



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE RECURSOS ENERGÉTICOS
MONOGRAFÍA
IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS LIMPIAS EN LOS PROCEDIMIENTOS
DE LIMPIEZA DE EQUIPOS DE REFINERÍA Y TANQUES DE
ALMACENAMIENTO DE CRUDOS

Presentado a: Ing. César Yobany Acevedo

Por:

Henry Eduardo Velásquez Pinilla

Bucaramanga, Mayo 30 de 2009





CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN
2. OBJETIVOS
 - 2.1 PROPOSITO
 - 2.2 PROCESO
 - 2.3 BENEFICIO
3. ESTADO DEL ARTE
4. PROCEDIMIENTOS DE LIMPIEZA QUIMICA
 - 4.1 PROCEDIMIENTOS TRADICIONALES DE LIMPIEZA
 - 4.1.1 LIMPIEZA MECANICA
 - 4.1.2 DESGASIFICACIÓN
 - 4.2 PROCEDIMIENTOS LIMPIOS DE DESCONTAMINACIÓN QUIMICA
 - 4.2.1 METODO DE RECIRCULACIÓN
 - 4.2.2 METODO DE CASCADA
 - 4.2.3 METODO DE BURBUJEO
5. ALTERNATIVAS DE IMPLEMENTACIÓN Y APLICACIÓN DE LIMPIEZAS QUIMICAS
 - 5.1 ALTERNATIVA 1(ADQUISICIÓN DE EQUIPOS)
 - 5.2 ALTERNATIVA 2(OUTSOURCING)
 - 5.3 PARAMETROS DE ANALISIS QUIMICOS DURANTE LA DESCONTAMINACIÓN





6. REGISTRO FOTOGRAFICO DESCONTAMINACIÓN QUIMICA FUEL OIL
7. CONCLUSIONES
8. BIBLIOGRAFIA





LISTA DE FIGURAS

Fig 1. Sistemática de Trabajo Nalco Company.....	Pág. 7
Fig 2. Lavado con Agua (No químico).....	Pág. 9
Fig 3. Ventilación Natural.....	Pág.10
Fig 4. Ventilación Mecánica.....	Pág. 11
Fig 5. Recirculación en Torres.....	Pág.15
Fig 6. Recirculación en Tanques de Almacenamiento de Crudo.....	Pág. 15
Fig 7. Método de Cascada en Torres.....	Pág.16
Fig 8. Método de Burbujeo.....	Pág. 17





LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Costo Alternativa 1.....	Pág. 18
Tabla 2. Costo Alternativa 2.....	Pág. 19
Tabla 3. Alternativa 1 Vs. Alternativa 2.....	Pág. 19
Tabla 4. Listado de Análisis Químicos.....	Pág. 20
Tabla 5. Análisis Químicos Realizados Agua de Descarte.....	Pág. 22





INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los procedimientos de paradas de plantas y limpieza de tanques de almacenamiento de crudo son una ruta crítica para los Refineros en general. Estos procedimientos tradicionales generan una alta cantidad de residuos que demandan grandes inversiones de capital además de generar un lucro cesante bastante alto debido a los tiempos de ejecución que demandan dichos procedimientos. Adicional a lo anterior, se corre el riesgo de contaminar con crudo las fuentes hidrográficas así como reservorios de agua aledaños y dentro de las mismas refinerías a la vez que se generan una alta cantidad de gases contaminantes propios de la misma refinación del crudo que finalmente son liberados a la atmósfera generando un problema ambiental de alto impacto para la comunidad en general. Por tal razón, Nalco Company ha venido desarrollando una línea de productos químicos llamada EnterFast que permite desarrollar este tipo de procedimientos de manera limpia disminuyendo los tiempos de lucro cesante y teniendo como principal objetivo la minimización del impacto ambiental generado durante la descontaminación y limpiezas de los equipos asociados a la unidad que se encuentre fuera de servicio.

2. OBJETIVOS

Nuestro objetivo fundamental con estos programas de limpieza es efectuar limpieza química y liberación de equipos ayudando a los clientes en general a optimizar su operación, haciéndola más lucrativa a través de la eliminación de cuellos de botellas operacionales y lo que es más importante, permitiendo el cumplimiento de la legislación ambiental minimizando la generación de residuos y descargas al medio ambiente.

Los objetivos específicos son:

- Eliminar explosividad dentro de los equipos, dando condiciones de entrada segura en los equipos;
- Minimizar la presencia de gases tóxicos y contaminantes del medio ambiente;
- Eliminar la atmósfera contaminada dentro del equipo, permitiendo entrada sin necesidad de mascarillas de aire autocontenido;
- Eliminar los riesgos asociados al sulfuro de hierro;
- Remover y/o soltar al máximo posible los residuos pesados (aceite, goma) presentes dentro de los equipos;
- Presentar alternativas para los residuos generados.
- Eliminar la exposición de las personas a hidrocarburos nocivos para la salud.

La manera como se pretenden alcanzar estos beneficios se presenta de la siguiente manera:



2.1 PROPOSITO

El propósito de este trabajo es presentar dos diferentes alternativas técnico-económica a la Gerencia de Nalco de Colombia Ltda. que basada en los conocimientos adquiridos durante la Especialización en Gerencia de Recursos Energéticos permitan generar nuevas posibilidades en lo que respecta a las paradas de planta de y descontaminación química de equipos en Refinería.

2.2 PROCESO

Presentar las ventajas de los actuales procedimientos de descontaminación química y los avances tecnológicos en cada una de estas comparados con los procedimientos tradicionales así como la mejoría que estos avances tecnológicos en el plano ambiental.

2.3 BENEFICIO

Generar un mayor agregado en los clientes teniendo en cuenta la minimización del impacto ambiental, la disminución de los requerimientos de energía y los costos asociados al consumo de vapor, electricidad entre otras y la disminución del lucro cesante al disminuir drásticamente los tiempos de parada y entrega de equipos para operaciones mecánicas.

La forma para alcanzar dichos objetivos se esquematiza en la siguiente grafica:

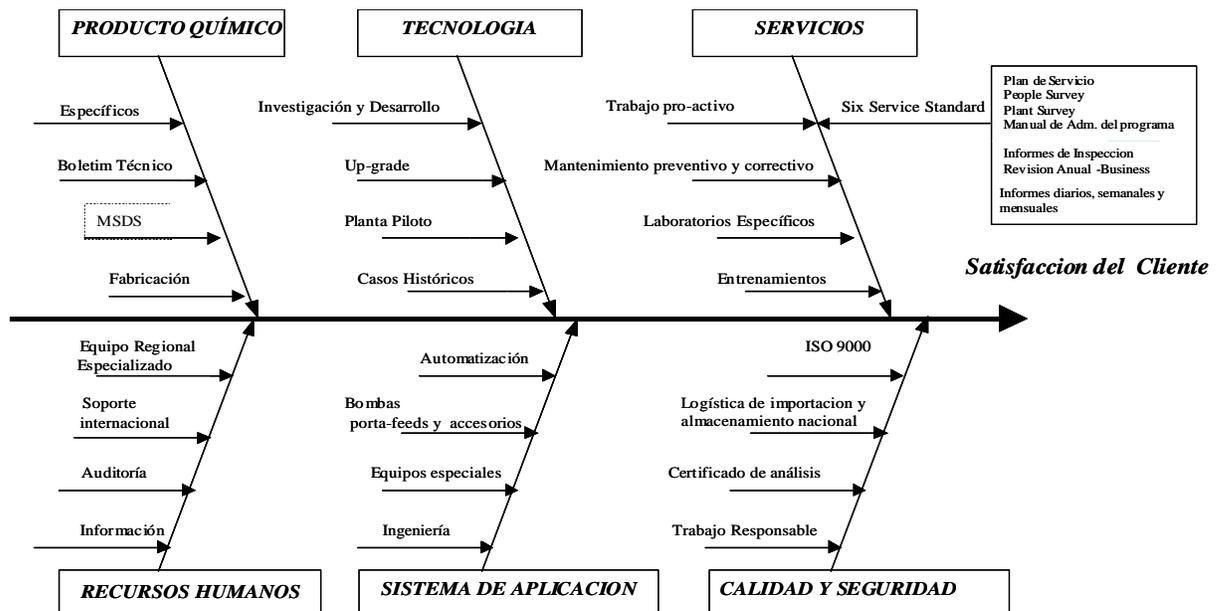


Figura 1. Sistemática de Trabajo de Nalco Company



Es importante mencionar que en la actualidad, Nalco de Colombia Ltda. no dispone de tecnología en campo tal como calderas o bombas de alta circulación situación que genera problemas al tener que recurrir a la infraestructura del cliente durante el desarrollo de los procedimientos de limpieza o de igual manera genera sobrecostos al tener que alquilar dichos equipos trasladando estos costos al cliente.

3. ESTADO DEL ARTE

En la actualidad, la Refinería de Barrancabermeja no posee un programa de eliminación de los contaminantes asociados a la extracción y transporte del crudo en los equipos de Refinación y tanques de almacenamiento de crudo. Debido a lo anterior, los problemas operacionales desde la etapa de destilación se han incrementado, generando con estos mayores problemas de contaminación ambiental y comprometiendo de gran manera la confiabilidad de los equipos de Refinería.

Por otra parte, la globalización de la industria petrolera, ha permitido que las empresas hayan desarrollado innovaciones tecnológicas que han permitido contrarrestar los efectos asociados a situaciones anómalas en la operación de las mismas Refinerías que van de la mano con la minimización del impacto ambiental y la reducción de los costos operativos. Dentro de estas innovaciones tecnológicas, Nalco Company se ha destacado como pionera y en la actualidad comercializa diferentes productos químicos con una mejor relación Costo-Beneficio para realizar limpiezas químicas en Torres, Tanques, Desaladores, intercambiadores de calor, líneas de transporte etc., teniendo en cuenta que los requerimientos asociados a la operación de descontaminación química implican la utilización de los recursos propios del cliente como es el caso de las bombas de proceso, intercambiadores de calor, equipos de generación de vapor entre otros, siendo esto último una de las grandes preocupaciones de las Refinerías al tener que involucrar sus propios recursos y exponiéndolos a posibles fallas, lo cual a la fecha no se ha presentado.

4. PROCEDIMIENTOS DE LIMPIEZA

Dentro de los procedimientos de limpieza utilizados en la industria cabe mencionar los siguientes:

4.1 PROCEDIMIENTOS TRADICIONALES DE LIMPIEZA

Los procedimientos tradicionales se pueden dividir en dos grandes grupos:



4.1.1 LIMPIEZA MECANICA:

Estos procedimientos se caracterizan por utilizar agua y/o solventes de hidrocarburos sin ninguna especialidad química lo cual conlleva a tener mayores tiempos de lucro cesante que para el caso de limpieza de tanques de almacenamiento de crudo podría ser de 30 a 180 días dependiendo de la capacidad del tanque. De igual manera con estos procedimientos tradicionales la recuperación de hidrocarburo es muy baja y en la mayoría de los casos no supera el 10% de nivel de lodos del tanque, situación que genera una mayor inversión en costos al tener que recurrir a inversiones extras en la degradación del lodo no recuperado.

Otro aspecto que es una desventaja en los procesos tradicionales es la mano de obra encargada de realizar los trabajos mecánicos ya que al no tener control sobre el contenido del tanque se prevé la exposición de este personal a riesgos ambientales y de salud ocupacional.

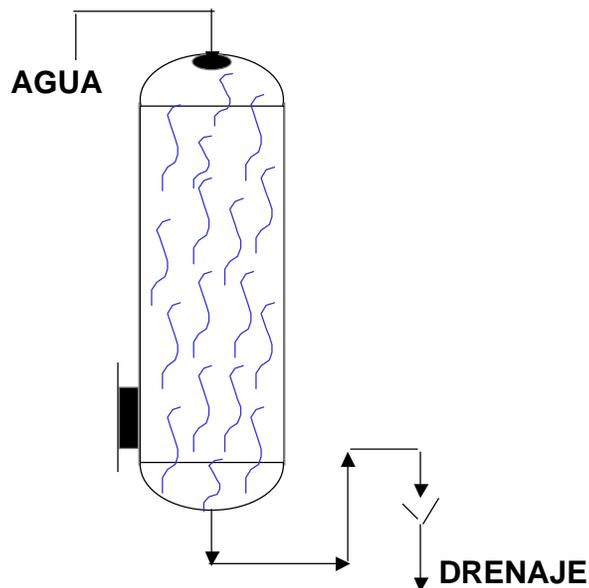


Fig. 2 Lavado con Agua(No químico)

Dentro de las desventajas que tiene este procedimiento tenemos las siguientes:

- Requiere grandes volúmenes de agua.
- Requiere mayor tratamiento en la disposición de dichas aguas a la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Se necesitan varias aplicaciones de lavado.
- El agua de lavado presenta un alto TOC(Carbón orgánico total)

- En caso de utilizar un solvente de tipo hidrocarburo, los problemas de emisiones y contaminación del efluente es aun mayor, de tal manera que se podrían generar costos elevados en el tratamiento de dichas aguas en la planta de aguas residuales.

4.1.2 DESGASIFICACIÓN:

Los procedimientos de desgasificación se pueden dividir en tres grandes grupos que son la ventilación natural, la ventilación mecánica y la ventilación con vapor. Estos procedimientos de desgasificación se caracterizan por requerir periodos prolongados de tiempo para permitir la entrada del personal ejecutor de los trabajos mecánicos. También es posible destacar de este procedimiento que no se elimina la presencia de sulfuro de hierro pirofórico que es un contaminante que está presente en la mayoría de equipos de refinería y que genera problemas de incendio una vez entra en contacto con el aire si previamente no ha sido humectado o eliminado.

VENTILACIÓN NATURAL:

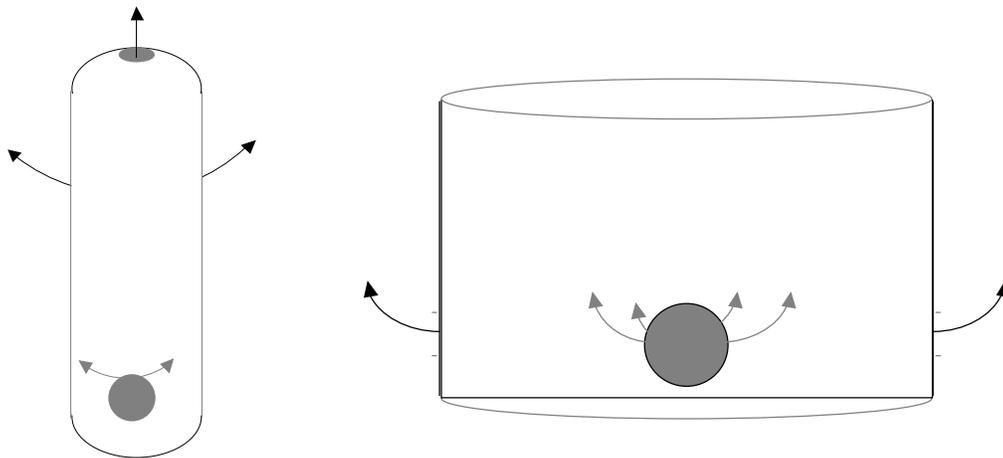


Fig. 3 Ventilación Natural

Por este método se tienen los siguientes inconvenientes tanto para equipos de Refinería como para tanques de almacenamiento de crudo.

- Se permite el escape de vapor.
- Se requieren varias semanas para eliminar los gases presentes en los equipos.
- Por cada barril de hidrocarburo se generan aproximadamente 400 lbs de emisiones a la atmósfera.

VENTILACIÓN MECÁNICA:

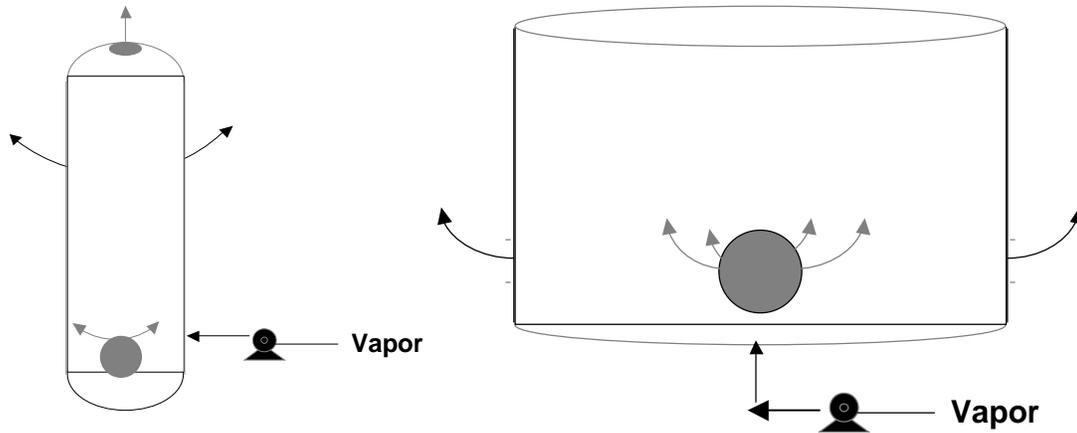


Fig 4. Ventilación Mecánica

Los inconvenientes que presenta este tipo de desgasificación son los siguientes:

- Se requiere inyección de Vapor, Nitrógeno o aire dentro del recipiente.
- Posteriormente el vapor debe ser retirado del equipo.
- Es necesario que los manways de los equipos permanezcan abiertos por lo que se incrementan la posibilidad de generar problemas ambientales.
- Se generan las mismas cantidades de emisiones producidas en la ventilación natural pero de manera más rápida

VAPORIZACIÓN: Al igual que en el método anteriormente mencionado, se requiere de la inyección de vapor para el desplazamiento del hidrocarburo presente en el equipo o cualquier otra especie contaminante alojada en él. Así mismo, las emisiones generadas son las mismas pero de manera más acelerada, situación que ambientalmente es muy riesgosa debido al alto grado de saturación en el que se encontrara el medio ambiente posterior al proceso de emanación de dichas especies contaminantes.

Cabe mencionar que ninguno de los procedimientos descritos anteriormente, además de no contribuir con la reducción de emisiones a la atmósfera, tampoco remueven presencia de sulfuros de hierro pirofórico.

El sulfuro de hierro es muy común en todas las refinerías y se puede apreciar en la mayoría de los equipos de proceso. Existen muchas formas de sulfuro de hierro y una de ellas es el sulfuro de hierro pirofórico el cual genera una reacción exotérmica al mínimo contacto con oxígeno. Este ha sido el causante de muchos



casos dramáticos de incendios y situaciones peligrosas durante la parada de planta de muchas Refinerías. Adicionalmente la industria ha encontrado que este se puede compactar y que a pesar de haber sido removido en su totalidad los hidrocarburos líquidos, grandes incendios han ocurrido por la presencia de este.

- El mecanismo de formación de sulfuro de hierro en los equipos de proceso es el siguiente:



- La reacción exotérmica entre el sulfuro de hierro y el aire es rápida



- Se genera SO_2 el cual es confundido en la mayoría de los casos con vapor debido a que el humo generado por este es blanco.
- Si los hidrocarburos no son removidos, el incendio será inminente.

Adicional a lo anterior, cabe mencionar que en estos procedimientos de descontaminación tradicional, los requerimientos energéticos son altamente costosos, debido a que se requiere la inyección de vapor por periodos prolongados de tiempo que pueden ir desde 3 hasta 7 días dependiendo de las dimensiones de los equipos a descontaminar. Otro punto a tener en cuenta es que durante la limpieza de unidades de destilación primaria y de vacío, es necesario la utilización de Aceite Liviano de Ciclo (ALC), entre 2000 a 3000 Barriles de este y el cual tiene un costo aproximado en el mercado de U\$70/Barril sin mencionar el impacto ambiental generado por las emisiones de cualquier hidrocarburo que puede alcanzar las 400 libras de gases por Barril.

4.2 PROCEDIMIENTOS LIMPIOS DE DESCONTAMINACIÓN QUÍMICA

Los procedimientos utilizados por Nalco Company están basados en la limpieza química de los equipos involucrados en el proceso y consiste en la recirculación de productos especializados para la remoción de combustibles de las paredes, techo, y fondo de los tanques así como equipos de Refinería tales como Torres de Destilación, torres de Vacío, Intercambiadores de calor entre otros. Los productos tienen la capacidad disolver la fase aceitosa de los lodos y especies contaminantes entre las cuales tenemos los hidrocarburos y sólidos suspendidos y desgasificar las sustancias volátiles presentes. Una vez terminado el proceso se obtienen dos fases, una de aceite con el combustible recuperado, el cual puede reutilizado en el proceso, y una fase acuosa con los residuos removidos disueltos, los cuales pueden ser descargados hacia tanques de recibo en el caso de equipos convencionales del proceso de Refinación o drenados directamente





hacia los separadores API para el caso de tanques de almacenamiento de crudo.

En la actualidad, Nalco de Colombia Ltda. comercializa diferentes productos bajo la mejor relación Costo-Beneficio, para realizar limpiezas químicas en: Torres, Recipientes, Tanques, Desaladores, Intercambiadores, líneas, etc. De igual manera, se cuenta con la capacidad analítica de predecir dosis de tratamiento optimas y proveer monitoreo de planta como parte del valor agregado para asegurar el logro de los resultados.

Dichos productos se clasifican de la siguiente manera:

Producto para Descontaminación Química de Tanques: EC9007G

Producto para Limpieza y Degasificación: EC9008B

Producto para Limpieza de Hidrocarburos Pesados: EC9010G

Seleccionar la química apropiada es uno de los factores más importantes para alcanzar el éxito, es por ello que sobre la base la experiencia adquirida, y en el análisis de las características de los diferentes equipos a descontaminar, se selecciona de línea ENTERFast™, los químicos que mejor se ajustan a las condiciones particulares y requerimientos de los equipos a descontaminar.

Los programas de limpieza química y descontaminación de equipos se encuentran hoy día a la vanguardia como tecnología de punta, dado que presentan grandes ventajas para las refinerías y centros de procesamiento de crudo como son:

- n Menor contaminación ambiental
- n Reducciones en el tiempo de limpieza y descontaminación hasta del 80% comparado con métodos tradicionales.
- n Reducción en tiempo de ventilación de equipos hasta de un 60% comparado con procesos tradicionales dado las propiedades desgasificantes del producto utilizado.
- n Menor exposición del personal a gases tóxicos.
- n Recuperación de hidrocarburo según el tipo de equipo a limpiar.
- n Eliminación 100% del riesgo de incendios por Sulfuros Pirofóricos.
- n Menores costos de equipos y maquinaria utilizada.
- n Reducción en el tiempo de estabilización de las unidades en el momento del arranque dado el grado de limpieza obtenido.





El procedimiento general de aplicación de dichos productos químicos se presenta a continuación y presenta variaciones dependiendo del tipo de equipo que deba ser descontaminado.

1. Instalación de equipos requeridos para ejecutar limpieza, (Conexiones y Ciegos a ser instalados por el cliente)
- 2.- Verificar drenajes del sistema
- 3.- Aplicar un enjuague (Flushing) con agua según el caso, por un periodo de 2 a 3 horas
- 4.- Aplicar solución limpiadora de EC9008B

Se usará una solución en Agua, en concentraciones variables (2% a 3%) según los equipos a descontaminar. En este paso se pueden cargar al sistema el agua y el químico por separado o se puede preparar la solución en un Frac Tank

Recircular con las bombas de la unidad por 16 a 18 horas manteniendo una temperatura de 170 °F – 190 °F utilizando una caldera o intercambiadores de calor.

- 4.- Monitorear el proceso de Circulación de la solución

El aceite presente en el sistema será emulsionado, proporcionando una apariencia de la solución color café oscuro.

Temperatura debe mantenerse en el rango indicado.

Monitoreo de Flujos y niveles

- 5.- Drenar completamente la solución gastada del sistema.

Normalmente el efluente de la limpieza se dispone vía Separador API o sistema similar pero en caso de no contar con la disponibilidad de planta de Agua Residuales, sería conveniente utilizar camiones de vacío o Frac Tanks con el objeto de succionar la solución gastada.

- 6.- Aplicar un enjuague manteniendo las bombas en funcionamiento, hasta verificar la eliminación completa de productos contaminantes y solución gastada en el sistema.



Se analizará el agua para verificar completa remoción de solución de limpieza

7.- Verificar el completo drenado del sistema.

En términos generales, el método de aplicación de estos procedimientos de descontaminación química limpia se basa en el contacto de la solución de limpieza a lo largo y ancho de las superficies metálicas del equipo a descontaminar teniendo en cuenta tal y como ya se mencionó con anterioridad, que los equipos necesarios para dichos trabajos de circulación son propiedad del cliente.

A continuación se presentan los tipos de procedimientos utilizados y algunas de sus ventajas o desventajas:

4.2.1 RECIRCULACIÓN:

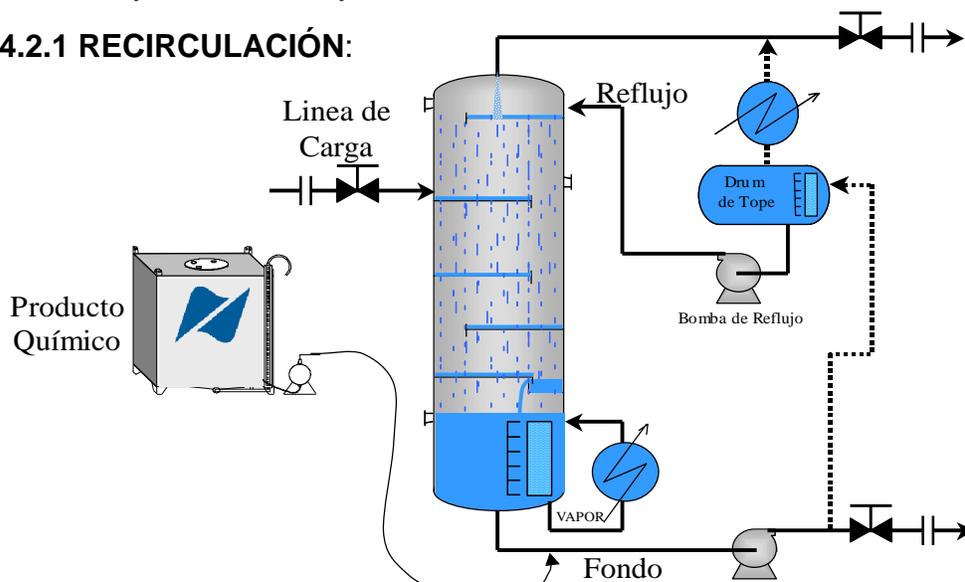


Fig. 5 Recirculación en Torres

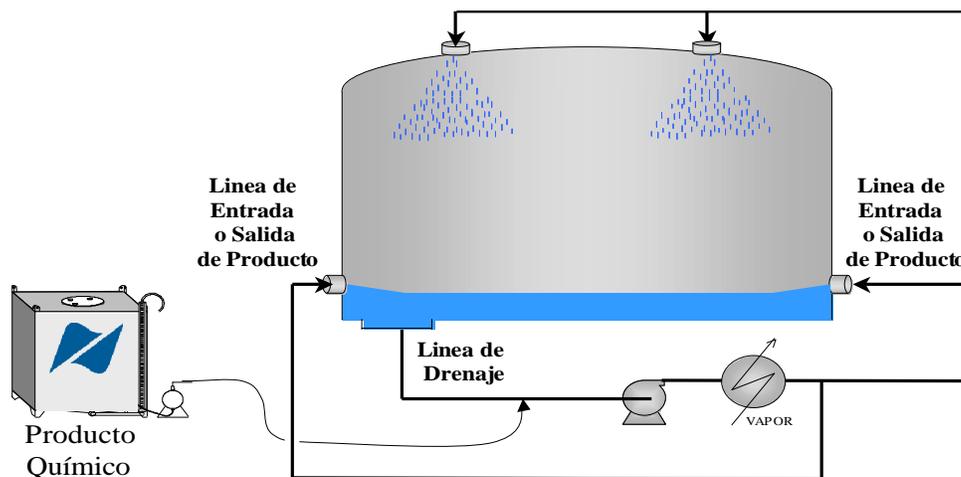


Fig. 6 Recirculación en Tanques de Almacenamiento de Crudo

El método de recirculación es el método más eficiente ya que permite que el agua y el producto químico usados para el procedimiento sean usados hasta agotar el producto activo del tratamiento químico utilizado. Adicional a lo anterior, los consumos de agua y consumos energéticos son mucho más bajos debido a que se utiliza el mínimo nivel requerido de solución para permitir la acción de las bombas de proceso.

4.2.2 APLICACIÓN EN CASCADA

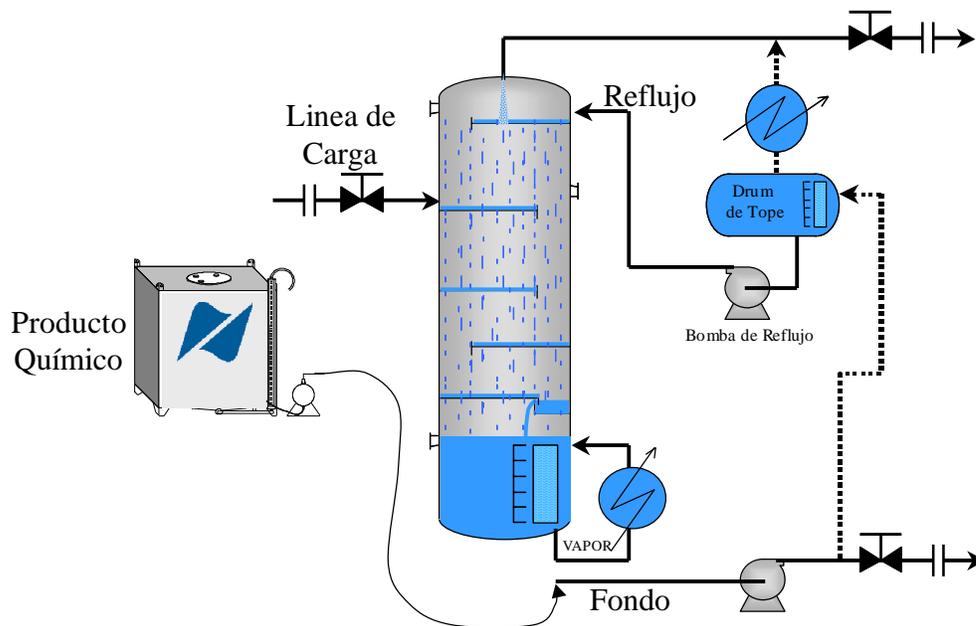


Fig. 7 Método de Cascada en Torres

El método de cascada utiliza el reflujo de cima de las torres de destilación o las líneas de cima para la inyección del producto químico mientras se adiciona agua al sistema a descontaminar mientras esta cae en cascada hacia el fondo de la torre. La adición de vapor proporciona agitación adicional, la cual ayuda a la descontaminación y limpieza de los platos inferiores de la torre. Aunque es un método bastante conocido, es muy poco usado ya que no es eficiente teniendo en cuenta que para alcanzar los mismos niveles de limpieza y desgasificación del procedimiento de recirculación, se requieren adiciones de casi 2 o 3 veces más de producto químico que el necesario en el método de recirculación. Adicionalmente a esto, no es usado en tanques de almacenamiento de crudo debido a que no se tiene tiempo de residencia de la solución limpiadora dentro del tanque.

4.2.3 METODO DE BURBUJEO

Este último método al igual que el de cascada no es aplicable a tanques de almacenamiento de crudo debido a que no se cubre la totalidad de la superficie del tanque. Adicional a esto, y dependiendo de la masa de lodo remanente en el tanque, los consumos de vapor se incrementan drásticamente por lo que no se considera una opción económica para este tipo de equipos. Mas sin embargo para el caso de equipos pequeños es una buena opción por la disminución del tiempo de limpieza y los costos bajos de producto químico necesario. En la figura 8 se presenta la manera de aplicación de dicho método.

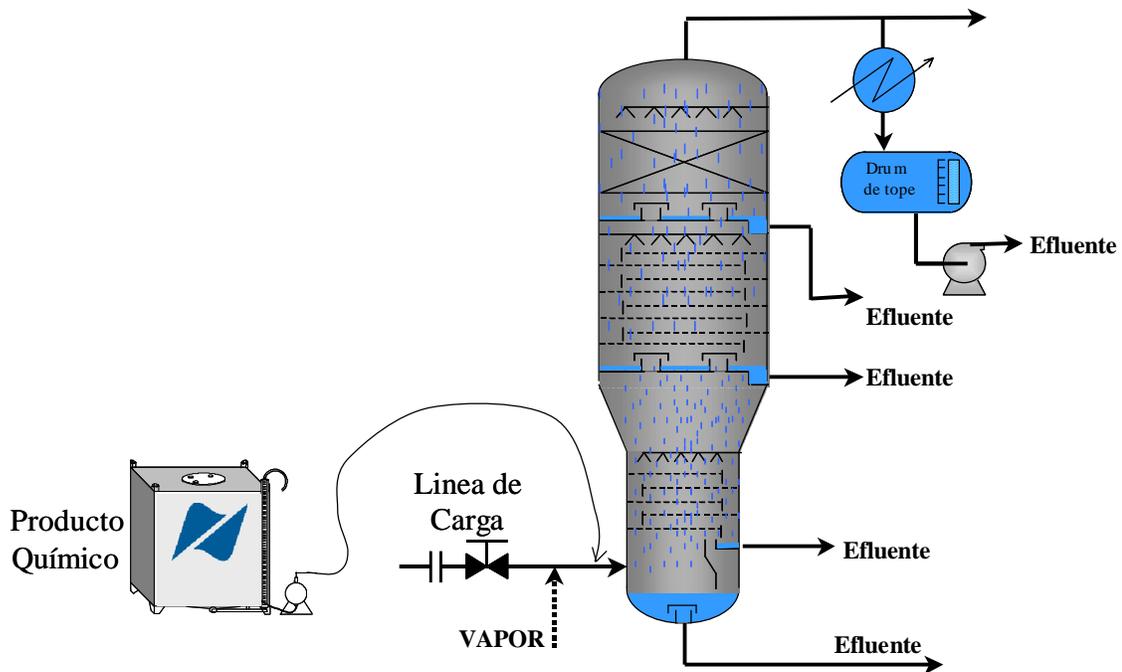


Fig. 8 Método de Burbujeo

5. ALTERNATIVAS DE IMPLEMENTACIÓN Y APLICACIÓN DE LIMPIEZAS QUÍMICAS

Partiendo de la base que el método de recirculación es el procedimiento correcto a la hora de realizar cualquier descontaminación limpia de tipo químico para equipos de Refinería y Tanques de Almacenamiento de Crudo, y teniendo en cuenta que en la actualidad, Nalco de Colombia Ltda. no cuenta con equipo propio para el desarrollo de los procedimientos de recirculación durante la aplicación de tecnologías limpias de descontaminación química, se contemplan las siguientes alternativas para ser consideradas por la Gerencia del Distrito como solución a la problemática actual de no disponibilidad de recursos propios. Para cada uno de estas alternativas se presenta tanto la inversión de capital necesario así como las tasas de retorno de la inversión para el cliente que decida implementar en su operación dichos procedimientos.

Para la selección de una de las dos alternativas se realizó un análisis de los costos asociados a dicho procedimiento para la descontaminación química de un tanque de almacenamiento de crudo de 60.000 Barriles que contenían 3 pies de lodos formados con crudo Vasconia y crudos pesados con API inferior a 5. El Gerente de la Refinería deseaba eliminar el lodo remanente en el tanque así como recuperar el Fuel Oil para ser reutilizado nuevamente en producción. Sin embargo el tiempo que se disponía para estos trabajos era inferior a 15 días teniendo en cuenta que el tanque de relevo no tenía suficiente combustible para operar más de 15 días. Debido a lo anterior con el personal de Falcondo XtrataNickel, Nalco de Colombia Ltda. planteó dos alternativas a nivel interno para la descontaminación química de dicho tanque teniendo en cuenta que este equipo no había sido intervenido en 38 años y que adicionalmente no se contaba con la planta de Tratamiento de aguas Residuales por lo que las descargas deberían hacerse al río bajo el estricto cumplimiento de las leyes ambientales vigentes para República Dominicana. Las alternativas fueron las siguientes basadas en la recuperación de la totalidad del hidrocarburo remanente en el lecho de lodos que correspondía a un 59% (3537 Barriles de Fuel Oil) del total del lecho de lodos presente en el tanque. Así mismo se tuvo en cuenta que en caso de adquisición de equipos, estos serían cargados al gasto y teniendo como base un procedimiento de limpieza por año.

5.1 ALTERNATIVA 1 (ADQUISICIÓN DE EQUIPO PROPIO POR NALCO DE COLOMBIA LTDA)

Para la consideración de esta alternativa era necesario la compra de una bomba de proceso así como un aspersor para ser ubicado en el techo del Tanque¹.

A continuación en la Tabla 1 se presenta el análisis de costos para la alternativa 1.

Gastos para el Cliente	
Item	Costo (U\$)
Hidrocarburo Recuperado 3463 Barriles @ 106.62 U\$/Bbl	\$369,225.00
Gastos en Disposición Final	\$0.00
Lucro Cesante Tanque	\$0.00
Mano de Obra	\$3,000.00
Vapor durante 5 días at U\$2200/día	\$11,000.00
Inversión en Químicos	\$73,731.00
Aspersor	\$3,500.00
Bomba de Proceso	\$4,200.00
Renta de Equipo	\$0.00
Total Costos Limpieza	\$84,431.00
Neto para Falcondo	\$273,794.00
ROI Cliente	186.90%

TABLA 1. Costo Alternativa 1

¹ Ver Anexo 1 Diagrama de Flujo Ubicación Aspersor

5.2 ALTERNATIVA 2 (OUTSOURCING)

Para la consideración de esta alternativa era necesario la contratación de todos los trabajos directamente en Republica Dominicana.

A continuación en la Tabla 2 se presenta el análisis de costos para la alternativa 2.

Gastos para el Cliente	
Item	Costo (U\$)
Hidrocarburo Recuperado 3463 Barriles @ 106.62 U\$/Bbl	\$369,225.00
Gastos en Disposición Final	\$0.00
Lucro Cesante Tanque	\$0.00
Mano de Obra	\$4,500.00
Vapor durante 5 dias at U\$2200/dia	\$11,000.00
Inversión en Quimicos	\$73,731.00
Aspersor	\$0.00
Bomba de Proceso	\$0.00
Outsourcing y Renta de Equipo	\$16,000.00
Total Costos Limpieza	\$94,231.00
Neto para Falcondo	\$263,994.00
ROI Cliente	150.87%

TABLA 2. Costo Alternativa 2

Como se puede apreciar al comparar el costo y de acuerdo a la Tabla 3 donde se presentan las ventajas de cada una de las alternativas expuestas anteriormente, la opción de compra de equipos resultó ser más rentable teniendo en cuenta que ofrecía un mayor Retorno de la Inversión para el cliente y un mayor margen operacional para Nalco de Colombia Ltda.

Adquisición de Equipo	Outsourcing
Ventajas	Ventajas
1. Conocimiento de los sistemas del cliente 2. Mayor Rentabilidad 3. No exposición de los equipos del cliente 4. Cero descargas y sin impacto ambiental 5. Exposición mínima a riesgos ambientales de personal no asociado a la operación de Descontaminación Química.	1. No exposición de los equipos del cliente durante la operación de descontaminación 2. No se incurren en gastos operacionales en el mantenimiento y traslado de equipos 3. Competencias del personal contratista en el manejo de los equipos 4. Cero descarga y sin impacto ambiental
Desventajas	Desventajas
1. Inversión inicial en la compra de equipos de calentamiento y dispersión. 2. Generación de costos adicionales de exportación e importación temporal para procedimientos fuera del país. 3. Incremento de costos de operación debido al mantenimiento de los equipos adquiridos	1. Desconocimiento de la operación del cliente por parte del personal contratista de los equipos 2. Disponibilidad de los equipos del contratista

TABLA 3. Alternativa 1 Vs. Alternativa 2

Cabe mencionar que adicional a las ventajas de la alternativa para la adquisición de equipos en lo relacionado con los costos, la disposición final del efluente es totalmente limpia tal y como se puede apreciar en los análisis realizados y que permitieron cumplir con las regulaciones ambientales establecidas por República Dominicana.

5.3 PARAMETROS DE ANALISIS QUIMICOS DURANTE LA DESCONTAMINACIÓN

Teniendo en cuenta que uno de los principales objetivos de estos procedimientos de descontaminación química es el minimizar la afectación al medio ambiente así como reducir el impacto en la planta de aguas residuales que pudiesen generar las descargas que se hagan durante dichos procedimientos, se tiene establecido una serie de análisis a las aguas utilizadas dentro del proceso de limpieza tanto en fase vapor como en fase acuosa de tal manera que permitan verificar la no afectación al medio ambiente.

En la siguiente tabla se puede apreciar los datos de análisis que se deben verificar para el descarte de las aguas una vez termine el procedimiento de descontaminación química.

Analisis	Target
Color y Estabilidad	Consistentemente Blanco
Solidos Suspendidos	< 100 ppm
Hierro Total	< 2 ppm
pH	8.0 - 9.0
H ₂ S	< 0.05 ppm
Hidrocarburo	< 10 ppm
LEL	< 0.05%
Benzene	< 1 ppm

TABLA 4. Listado de Análisis Químicos

6. REGISTRO FOTOGRAFICO DESCONTAMINACIÓN QUIMICA TANQUE FUEL OIL



Foto 1. Paredes Tanque Fuel Oil

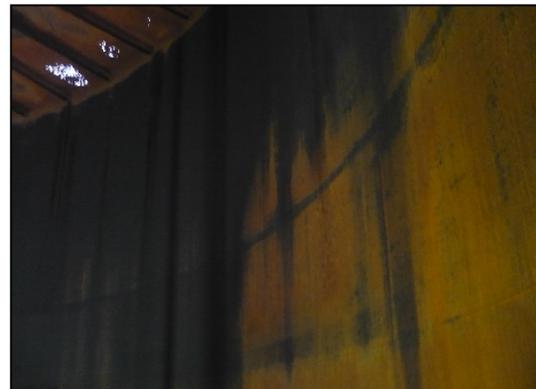


Foto 2. Paredes Tanque Fuel Oil



Foto 3. Paredes Tanque Fuel Oil

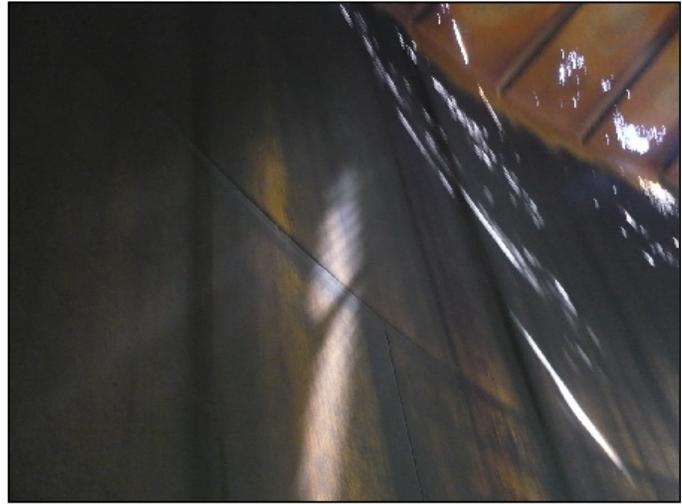


Foto 4. Paredes Tanque Fuel Oil



Foto 5. Paredes Tanque Fuel Oil



Foto 6. Paredes Tanque Fuel Oil



Foto 7. Paredes Tanque Fuel Oil



Foto 8. Paredes Tanque Fuel Oil

**Foto 9. Remoción Fondos Tanque****Foto 10. Remoción Fondos Tanque**

Adicionalmente es importante destacar que la totalidad de barriles recuperados de Fuel Oil fueron 3522. Así mismo, los análisis realizados al agua de descarte cumplieron satisfactoriamente con las regulaciones establecidas en la República Dominicana tal y como se puede apreciar en la siguiente tabla.

Analisis	Target	Resultado
Color y Estabilidad	Consistentemente Blanco	Consistentemente Blanco
Solidos Suspendidos	< 100 ppm	12 ppm
Hierro Total	< 2 ppm	0.5 ppm
pH	8.0 - 9.0	8.2
H2S	< 0.05 ppm	0.002 ppm
Hidrocarburo	< 10 ppm	2 ppm
LEL	< 0.05%	0.01%
Benzene	< 1 ppm	0.55 ppm

TABLA 5. Análisis Químicos realizados al agua de Descarte

7. CONCLUSIONES

En términos generales los resultados obtenidos para la descontaminación química del Tanque de almacenamiento de crudo fueron muy buenos tanto en la parte ambiental como en la parte de reducción de costos para Falcondo XtrataNickel y Nalco de Colombia Ltda.. A continuación se enumeran los logros alcanzados por el procedimiento de limpieza bajo el esquema de adquisición de equipos.

- Cero impacto ambiental.
- Recuperación de Hidrocarburo (Fuel Oil) de 99.5%
- Ahorro energético en el consumo de Aceite Liviano de Ciclo por valores entre U\$ 140.000- U\$210.000² y disminución de las emisiones contaminantes a la atmósfera al no ser necesario la utilización de este

² Estos valores están sujetos al valor del ALC en Mercado bursátil y de la Industria Petrolera



- Reducción en los consumos de vapor en casi U\$ 2.200/día³
- Retorno de la Inversión para el cliente de 186.9% vs. 150.87% con el procedimiento de descontaminación bajo la modalidad de Outsourcing.
- Reducción del tiempo de entrega a mantenimiento del tanque de 15 a 5 días.
- La solución de limpieza gastada no tuvo ningún impacto ambiental sobre las vecindades de la extractora de nickel.
- Una vez se culminó el procedimiento de limpieza, se pudo entrar dado que el ambiente se encontró libre de gases y presencia de hidrocarburo.
- La limpieza se realizó in situ. No hubo necesidad de equipo externo para el desarrollo del procedimiento.
- Reducción en los costos de mantenimiento y mano de obra.
- LEL inferior a 0.5 ppm.

³ La adición de vapor se hace necesaria durante la apagada de planta e implementación de procedimientos de limpieza tradicionales y varían en sus requerimientos de acuerdo a la criticidad de ensuciamiento del sistema a descontaminar.





8. BIBLIOGRAFÍA

1. www.ecopetrol.com.co
2. Información Biblioteca Nalco de Colombia Ltda..
3. RFM KM Database Nalco Company.
4. Trabajo en Campo Falcondo XtrataNickel, Republica Dominicana, Septiembre 2008.



ANEXO 1

