



**DETERMINACIÓN DE LAS DIFERENCIAS TÉCNICAS Y OPERACIONALES EN LOS DIFERENTES  
TRATAMIENTOS QUÍMICOS, ESTIMULACIONES Y APLICACIÓN DE ADITIVOS PARA FLUIDOS  
DE PERFORACIÓN Y WORKOVER**

**Presentado por:**

**JUAN CAMILO GÓMEZ SÁNCHEZ**

**Cod. 2003102206**

**Informe de pasantía presentado como requisito final para optar al título de:  
INGENIERO DE PETRÓLEOS**

**Director(es):**

**Ing. HAYDEE MORALES**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA**

**Ing. LEIDY BONILLA**

**LATINAMERICAN CHEMICAL TREATMENTS LTDA.**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA**

**INGENIERÍA DE PETRÓLEOS**

**NEIVA - HUILA**

**2010**



**DETERMINACIÓN DE LAS DIFERENCIAS TÉCNICAS Y OPERACIONALES EN LOS DIFERENTES  
TRATAMIENTOS QUÍMICOS, ESTIMULACIONES Y APLICACIÓN DE ADITIVOS PARA FLUIDOS  
DE PERFORACIÓN Y WORKOVER**

**Presentado por:  
JUAN CAMILO GÓMEZ SÁNCHEZ  
Cod. 2003102206**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
INGENIERÍA DE PETRÓLEOS**



**NEIVA - HUILA**  
**2010**



## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>6</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>8</b>
2.1    Objetivos generales. ....	8
2.2    Objetivos específicos. ....	8
<b>3. PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA</b> .....	<b>9</b>
3.1    Capacitación empresarial.....	9
3.2    Composición general de la empresa. ....	9
3.3    Políticas de trabajo. ....	9
3.4    Tipos de programas de la empresa. ....	10
3.5    Planes de emergencia. ....	10
3.6    Estructura del plan de emergencia.....	10
3.7    Procedimiento para declarar una emergencia y activar el plan “Medevac”.....	12
3.8    Procedimiento operativo normalizado incendio.....	13
3.9    Plan de contingencia en caso de accidente de tránsito. ....	13
3.10   Procedimiento operativo normalizado derrame de producto químico. ....	14
<b>4. ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN PASANTÍA SUPERVISADA</b> .....	<b>15</b>
<b>5. ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN LABORATORIO (BASE NEIVA)</b> .....	<b>17</b>
5.1    Capacitaciones. ....	17
5.2    Desarrollo de control de calidad de productos. ....	18
<b>6. TRATAMIENTO QUÍMICO EN SUPERFICIE SOBRE FACILIDADES</b> .....	<b>19</b>
6.1    Tratamiento de crudo. ....	19
6.2    Tratamiento de corrosión. ....	23
6.2.1   Diseño de tratamientos de corrosión en superficie.....	23
6.2.2   Beneficios operacionales y económicos asociados.....	24
<b>7. ESTIMULACIONES ÁCIDAS EN FONDO</b> .....	<b>25</b>
7.1    Aplicación de productos para estimulación en fondo de pozo.....	26



<b>7.2</b>	<b>Conocer los parámetros para la selección adecuada de aditivos convencionales para un tratamiento de estimulación ácida en fondo.....</b>	<b>27</b>
<b>7.3</b>	<b>Condiciones óptimas de bombeo.....</b>	
<b>7.4</b>	<b>Beneficios operacionales y económicos asociados.....</b>	
	<b>CONCLUSIONES .....</b>	
	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	
	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	



## 1. INTRODUCCIÓN

LATINAMERICAN CHEMICAL TREATMENTS es una empresa dedicada al estudio, ejecución y optimización de tratamientos químicos, tanto en superficie con facilidades de producción, como en fondo de pozos como tratamientos de estimulación, dentro de la gama de los productos mas utilizados para esta actividad se encuentran las siguientes:

- Inhibidores de corrosión.
- Agentes desemulsionantes.
- Inhibidores de incrustaciones.
- Removedores de incrustaciones
- Agentes de control de parafinas y asfaltenos.
- Biocidas.
- Clarificadores de agua.
- Secuestrantes de H<sub>2</sub>S.
- Agentes eliminadores de emulsión.
- Inhibidores de corrosión causada por ácidos.
- Estabilizadores de arcilla.
- Agentes emulsionadores.
- Inhibidores de incrustación
- Solventes mutuales.
- Tratamiento de parafinas.
- Agentes tensoactivos.

Dentro de las empresas clientes de LATINAMERICAN CHEMICAL TREATMENTS LTDA. se encuentran PETROMINERALES Colombia, PETROBRAS, Alange Energy Corp, CYC Energy, COLOMBUS ENERGY, British Petroleum (BP), Nimir, HOCOL, entre otras.



Los principales puntos de trabajo se concentran en Arauca con la empresa Occidental de Colombia, en el Meta y Casanare con ECOPETROL, HUPECOL, y Metapetroleum, cumpliendo con todo el proceso en el diseño en el tratamiento químico y su aplicación en campo, adquiriendo destreza en la operación y total criterio para tomar las decisiones apropiadas para las diferentes situaciones que se presentan, comprendiendo a cabalidad la operación, desde la acción de los aditivos en su adecuada concentración, hasta el final del bombeo de los fluidos.



## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivos generales.

Adquirir conocimientos y destrezas de las prácticas y procedimientos realizados en las operaciones de tratamiento químico en superficie, en facilidades de producción, en fondo de pozos y en tratamientos de estimulaciones en la empresa LATINAMERICAN CHEMICAL TREATMENTS LTDA., cumpliendo con políticas de HSEQ establecidas por la compañía.

### 2.2 Objetivos específicos.

#### 2.2.1 Generalidades y pruebas de laboratorio

- Dar a conocer la composición empresarial y los procedimientos referentes a las actividades de riesgo que se ejecutan.
- Mostrar el proceso de organización de cumplimiento de actividades asignadas en base y laboratorio para la re-certificación empresarial.

#### 2.2.2 Tratamiento químico en superficie

- Identificar problemas generales de diseño de tratamientos químicos en superficie.
- Mostrar cómo incluir diseños de tratamientos químicos generales en estaciones de servicio
- Dar a conocer herramientas básicas para la solución de problemas generales en tratamientos químicos en superficie.
- Identificar los beneficios operacionales y económicos, asociados a un buen tratamiento químico.

#### 2.2.3 Estimulaciones ácidas en fondo

- Identificar cuándo se deben aplicar productos químicos para estimulación de pozos.
- Mostrar los parámetros para la selección adecuada de aditivos convencionales para un tratamiento de estimulación ácida en fondo.
- Identificar los mecanismos y condiciones de bombeo óptimas.
- Identificar los beneficios económicos asociados a un buen tratamiento de estimulación.

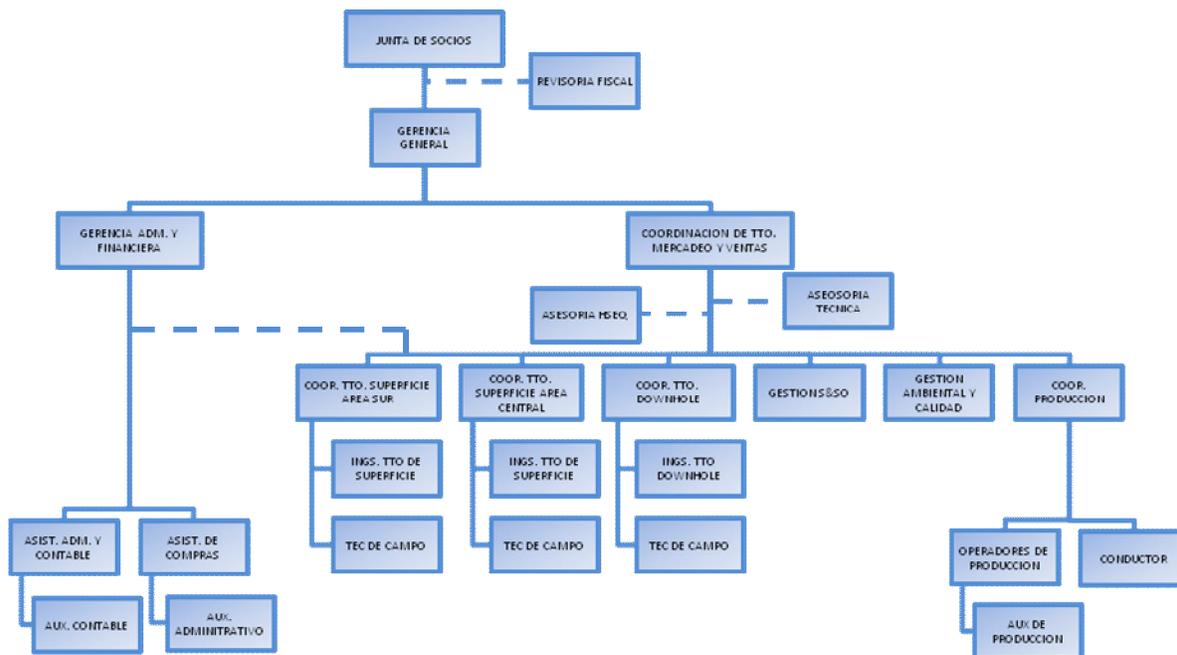


### 3. PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA

#### 3.1 Capacitación empresarial.

Dentro de las actividades y cronograma desarrollado se iniciaron actividades de conocimiento de la empresa LATINAMERICAN CHEMICAL TREATMENT LTDA., donde el primer día en la reunión de seguridad diaria se introdujo la parte de los planes de gestión de HSEQ, el organigrama empresarial, las políticas de trabajo, los requisitos legales y todo lo relacionado con el conocimiento general de la empresa, todo con el objetivo de vincular a los empleados y darles a conocer las herramientas disponibles y sus conductos regulares según sea el caso.

#### 3.2 Composición general de la empresa.



Mapa 1. Organigrama empresarial

#### 3.3 Políticas de trabajo.

Entre las políticas de cumplimiento obligatorio para todo empleado se encuentran las siguientes:

- Política de prevención de tabaquismo y alcohol.
- Política integral de HSEQ



### 3.4 Tipos de programas de la empresa.

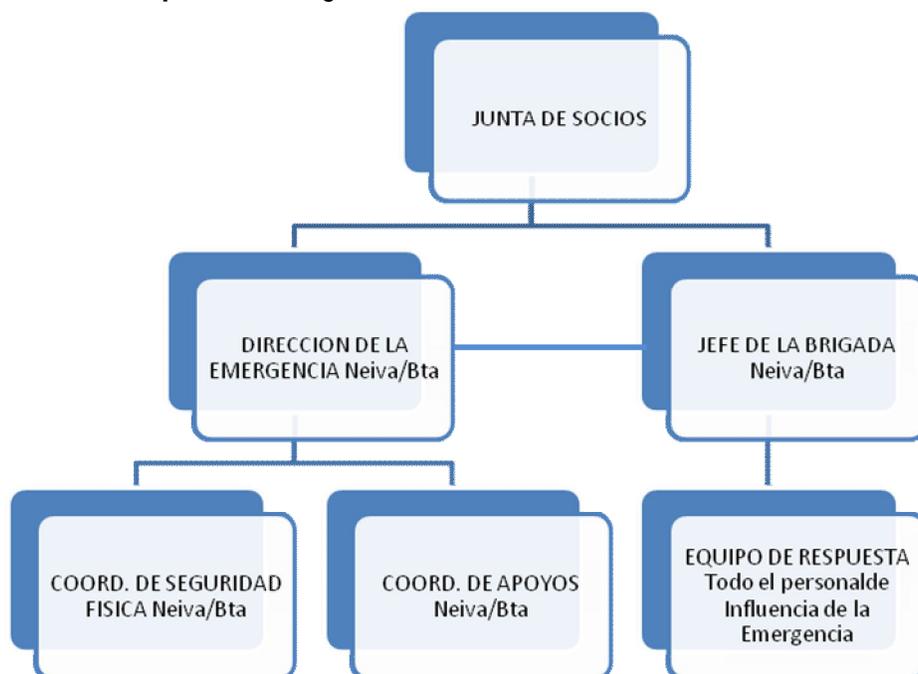
Para la empresa es importante la seguridad y la salud de los empleados, acorde con la importancia, existen programas de concientización y orientación, donde se presentan los siguientes para el cumplimiento obligatorio:

- Programa de gestión de S&SO.
- Programa de vigilancia epidemiológica.

### 3.5 Planes de emergencia.

Como empresa fabricante, con bodegas productoras de productos terminados tanto en Neiva como en Bogotá, se debe disponer de procedimientos de emergencia claros en caso de accidente. Se busca mitigar o eliminar los riesgos existentes presentados en la etapa de producción, agilizando los canales de comunicación y decisiones en caso de alguna emergencia.

### 3.6 Estructura del plan de emergencia.



Mapa 2. Estructura de plan emergencia<sup>1</sup>

El objetivo del organigrama presentado (Mapa 2) es obtener canales de comunicación eficientes y de rápida acción en caso de emergencia, como empresa, entendiendo la importancia que representa la contaminación ambiental y riesgos hacia el personal vinculado con la actividad de tratamiento químico, internamente en la empresa dispone de los números en caso de emergencia, con sus respectivos responsables, cumpliendo a cabalidad los estándares de calidad según la certificación que

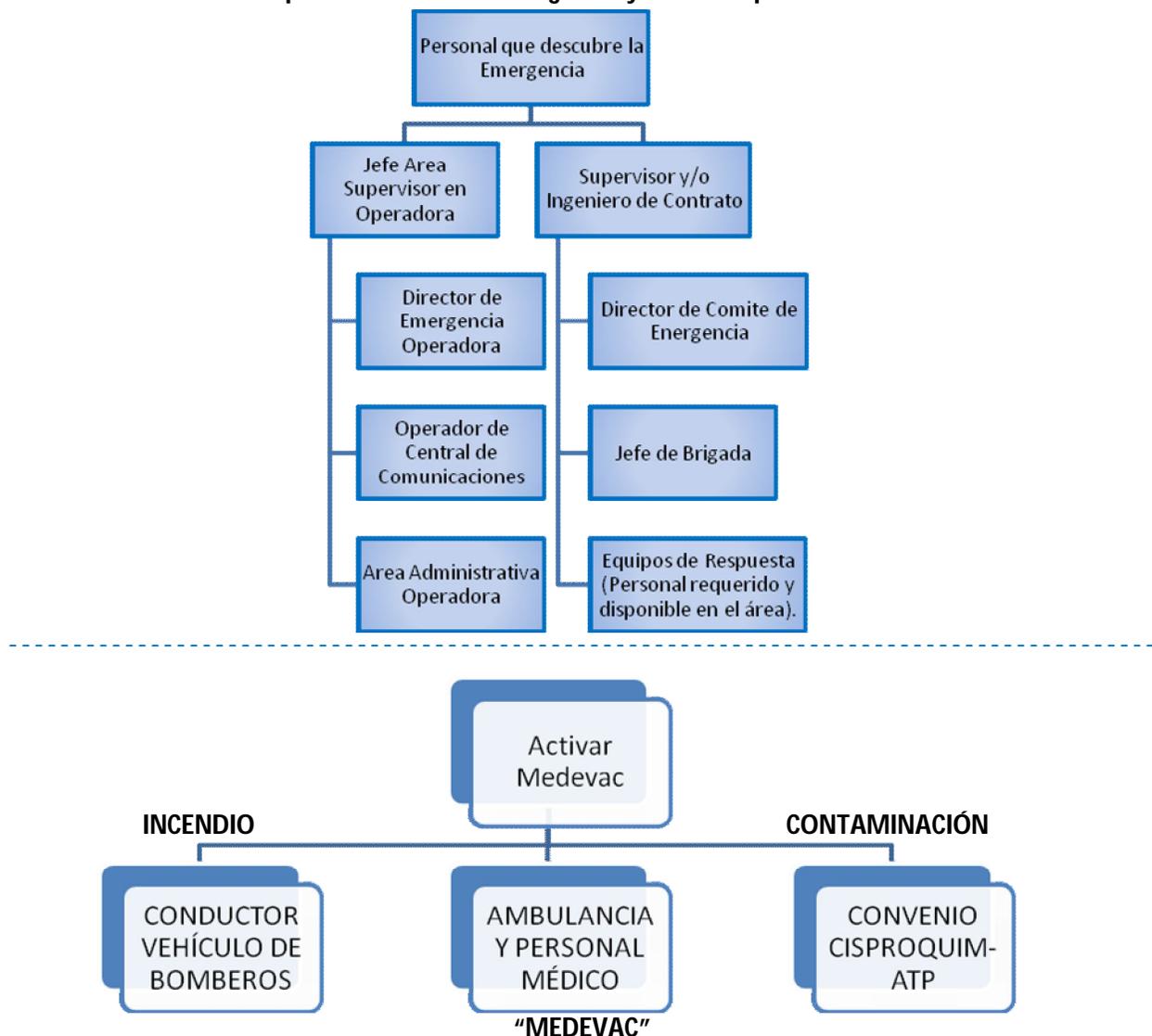
<sup>1</sup> Cabe mencionar que no se publican los nombres del personal por motivos de privacidad y derecho empresarial.



dispone LATINAMERICAN CHEMICAL TREATMENTS LTDA. De HSEQ.



### 3.7 Procedimiento para declarar una emergencia y activar el plan “Medevac”.



Mapa 3. Estructura de MEDEVAC

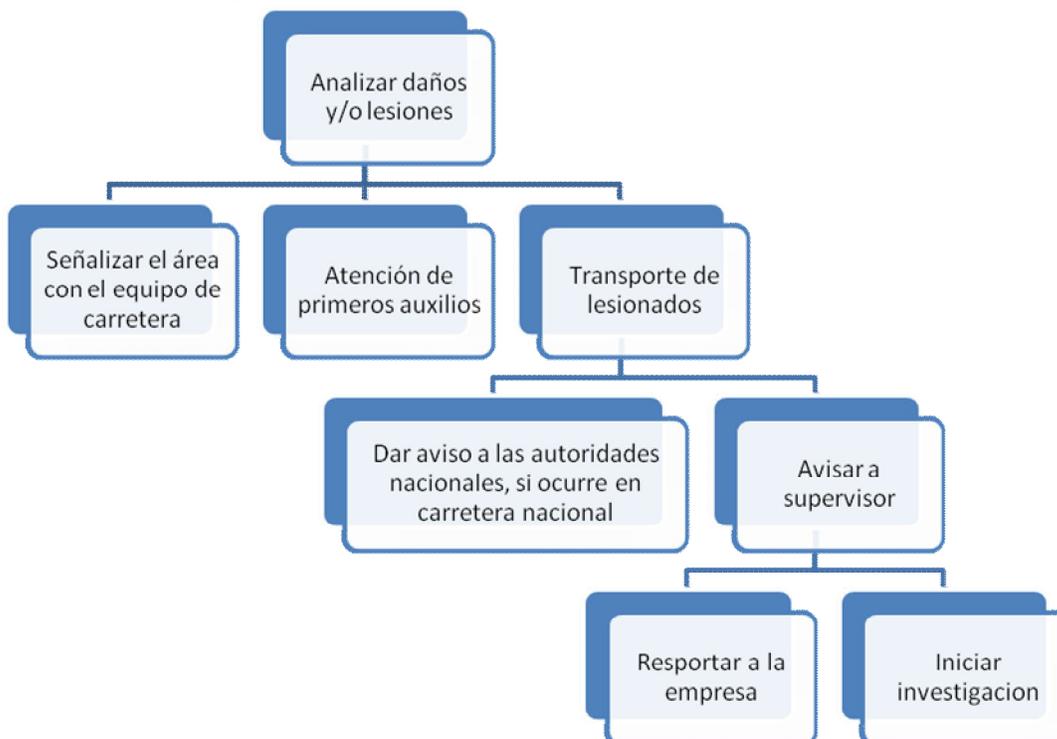
Según el cuadro anterior se muestra desde el foco de la emergencia hacia una posible activación del programa “Medevac” respectivo acorde a la emergencia presentada, bien sea incendio ó contaminación por derrame. Adicional a éstos se disponen de procedimientos normalizados para cada una de estas emergencias presentadas anteriormente.



### 3.8 Procedimiento operativo normalizado incendio.

- I. Detectar la presencia de un incendio en la zona de almacenamiento de inflamables.
- II. Desarrollar maniobras de control inicial con extintores.
- III. Dar aviso a las autoridades y entidades de apoyo externo.
- IV. Activar el nivel de la emergencia y conformar el equipo de respuesta, por parte de la empresa Latinamerican Chemical Treatments.
- V. Desarrollar estrategia de control final de la emergencia.

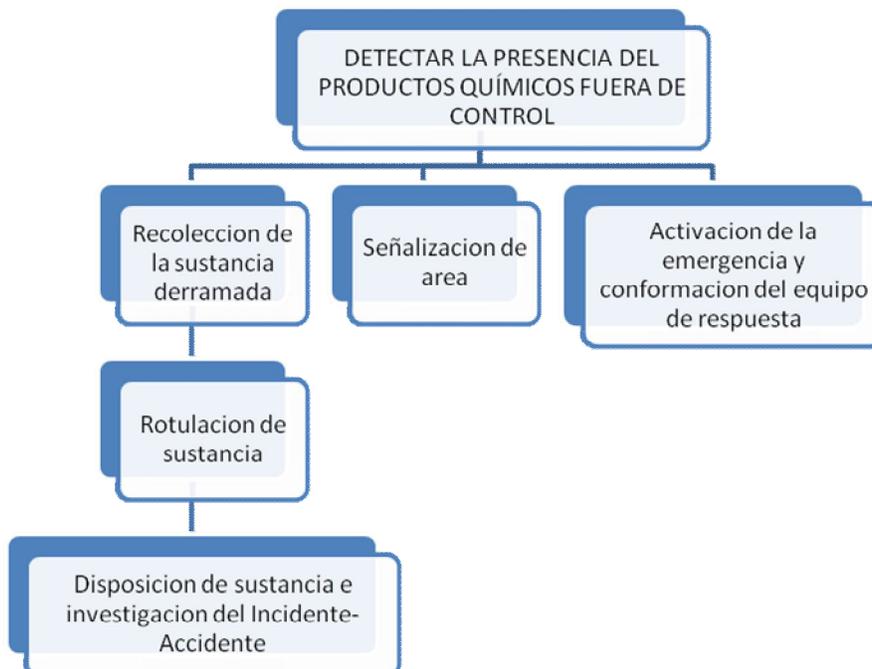
### 3.9 Plan de contingencia en caso de accidente de tránsito.



Mapa 4. Estructura de plan de emergencia en caso de accidente



### 3.10 Procedimiento operativo normalizado derrame de producto químico.



Mapa 5. Estructura de procedimiento operativo normalizado para derrame de productos químicos

Con los anteriores gráficos se pretende dar a conocer los procedimientos normalizados de las diferentes acciones a tomar, dependiendo de los diferentes tipos de emergencias, derrames, incendios y accidentes de tránsito, conociendo a fondo los estándares de seguridad de la empresa Latinamerican Chemical Treatments LTDA.

Acorde a lo anterior, se da por terminada la sección de presentación de empresa según lo programado, seguido a esto se prosigue con los trabajos de reconocimientos de productos y elaboración de trabajo de laboratorio en la base Neiva, a continuación se presenta lo elaborado.



#### 4. ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN PASANTÍA SUPERVISADA

Para lograr y cumplir los objetivos trazados con la finalidad de obtener el título como Ingeniero de Petróleos de la Universidad Surcolombiana en la modalidad de pasantía supervisada a través de la empresa LATINAMERICAN CHEMICAL TREATMENTS LTDA., se desarrollaron las siguientes actividades:

- Capacitación en salud ocupacional y organizacional de la empresa Latinamerican Chemical Treatments.
- Capacitación en control de calidad de productos químicos utilizados en tratamientos químicos de superficie, fondo de pozo y control de corrosión.
- Ejecución y elaboración de hoja de vida de productos para control de calidad.
- Elaboración de fichas de emergencia de productos químicos terminados, hojas de seguridad - MSDS- y tarjetas de emergencia.
- Capacitación de control y reacción de derrames de productos terminados en bodega de despacho.
- Capacitación en prueba de botellas y jarras para determinación de productos idóneos.
- Capacitación en pruebas de campo para comprobación de productos seleccionados en pruebas de laboratorio.
- Ejecución de pruebas de botellas y jarras en diversos campos petroleros.
- Ejecución de pruebas de campo para comprobación de productos seleccionados en las pruebas de botellas y jarras.
- Capacitación en el desarrollo de ingreso de productos en fondo -downhole- para tratamientos químicos de acidificación y estimulación.
- Ejecución y desarrollo de programas de acidificación y estimulación en fondo de pozo.
- Capacitación de control y reacción en derrames en cuerpos de agua.
- Capacitación en dirección de ventas y servicios en campos petroleros en tratamiento químicos de superficie.
- Ejecución y dirección de ventas y servicios en campo petrolero en tratamiento químico de superficie en estación petrolera.
- Capacitación en reacción y primeros auxilios en actividades de tratamiento químico.
- Capacitación en deshidratación de crudo y clarificación de agua.



- Ejecución y desarrollo de plan de protección y control de equipos en baterías de producción.



## 5. ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN LABORATORIO (BASE NEIVA)

Luego de la capacitación recibida en los aspectos generales de la empresa y sus procedimientos y según la contratación como ingeniero de ventas y servicios de productos, se empezaron a realizar actividades de control de calidad de productos, implementando las políticas de HSEQ, en las hojas de vidas para cada producto, con muestras almacenadas hasta un año, para poder llevar un registro de la evolución respectiva de cada producto y así conocer en función del tiempo, su desempeño, composición y costo de preparación.

Dentro del plan de control se establecieron variables de control como:

- Viscosidad.
- Gravedad específica.
- Índice de refracción.
- pH (potencial de hidrógeno).
- "Flash point"

### 5.1 Capacitaciones.

Se realizó la inducción por parte del supervisor del laboratorio de cementación acerca de las normas, procedimientos, ambiente de trabajo y estándares de calidad. Cumpliendo con el cronograma se capacitó de manera técnica, para llevar a cabo todas las actividades, responsabilidades y tareas rutinarias encomendadas en el laboratorio, tales como conocimiento de los procedimientos desarrollados en el laboratorio según las normas API RP 10B, manejo de software, cálculos esenciales para el desarrollo de las pruebas, cuidados y seguridad específica en el laboratorio, todo con el fin de realizar una práctica integral, competente y autonomía técnica. Para esto se recopiló y estudió el material bibliográfico referente a las pruebas de laboratorio dando soporte teórico a las actividades desarrolladas.

Luego de comprendidas las actividades, cálculos y procedimientos aplicados en el laboratorio, se procedió a ser parte del equipo de trabajo realizando tareas de control de calidad en cada producto terminado y muestras extras suministradas desde campo, logrando la iniciación de la construcción de la carpeta de hojas de vida de los productos con sus respectivas muestras de almacenamiento, objetivos principales dentro del esquema de la re-certificación de la empresa. A todas estas muestras de productos terminados se les hicieron corridas de viscosidad, gravedad específica, índice de refracción, pH y "flash point", para determinar las propiedades de cada producto, adicional a ello se retomó el proceso de elaboración de hojas de seguridad (MSDS), tarjetas de emergencia y fichas técnicas, donde irá suministrada la información obtenida en laboratorio según los análisis elaborados. Lo anterior con el fin de lograr condensar la información en documentos comprimidos para cumplir con la normativa de seguridad según la ISO9000-1.



Como trabajador de una bodega procesadora y elaboradora de productos químicos era necesario conocer primeros auxilios y manejo de equipos contra incendios, de esta manera los sábados se programaban, según gerencia de HSEQ, capacitación referente a lo anteriormente expuesto; el curso tenía una duración de 48 horas para cada actividad.

También se reforzaron conocimientos en las diferentes áreas del tratamiento químico con ayuda de uno de los proveedores, Multi-Chem, se programaron conferencias en la base Bogotá, se trataron temas importantes como: tratamiento de crudo, clarificación de agua y su problemática, temas adicionales como aditivos nuevos que solventan problemas generados en fondo de pozos a través del tiempo, evitando daño en la formación y mejorando la producción de petróleo a través de estimulaciones ácidas en fondo de pozo, finalizando la capacitación según el cronograma establecido por la empresa para empezar con el desarrollo en campo.

### **5.2 Desarrollo de control de calidad de productos.**

Para dicha actividad se elaboró una capacitación específica en utilización de equipos de laboratorio, con los equipos de control de variables; se extrajeron muestras iniciales de los productos que se encontraban, posterior a ello se hizo una selección de producto, con base, en datos de viscosidad, índice de refracción, pH, gravedad específica y flash point, además de descripciones básicas de los productos como color entre otras, para cada producto químico analizado se elaboró una ficha u hoja de vida donde se ingresaron los datos obtenidos, creando el folder de productos para el debido control.



## 6. TRATAMIENTO QUÍMICO EN SUPERFICIE SOBRE FACILIDADES

Dentro del esquema general del tratamiento químico, base de producción y optimización de una estación de recolección de crudo (batería), la cual se enfoca en la deshidratación del crudo.

### 6.1 Tratamiento de crudo.

Dentro de la optimización de los procesos de una estación petrolera, se encuentra el tratamiento en superficie, a través de productos químicos, éstos se presentan como herramienta de solución a los inconvenientes asociados de los fluidos de producción, donde se encuentran los rompedores de emulsión directa. En la empresa existen una variedad y gamas diferentes para solventar los diversos inconvenientes presentados en campo.

#### 6.1.1 Problemas de diseño de tratamientos químicos en superficie.

Dentro de los problemas presentados se encuentra el ingreso al sistema de “productos incompatibles”; con las condiciones del fluido y del campo, es necesario que se elaboren las respectivas pruebas de botellas y/o jarras según sea el caso, para crudo o agua de producción. Se debe implementar un sistema organizado de barrido y prueba de productos disponibles de la empresa; en caso tal que ninguno de ellos tenga una eficiencia aceptable se debe modificar la formulación según el producto que mejor se haya comportado, como tarea extra para la obtención de mejores resultados es conveniente realizar pruebas de cromatografía líquida y determinación de sólidos en el crudo (según la norma ASTM D7359 y D 4807-88, respectivamente) para poder focalizar los esfuerzos de formulación según variables conocidas.



*Ilustración 1. Emulsión directa clásica.*



Dentro de los inconvenientes presentados en el diseño, está el tendido y ubicación de los puntos de inyección de producto químico, ya que normalmente ellos deben tener características específicas; se procedió a verificar dichos sitios, se observó que en su mayoría no disponían de las condiciones mínimas de operación y se procedió a corregirlos, se observaron mejoras considerables, a continuación se menciona un sistema sencillo para dar claridad: Hipotéticamente existe un sistema sencillo de tratamiento de deshidratación y separación final de emulsiones inversas, con formación de un 3% de parafinas, con crudo de gravedad API aproximada de 28°, descrito el sistema se selecciona el producto adecuado de rompimiento de emulsión directa ó inversa y formación de cristales de parafinas; se procede en campo a la organización de los puntos de inyección. Regularmente lo primero que se busca dentro de los procesos de tratamiento químico, es prevenir la generación de cristales de parafina, de esta forma se debe ubicar primero el punto de inyección de dispersante de parafina, de esta manera se logra garantizar la mezcla y homogenización del producto, posteriormente se debe ubicar el rompedor directo y seguido el inverso; en cuanto a distancia dentro de locaciones sencillas o nuevas, la distancia mínima permitida es de 5 metros entre cada uno de ellos, ésto para garantizar la no reacción mutua entre productos y evitar posibles perjuicios futuros luego del ingreso del producto químico, esta distancia también es función del caudal por día de entrada a la estación de recolección.

#### **6.1.2 Diseño de tratamientos químicos generales en estaciones de servicio.**

Para poder desarrollar un tendido de líneas de flujo de producto químico, se deben considerar en dos fases:

- (1) Las facilidades y equipos.
- (2) Productos.

Para montar un sistema de tratamiento químico, se requieren los siguientes aspectos:

- Condiciones de transporte del producto a la estación final de recolección.
- Sitio de almacenamiento o bodega que cumpla los requerimientos ambientales legales y operacionales, para contener los productos químicos, con espacio suficiente para contener posibles fugas o rupturas de canecas en su mismo cárcamo.
- Facilidades de inyección, uniones soldadas a las líneas, nipples de diámetro estándar 1" ó ¾", cheques de alta presión en acero inoxidable del diámetro seleccionado, válvulas de control de bola del diámetro seleccionado, líneas eléctricas o de aire con filtros de humedad (dependiendo del estudio elaborado para el montaje del sistema de tratamiento) y más importante tener en cuenta las recomendaciones de mejoramiento de facilidades para optimizar el proceso de tratamiento.

Los equipos y logística necesaria para hacer el montaje son:

- Tener disponible los productos químicos respectivos para el campo según las pruebas de laboratorio y las de campo.



- Disponer de bombas de inyección aptas para el caudal según la concentración optima y ejercer baches en caso de emergencias.
- Según se haya dispuesto en el levantamiento y propuesta, disponer de las líneas para elaborar el tendido de líneas de inyección de producto químico, sea “tubing” en acero inoxidable y mangueras flexibles “synflex” (diámetro según los caudales que se vayan a ingresar) en las longitudes aptas para llegar hasta los puntos de inyección.
- Contenedores ó “bulkdrams” disponibles de capacidad suficientes para disponer de producto químico por varios días (los contenedores vienen de 250 galones comunmente).
- Accesorios para conexionado, dentro de éstos se debe tener en cuenta los cheques, uniones, copas racores, ferulas y seguros, además de accesorios de reparación y mantenimiento para las bombas de inyección.
- Bombas de trasiego neumáticas de ¾” o de ½”, con succión de acero inoxidable de longitud 115 centímetros y sus respectivas líneas de alimentación de aire.
- Equipos de laboratorio disponibles para hacer los respectivos seguimientos diarios al tratamiento químico como; centrifuga con tubos para la medición (zanahorias), turbidímetro, potenciómetro, pHmetro, conductivímetro, kit de cloruros, kit de fenoles, espectrofotómetro de absorción.

*NOTA. Para efectos de compras y almacenamiento de accesorios para diferentes actividades es necesario que exista una política clara de quienes son los responsables del área o equipos que se vaya a proyectar para el mantenimiento.*

### **6.1.3 Solución de problemas generales en tratamiento químicos.**

Uno de los inconvenientes presentados en campo, es la confusión con el cálculo de las concentraciones para cada producto, este proceso se elabora con la misma ecuación; a continuación se muestra en términos de variables, como se modifica la misma ecuación según el tipo de producto químico se que desea calcular.

Para calcular concentración en partes por millón (ppm) para el crudo:

$$ppm = \frac{Q_{quimico} \cdot Q_{Total}}{23810}$$
$$ppm = \frac{Q_{quimico} \cdot Q_{Agua}}{23810}$$

Donde,

ppm = partes por millón

$Q_{quimico}$  = Caudal inyectado de producto químico (gal)

$Q_{Total}$  = Caudal de producción total, agua + crudo. (Bbl)

$Q_{agua}$  = Caudal de producción de agua al día. (Bbl)



El caudal que va en barriles es variable, tanto como haya flujo en ese momento por la línea por donde se encuentre inyectado producto, de esta forma se calcula la concentración correctamente. Para mayor claridad, si en una línea de drenaje de uno de los tanques de deshidratación se inyecta rompedor inverso, se debe hacer con el caudal de agua por día de esa línea, y de esta forma para todos los productos, en función del flujo que tenga el punto de inyección.

Es importante que se estén monitoreando constantemente las inyecciones de producto químico, debido a que existen sistemas que son supremamente sensibles a cambios en su comportamiento, dependiendo de la concentración del producto, es decir, con el fallo de una bomba de inyección el sistema puede verse afectado en gran medida; los rompedores inversos son claves para definir la estabilidad de un sistema de tratamiento químico, ya que de ellos depende la maximización de la tasa de recuperación de aceite, la estabilidad de la fase acuosa es importante, al tener la interfase de tanque constante y logrando que el agua se encuentre en buenas condiciones para tratamientos posteriores de clarificación; con las condiciones anteriores el sistema de deshidratación se considera estable.



*Ilustración 2. Emulsión inversa clásica*

#### **6.1.4 Beneficios operacionales y económicos asociados.**

Al obtener un sistema estable sin emulsiones y libre de cualquier problema adjunto relacionado, se obtiene un mayor retorno económico, ya que invirtiendo en un sistema de tratamiento químico, directamente se gana capacidad de recibo en la estación, por ende mayor producción al día proyectada, sin mencionar la mejora de la separación entre la fase acuosa y la aceitosa, evitando problemas adversos con la estabilidad del sistema y posibles paradas por falta de almacenamiento en las jarras. Para estos casos, experimentalmente se habla de un incremento de los ingresos económicos, cercanos a 530%.



## 6.2 Tratamiento de corrosión.

Para el caso de tratamientos químicos en superficie, en referencia al tratamiento de corrosión, es importante tener en cuenta las cunas de bacterias, lugar donde se encuentren con mayor abundancia dentro de las líneas de flujo, también focalizar las inyecciones de tal forma que se tenga un recubrimiento parcial o total; lo anterior se logra ingresando el inhibidor de corrosión en cantidades necesarias, donde el remanente sea el suficiente para llegar hasta donde se desee proteger. Se debe tener en cuenta la ubicación de inyección ya que como la base de estos productos son surfactantes, es decir, emulsificantes naturales, se pueden crear incompatibilidad con el tratamiento de superficie de crudo y agua, como consecuencia aguas aceitosas con color amarillo, solución rica en metales disueltos, aportados por el inhibidor de corrosión.



*Ilustración 3. Emulsión miscelánea*

### 6.2.1 Diseño de tratamientos de corrosión en superficie.

Es necesario implementar revisiones en las protecciones físicas, catódicas y ánodos de sacrificio, establecer programas de recorrido y chequeo, para minimizar inconvenientes, se inyecta un producto tipo inhibidor de corrosión en el nivel de la salida de los tanques desnatadores de proceso en la estación de recibo, reforzando los puntos débiles notados en las estructuras.

Es importante mantener los sistemas bien aislados, tanto superficialmente como internamente, impedir que las soluciones precipiten o acumulen materiales potencialmente riesgosos para iniciar electrólisis y generar cargas, como ejemplo el hierro por presencia de oxígeno, para este caso se utilizan secuestrantes de oxígeno y de  $H_2S$ .

Regularmente en sistemas con hidrógeno u oxígeno se presentan corrosiones severas y agresivas, manejarlas correctamente aplicando los productos idóneos, determinar las zonas críticas separación



de estos gases para poder atacarlos oportunamente, además de reconocer el tipo de ruptura y su causa para poder ejecutar un tratamiento químico eficiente y eficaz.

Por ejemplo cuando se disponen de pozos inyectoros, se someten las líneas de flujo a constantes esfuerzos por las altas presiones que manejan (1500 psi), que aunados con todos los anteriores tipos de corrosión, son la mezcla ideal para generar rupturas o fugas en líneas de este tipo.

### **6.2.2 Beneficios operacionales y económicos asociados.**

Dentro de los beneficios operacionales, esta la protección de los equipos de los daños de la corrosión, incluyendo las líneas de flujo, bombas de fondo, bombas de inyección de superficie, vasijas separadoras, tanques contenedores de agua, etc. Extendiendo su vida útil a las condiciones expuestas, de no ser de esta forma, generaría gastos adicionales no programados, ya que las fallas por corrosión no tienen un tiempo o un momento específico, en cualquier momento pueden ocurrir, de esta forma con este mecanismo se busca el control de los efectos de los daños por corrosión, de esta forma prolongando la vida útil de los equipos.

Económicamente, se tienen beneficios a largo plazo, debido a la mitigación del factor daño de corrosión en líneas y equipos, para estos tipos de tratamiento nunca es posible radicar el deterioro del material, con lo anterior, solo se logra un incremento de su vida útil regular. El dinero que no se invierte en reparaciones de equipos y líneas por deterioro de corrosión, se utiliza en otras operaciones, hasta que el estado de los materiales requiera una reparación o sustitución total.



*Ilustración 4. Corrosión en parte interna de la tubería*



## 7. ESTIMULACIONES ÁCIDAS EN FONDO

Para estimulación en fondo de pozo es importante tener en cuenta, las variables de asociadas, como: presión de fondo fluyente, presión promedio, caudal, caídas de presión, permeabilidad, porosidad, espesor de roca, radio de drenaje, compresibilidad total y viscosidad, ellas para poder evaluar a través de la ecuación 3, el daño de yacimiento. Esta función es la que denota el estado final del pozo, así mismo podemos saber si el pozo se encuentra dañado o estimulado.

Dentro de los factores causantes de daño se encuentran:

- Invasión de los fluidos de perforación.
- Penetración parcial del pozo
- Completamiento parcial.
- Taponamiento de las perforaciones.
- Precipitación orgánica/inorgánica.
- Densidad de tiro por pie en el cañoneo.
- Crecimiento bacteriano.
- Dispersión de arcillas.
- Mal fragüe del cemento.
- Presencia de alta saturación de gas alrededor del pozo.

$$P_{wf} = P_i - 141.2 \frac{qmB}{kh} (P_D + s)$$

*Ecuación 3. Caída de presión en función del daño*

Donde,

$P_{wf}$  = Presión en la cara de la arena, psi

$P_i$  = Presión inicial de yacimiento, psi

$q$  = Caudal de fluido, Bbl

$\mu$  = Viscosidad, cP

$B$  = Factor volumétrico del crudo, 1/psi

$k$  = Permeabilidad, mD

$h$  = Espesor de la formación, ft

$P_D$  = Perdidas de presión del sistema, psi

$s$  = Daño de la formación

Dentro de la actividad de estimulación y tratamiento ácido en fondo de pozo se encuentra la mitigación o eliminación de los parámetros anteriormente mencionados para tener menores caídas de presión y mayores caudales de producción hacia superficie, tal cual muestra la ecuación 6.1.



*Ilustración 5. Unidad de "Coiled Tubing" inyectando tratamiento de estimulación en fondo*

### **7.1 Aplicación de productos para estimulación en fondo de pozo.**

Para la mayoría de aplicaciones, la acidificación se usa en yacimientos de areniscas con el objetivo de remover el daño de la formación. En estratos donde el contenido de cuarzo es de aproximadamente el 95%, es posible estimular la formación por disolución de sílice. Sin embargo se puede llegar a estimular en yacimientos de tipo carbonatados, llegando a obtener un valor de daño de  $-2$ . De acuerdo al tratamiento que se quiera aplicar, existen tres tipos de acidificación: el lavado ácido, que tiene como propósito remover los depósitos de las paredes del pozo o abrir los intervalos perforados, generalmente tapados con carbonatos. Otro tipo de acidificación, es la estimulación matricial, que es la inyección de un ácido a la formación, con una presión menor a la presión de fractura. Finalmente, la fractura ácida, que consiste en inyectar ácido a una presión lo suficientemente alta para producir una fractura hidráulica dentro de la formación. Con este tipo de acidificación, se obtienen canales de flujo de alta conductividad que con un buen agente de sostén (propante) puede permanecer por un largo período de tiempo, después de haber aplicado el tratamiento.

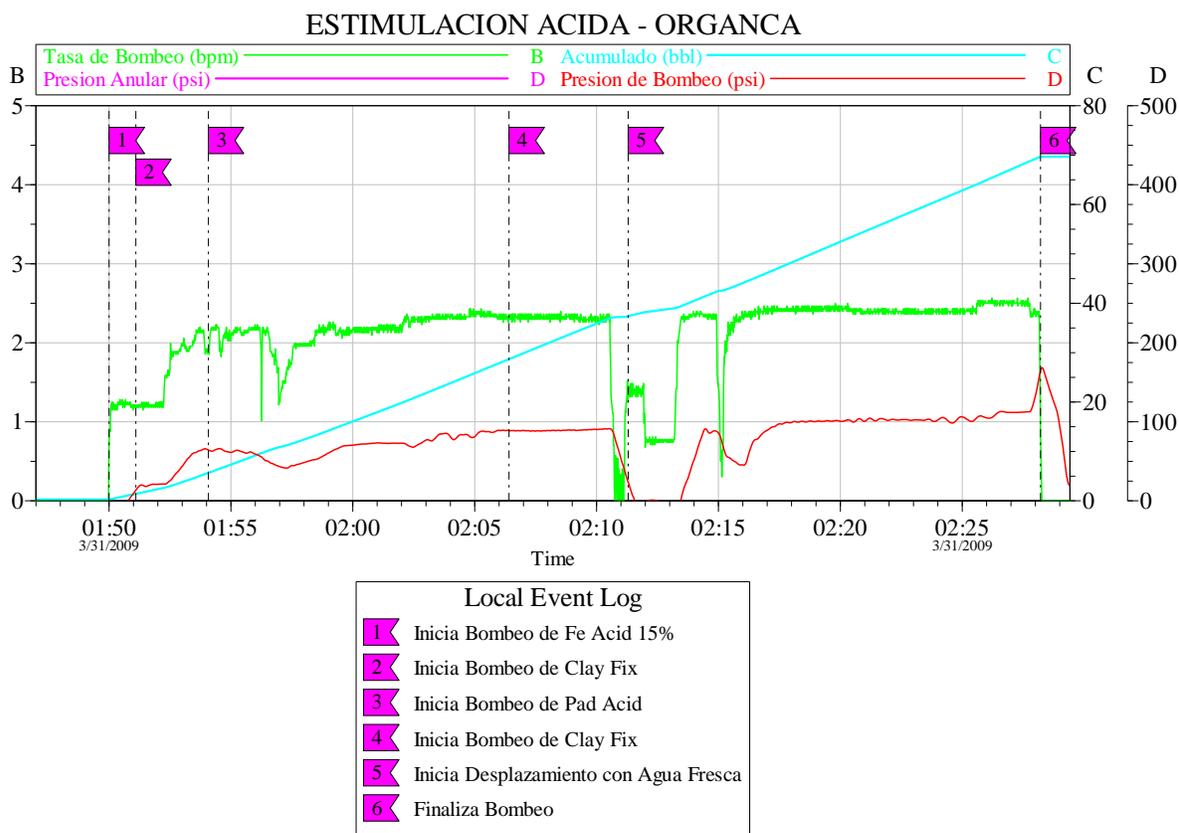


Ilustración 6. Programa de estimulación ácida en fondo de pozo.

## 7.2 Conocer los parámetros para la selección adecuada de aditivos convencionales para un tratamiento de estimulación ácida en fondo.

Para la selección del fluido del tratamiento, comúnmente se dispone de software de diseño de estimulación, ellos brindan tres opciones al ingeniero en cuanto al manejo de fluidos:

- Un sistema experto.
- Un simulador geoquímico.
- Información especificada por el usuario.

*Sistema experto.* Los sistemas expertos usan reglas lógicas basadas en principios de ingeniería. Este método genera una suite completa de sistemas de fluidos, incluyendo selecciones ácidas, selecciones de acondicionadores, volúmenes, aditivos tanto para areniscas, como para carbonatos.

*Simulador geoquímico.* Este simulador realiza una simulación iterativa, conducida por una matriz geoquímica basada en el tipo de fluido ácido y la mineralogía de la formación. Este cálculo fundamentalmente es mucho más riguroso, basado en la física, la química y la termodinámica. Este método simula el ácido que invade la matriz de roca y determina el nivel óptimo entre el poder del ácido de disolver los componentes de arcilla y el potencial de precipitación de los productos de



reacción. También evalúa cómo el volumen de ácido podría afectar la pérdida de integridad de la formación y la cantidad de minerales a ser disueltos durante el procedimiento.

### **7.3 Condiciones óptimas de bombeo.**

El objetivo principal de esta actividad es tratar en forma efectiva todas las zonas productivas potenciales, reduciendo el daño de formación y mejorando la productividad o inyectividad de los pozos.

El caso de estimulación matricial es más complejo, cuando existen intervalos múltiples con permeabilidad diferenciales. Los ácidos son admitidos preferencialmente por zonas de alta permeabilidad, quedando "sin tratar" zonas de menor permeabilidad, determinando pérdidas en producción y porcentaje de recuperación de las reservas. Una problemática asociada a este tipo de procedimientos que se pueden generar, diferenciales de presión considerables debido a una estimulación no uniforme debido al diferencial de porosidad de la roca, de esta forma cambiando los parámetros de relación pozo-yacimiento, creando producción temprana indeseada de gas y agua. Idealmente se debe tratar de mitigar este problema al máximo y recomendar soluciones integrales, referente a la uniformidad de la estimulación o tratamiento de yacimiento.

En la optimización para el tratamiento de estimulación ácida es importante tener en cuenta que dentro de las reacciones de los ácidos se encuentran porcentajes de eficiencia y tiempo de reacción, esto busca la optimización de estas dos situaciones.

Dentro de condiciones óptimas se debe implementar un sistema de emulsión-ácido para poder mejorar todos los aspectos, esta emulsión se crea con geles base ACPM, polímeros reticulados y otros componentes diversos, su objetivo principal es poder disminuir la capacidad de corrosión en la tubería, como también aumentar la capacidad de ingreso del ácido desde la cara del pozo hacia el yacimiento, esto se logra con una mezcla correcta de fluidos para evitar la reacción agresiva y completa del ácido con los carbonatos relacionados a la formación en cuestión, de esta manera retardando su efecto y logrando un canal mucho más profundo.

La eliminación de flujo no deseado a zonas inapropiadas, se logra con productos adicionales de incrustación sintética, a base de espumas con nitrógeno, agentes de incrustación como escamas de ácido benzoico y geles, con este tipo de mezclas entre los anteriores fluidos se logran taponamientos temporales para desviar el flujos de las zonas de alta permeabilidad y así poder localizar con precisión los estratos de interés, sin embargo este tipo de técnica, por medio de productos químicos se debe hacer con mucho cuidado, ya que los tapones pueden pasar de ser temporales a permanentes y ocasionar daño, reduciendo la productividad del pozo considerablemente.

Idealmente se busca siempre localizar independientemente las zonas de interés del tratamiento, ya que de no ser de esta manera se lograría un tratamiento no controlado ni independiente, de ese



modo se distribuiría el fluido en función de la permeabilidad de las zonas involucradas de mayor a menor, contra el volumen de ingreso de ácido.

#### **7.4 Beneficios operacionales y económicos asociados.**

Con lo mencionado anteriormente se puede concluir, que con un tratamiento óptimo, se logra caudal mayor de producción y/o disminución en las pérdidas de presión, según se muestra en la ecuación 6.2, la cual la diferencia tiene una relación inversa con el caudal, de esta manera se disminuye el factor daño para mitigar las variables relacionadas con caídas de presión.

$$P_i - P_{wf} = 141.2 \frac{qmB}{kh} (P_D + s)$$

Donde,

$P_{wf}$  = Presión en la cara de la arena, psi

$P_i$  = Presión inicial de yacimiento, psi

$q$  = Caudal de fluido, Bbl

$\mu$  = Viscosidad, cP

$B$  = Factor volumétrico del crudo, 1/psi

$k$  = Permeabilidad, mD

$h$  = Espesor de la formación, ft

$P_D$  = Pérdidas de presión del sistema, psi

$s$  = Daño de la formación

Acorde a lo anterior se demuestra que las intervenciones de tratamiento ácido buscan mejorar las condiciones de fondo del pozo y su entorno, de tal forma su objetivo final es lograr que en función del aumento de caudal de producción los ingresos económicos sean mejores, obteniendo mayor producción instantánea e incrementando la curva de producción acumulativa en los cuadros diarios.



## CONCLUSIONES

- Se mostró la composición, estructura de la empresa y sus políticas implementadas de HSEQ.
- Se dieron a conocer las políticas empresariales y de HSEQ, además de los procedimientos relacionados con las actividades realizadas por Latinamerican Chemical Treatments LTDA.
- Se ofreció la iniciativa de recuperación del folder de hojas de vida de productos terminados de la empresa, con su respectiva documentación, ficha técnica, MSDS y tarjeta de emergencia.
- Se explicaron pautas generales para la identificación de problemas y diseño, en el tratamiento químico de superficie en estaciones de servicio.
- Se entregaron herramientas básicas al lector para solución de problemas generales en cuanto al tratamiento químico en superficie en estaciones de recibo.
- Se explicaron pautas generales para la identificación de problemas y diseño, en el tratamiento de acidificación y estimulación en fondo de pozos.
- Se entregaron herramientas básicas al lector para solución de problemas generales en cuanto al tratamiento de acidificación y estimulación en fondo de pozos.
- Se mostraron los beneficios operacionales y económicos de cada aspecto relacionado en este documento.
- Operacionalmente se hicieron recomendaciones importantes en los sitios de desarrollo de trabajo, que mejoraron los procesos de producción e ingresos para la empresa.



- o Se superaron las expectativas en las actividades recomendadas y programadas para la ejecución del proyecto por mecanismo de grado "PASANTIA SUPERVISADA".



## RECOMENDACIONES

### Hacia la empresa:

- Seguir con la elaboración y revisión de los documentos asociados al folder de hojas de vida de los productos terminados.
- Tener en cuenta los tiempos de desplazamiento, logística y organización de bloques de producción referente a los empleados.
- Diseño de programas de entrega de productos con cada uno de los clientes, para evitar desabastecimiento de productos químicos en campo.
- Seguir y mejorar el modelo de informe diario elaborado, para un control más estricto en las actividades y reporte del mismo.

### Hacia los futuros pasantes:

- Nunca creer que por ser personas sin experiencia, no se puede tener ideas buenas, recordar que las personas relacionadas con la industria, generan procesos repetitivos y muchas veces por costumbre, lo cual genera malos hábitos y mal desarrollo de los procedimientos o el estancamiento del mismo.
- Al ser estudiantes serios y comprometidos con el trabajo, es importante tener en la cuenta nuestro nivel de aprendizaje y explotarlo, de tal manera que se aplique lo aprendido en la academia y lo más importante, ser seres humanos íntegros; tendrán que manejar personal, el cual no tenga el mismo nivel de conocimiento, pero por encima de cualquier cosa, ser gente honesta y sencilla.
- Aprovechar al máximo las herramientas y los recursos brindados por la empresa para lograr un reconocimiento profesional y ganar la experiencia requerida rápidamente para los diferentes trabajos.



- Asumir responsabilidades, cumplirlas con disciplina, y siempre ir un paso adelante, entre más responsabilidades recarguen sobre nosotros, se gana respeto y de la misma manera confianza para diferentes actividades.



## BIBLIOGRAFIA

- THE UNIVERSITY OF TEXAS.  
Treating oil field emulsion. 1970
- W.E NELSON. Petroleum  
Refinery engineering. 1969
- ALLEN ROBERTS. Production  
Operations. 1984
- GAS PROCESSOR SUPPLIERS  
ASSOCIATION (GPSA) Eng. Hndbk. Chapter 21
- RICARDO PARRA PINZON.  
Propiedades físicas de los fluidos de yacimientos. 2009
- Shirley MARFISI y Jean Louis  
SALAGER. Deshidratación de Crudo. Principios y tecnología. Universidad de los Andes
- ADENIJI, C.A., GULF OIL Co.  
Chemical Utilization and Discussions of Treatment Options at Gocon's Facility
- Fundamentals of Corrosion  
and Scaling - For Petroleum and Environmental Engineers. Chapters 1 & 6.
- ALLEN ROBERTS. Production  
Operations. 1984
- Corrosion and Water  
Technology for Petroleum Producers, Tulsa. Lloyd W. Jones (1988)
- Surface operations in  
petroleum production, II. George V. Chilingarian. Chapter 9 (1989)
- Surface Production  
Operations. DESIGN OF OIL HANDLING SYSTEM AND FACILITIES. Ken Arnold & Maurice Stewart.  
VOLUME 1. Chapter 9 Y 10. Produced Water Treating Systems. 2008
- ALLEN ROBERTS. Production  
Operations. 1984



- Surface Operatios In  
Petroleum Production, II. George V. Chilingarian. Chapter 4 y 5.
- Surface Production  
Operations. DESING OF OIL HANDLING SYSTEM AND FACILITIES. Ken Arnold & Maurice Stewart. VOLUME 1.
- Reacciones positivas en la  
estimulación de yacimientos carbonatados. Paper de Ealian Al-Anzi et al. SCHLUMBERGER
- Evaluación de yacimientos  
carbonatados. Paper de Mahmood Akbar et Al. SCHLUMBERGER