTE Y RECEPCIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS EN BARRILES

GENERADOR	1. IDENTIFICACIÓN		Nº DE REGISTRO SEMAFOP	Nº DE MANIFIESTO	1	1	1
	2. RAZÓN SOCIAL DE LA EMPRESA BAKER HUNTER JUTER S DE RL DE CV						
	CONDOMINIO ALBORADA FRIAL COL. CABA BELLA						
	MUNICIPIO O DELIMITACIÓN REYNOSA EST. TAMA.						
TRANSPORTISTAS	3. DESCRIPCIÓN (NOMBRE DE MATERIALES Y CARACTERÍSTICAS CRÍTICAS)		Nº DE MATERIALES	CANTIDAD	CANTIDAD TOTAL DE MATERIALES	UNIDAD	
	LAMPARAS FLUO DE			1600	16 m³		
	PISTAS DE PRIORTE						
RECEPTOR	4. DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES Y INFORMACIÓN ADICIONAL PARA EL MANEJO DEL R.D.						
	ESTABILIZADA CON CAL Y AZEVA						
	5. DESCRIPCIÓN DEL MANEJO <small>Detalle que el generador de residuos debe incluir y proporcionar durante el transporte de residuos: características críticas, tipo de empaque, cantidad y estado, y cualquier otra información de seguridad que se considere de acuerdo con la Ley General de Responsabilidades Ambientales y Norma del Responsable.</small>						
	6. NOMBRE DE LA EMPRESA TRANSPORTADORA <small>CONDOMINIO</small> TEL. <small>Nº DE REGISTRO S.C.T.</small> Nº DE AUT. SEMAFOP						
7. NOMBRE DE LA EMPRESA GENERADORA DE LOS RESIDUOS <small>CONDOMINIO</small> TEL. <small>Nº DE REGISTRO S.C.T.</small> Nº DE AUT. SEMAFOP							
8. NOMBRE DE LA EMPRESA TRANSPORTADORA <small>CONDOMINIO</small> TEL. <small>Nº DE REGISTRO S.C.T.</small> Nº DE AUT. SEMAFOP							
9. NOMBRE DE LA EMPRESA RECEPTORA <small>CONDOMINIO</small> TEL. <small>Nº DE REGISTRO S.C.T.</small> Nº DE AUT. SEMAFOP							
10. NOMBRE DE LA EMPRESA GENERADORA DE LOS RESIDUOS <small>CONDOMINIO</small> TEL. <small>Nº DE REGISTRO S.C.T.</small> Nº DE AUT. SEMAFOP							
11. NOMBRE DE LA EMPRESA TRANSPORTADORA <small>CONDOMINIO</small> TEL. <small>Nº DE REGISTRO S.C.T.</small> Nº DE AUT. SEMAFOP							
12. NOMBRE DE LA EMPRESA RECEPTORA <small>CONDOMINIO</small> TEL. <small>Nº DE REGISTRO S.C.T.</small> Nº DE AUT. SEMAFOP							

Fig. V.3. Manifiesto de Entrega, Transporte y Recepción de Residuos Peligrosos.

V.6.8. Instructivo para el llenado del Manifiesto de Residuos Peligrosos de RIMSA.

1. IDENTIFICACION. Para uso exclusivo de SEMARNAP.
2. PAGINA. En cada hoja debe anotarse el número que integra el juego de manifiesto (ejm. 1/4, 2/4, 3/4, 4/4,) que le corresponde de 4, RAZON SOCIAL DE LA EMPRESA. Dar el nombre o razón social de la empresa generadora de los residuos peligrosos.
3. DOMICILIO Y C.P. Anotar el nombre del corredor, parque o ciudad industrial, calle donde se ubica la empresa generadora, así como el número exterior o interior, colonia y código postal. MUNICIPIO. Nombre del municipio. ESTADO: Anotar el nombre de la Entidad Federativa.
4. TELEFONO. Asentar el o los número(s) telefónico(s) del responsable de la empresa generadora, incluyendo según sea el caso extensión y clave lada. LICENCIA DE SEMARNAP. Número y licencia de SEMARNAP en caso de que se tenga.
5. DESCRPCION. (Nombre del residuo y características cretib). Anotar el nombre químico común del residuo, las características. CRETIB: corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable y biológico infeccioso del residuo. Norma NOM-052-ECOL/93 y para toxicidad la NOM-053-ECOL/93, así también el No. Del R1 (perfil del residuo). CONTENEDOR. La cantidad y tipo de contenedores que se utilizan para el almacenamiento de los residuos, que serán transportados. UNIDAD. Indicador volumen o peso total del envío.
6. INSTRUCCIONES ESPECIALES E INFORMACION ADICIONAL PARA EL MANEJO SEGURO. Anotar los riesgos involucrados y los procedimientos para casos de emergencia.
7. NOMBRE Y FIRMA DEL RESPONSABLE. Nombre completo de la persona responsable del manejo de los residuos dentro de la planta generadora.
8. NOMBRE DE LA EMPRESA TRANSPORTADORA. Dar nombre o razón social de la empresa transportadora del residuo peligroso. NUMERO DE REGISTRO S.C.T. Indicar el número otorgado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. DOMICILIO. Anotar la calle donde se ubica la empresa transportadora así como el número exterior e inferior, colonia y código postal. TELEFONO. Dar el número(s) telefónico(s) de la empresa transportadora, incluyendo según sea el caso, extensión y clave lada.
9. RECIBI LOS MATERIALES DESCRITOS EN EL MANIFIESTO PARA SU TRANSPORTE. NOMBRE. El nombre completo del operador de la unidad de transporte. CARGO. El nombre completo del responsable del vehículo transportador (puede ser el mismo operador). FIRMA. Firma de la empresa responsable o el que reciba la carga.

10. RUTA DESDE LA EMPRESA GENERADORA HASTA SU ENTREGA. Indicar la ruta que seguirá el vehículo, anotando las carreteras, caminos, ciudades o poblaciones importantes que cruzará hasta la planta o confinamiento donde entregará el residuo.
11. TIPO DE VEHICULO. Describir el tipo de vehículo que se utiliza para el transporte de los residuos. NUMERO DE PLACA. Número de placas de circulación autorizadas por el Servicio Público Federal.
12. NOMBRE DE LA EMPRESA DESTINATARIA. Nombre o razón social de la empresa indicando domicilio, teléfono y número de registro de SEMARNAP.
13. OBSERVACIONES. Cuando exista discrepancia al recibir el envío entre los residuos descritos en el manifiesto, la cantidad o las condiciones de embalaje, anotar las observaciones lo más completas posibles. NOMBRE. Nombre completo de la persona responsable que recibe los residuos. CARGO. Dar el cargo de la persona que recibe los residuos. FIRMA. Firma de la persona responsable o el que recibe los residuos. FECHA. Anotar día, mes y año en que se reciban los residuos peligrosos.

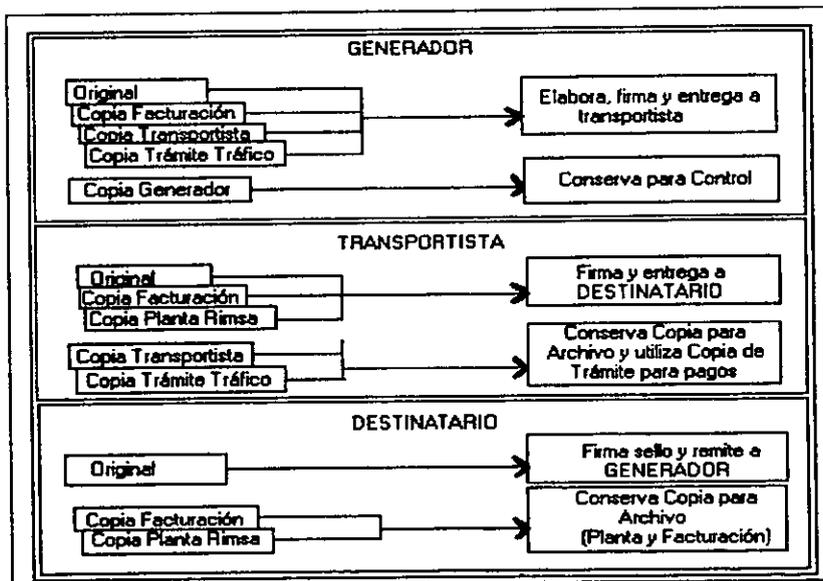


Fig. V.4. DIAGRAMA PARA EL MANEJO DEL MANIFIESTO RIMSA.

13.00 NCA

INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA E INGENIERIA AMBIENTAL
DIRECCION GENERAL DE NORMATIVIDAD AMBIENTAL

MANIFIESTO DE ENTREGA, TRANSPORTE Y RECEPCION DE RESIDUOS PELIGROSOS

6101121

FOZO BENINIS 2001

No. DE MANIFIESTO

I. IDENTIFICACION	A. RAZON SOCIAL DE LA EMPRESA: HALLIBURTON DE MEXICO S.A. DE C.V. DIRECCION Y C.P.: CARRETERA A MONTERREY V. 102 B. COL. CASA BELLA REYNOSA ESTADO: TAMAU-LIPAS	B. TIPO DE RESIDUOS:
II. CONTACTOS	4. TELEFONO:	5. LICENCIA DE EMBAJADOR No.:
III. DETALLES DE ENTREGA	6. DESCRIPCION (cantidad de bultos y cantidad de litros):	6.1.1. No. de bultos: 1 6.1.2. No. de litros: 16
IV. RESPONSABILIDADES	7. DESCRIPCION DE LA ENTREGA: ESTADILITAR CON CAL Y ARCILLA	8. DESCRIPCION DE LA RECEPCION:
V. RESPONSABILIDAD DEL EMBAJADOR	9. NOMBRE DE LA EMPRESA TRANSPORTADORA:	10. NOMBRE DE LA EMPRESA RECEPTORA:
VI. DATOS DEL MANIFIESTO	11. NOMBRE DEL MANIFIESTO:	12. NOMBRE DEL MANIFIESTO:
VII. DATOS DEL MANIFIESTO	13. NOMBRE DEL MANIFIESTO:	14. NOMBRE DEL MANIFIESTO:
VIII. DATOS DEL MANIFIESTO	15. NOMBRE DEL MANIFIESTO:	16. NOMBRE DEL MANIFIESTO:

Residuos Industriales Multiquim, RIMSIN S.A. de C.V.

GENERADOR: Halliburton de Mexico

CAMION: SUBAN, GARY

CHOFER: Carlos Alvarez

RECEPTOR: RJR

OBSERVACIONES:

ID 601121 08/24 02/08/03
F330 046932008

ID 601121 08/24 02/08/03
SEUDO 046932008
TAMA 02077008
NETO 04655008

Fig.V.5. Ejemplo de Manifiesto de Entrega, Transporte y Recepción de Residuos (Recortes Impregnados de Hidrocarburos), Reynosa Tamau-lipas. (RIMSIN).

Programas Permanentes.

- Reducción de accidentes.
- Inducción de personal de nuevo ingreso.
- Indicadores de seguridad industrial.
- Entrenamiento en Hazmat.
- Índices de gravedad.
- Concursos y Campañas.
- Seguridad en transporte de Residuos.
- Brigadas de emergencia y planes de contingencia.
- Análisis de seguridad en operaciones.
- Protección contra incendios.
- Programa de protección respiratoria.
- Entrenamiento a personal.
- Plan de inspecciones.
- Análisis e investigación de accidentes.
- Sistemas de operación para labores de alto riesgo.
- Programa de descontaminación.

V.6.9. Servicios Ambientales.

Muestreos y Caracterización.

Con técnicos especializados y equipo de seguridad adecuado, se realizan los muestreos a las corrientes de los residuos solicitadas, mismos que son analizadas en el laboratorio para su caracterización y destino.

Asesoría Técnica.

Consciente del desarrollo de nuevas tecnologías así como la formulación y aplicación del reglamento para el cuidado del medio ambiente, ha constituido un equipo de expertos en la materia para dar asesorías y soporte técnico a las empresas en sus problemas ambientales a saber:

- Estudios de impacto ambiental.
- Análisis de riesgo.
- Auditorías ambientales.
- Gestorías en asuntos ambientales.
- Capacitación técnica.
- Estudios de factibilidad técnico-ambiental.

Tratamientos Especializados.

Los residuos peligrosos, que los generadores les confían para su manejo, son sometidos a tratamientos de estabilización para asegurar que su resguardo cumpla con los límites de seguridad establecidos para cada caso. Esto significa que el residuo

original según la característica que lo hace peligroso es modificado para hacer posible su disposición controlada. Los procesos de estabilización mas comúnmente aplicados en el centro de tratamiento son:

- Solidificación
- Encapsulado.
- Microencapsulado.
- Oxidación/Reducción.
- Neutralización.
- Biorestauración.
- Reciclaje de solventes.
- Hidrólisis.
- Formulación y mezcla de combustibles alternos.
- Tratamiento térmico.

Servicios Técnicos Especializados.

Residuos Industriales Multiquim, pone a disposición de los sectores oficial y privado mano de obra capacitada, con unidades móviles de tratamiento, ingeniería de proyectos en el lugar mismo que se generen o almacenen los residuos peligrosos, cuenta con un equipo de técnicos especializados para dar atención a situaciones particulares en el sitio, como serian:

- Manejo administrativo y de seguimiento de los residuos peligrosos.
- Transvase de residuos a contenedores aprobados.
- Contención y remoción de materiales en suelos impactados.
- Etiquetado y señalización de contenedores.
- Elaboración de documentos que amparen movimientos de residuos.
- Actividades propias de post-emergencias químicas.

Restauración y Saneamiento de Sitios Contaminados.

- Tratamientos in-situ.
- Saneamiento.
- Limpieza de tanques.
- Cierre de plantas para su entrega libre de pasivos ecológicos ante la sociedad y la autoridad.

Todo en pleno cumplimiento con las disposiciones ambientales de seguridad y salud en el marco regulatorio mexicano y si fuera el caso de las disposiciones requeridas en otros países.

Manejo de Bifenilos Policlorados (PCB's).

Actualmente, RIMSA ofrece la disposición final de bifenilos policlorados, mejor conocidos como PCB's, vía incineración en el extranjero. Los PCB's pueden encontrarse en transformadores eléctricos, capacitores, balastras equipo de seguridad y tambores contaminados así como en sitios donde se han presentado derrames de aceite que han contenido PCB's. Cuenta con la capacidad técnica y logística para manejar transvase, drenado, envase etiquetado transporte terrestre, marítimo, obtención de permisos de países en tránsito, fianzas seguros y todo lo necesario para la disposición final vía incineración destructiva de este tipo de residuos.

Programa de Manejo Integral (PMI).

El Programa de Manejo Integral es un servicio que RIMSA ha implementado con gran éxito en algunas empresas a través de la asignación de su propio personal especializado laborando de tiempo completo en la empresa contratante, responsabilizándose totalmente del manejo de residuos dentro de la compañía generadora. Con este servicio, el generador obtiene beneficios adicionales como por ejemplo:

- Reducción de personal propio asignado al manejo de residuos.
- Reducción en costos de equipo de seguridad personal para sus empleados de planta.
- Confianza absoluta en el entrenamiento del personal especializado que apoyará cualquier contingencia en la operación dentro de su misma planta.

Transporte Especializado.

Para garantizar un transporte profesional y seguro de los residuos industriales la autoridad exige que las empresas que proporcionen este servicio cuenten con todos los permisos y autorizaciones correspondientes, así como con el equipo y personal capacitado técnicamente. RIMSA, a través de su empresa afiliada Transquímica Nacional ofrece dentro de sus servicios integrales la transportación confiable y segura de sus residuos desde la planta generadora o lugar en que se localicen hasta su disposición final. RIMSA es la primera compañía en México en implementar el traslado de residuos peligrosos por ferrocarril minimizando riesgos.

La cartera de clientes de RIMSA se conforma por alrededor de 1,000 clientes de diferentes sectores industriales:

- Ind. Del Petróleo
- Ind. General
- Ind. Química
- Ind. Automotriz
- Ind. Metal Mecánica
- Ind. Fundición
- Ind. Farmacéutica

V.6.10. PROCESOS.

En el Centro de Tratamientos y Disposición Final de Residuos Industriales de RIMSA, se ofrecen servicios para el manejo adecuado y seguro de residuos industriales incluyendo los siguientes tratamientos o servicios:

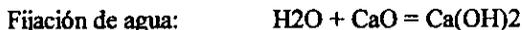
Laboratorio:

Todos los residuos que llegan al confinamiento son muestreados y analizados por el laboratorio para definir el tratamiento requerido en cada caso y su destino final.

V.6.10.1. ESTABILIZACIÓN (SOLIDIFICACIÓN/FIJACIÓN).

La estabilización se realiza en dos lugares. Para los residuos que sean transportados en tambores, se hará dentro del mismo tambor cuando no represente riesgo o de lo contrario se incorporarán a los residuos a granel para el mezclado en la planta móvil de alta capacidad. Los residuos a granel se enviarán a la unidad móvil de estabilización en la zona de mezclado.

Los lodos se solidifican mezclando el residuo con un absorbente. Se utiliza el termino solidificación/fijación porque el absorbente no solo solidifica cualquier liquido libre debido a la absorción, sino que también experimente una reacción química con el reactivo, mediante la cual se produce la fijación (inmovilización) de los compuestos peligrosos. La alta alcalinidad también precipita a la mayoría de los metales reduciendo la posibilidad de migración una vez confinados en celdas. Los siguientes ejemplos muestran las reacciones químicas que tienen lugar en este proceso:



V.6.10.2. MICROENCAPSULADO.

Introducción:

La tecnología para el tratamiento de microencapsulado esta respaldada por años de investigación en el campo de fijación y estabilización de residuos peligrosos del Centro de Investigación Técnica de Clemson, RIMSA forma parte del consorcio ambiental WMX technologies, de la cual también forma parte el Centro de Investigación Técnica de Clemson, por esta razón se tiene acceso a la tecnología de punta en el campo de Ingeniería Ambiental.

El personal técnico y de investigación y desarrollo mantiene una estrecha comunicación, intercambio de experiencias, capacitación y entrenamiento para el desarrollo de nuevas tecnologías en el campo de la estabilización de residuos peligrosos.

Dentro de los diversos procesos existentes y probados para la disposición final de lodos o sólidos residuales provenientes de la perforación de pozos petroleros se

encuentra el proceso "Chem Secure" patentado por la empresa matriz WMX Technologies y que es el proceso a utilizar por RIMSA en esta propuesta.

Fundamentos del Proceso:

El proceso "Chem Secure" utiliza como material fijador la mezcla de dos reactivos (PA/SS) Aditivos Puzolánicos y Silicato Soluble al 38% (QUIMO SIL)

PA	SS
%3 CaOSiO ₂ = 45	%NaO = 8.9
%2 CaOSiO ₂ = 27	%SiO ₂ = 28.9
%3 CaO Al ₂ O ₃ = 11	% sólidos = 37.6
% CaO Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃ = 8	
% MgO = 2.9	
% NAO = 8.9	

para producir una matriz sólida de manera controlada.

En el proceso "Chem Secure", ocurre en tres etapas principales: primeramente se forma una matriz gelante producto de la interacción entre los átomos tetrahídricos del silicon y las cadenas lineales de átomos de los hidrocarburos, aquí se produce una reacción entre el oxigeno y los iones metálicos polivalentes produciendo silicatos metálicos de baja solubilidad; estos compuestos no tóxicos en su mayoría se presentan como metales en su forma original y obtienen una gran resistencia en diferentes condiciones y ambientes.

La segunda reacción ocurre entre el silicato soluble y los aditivos puzolánicos, los cuales tienen una solubilidad limitada de sus iones cálcicos pero una gran capacidad de reserva por la cual la reacción se desarrolla lentamente dentro de condiciones controladas; la estructura géllica formada tiene la gran propiedad de atrapar grandes cantidades de hidrocarburos mientras actúa como sólido; la tercera reacción ocurre entre los aditivos puzolánicos, el residuo petrolífico y el agua que a través de mecanismos de hidrólisis, hidratación y neutralización reaccionan con la matriz gelante, la cual cataliza el proceso de solidificación quedando atrapado y sellado el hidrocarburo en las cavidades internas y externas del material puzolánico, a esta altura del proceso los hidrocarburos quedan totalmente microencapsulados e irreversiblemente inmovilizados.

V.6.10.3. NEUTRALIZACIÓN.

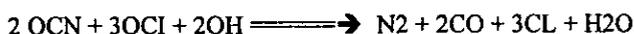
Se basa en el simple principio químico de que los materiales ácidos y alcalinos pueden mezclarse y llevarse un pH neutro, reduciendo significativamente su naturaleza corrosiva y reactiva. De hecho, el pH se mantiene levemente alcalino (9,5-10,5) para precipitar los metales pesados que pudieran existir; luego los residuos neutralizados se filtran a fin de separar los sólidos, los cuales se confinan en las celdas y el agua se envía a los tanques de almacenamiento de agua tratada y podrá ser utilizada para humidificar alguna mezcla sólida para fijación.

V.6.10.4. OXIDACIÓN.

El residuo conteniendo cianuro es tratado en un reactor con una solución de hipoclorito de sodio como agente oxidante, y además dosificando una solución de hidróxido de sodio se controla el pH al nivel requerido, como se muestra en las reacciones:



Con el exceso de hipoclorito el cianato se oxida posteriormente para formar nitrógeno y carbonato.



V.6.10.5. REDUCCIÓN.

En este proceso se pueden tratar residuos que contienen iones metálicos libres, unidades o moléculas orgánicas que pueden someterse a reducción, tal como soluciones acuosas a ácidas que contienen cromo hexavalente, soluciones acuosas con trazas de metales pesados, soluciones organometálicas.

V.6.10.6. BIODEGRADACIÓN.

El proceso de Biodegradación utiliza microorganismos para transformar un residuo tóxico por su contenido de hidrocarburos en un compuesto no tóxico. Para lograr lo anterior, el residuo se mezcla con un agregado poroso en pequeña proporción para proporcionar porosidad en la mezcla, factor esencial para incrementar la disponibilidad de nutrientes y oxígeno. Además, es necesario agregar nutrientes con el contenido adecuado de nitrógeno y fósforo requeridos para promover la biodegradación, mantener contenido de humedad tal que no inhiba la actividad bacterial y no afecte la oxigenación, la cual es muy importante para mantener el proceso. Cuando los residuos han alcanzado niveles de toxicidad inferiores a los límites señalados en las Normas Oficiales Mexicanas, son confinados en celdas.

V.6.10.7. DESTILACIÓN.

Con nuestra estrategia de reciclado de solventes para su reformulación y posterior post-venta, se tienen solventes que se pueden someter a un proceso de destilación en la planta y así obtener un solvente limpio, asimismo los fondos de destilación obtenidos se juntan con los solventes no destilables para la formulación de combustible alterno.

V.6.10.8. MEZCLADO.

El proceso de mezclado de residuo para combustible secundario en hornos de clinker de plantas cementeras se realiza iniciando el mezclado en dispersores con agitación continua de los diferentes residuos que conformará el combustible. El mínimo contenido de poder calorífico de un residuo para ser considerado en la mezcla, deberá ser de 5,000 Kcal/kg. Considerándose críticos los halógenos como el cloro, plomo y yodo así como el contenido de azufre; la mezcla lograda tendrá que ser establecida a pH de 6.5.

El poder calorífico final de la mezcla deberá ser como mínimo de 9,000 Kcal/kg., después de mezclador o difusor, se pasará a un reductor de partículas de alta velocidad hasta lograr 1.25 cms. De la partícula más grande en suspensión. El material mezclado cumpliendo con las características mínimas indicadas, será almacenado y posteriormente transportado hasta los tanques de almacenamiento de las plantas cementeras para dosificarse en los hornos clinker.

Una vez que el residuo ha sido sometido a su correspondiente proceso de tratamiento o bien si por sus características fisico-químicas no requiere tratamiento alguno, serán enviados a una celda de Disposición Final, diseñada y construida de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-057-ECOL-1993. Todo residuo depositado en las celdas es registrado en las bitácoras de operación y a la vez se registran sus coordenadas de ubicación, por lo que en cualquier momento se puede informar sobre su precisa ubicación.

V.6.11. Procedimientos del Proceso de Carga de Recortes Perforados con Fluido de Emulsión Inversa (Perforación y Mantenimiento de Pozos, Región Norte), Reynosa, Tamps. PEMEX.

Objetivo.

Asegurar que el personal que desarrolla esta actividad tenga conciencia de las buenas prácticas. Y respeto al entorno ecológico.

Alcance.

En la carga de los recortes perforados con fluido de emulsión inversa se de cumplimiento a la normatividad y al procedimiento, evitando así derrames y contaminación del suelo.

1. El transportista antes de entrar a la instalación debe asegurarse de portar su equipo de protección personal completo.
2. Al llegar el transportista a la instalación, invariablemente debe reportarse con el inspector técnico de perforación

3. Debe registrarse en el diario de control de entrada, ubicado en la caseta del perforador.
4. Verificar que las condiciones del equipo, herramienta y accesorios; sea las óptimas para su uso (trascabo, revisar fugas en mangueras y conexiones del sistema hidráulico y de combustible).
5. Para realizar las maniobras de acomodo de la unidad, deberá contar con un ayudante, nunca hacer esta maniobra solo.
6. Antes de efectuar iniciar a cargar, deberá colocar el extintor de PQS portátil en un lugar estratégico de acceso inmediato, no mayor de 9 segundos.
7. Deberá restringir el área, poniendo señalamientos, “fantasmas” o postes con la banda de color ámbar, que indica precaución.
8. Deberá calzar la unidad y apagar o desconectar el sistema eléctrico.
9. El trascabo deberá contar en el escape del motor con mecanismo de matachispas.
10. Instalar membrana de plástico en el suelo cubriendo el radio de acción de trabajo de la mano de chango del trascabo; así mismo colocar membrana de plástico a la caja del camión para evitar derramamientos y contaminaciones del suelo.
11. El responsable supervisará que no existan derrames durante el proceso de carga, del recorte perforado con fluido de emulsión inversa evitando la contaminación del suelo.
12. Al finalizar la carga del recorte (llenar) levantar la membrana de plástico que se adicionará a los recortes y se procede a llenar el formato del manifiesto recabando las firmas del responsable de la Cia. De fluidos, y dejar copia de dicho manifiesto para control y seguimiento de los residuos peligrosos generados en el pozo correspondiente.
13. Si la maniobra de carga de recortes por la naturaleza y requerimiento de la operación se efectúa de noche, asegurar de tener una buena iluminación en dicha área para asegurar que la operación se efectúe dentro de las medidas de seguridad correspondientes.

Así es como PEMEX en acuerdo con RIMSA lleva la entrega, transporte y recepción de residuos peligrosos (recortes impregnados de hidrocarburos).

VI. CONCLUSIONES.

En México, el incontrolado e irracional aprovechamiento de sus recursos naturales trajo como consecuencia una serie de problemas que ahora tienen un alarmante carácter nacional como la destrucción masiva de los bosques, la aparición de grandes áreas de tierras áridas, la erosión, la contaminación de acuíferos, el agotamiento total o a nivel crítico de algunos recursos naturales y la disminución de algunas especies vegetales y animales.

Es imperativo crear cuadros de especialistas que se dediquen al estudio de la ecología desde el punto de vista económico y cuyo objetivo sea la solución de los problemas que sufre el país por la contaminación y degradación del ambiente, y no tener una cultura del reaprovechamiento de las cosas con que trabajamos.

En estos tiempos de crisis es indispensable aumentar la efectividad de la conservación y el mejoramiento del ambiente, racionalizando y disminuyendo al mismo tiempo los gastos de este rubro, como es el caso de reutilizar los fluidos de base aceite, por lo costoso que resulta ser este, sin detrimento del desarrollo y la productividad de las diferentes ramas económicas del país.

No se ha podido dar un valor económico al gasto social representado por la degradación ambiental. No se asume responsabilidad alguna por los daños indirectos y a largo plazo, tales como la exposición a productos químicos cancerígenos o metales pesados, y los efectos lentos en los órganos sensoriales o las repercusiones sutiles sobre la salud mental. Estos costos sociales de la producción, igual que la degradación del medio, no se evitan ni se pagan, sino cuando el trabajador enferma o fallece prematuramente.

Dado que la industria extractiva, como lo es la industria petrolera, es una de las que está en contacto directo con el medio ambiente se deben incrementar las medidas para preservar dicho medio acatando las leyes correspondientes y aplicando las sanciones a quienes las infrinjan.

La conciencia que ha adquirido la Industria Petrolera Mexicana sobre los efectos de la acción industrial en el medio ambiente, está modificando sistemas de trabajo y patrones de conducta personal en el petrolero. Hoy no puede dejarse a las circunstancias el impacto ecológico de la acción industrial.

La tarea de introducir modificaciones a los sistemas de producción, adaptando los dispositivos en las instalaciones a fin de hacer más limpio el proceso de trabajo, ha requerido grandes inversiones y el desarrollo de una nueva tecnología. Actualmente se calcula que la tecnología de protección ambiental, es una industria que maneja procesos parecidos a las plantas petroleras y pueda ocupar hasta una tercera parte de la inversión

total. Ello plantea una estimación muy seria con respecto a estas actividades que deben ser inherentes a la actividad productiva.

La industria petrolera se despliega en un amplio campo de riesgos de contaminación más allá de las instalaciones de producción. El rompimiento de los ductos, los derrames por accidentes de los medios de transporte de los productos petrolíferos, sobre todo en el mar, y los accidentes en las terminales de almacenamiento, el manejo de fluidos de perforación así como los recortes de la formación hasta su traslado a una planta de tratamiento y un confinamiento respectivamente, son problemas que exigen ahora una rápida y eficaz.

El objetivo central de la Industria Petrolera Mexicana es lograr que la acción industrial petrolera se desarrolle en forma armónica con el medio ambiente. Y en este propósito se están poniendo en práctica dos estrategias conjuntas: **La prevención y la corrección**. Por lo que es necesario señalar un procedimiento para tener un mejor manejo de los desechos generados durante la perforación.

Procedimiento:

- Tener conocimiento sobre los fluidos de perforación como son los conceptos de: las funciones que tienen, los tipos de fluidos que existen, los criterios que se tienen para seleccionarlos, clasificaciones y los aditivos que llevan.
- Tener un conocimiento básico sobre legislación ambiental, analizarla bajo los reglamentos sobre residuos tóxicos que afectaran a la industria petrolera que en este caso será para la perforación de pozos (fluidos y recortes de perforación) que implicara: reducir, reciclar o en su momento tratar los desechos para poder confinarlos.
- Hacer una jerarquización de los desechos debido a su cantidad y toxicidad como es: Recortes impregnados de fluido de perforación(base agua y base aceite), fluido de perforación derramado en el piso de perforación, fluido de perforación derramado durante el cambio de lodo y al limpiar los contenedores de dichos lodos, fluidos que contienen aceite durante el mantenimiento de maquinas, bombas y manejo y traslado de materiales para la perforación.
- Hacer pruebas de toxicidad mediante la técnica CRETIB que será para conocer sus características de peligrosidad (Corrosivo, Radioactivo, Explosivo, Tóxico, Inflamable o Biológico-Infecioso).
- Analizar y evaluar técnicas y costos para el tratamiento de recortes perforación impregnados de aceite, las técnicas a evaluar será las de: Inyectar los recortes a la misma formación, hacer el lavado a dichos recortes, procesos térmicos, químicos y biológicos. Hacer una selección de cualquiera de estos que

corresponda al desecho que se tendrá, para eliminar los aceites que se encuentran en los desechos durante la perforación.

En la investigación realizada para este trabajo, fue en la Región Norte en el Distrito Reynosa (Sección Química PEP) se observó que la técnica que se ocupa para el tratamiento de los recortes impregnados de perforación fue el de procesos químicos mediante la estabilización y disposición de recortes para confinarlos en Puerto San Bernabé en el estado de Nuevo León que pertenece a la compañía RIMSA.

La estabilización consta de tratar el desecho con un proceso de solidificación y fijación con cal y arena que inmovilizará al fluido que contenga el recorte y posteriormente será llevado al confinamiento.

BIBLIOGRAFIA

- * Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
Decimocuarta Edición
Ediciones Delma 1999.
- * Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos
Editorial Porrúa 1999.
- * Legislación Sobre Contaminación Ambiental
Andrade Manuel
Editorial Interamericana 1994.
- * Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
en Materia de Residuos Peligrosos
Diario Oficial de la Federación
25-Noviembre-1988.
- * Los Desechos y su Tratamiento
Jean-Bernard Leroy
Primera Edición en Español 1987.
Fondo de Cultura Económica
- * Measures to Combat Oil Pollution
The International Tanker Owners Pollution
Federation Limited
Commision of the European Commuties 1989.
- * Instructivo General de Seguridad a Bordo de la Flota Petrolera del Mar.
Petróleos Mexicanos
Editorial Centro Regional de Ayuda Técnica 1988.
- * Ingeniería de la Producción de Petróleo
Lester Charles Uren
Editorial Continental
- * Apuntes de Manejo de la Producción en la Superficie
Gómez Cabrera José Angel
Facultad de Ingeniería
- * La Contaminación en México
Francisco Vizcaino Murray
Fondo de Cultura Económica 1990.

- * Energía y Medio Ambiente
Memorias del Simposio Programa Universitario de Energía
Facultad de Ingeniería, UNAM, SEDUE 1989.

- * Uso de los Tanques de Techo Flotante en la Industria Petrolera para Reducir las Pérdidas por Evaporación
Izaguirre Longoria Tomás
Tesis 1988.

- * The Prevention of Oil Pollution
J. Wardley-Smith
Graham and Trotman

- * Marco de Referencia Ambiental de la Selva Lacandona, Chiapas. En el Entorno de las Actividades Petroleras
Petróleos Mexicanos 1989.

- * Marco de Referencia Ambiental de la Vegetación y del Uso del Suelo en Zonas Petroleras en el Estado de Veracruz
Petróleos Mexicanos 1990.

- * Marco de Referencia Ambiental del Golfo de México en el Contexto de las Actividades Petroleras
Petróleos Mexicanos 1990

- * Estudio de la Tecnología para la Prevención y Control de la Contaminación en la Perforación de Pozos Petroleros.
Tesis de Maestría Ing. José Martínez Pérez, Facultad de Ingeniería División de Postgrado, UNAM 1995.

- * Perfil Ambiental en el Entorno del Complejo Petroquímico Morelos
Petróleos Mexicanos 1992.

- * ECOPEMEX
Petróleos Mexicanos 1989.

- * Apuntes de la Clase de Industria Petrolera Mexicana 1996.

- * Revista Nosotros los Petroleros
Petróleos Mexicanos
Enero de 1990

- * Evaluación y Selección de los Sistemas de Tratamiento para Separación de Aceite y de Aguas Residuales y su Aplicación en la Industria Petrolera
Picazo Garcés Sergio Eduardo
Tesis Maestría, 1983.

* La Vida en el Planeta Tierra
Contaminación
Ian Breach
Montaner y Simón, S.A.1987.

* La Vida en el Planeta Tierra
La Conservación del Medio Ambiente
Michael Crawford
Montaner y Simón, S.A.1988.

* Revista Ciencia y Desarrollo No. 52
Septiembre-Octubre 1983
"La Economía y el Ambiente"
Santiago D. Fierro Martínez
CONACYT

* Expropiación
Eduardo Cervera del Castillo
Marzo 1988
IMP

* Apuntes de Fluidos de Perforación
Departamento de Explotación del Petróleo
Facultad de Ingeniería, UNAM. 1990.

* Handbook of Dynamics
Streeter, V.L.
McGraw Hill Book Co.
New York 1961.

* NL BAROID/NL
Indurties, Inc.
Manuales 1999.

* Reología de Fluidos No-Newtonianos a Través de Conductos Circulares
León Loya, J.G. Martínez, L.R. y Cortés, A.M.
IMP, Subd. Tec. Explotación-Div. Perforación; febrero de 1986

* Fundamentos de Reología No-Newtoniana y Viscosimetría Capilar y Rotacional
León Loya, J.G.
Subd. Tec. Explotación, IMP, 1987

* Procedimientos para la Protección Ecológica Durante las Operaciones de Perforación y Mantenimiento de Pozos Costa Afuera.
Dr. Daniel García Gavito. J. Martínez, IMP, México 1993.

* Sistema Integral de Administración de la Seguridad y la Protección Ambiental
SIASPA
Petróleos Mexicanos 2000.

* Programa de Sistemas de Seguridad, Salud y Protección Ambiental
PROSSPA
Petróleos Mexicanos 2000.

* Manifiesto de Entrega, Transporte y Recepción de Residuos Peligrosos
Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca
Instituto Nacional de Ecología
Dirección General de Materiales Residuos y Actividades Riesgosas 1999.

* Baroid de México
Instalaciones Reynosa, Tamps. Marzo 2000.

* Residuos Industriales Multiquim S.A. de C.V.
Ing. Luis Badillo Sánchez.
Jefe de Operaciones-Proyectos Especiales
Reynosa, Tamps. Marzo 2000.

* Instalaciones Compañía Baker Hughes (INTEQ)
Región Norte, Reynosa, Tamps. Marzo 2000.

* Sección Química
Perforación y Mantenimiento de Pozos
Ing. Javier Granados de León. Marzo 2000.
Instalaciones PEMEX
Reynosa, Tamps. Marzo 2000.