

163
2ej.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

TRABAJO ESCRITO VIA CURSOS DE EDUCACION CONTINUA



EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA

"ANALISIS DE RIESGOS HAZOP DE UNA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES"

PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A
JESUS ALBERTO VAZQUEZ GARZA



MEXICO, D. F.

1997.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



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.

Jurado Asignado:

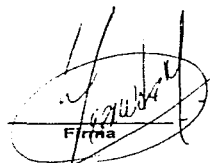
| | | |
|----------------------|--------------|--|
| Presidente | Prof. | RODOLFO TORRES BARRERA |
| Vocal | Prof. | VICTOR MANUEL LUNA PABELLO |
| Secretario | Prof. | JORGE BERMUDEZ MENDIZABAL |
| 1er. Suplente | Prof. | HILDA ELIZABETH CALDERON VILLAGOMEZ |
| 2o. suplente | Prof. | JOSE ALEJANDRO RAFAEL VEGA SANCHEZ |

Trabajo desarrollado en:

**Procter & Gamble de México
Planta Talisman
Av. Talismán N° 210
Col. Tres Estrellas
México D.F.**

Asesor: I. Q. I. Jorge Bermudez Mendizabal

Sustentante: Jesús Alberto Vázquez Garza



Firma



Firma

CONTENIDO

CONTENIDO

| | PÁGINA |
|--|-----------|
| CONTENIDO | 3 |
| INTRODUCCIÓN | 6 |
| CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO | 7 |
| CAPÍTULO 2: OBJETIVO | 14 |
| CAPÍTULO 3: DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO Y SU OPERACIÓN | 17 |
| 3.1 Descripción del equipo y su operación | 18 |
| 3.2 Descripción de la operación | 21 |
| 3.3 Diagrama de bloques | 23 |
| 3.4 Arreglo general de equipos | 25 |
| 3.5 Diagramas de equipos | 28 |
| CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE RIESGOS TIPO HAZOP | 40 |
| 4.1 Metodología | 41 |
| 4.2 Aplicación del método a cada equipo | 46 |
| Cárcamo de bombeo/ bombas autocebantes | 47 |
| Tanque de Igualación/ bombeo a tanque de neutralización | 48 |
| Sistema de ácido sulfúrico | 49 |
| Adición de alumina/ tanque de neutralización/ sistema de NaOH | 50 |
| Bomba de proceso/ adición de coagulante | 51 |
| Tanque de aire disuelto/ serpentín de reacción/ divisor de flujo | 52 |

| | PÁGINA |
|---|---------------|
| Tanques de separación | 53 |
| Tanque de lodos | 54 |
| Filtro prensa | 55 |
| CAPÍTULO 5: PRINCIPALES ÁREAS DE IMPACTO, PRIORIDADES, RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES | 56 |
| 5.1 Principales áreas de impacto por equipo, prioridades y requerimientos para implementar recomendaciones. | 57 |
| 5.2 Conclusiones | 67 |
| 5.3 Diagrama de tubería e instrumentación después del análisis HAZOP | 69 |
| CAPÍTULO 6: BIBLIOGRAFÍA | 70 |
| ANEXOS | 72 |
| Anexo 1: Diagrama de flujo de una evaluación de riesgo | 73 |
| Anexo 2: Manejo de sustancias peligrosas – Ácido sulfúrico – | 74 |
| Anexo 3: Manejo de sustancias peligrosas – Hidróxido de sodio – | 75 |
| Anexo 4: Formato de control de cambios de procesos | 76 |
| Anexo 5: Simbología del diagrama de flujo | 77 |
| Anexo 6: Listado de tuberías | 78 |

ANÁLISIS DE RIESGO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

INTRODUCCIÓN

En el Capítulo 1 se muestra el marco teórico de los análisis de riesgo, indicando que debido a los accidentes que se han presentado en la industria química, la legislación mexicana ha dictado una serie de requisitos que estas empresas deben cumplir. Así mismo las normas internas (marco técnico interno) de cada empresa, obligan a cumplir una serie de requisitos, dentro de los cuales obligan a realizar diferentes tipos de análisis siguiendo determinados procedimientos. Este trabajo muestra la forma de aplicación de un método cualitativo de Análisis de Riesgo HAZOP (Hazardous Operability) para la identificación de peligros que puedan desencadenar emergencias y/o desastres dentro de una planta de tratamiento de aguas residuales.

En el Capítulo 2 se describe el objetivo de este trabajo, que busca a través de un equipo multidisciplinario y utilizando el método de HAZOP, cuestionar sistemáticamente cada parte del proceso, para descubrir como las desviaciones de la operación normal se pueden presentar e identificar los posibles peligros humanos, materiales, del ambiente, operacionales, así como los diferentes escenarios tales como: fuego y explosión relacionados con la operación de esta planta y proponer las soluciones requeridas para operar con seguridad.

El Capítulo 3 es una descripción de la operación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. Esta planta es una combinación de 2 tecnologías; coagulación química seguida por un sistema de flotación por aire disuelto. En este capítulo se hace una descripción general de estas tecnologías, de la capacidad de la planta, de la instrumentación instalada, el equipo de control, los equipos de proceso, los reactivos químicos utilizados en el tratamiento, así como la capacitación de los técnicos a cargo de esta operación.

El Capítulo 4 describe la metodología HAZOP (Hazardous Operability) utilizada para identificar los peligros posibles (hipotéticos creíbles) relacionados con la operación de esta planta, y muestra el análisis realizado a cada equipo; Este método fue utilizado debido a que analiza con suficiente detalle las condiciones de peligro de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

El Capítulo 5 describe las conclusiones: Como inicio de la conclusión se indican en forma de tablas por equipo, las principales áreas de impacto, las prioridades y los requerimientos para implementar las recomendaciones encontradas durante el desarrollo de este trabajo.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO 1 MARCO TEÓRICO

Día a día la industria del proceso genera un flujo constante de nuevos procesos y productos; cada vez que alguna innovación se lleva a cabo, existe el peligro que alguna parte del proceso no funcione de la manera esperada y que esta desviación tenga efectos graves en personas, seres vivos, instalaciones o en el ambiente. Debido a ello, la regulación actual obliga a las industrias a analizar estos peligros así como los daños que pudieran causar y de la misma manera las obliga a implementar medidas para si es posible eliminarlos, o al menos mitigar la probabilidad de que ocurra un accidente y garantizar que si este ocurre sus efectos sean mínimos.

Dentro del marco jurídico de México, la obligatoriedad de los Estudios de Impacto Ambiental se encuentra regulada por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LEGEPA) en el Capítulo V; Artículos 145 al 149 y en el Capítulo VI: Artículos 150 al 152. Esta ley reglamentaria deriva de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que en los artículos 25, 26 y 27 regula la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la Nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Las partes integrantes de la federación y del territorio nacional están descritas en los Artículos 42 al 48 de nuestra Constitución.

Las disposiciones contenidas en la LEGEPA tienen por principales objetivos: 1) Definir los principios de la política ecológica. 2) Generar y regular los instrumentos para su aplicación. 3) La protección, preservación, restauración y el mejoramiento del ambiente. 4) El aprovechamiento racional de los elementos naturales. 5) La prevención y control de la contaminación del aire, agua y el suelo. 6) La definición de las actividades consideradas como riesgosas. 7) La correcta aplicación de estas disposiciones en el territorio nacional y 8) La coordinación entre las diversas dependencias y entidades de la administración pública federal, así como la participación corresponsable de la sociedad, en las materias de ordenamiento.

La LEGEPA en sus Capítulos V y VI obliga a que cada empresa que realice actividades consideradas como altamente riesgosas, realice un estudio de riesgo para cada nuevo proyecto o modificación de instalaciones. La Secretaría de

gubernación y la PROFEPA han publicado en el Diario Oficial a la fecha dos listados de actividades altamente riesgosas. El primero publicado el 28 de Marzo de 1990 que corresponde a aquellas en que se manejen sustancias tóxicas y el segundo publicado 4 de Mayo de 1992 que corresponde a aquellas en donde se manejen sustancias inflamables y explosivas. Cada listado aclara también que cada sustancia tiene una cantidad de reporte específica. La cantidad de reporte es la cantidad mínima de sustancia peligrosa que se encuentra en producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso y/o disposición final, existente en una instalación o medio de transporte dados, que al ser liberada, por causas naturales o derivadas de la actividad humana, ocasionaría una afectación significativa al ambiente, a la población o a sus bienes.

Por otro lado, los departamentos de seguridad de procesos en las empresas industriales han redactado normas internas que nos obligan a realizar este tipo de estudios antes de autorizar la inversión en algún proyecto, para evaluar la justificación económica con la reducción del riesgo. Las empresas tienen que garantizar también la integridad de sus empleados, de sus instalaciones y del ambiente antes de decidir invertir en un nuevo proyecto o modificar un proceso. El proceso completo de estos Análisis de Riesgo así como su regulación se muestran en un diagrama de flujo en el Anexo 1.

En esta planta de tratamiento de aguas residuales se utilizan hidróxido de sodio, ácido sulfúrico y algunos agentes irritantes como el coagulante y el floculante, todos en cantidades menores a 1,000 kg. Estas materias primas son peligrosas como se muestra en los anexos 2 y 3, y aunque en los listados no se mencionan específicamente, debemos realizar una evaluación de riesgo debido a el impacto que estas sustancias pueden causar al personal, a la comunidad, a las instalaciones y al ambiente.

Este estudio tiene por objeto identificar los peligros potenciales (hipotéticos creíbles) involucrados en la operación de dicha planta, evaluar las alternativas de eliminación o mitigación de estos y establecer un compromiso de implementación por parte de la empresa.

Un peligro hipotético creíble es en pocas palabras "aquel que en realidad tiene probabilidad de que suceda"; por ejemplo un derrame de sustancias tóxicas o reactivas, un incendio, un error de operación, etc. Por tanto no se consideran

riesgos como el desplome de un avión sobre la planta, o un bombardeo que tienen una probabilidad de ocurrencia infinitamente pequeña.

La LEGEPA define específicamente que un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) es realizado para identificar e interpretar así como para prevenir las consecuencias o efectos ambientales que determinadas acciones, planes, programas o proyectos pueden causar sobre la salud, el bienestar de las comunidades o el equilibrio ecológico.

Los EIA deben contener: a) Una descripción de la obra, proyecto o actividad. b) Una descripción del medio geofísico, biológico y socioeconómico c) La identificación clara de los aspectos de interés humano. d) Determinación de indicadores de los impactos, métodos usados por la determinación ponderada de los mismos. e) Identificación y estimación de impactos a la naturaleza, su magnitud y su importancia. f) Interpretación de resultados, recomendaciones para aceptar o rechazar el proyecto. g) Medidas de control y mitigación de impactos y h) Recomendación de procedimientos de inspección.

En el caso de obras o actividades consideradas como altamente riesgosas, el proponente deberá de presentar un Estudio de Riesgo adjunto al EIA. Considerando el tipo de proyecto y los posibles impactos de este, la PROFEPA señala en la LEGEPA (aunque no claramente), que después de un análisis técnico del proyecto, dicha autoridad establecerá la modalidad bajo la cual el proponente deberá desarrollar su EIA. Las modalidades del EIA pueden ser 3: General, Intermedia y Específica. Esta planta de tratamiento es considerada de bajo riesgo y por tanto requiere una modalidad de EIA intermedia y un análisis de riesgo del grado del HAZOP (Hazardous Operability) que es el realizado en este trabajo.

Este estudio junto con el EIA se transformarán en una Manifestación de Impacto Ambiental, documento que será la base con la cual la PROFEPA redactará su Dictamen de Impacto Ambiental en donde se resume el resultado de la evaluación del estudio y las medidas que las autoridades consideran deben incorporarse al proyecto.

Para comprender mejor el desarrollo de este trabajo, necesitamos definir claramente lo que llamamos Peligro y la diferencia con un Riesgo. La definición de Peligro nos resalta claramente una "situación de la que se puede derivar algún daño, perjuicio, lesión o contratiempo para alguna persona, ser vivo o algún bien"; por otro lado, la

definición de Riesgo nos aclara que es "la posibilidad de que suceda alguno de estos daños, perjuicios o contratiempos".

Buscando mostrar estos términos de manera sencilla, a continuación se mencionan los peligros y riesgos involucrados en un viaje por una carretera. Los peligros serían las curvas de esta carretera, la falta de señalización, la mala condición del pavimento de la carretera, etc.; los riesgos que se corren serían por ejemplo la velocidad a la que se transita y las condiciones del automóvil. Es fácil entender ahora que los peligros ya están ahí y que se incrementa el riesgo (o la probabilidad) de un accidente por ejemplo al transitar por esta carretera a velocidad excesiva, cuando hay neblina, cuando está lloviendo, o cuando el conductor tiene problemas con su vista o su oído.

En línea con la regulación Nacional, es necesario evaluar los peligros potenciales de cualquier proyecto o instalación existente. Se han desarrollado diferentes métodos para determinar estos peligros así como sus soluciones; el resultado depende en gran parte de la técnica analítica utilizada para detectar los peligros relacionados con el diseño de las instalaciones y procesos, así como para evaluar los riesgos relacionados con los mismos.

Existen diversos métodos para identificar los peligros asociados con una planta de proceso. Por ejemplo, para una evaluación que se puede llamar visual (no muy detallada) se tienen algunos como la Investigación de Accidentes, las Listas de Verificación, la Tormenta de Ideas y las Inspecciones Planeadas. Para una evaluación más detallada se cuenta con los métodos de ¿Que pasa si?, y Listas de Verificación Detalladas. Si se desea evaluar los peligros aún más de cerca, se debe utilizar el Método de HAZOP que es el tipo de análisis que se llevara a cabo en este trabajo. Existen métodos aún más detallados como el Árbol de Fallas o el Árbol de Eventos.

Estos diferentes métodos, tienden a analizar de una u otra manera las distintas etapas de un proceso operativo, desde su etapa de definición hasta su misma operación, incluyendo fases como la ingeniería básica, ingeniería de detalle, la construcción, el arranque y la operación normal de las plantas industriales.

Se debe reconocer que todos estos métodos están basados en los conocimientos actuales y son realmente relevantes cuando se pueden utilizar para analizar nuevos productos, procesos, nuevas plantas y/o sus modificaciones.

Por lo tanto, es crucial contar con un método sistemático y objetivo para la detección y valoración de los peligros, que aclare la manera de eliminarlos, o reducirlos hasta el límite inferior. En el pasado estos métodos debían ser aplicados por verdaderos expertos; pero dado que cada vez se depuran más y se facilita el protocolo del método, estos pueden ser utilizados equipos de integrantes de la planta. Algunos de ellos deben tener experiencia en el método, otros en seguridad y otros en la operación. Dichos grupos de personas pueden llevar al cabo un análisis de riesgo profundo y encontrar la forma de eliminación o mitigación más adecuada.

Al evaluar la necesidad de un Análisis de Riesgo, se debe considerar que un accidente que se presente tendrá alguno o varios de los siguientes impactos: lesiones humanas temporales o permanentes, pérdida de vidas, renunciadas, demandas, daños a los equipos, daños a las instalaciones, daños a la comunidad, daños al ambiente, fallas o destrucción de los sistemas de control, paros de producción, gastos de indemnización y reparación, elevación de las cuotas de seguro de bienes y del factor del Instituto Mexicano del Seguro Social, contaminación del subsuelo, contaminación de los mantos acuíferos, daños a las materias primas, a los productos terminados, baja de inventarios, cancelaciones de ventas, alza de costos, alza de precios de venta y pérdida de clientes, entre otros.

Así mismo pueden ocasionar: desprestigio de la empresa, sanciones, clausuras o problemas con la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS), con la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) mediante la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) e inclusive con la Secretaría de Salud. Las empresas podrían necesitar algunas inversiones no planeadas que pueden ocasionar solicitud de créditos con tasas de interés alto, castigos a los responsables, e inclusive el cierre de la empresa por causas legales o quiebra.

Hay diferentes formas de administrar los Peligros, por ejemplo estos se pueden: 1) Eliminar, desapareciendo su causa básica (como sustituyendo en el proceso el uso de materias primas inflamables, tóxicas, etc.) 2) Mitigar, reduciendo tanto las posibilidades de que suceda, como sus posibles consecuencias (ya sea instrumentando un equipo o protegiéndose de las posibles consecuencias (red contra incendio, detectores de gas, etc.). 3) Transferir, asegurándose que alguien más pague por los costos del accidente o pérdida (como contratando los servicios de una aseguradora).

Una parte esencial de un programa de análisis de riesgos es el apoyo de la gerencia. La importancia y presupuesto que se le asigna al desarrollo de estos estudios, a su ejecución, evaluación y la implementación de la debida acción correctiva es clave para que los empleados y trabajadores participen activa y eficazmente dentro de este proceso. El enfoque de la gerencia debe ser el de buscar mayor seguridad, mayor producción y calidad gracias a que los riesgos después de ser identificados, fueron eliminados, reducidos, transferidos o aceptados conscientemente y el personal fué entrenado y seleccionado para no cometer o permitir actos y condiciones inseguras.

Se debe recordar que la subsistencia y prosperidad de un negocio depende en gran parte de la satisfacción y la actitud de los clientes, de los consumidores y de la comunidad hacia la empresa y sus productos; por tanto, la gerencia debe preocuparse - además de aumentar la productividad, la calidad y disminuir el costo de sus productos,- por proteger a su personal, sus instalaciones, el ambiente y los recursos naturales, manteniendo así la imagen de una empresa que merece respeto, es seria y es una verdadera fuente de trabajo y no un problema para la sociedad.

Por tanto, la gerencia no debe esperar a que suceda un accidente para apoyar los programas de seguridad, ya que establecer un programa administrativo para el control de pérdidas es tan necesario y efectivo, como establecer un programa de optimización de producción.

CAPÍTULO 2

OBJETIVO

CAPITULO 2

OBJETIVO

Los objetivos de un estudio de riesgo pueden ser muy variados; se pueden realizar para evaluar un diseño; cuantificar la inversión requerida y definir si construir o no; definir la ubicación de una planta y los alcances de proyecto; para desarrollar o comprobar las instrucciones de operación; mejorar la seguridad de las instalaciones existentes; evaluar el cierre de instalaciones y/o hasta su abandono.

El objetivo de este trabajo es analizar e identificar a través de un equipo multidisciplinario y utilizando el método de HAZOP, los posibles peligros (hipotéticos creíbles) involucrados en la operación de una planta de tratamiento de aguas residuales diseñada para tratar agua proveniente de una planta de producción de jabones, y proponer las soluciones necesarias para eliminar la mayoría de los peligros y mitigar el resto de ellos así como sus posibles consecuencias, obteniendo así una planta de tratamiento de agua que opera de manera segura.

En este trabajo se consideran los riesgos para el personal de operación de la planta de tratamiento; las instalaciones; la calidad de tratamiento de agua; la comunidad y el ambiente que no se consideraron totalmente durante los análisis iniciales.

Se requieren las habilidades combinadas de un equipo multidisciplinario, dado que la totalidad de sus conocimientos y su capacidad de imaginación adecuadamente informadas, dictarán la calidad y la profundidad del análisis de riesgo que se lleve a cabo.

El proceso administrativo de una planta industrial debe incluir estrategias y/o planes de previsión, planeación, programación, comunicación, supervisión, controles, normas, procedimientos, estándares de instalaciones y equipos, desarrolladas por los representantes de las diferentes áreas de la planta de proceso (producción, mantenimiento, ingeniería, etc.).

Por tanto, dentro del presupuesto de un proyecto de ampliación de capacidad, modificación de instalaciones o cambio de procesos, se debe incluir el capital necesario para llevar al cabo un estudio de riesgo que incluya los nuevos equipos o instalaciones, así como todas las partes existentes que vayan a ser modificadas o que estén relacionadas con la operación de los nuevos equipos. Los peligros pueden ser causados por modificaciones o adiciones en: los procesos; las instalaciones

eléctricas; los sistemas automáticos; los procedimientos; estándares, por el normal envejecimiento de la instalación y muchos otros.

El encargado de la seguridad de cada planta debe analizar todos los cambios por pequeños que sean y si es necesario realizar una evaluación formal de los peligros asociados reuniendo un equipo multidisciplinario para ello. Para garantizar que cada cambio será analizado, cada planta industrial debe contar con un sistema que garantice que cada cambio en las instalaciones o en los procesos será analizado y autorizado antes de llevarlo a cabo.

El anexo 4 es un ejemplo de un formato que se utiliza en algunas empresas para precisar el cambio a realizar; el responsable de la modificación; la descripción y las razones para el cambio. Dicho formato cuenta con un espacio para incluir un diagrama explicativo de la modificación (que también puede anexarse al formato) y requiere de diferentes firmas de autorización considerando el tipo de cambio y el área que será afectada.

CAPÍTULO 3

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO Y

SU OPERACIÓN

CAPÍTULO 3

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO Y SU OPERACIÓN

3.1 Descripción de la planta y el equipo:

Es una planta en donde se da tratamiento a el agua residual industrial proveniente de una planta de producción de jabones de tocador. Para darnos una idea rápida de los pasos generales en este sistema de tratamiento, podemos consultar el diagrama de bloques de la planta de tratamiento (figura 1, página 24). Este diagrama muestra los principales pasos dentro del proceso de tratamiento y el flujo de insumos requerido para el tratamiento o limpieza del agua residual. Además en las figuras 2 y 3 (páginas 26 y 27) que corresponden al arreglo general de equipos, se describe la ubicación de estos equipos dentro del área de la Planta de tratamiento de aguas residuales.

La Planta de Tratamiento cuenta con el siguiente equipo principal y tanques instalados en operación:

| | |
|--|------------------|
| 1. Cárcamo de Bombeo | Figura 4 |
| 2. Bombas de Cárcamo | Figura 4 |
| 3. Tanque de Igualación | Figura 5 |
| 4. Bomba de Transferencia | Figura 5 |
| 5. Sistema de Ácido Sulfúrico | Figura 5 |
| 6. Tanque de Neutralización/ Adición de Alumina | Figura 6,7 |
| 7. Sistema de NaOH | Figura 8 |
| 8. Bomba de Proceso/Adición de Coagulante | Figura 7, 9 |
| 9. Tanque de Aire Disuelto | Figura 9 |
| 10. Serpentin de Reacción/ Divisor de flujo | Figura 10, 11 |
| 11. Tanques de Separación/ Adición de floculante | Figura 12, 13, 7 |
| 12. Tanque de Lodos | Figura 12, 13 |
| 13. Filtro Prensa | Figura 14 |

—Estos figuras se encuentran en la sección de Diagramas de Equipos a partir de la página 28. —

La planta de tratamiento de aguas residuales es manejada por un solo operador a través de un Controlador Lógico (PLC 500 Allen Bradley). Esta planta cuenta con

sistemas automáticos de adición de ácido sulfúrico, hidróxido de sodio (NaOH), alumina, coagulante y floculante, diseñados para evitar al máximo el contacto del operador con los mismos.

El equipo de seguridad personal requerido en toda el área en donde se ubica la Planta de Tratamiento es el siguiente: lentes y zapatos de seguridad, guantes de cuero, y al momento de manejar NaOH o ácido, trajes de neopreno especiales para manejo de ácido y sosa. En caso de manejar alumina, floculante o coagulante, se deben usar guantes y tener cuidado de no hacer contacto con la piel porque pueden causar irritación, así mismo se deben proteger los ojos con goggles de seguridad, porque estos materiales pueden dañar la vista.

El sistema de protección contra incendio instalado en el área consta de: un detector de humo con una alarma sonora ubicada en la caseta de vigilancia, otra visual y sonora localizada en el panel general de alarmas. Extintores de CO₂ fueron colocados en el cuarto de control de motores y en el área de proceso.

Los tanques de proceso fueron diseñados y construidos con bases en el código ASME y el código API; la tubería de proceso es de PVC, material que soporta los constantes cambios de PH y evita corrosión en la tubería, derrames y problemas.

El área de proceso fue cubierta por un techo de lámina soportado por una estructura de acero y se instaló el alumbrado requerido. Este techo permite que la planta opere todo el tiempo, que los operadores puedan hacer ajustes aún en condiciones climatológicas extremas y que el equipo necesite menos mantenimiento y pintura. También protege la tubería de PVC, la cual puede secarse y agrietarse si se somete al sol. Las bases de los equipos son de concreto y tienen pendiente para enviar el agua (en caso de lavado o fuga) hacia las diferentes trincheras construidas en el área evitando encharcamientos.

Pensando en el caso de un corte de corriente eléctrica, todo el equipo indispensable para operar la planta y evitar que la planta de producción de jabones se inunde está conectado al sistema eléctrico de emergencia de la misma. Este sistema alimenta corriente únicamente a los equipos críticos. El controlador lógico fue programado para operar también en estas condiciones.

Las rutas de tuberías hidráulicas y condulets de alimentación eléctricos fueron diseñadas para optimizar la energía y los materiales mientras se conservan racks

simétricos. Las rutas eléctricas están localizadas a un nivel superior de las hidráulicas para evitar al máximo que cualquier fuga las moje y cause un incidente.

La planta cuenta con un área techada y ventilada diseñada para el almacenamiento de químicos. En ella se almacenan el floculante, el coagulante y la alumina, los cuales se reciben en tambores de 200 lts.

Los productos químicos utilizados en la planta y que pueden llegar a la planta de tratamiento a través del agua residual son los siguientes: Ácido clorhídrico, ácido sulfúrico, ácido cítrico, aceite mineral, aceite de coco, alcohol laúrico y etílico, colorantes en polvo, carbón activado, cera de abeja, cloruro de calcio, hipoclorito de sodio, cebo, hidróxido de sodio, sulfato de sodio, sulfato de zinc, sulfato de magnesio y diesel. Existen protecciones y sistemas en cada área de proceso y almacenamiento que reducen el peligro de que estos materiales lleguen al drenaje, y si estos llegaran, lo harían en una concentración mínima que no afectaría el funcionamiento de la planta de tratamiento.

Capacitación:

Los operadores fueron entrenados respecto a: la operación de la planta, las características de los diferentes químicos utilizados en el proceso, los límites de operación y las medidas de seguridad requeridas para ello.

Los operadores también han sido entrenados en mantenimiento de las bombas e instrumentos, en los análisis químicos para medir la eficiencia de la planta, así como en los procedimientos de seguridad requeridos para realizar cada una de sus labores.

3.2 Descripción de la Operación:

El agua residual proveniente de las áreas operativas de nuestra planta es canalizada a través del drenaje de la planta hacia el "Cárcamo de Bombeo". Este tanque es de concreto y está ubicado por debajo del nivel de drenaje de la planta. Dos bombas localizadas a nivel de piso son utilizadas para enviar el agua residual de este cárcamo de bombeo hacia el tanque de igualación, en el cual se adiciona ácido sulfúrico y se agita y/o recircula para bajar el pH hasta alcanzar entre 4 y 5. Este tanque es utilizado para absorber la variabilidad del agua residual de entrada, lo cual permite una operación más controlada de la Planta de Tratamiento basándonos en que la homogeneidad del agua residual disminuye el número de ajustes necesarios en la adición de químicos. Después el agua se bombea hacia el tanque de neutralización, con lo cual comienza un proceso continuo; antes de llegar a él, se le agrega alumina mediante una "T" instalada en la tubería, para bajar más el pH hasta alcanzar entre 2 y 3.5.

En el tanque de neutralización, de el otro lado de la mampara, se adiciona hidróxido de sodio y se agita, con el objetivo de llevar el pH hasta entre 6 y 8. Este cambio repentino de pH es un paso esencial en la separación de las grasas y aceites contenidas en el agua.

El agua neutralizada se bombea al tanque de adición de aire disuelto, pero antes de llegar se le agrega una parte del coagulante por medio de otra "T"; ya en el tanque de aire disuelto, se añaden pequeñas burbujas de aire mediante una piedra porosa localizada en el fondo del tanque. El agua sale del tanque con la fuerza de la bomba anterior y la presión del aire. En la tubería de salida se le adiciona otra pequeña cantidad de coagulante para lograr que todas las partículas de grasas y aceites se reúnan para formar coágulos grandes. El agua pasa a través del serpentín de reacción el cual es solo una tubería diseñada de tal manera que el coagulante tienen suficiente tiempo de interacción con el agua para separar las grasas y aceites y las burbujas de aire empiezan a subir estos coágulos a la superficie. Al salir del serpentín, el flujo se divide en dos debido a que la capacidad de los tanques de separación que se encuentran más adelante es limitada. Antes de llegar a estos tanques se le adiciona floculante, para ayudar aún más a las partículas grandes a subir a la superficie. Al llegar a los tanques el agua se empieza a acumular, mientras el aire disuelto tiende a subir, llevando los conjuntos de partículas hacia arriba y dejando el agua limpia abajo.

Después de un tiempo programado, los lodos alcanzan el nivel de derrame y empiezan a salir por la parte superior de los separadores hacia el tanque de lodos, hasta que después de un tiempo también programado se abren las válvulas de control automáticas de salida de agua clara ubicadas en la parte lateral inferior de los tanques de separación. El agua clara se envía por gravedad hacia un tanque de almacenamiento. Las válvulas abren y cierran en tiempos programados y ajustados por el operador dependiendo de la calidad del agua de entrada. El agua clara del tanque de almacenamiento o se utiliza para limpieza de pisos o se envía al drenaje cumpliendo con los límites de descarga establecidos por PROFEPA mediante la nom-013-ECOL/1993. Dicha norma regula como principales parámetros, que el agua enviada a drenajes debe tener un pH entre 6 y 9, una Temperatura menor de 40 °C, la cantidad de sólidos sedimentables debe estar entre 5-10 ml/l, el contenido de grasas y aceites deben estar entre 60 y 100 ml/L, y la conductividad eléctrica de este efluente debe estar entre 5,000 y 8,000 micromhos/cm.

Los lodos son enviados a un filtro prensa donde se secan y se juntan en un contenedor; el agua obtenida de este filtrado es enviada al cárcamo de bombeo para tratarla nuevamente.

Previamente a este estudio, se enviaron muestras de los lodos obtenidos a un laboratorio para identificar si estos lodos deben ser considerados un residuo peligroso. Para este caso, la autoridad competente basada en el análisis de los lodos determino la no peligrosidad de los mismos y basándose en su composición, autorizó su manejo como simple residuo no peligroso. Por tanto el lodo casi seco es puesto en un contenedor y enviado a un tiradero por medio de un transportista de desechos autorizado.

3.3 DIAGRAMA DE BLOQUES

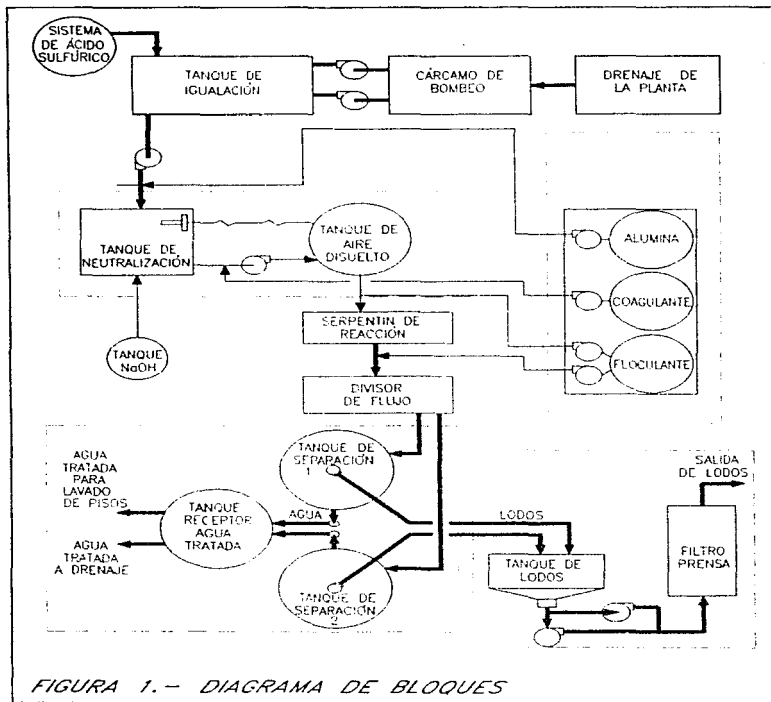
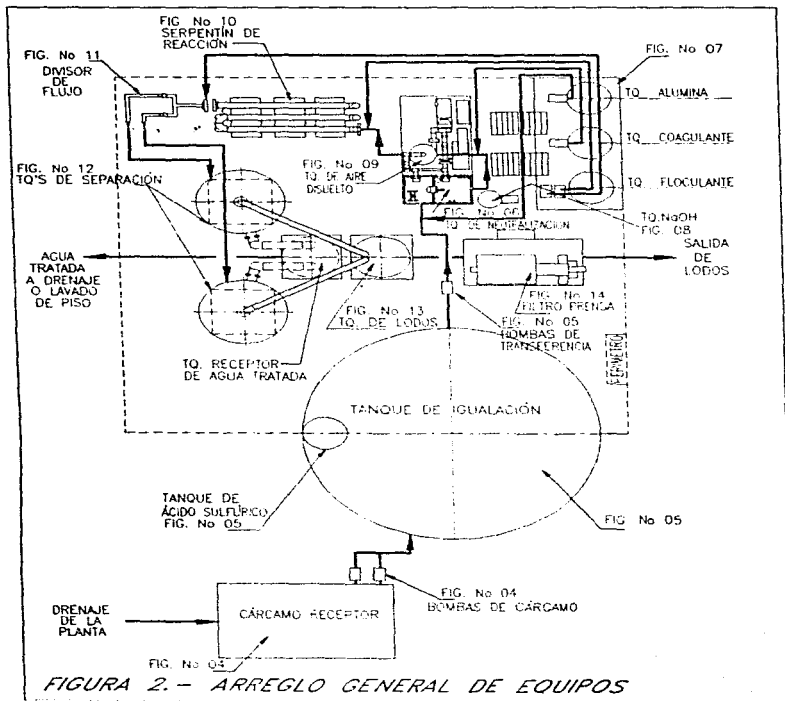


FIGURA 1.- DIAGRAMA DE BLOQUES

3.4 ARREGLO GENERAL DE EQUIPOS



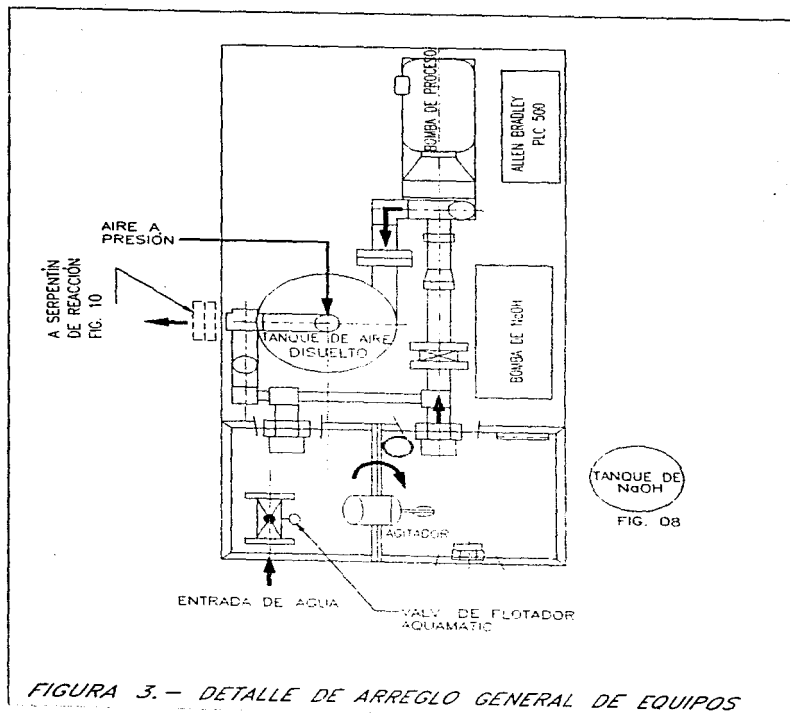
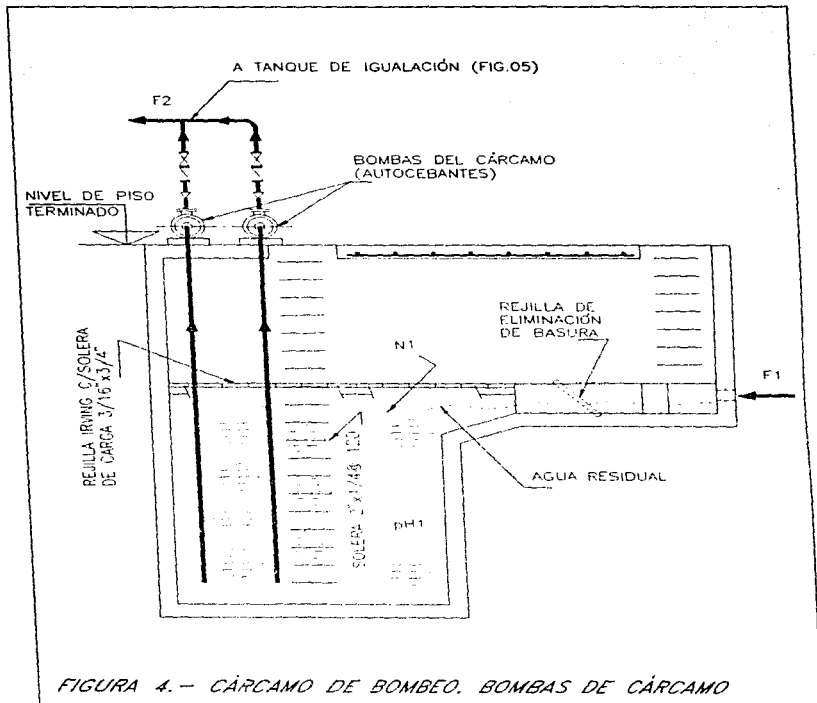


FIGURA 3. — DETALLE DE ARREGLO GENERAL DE EQUIPOS

3.5 DIAGRAMAS DE EQUIPOS



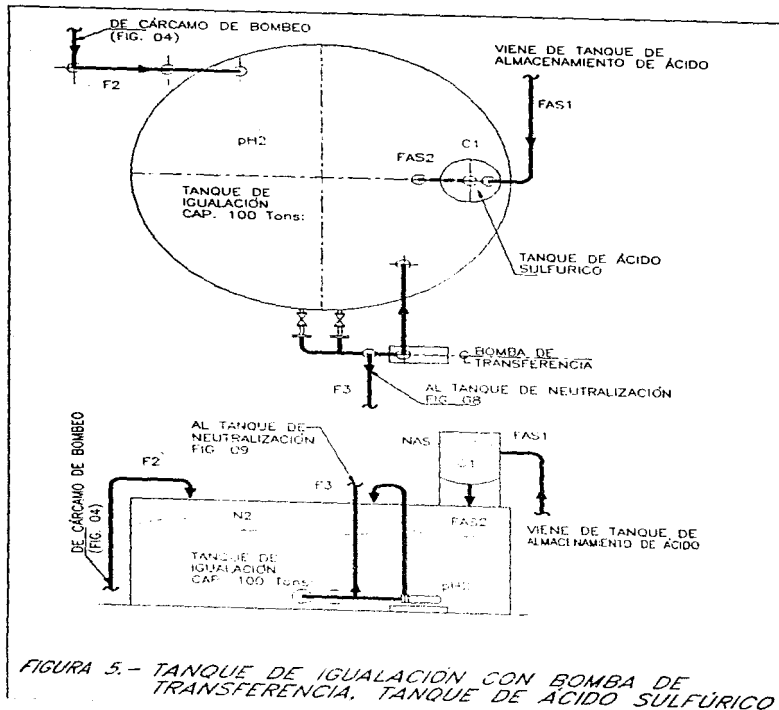
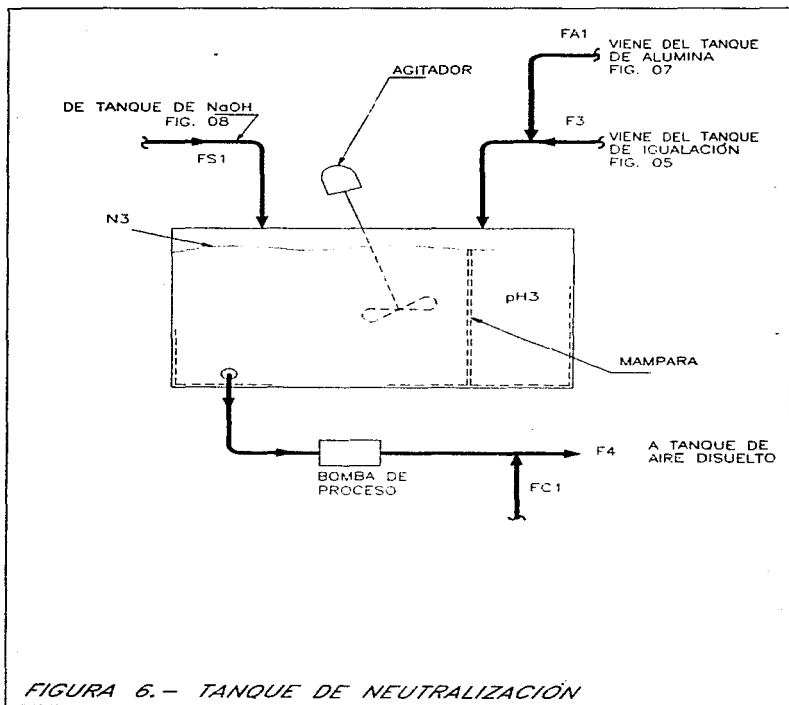
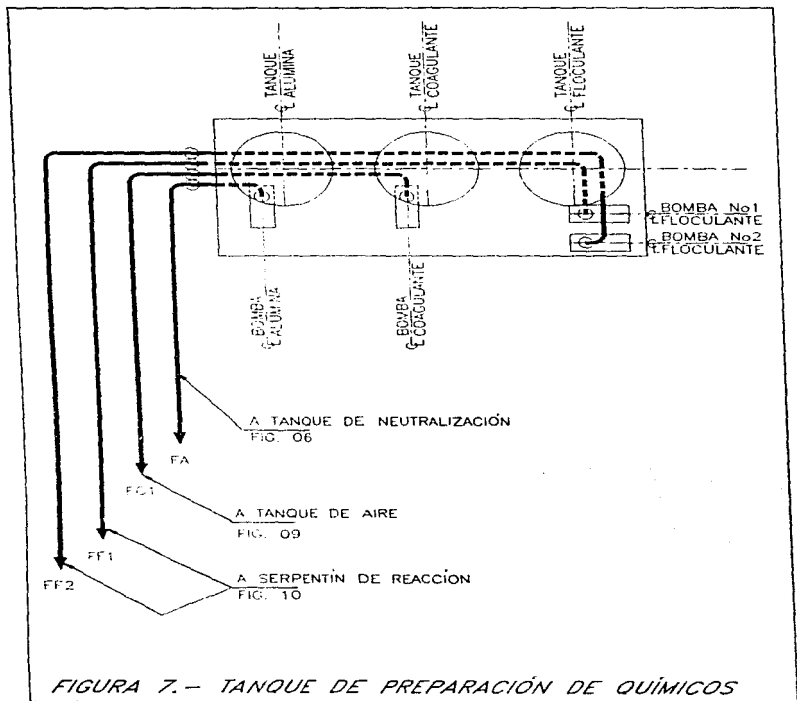
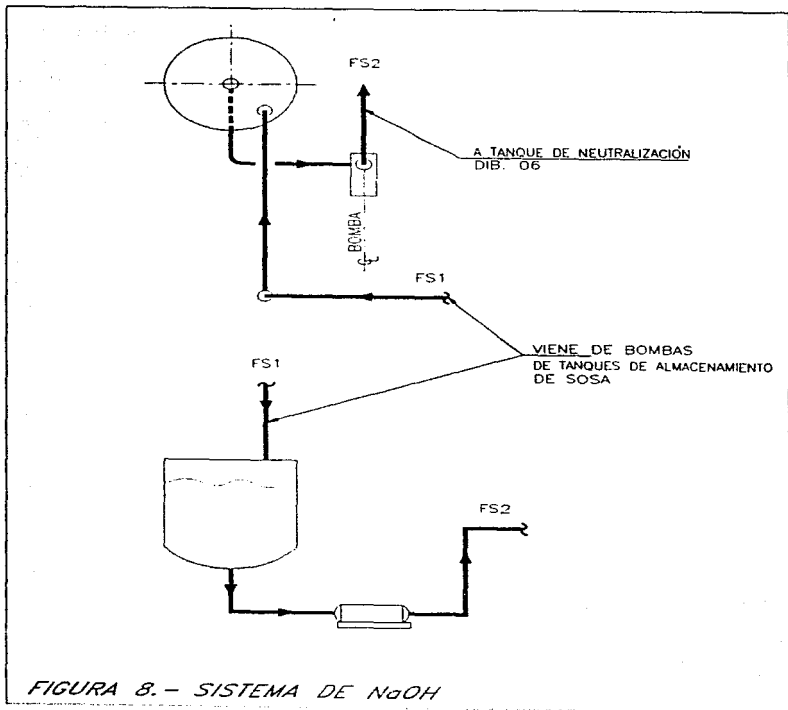
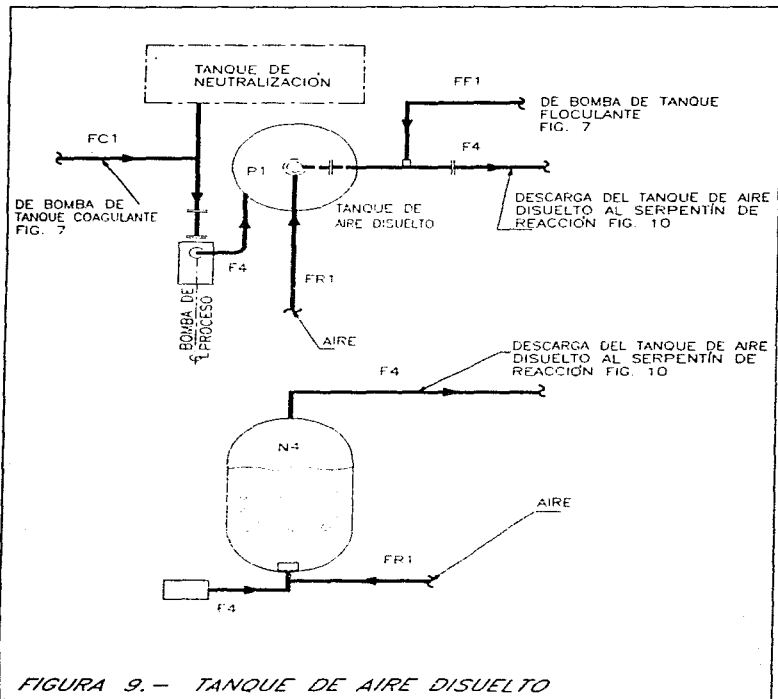


FIGURA 5.- TANQUE DE IGUALACIÓN CON BOMBA DE TRANSFERENCIA, TANQUE DE ÁCIDO SULFÚRICO









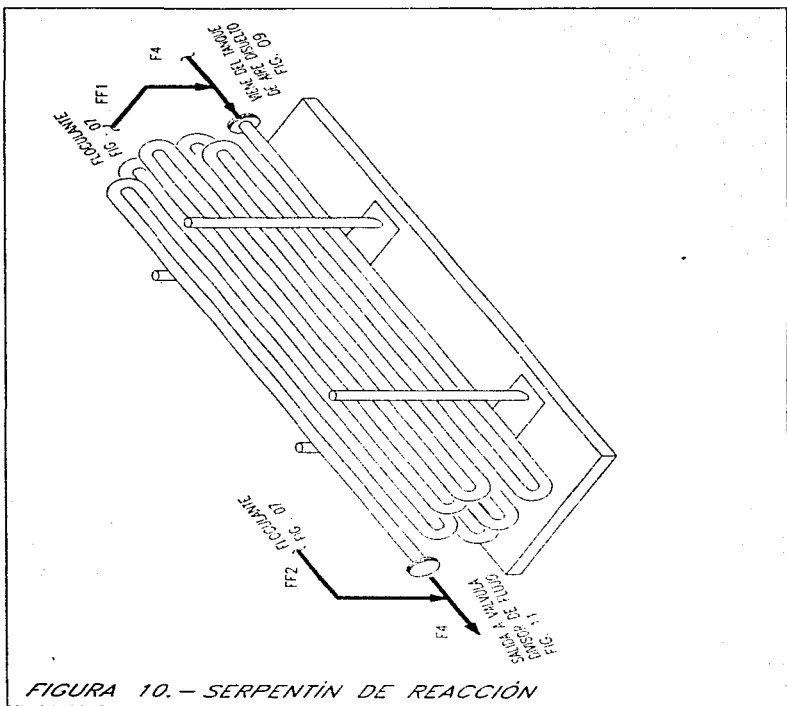


FIGURA 10. — SERPENTIN DE REACCION

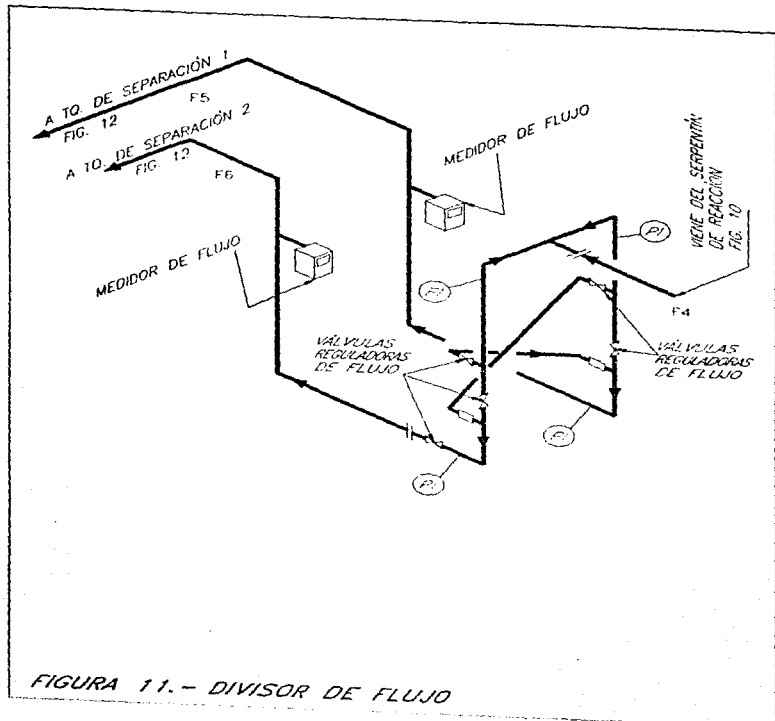


FIGURA 11. - DIVISOR DE FLUJO

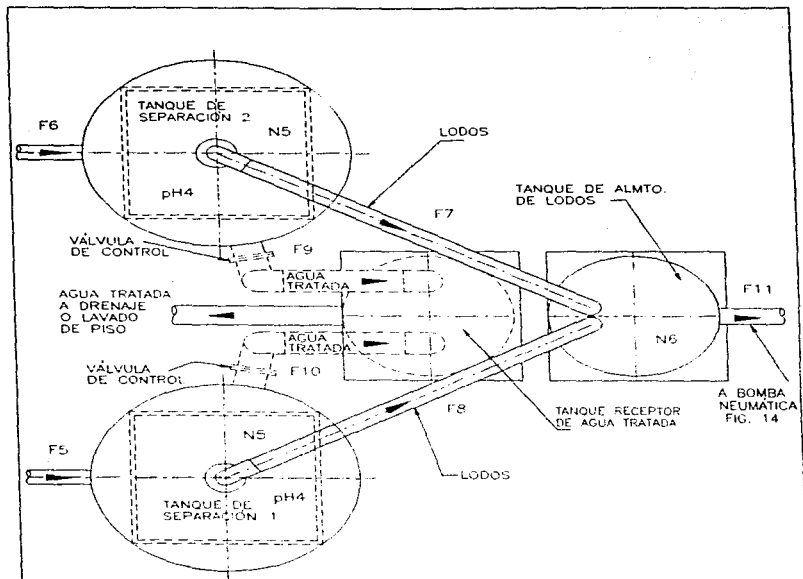
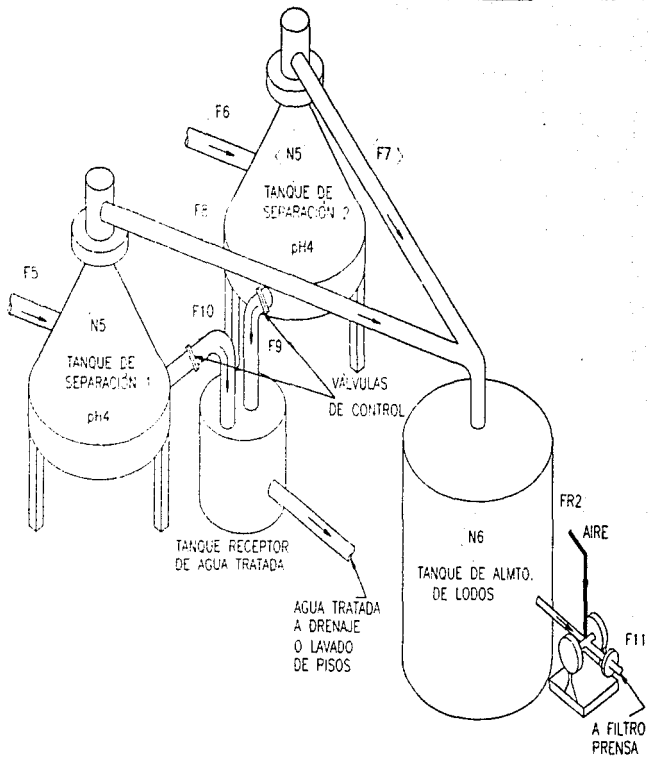
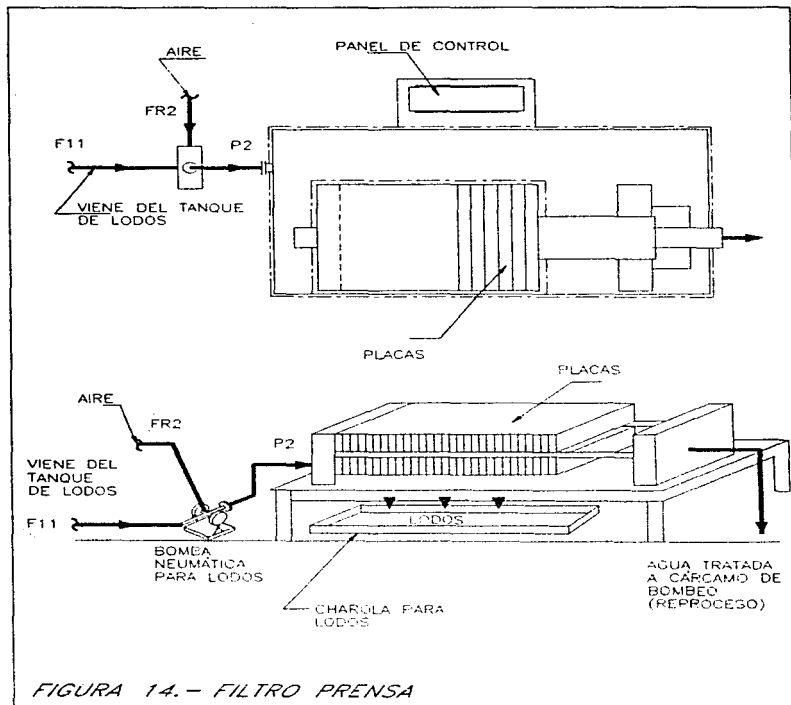


FIGURA 12. - TANQUES DE SEPARACIÓN, TANQUE DE LODOS

FIGURA 13. - TANQUES DE SEPARACION, TANQUE DE LODOS





CAPÍTULO 4
ANÁLISIS DE RIESGOS TIPO "HAZOP"

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DE RIESGOS TIPO HAZOP

4.1 Metodología

Una de las técnicas más desarrolladas dentro de las que analizan el proceso y operación más profundamente es el “HAZOP” (Hazardous Operability) o Estudio de Riesgo y Operabilidad. Este método fue seleccionado debido a la gran versatilidad que presenta en su aplicación además de que ha demostrado ser de realmente eficaz para el escurtino de un proceso; adicionalmente es fácil de usar, accesible para gente que no lo conoce, y aunque tiene limitaciones en la gran mayoría de los casos da muy buenos resultados.

El método fue creado en ICI en Europa en la década de los 60, tiempo después se estandarizó en las filiales de ICI, extendiéndose a la industria europea y poco a poco al resto del mundo, gracias al éxito de su aplicación, los excelentes resultados obtenidos y su moderado costo.

Este método detecta las desviaciones del proceso y operación, mediante el uso de las llamadas “Palabras Guía”, estimulando la búsqueda creativa y secuencial. Las palabras guía fueron diseñadas para inducir a que el análisis sea profundo, aunque esto depende también de los conocimientos y creatividad del usuario. El método induce a analizar la descripción del equipo y del proceso, cuestionando cada uno de sus componentes, descubre como las diferentes variables de control pueden afectar la operación y la seguridad, analiza los peligros y riesgos, así como sus causas y propone soluciones en donde son requeridas. Algunas de las causas que el HAZOP da como resultado, pueden ser descartadas basándose en la experiencia y el conocimiento del equipo multidisciplinario. Algunos de los riesgos pueden ser insignificantes y se pueden descartar. En este trabajo las palabras guía utilizadas son: más, menos, no, inverso y se mencionan únicamente los peligros posibles, evitando así revisar información no relevante.

Una de las bases del método es que utiliza a un equipo multidisciplinario para la evaluación de los riesgos en la Planta. Para este HAZOP, el equipo estuvo integrado por Personal de Producción, Mantenimiento, Proyectos, Seguridad de Procesos y de Protección Ambiental.

El líder de seguridad contribuyó al análisis con sus conocimientos sobre la peligrosidad de las materias primas, el equipo de seguridad necesario para garantizar la integridad del personal durante el manejo de estas sustancias y durante la operación de la planta, además ayudó a desarrollar los procedimientos de operación de la planta, los requerimientos de seguridad de cada tanque y cada equipo.

Los dos representantes de producción y el encargado de mantenimiento, ayudaron a evaluar los peligros involucrados con la operación de la planta de tratamiento, como pueden ser fugas, taponamientos, derrames, desarrollaron también sistemas de mantenimiento predictivo y correctivo necesarios, etc. Además identificaron las áreas en las que su personal necesitaba ser entrenado como manejo de materias primas, manejo de herramientas, utilización del equipo de seguridad, mantenimiento preventivo y mantenimiento predictivo.

El personal de Ingeniería se aseguró de que la información que se utilizó como base estuviera actualizada; dicha información contenía los diagramas de flujo, planos de localización, especificaciones de equipo; además el sustentante como líder del análisis HAZOP, consideró también los peligros que por su experiencia en el manejo de otros proyectos pudieran estar involucrados con esta planta.

El personal de Protección Ambiental ayudó a identificar los riesgos que correríamos en caso de derrames de las sustancias peligrosas utilizadas como materias primas, los posibles impactos a la comunidad y al medio ambiente. Además contribuyó con la información acerca de la legislación de los EIA y los Análisis de Riesgo.

Es un hecho que estos equipos multidisciplinarios le dan fuerza, solidez y valor agregado al Análisis de Riesgos puesto que los integrantes tienen diferentes especialidades, experiencias, estudios, puntos de vista, imaginación, etc. Los equipos idealmente deben estar integrados por entre 3 y 5 técnicos, los responsables de las áreas posiblemente afectadas, y el gerente del proyecto o encargado de la modificación. En este caso, el tener un equipo de 8 personas resultó práctico aunque a veces era difícil reunir a todos.

Cada proyecto de inversión en una planta industrial implica modificaciones en muchas áreas, las cuales deben ser analizadas. Se debe tener información actualizada, correcta, completa de cada área de la planta, para poder en determinado momento realizar un Análisis de Riesgos con la mayor exactitud y en el menor tiempo posible.

El número anual de modificaciones que se llevan a cabo en los diferentes procesos de una planta industrial es impresionante, y si se consideran las plantas en las que no se hicieron planos, o estos no han sido actualizados en muchos años, seguramente nos llevaríamos desagradables sorpresas al encontrar una gran cantidad de riesgos, y la probabilidad de que ocurra un accidente en ellas sería por lo tanto muy alta.

Cada análisis debe contar con un líder, capaz de manejar la información, tomar decisiones, fijar roles, responsabilidades, programas de trabajo, crear sistemas además de saber liderar a los equipos y convencer a la gerencia para obtener el apoyo necesario.

El procedimiento para llevar a cabo un Análisis de Riesgo debe incluir: Objetivos; Alcance; Definición del Equipo Multidisciplinario; Reunir Información Necesaria; Realización del Análisis; Desarrollo de Alternativas; Proponer Soluciones; Desarrollar el Plan de Implementación; Implementar las Soluciones y Actualización de Planos y / o Información. Así mismo, se deben crear sistemas para que esta información permanezca actualizada y los análisis no pierdan su valor con el tiempo.

Antes de iniciar este análisis HAZOP, se confirmó que los diagramas de flujo, los diagramas de tubería e instrumentación, los planos, las especificaciones del equipo, la lista de materias primas, la descripción de proceso y en general la información estuvieran completos, actualizados, y durante las juntas se transformaron a una forma sencilla para facilitar el análisis.

Se deben aclarar las razones para llevar a cabo el análisis como: Mejoras a los sistemas de seguridad, análisis para compra de equipo nuevo, reducción de contaminación, para realizar modificaciones que incrementan eficiencia, capacidad o higiene, para llevar al cabo un proyecto o no, para garantizar la integridad y calidad de un producto, modificar un plan para que cumpla con las normas de seguridad requeridas, revisar diseños, etc. También se deben fijar los límites hasta los que el análisis será llevado a cabo.

En este análisis, el HAZOP se realizó buscando incrementar la seguridad del personal en el área, evitar posibles impactos a las instalaciones, al ambiente y a la comunidad. También fijamos el límite del análisis como el área en donde se ubica

la planta de tratamiento de aguas residuales, sin olvidar los posibles impactos a la comunidad y el ambiente circundante.

Se debe tener un orden al realizar el análisis; se puede seguir una de estas dos reglas extremas:

- 1) Encontrar la solución para cada riesgo en cuanto se detecta (antes de buscar el siguiente riesgo).**
- 2) No buscar soluciones hasta identificar todos los riesgos.**

Hay muchas otras formas de hacerlo, como tomando decisiones al momento; el método debe ser definido de acuerdo a la experiencia de la gente, el tipo de planta, el tiempo disponible, el dinero y los recursos disponibles. Lo importante es definir un criterio para la evaluación y entonces trabajar pensando en el.

Para este trabajo, se decidió identificar primero los peligros potenciales junto con sus causas. Después se optó por evaluar el grado del daño y el impacto que podrían tener y el tipo de solución que se podría implementar.

Para facilitar la comprensión del análisis, este se desarrollo en forma de Tablas. Dichas tablas contienen las variables que podrían tener algún impacto, las probables desviaciones de estas variables (que identificamos como palabras clave y que en este análisis aplican –"más", "menos", "no" e "inverso –). así como las posibles causas y las respectivas recomendaciones. Más adelante en el Capítulo 5 se identifica por medio de una letra clave: la clase de impacto posible, el grado que podría alcanzar, el tipo de solución que se requiere y la prioridad que se le debe dar.

Estas claves están descritas en la siguiente tabla:

1) IMPACTO A:

El personal
Las instalaciones
La comunidad
El ambiente

Clave

A
B
C
D

2) GRADO DE RIESGO

- 1** *Mortalidad*
- 2** *Incapacidad temporal o permanente*
- 3** *Lesiones leves*
- 4** *Perdida parcial o total de instalaciones*
- 5** *Perdida de producción*
- 6** *Multas*
- 7** *Imagen*

3) TIPO DE SOLUCIÓN o soluciones que requieren ser implementadas para resolver el problema

A *Administración*

5 *Inversión:* (Baja -B- desde \$ 0.0 hasta \$ 1,000 USD)
(Mediana -M- desde \$ 1,000 hasta \$ 5,000 USD)
(Grande -G- desde \$ 5,000 USD en adelante)

1 *Investigación*

T *Cambios de tecnología*

4) PRIORIDAD se indica con una P y se codifica de acuerdo a la rapidez con la que se necesita implementar las solución:

- 1.** *Solución inmediata (Menos de 1 Mes)*
- 2.** *Mediano Plazo (1-3 Meses)*
- 3.** *Largo Plazo (3-6 Meses)*

Por ejemplo, si el posible impacto es a el personal, lo referimos en las tablas con la letra "A". Si el grado de Riesgo puede llegar a provocar incapacidades temporales o permanentes lo indicaremos con un 2. Cabe mencionar que pueden ser varios los impactos que tenga cada riesgo, y de diferentes grados; por tanto tendrán diferentes soluciones y prioridades.

***4.2 APLICACIÓN DEL HAZOP
A CADA EQUIPO***

HAZOP

Cárcamo de Bombeo / Bombas Autocebantes: Es un tanque de concreto donde se recibe el agua residual de la planta, está ubicado por debajo del nivel de drenaje de la planta. Dos bombas autocebantes a nivel de piso son utilizadas para mandar el agua del cárcamo al tanque de igualación (Figura 4)

| VARIABLE | DESVIACION | POSIBLES CAUSAS | RIESGO | RECOMENDACION |
|-----------------------|------------|---|---|---|
| FLUJO DE ENTRADA (F1) | No, Menos | Drenaje Bloqueado. Drenaje sucio. Puro Total. | Inundación de la planta de producción. | Revisión de Rejillas de Bloqueo. Limpieza inmediata de drenaje. Programa de limpieza de drenaje. |
| | Más | Lluvia. Limpieza de caldera. Limpieza de Equipo Grande. | Inundación del cárcamo de bombeo, posterior inundación de la planta de producción. | Aumentar la capacidad de bombeo fuera del cárcamo, para enviar el agua al tanque de igualación. |
| pH (pH1) | Más, Menos | Diferentes materiales siendo descargados en la planta productiva. | Corrosión en cárcamo y bombas. | Dividir los interiores de bombas para rangos de pH de 5 a 13. Aplicar recubrimiento anticorrosivo a la escalera del cárcamo. |
| NIVEL (N1) | No | No hay flujo. | Trabaja las bombas sin agua, estas se pueden calentar y <i>amarrarse (fijarse el impulsor con la carcasa)</i> . | Instalar sensor de bajo nivel para paro de bombas. |
| | Más | Mayor flujo | Riesgo de inundación del cárcamo y de la planta de producción. | Sensor de nivel medio para arranque de una bomba. Sensor de alto nivel para arranque de las dos bombas. Instalar un drenaje directo a drenaje para casos extremos. |
| FLUJO DE SALIDA (F2) | No | Problema mecánico, eléctrico o de control. | Riesgo de inundación del cárcamo y de la planta de producción. | Conectar bombas y control de nivel a Planta de corriente de emergencia para evitar paros por falta de corriente externa. Instalar botones para arranque manual de bombas. Mantenimiento Predictiva. |
| | Menos | Bombas sucias con grasa o basura. | Disminución de la capacidad de la planta y riesgo de inundar el cárcamo y la planta de producción. | Instalar rejilla para detener sólidos de más de 8 mm. Limpieza periódica de impulsores y carcasa de bombas. |
| | Inverso | Columna de líquido regresando al cárcamo durante paros de bombeo | Retardos durante el reinicio de bombeo causados por el aire en la tubería y en la bomba. | Instalar válvula check a la descarga de cada bomba. |

HAZOP

Tanque de Igualación / Bombeo a Tanque de Neutralización: Tanque de acero al carbón en donde se inicia el proceso. Se adiciona ácido sulfúrico para disminuir el pH del agua residual (normalmente básico) hasta alcanzar un pH entre 4 y 5. Tiene un agitador y recirculación para garantizar un pH uniforme en todo el tanque. Cuenta con una bomba centrífuga para mandar el agua hacia el tanque de neutralización o recircularla al mismo tanque de igualación. (Figura 5)

| VARIABLE | DESVIACIÓN | POSIBLES CAUSAS | RIESGO | RECOMENDACION |
|------------|------------|---|--|--|
| NIVEL (N2) | No, Menos | Cárcamo vacío o problema de bombas de cárcamo. | Trabaja la bomba sin agua y se amarra. Trabaja el agitador sin agua y se daña. | Sensores de bajo nivel con paro de bomba a Tanque de Neutralización, y paro de Agitador. |
| | Más | Fuero de tratamiento de agua. | Derriame de agua sin tratar sobre el piso del área, creando condiciones inseguras. | Instalar sobreflujo directo a drenaje, el cual trabajará solo en pasos por mantenimiento o condiciones adversas de lluvia. |
| pH (pH2) | Más | Características de descarga de proceso. | Adición de ácido sulfúrico manual, riesgo de quemaduras. Riesgo de no obtener la calidad de agua deseada. | Instalar un sistema automático de adición de ácido sulfúrico, para controlar el pH entre 7.5 y 6.5 Uso del equipo de seguridad necesario como lentes, zapatos, guantes y traje adecuado durante mantenimientos o adiciones eventuales manuales. |
| | Menos | Condición anormal en planta productiva. | Adición manual de Hidróxido de Sodio (NaOH) en estacas con riesgo de quemaduras. | Alarma de bajo pH para adición manual de NaOH en estacas. Entrenamiento a operadores acerca del manejo de estacas de NaOH. Uso de equipo de seguridad necesario como lentes, zapatos y guantes. |
| FLUJO (F3) | No | Bajo nivel en tanque. Falta de la bomba o el sensor de bajo nivel. Válvula hacia proceso cerrada. | Riesgo de calentamiento de la bomba, y se puede amarrar. | Revisar la bomba y el sensor. Instalar las protecciones eléctricas necesarias como protecciones térmicas y fusibles. |
| | Más | Sobrepasa capacidad del Tanque de neutralización. | Riesgo de derrame del tanque de neutralización. | Instalar válvula de nivel en tanque de neutralización, que al cerrar recicle a tanque de igualación. |
| | Menos | Bombas sucias con grasa o basura. | Disminución de la capacidad de la planta de tratamiento. | Limpieza periódica de impulsor y carcasa de bombas. |

HAZOP

Sistema de Acido Sulfúrico: El tanque de Acido Sulfúrico de 1000 lts. es alimentado desde el tanque principal de ácido sulfúrico de la planta. El tanque está colocado sobre el tanque de igualación (60,000 lts) para adición automática a través de una válvula solenoide ubicada en la parte inferior del tanque de ácido, controlada por un sensor de pH ubicado a la descarga del tanque de igualación. (Figura 5)

| VARIABLE | DESVIACION | CAUSA | RIESGO | RECOMENDACION |
|----------------------------------|------------|---|---|---|
| FLUJO A TANQUE DE PROCESO (FAS1) | No, Menos | Bajo nivel tanque Principal. Rotura de tubería o fuga en tanque Bomba dañada. | Riesgo de correr la bomba en seco y se puede amasar. Gotas al personal y equipos que estén o pasen debajo de las tuberías. Falta de ácido para tratamiento de agua. | Alarma de bajo nivel en tanque principal con paro de bomba. Charola para derrames a lo largo de la tubería. Alarma de bajo nivel en tanque de proceso. Revisar tanque y tubería. |
| | Más | Mal funcionamiento del sensor de alto nivel. | Derrame de Acido sobre la plataforma del tanque de igualación. | Instalar un derrame en el tanque de ácido que descargue directo al tanque de igualación. |
| NIVEL EN TANQUE DE PROCESO (NAS) | No | Nivel de tanque principal bajo. Falta de bomba. Válvula de descarga abierta. | Falta de ácido para tratamiento de Agua. Exceso de ácido para tratamiento de agua; problemas de corrosión en tanque y equipo. | Sensor de bajo nivel con alarma al panel de control, para revisión del operador. Alarma por bajo pH. |
| | Más | Falla de sensor de alto nivel. | Derrame de ácido al tanque de igualación provocando exceso de ácido en éste, problemas de corrosión por bajo pH. | Derrame al tanque de igualación. Alarma por bajo pH. |
| | Menos | Falta de Acido en tanque principal. Fuga en tubería | Peligro de quemaduras causado por fugas en la tubería. | Alarma por bajo nivel para revisión del operador. |
| FLUJO A TQ IQUALIZAC. (FAS2) | Más | Válvula atorada. Sensor de pH mal calibrado | Corrosión de Tanque de igualación Fugas de agua con pH bajo Trasvase de Agua defectuoso | Proteger tanque de igualación vs. corrosión. Calibrar periódicamente el sensor de pH. Tener válvula de tanque nueva como relación |
| FLUJO A TQ IQUALIZAC. (FAS3) | No, Menos | Válvula Tapada Sensor de pH mal calibrado Tanque de Acido vacío | Tratamiento de Agua Residual Defectuoso | Alarma por alto pH en el tanque de neutralización |
| RELACION DE AGUA/ACIDO (C) | Más | Entrada de agua de lluvia. Entrada de Agua de proceso. | Peligro de corrosión de tubería, bomba, tanques y válvulas. | Tapar los tanques evitando cualquier entrada de agua de lluvia. No conectar los tanques a tuberías de agua (ni siquiera para lavado). |

HAZOP

Adición de Alúmina / Tanque de Neutralización/ Sistema de NaOH : Se adiciona alúmina en la tubería que va del tanque de igualación al tanque de neutralización para bajar el pH hasta 4 a la entrada del tanque de neutralización, en donde se agita y se adiciona automáticamente NaOH para aumento de pH a 8. Este cambio repentino de pH es indispensable para la separación de los lodos. La adición es sumergida y el tanque tiene tapa para evitar salpicaduras. (Figuras 6 y 7)

| VARIABLE | DESVIACION | CAUSA | RIESGO | RECOMENDACION |
|-----------------------|------------|---|---|--|
| NIVEL (SV) | No, Menos | Falla de Agua en tanque de igualación. | Peligro de correr la bomba sin agua y se puede amarar. | Alarma de bajo nivel con paro de bomba de proceso. |
| | Más | Falla de válvula de nivel y falla de actuación de recirculación. | Peligro de derrames de agua con diferentes pH's en la Planta de tratamiento de aguas. Posibles quemaduras por ácido o NaOH. | Instalar un derrame a Cárcamo receptor para que el agua que se derrame se incorpore al ciclo inicial de tratamiento. |
| pH (pH) | Max | Falla de Sensor de pH provocando la adición automática de NaOH. | Peligro al mantener pH básico y correr la bomba, comenzando fugas y deterioros. Peligro de quemaduras. | Calibrar y revisar periódicamente el sensor de pH. Tener uno de reserva. Instalar una alarma de alto y bajo pH a panel de operación. |
| | Menos | No hay NaOH en el tanque de almacenamiento. Falla del sensor de pH. | Peligro de manejar un pH ácido y correr la bomba, comenzando fugas y deterioros. Peligro de quemaduras. | Sensor de bajo nivel de tanque NaOH con alarma a panel de control para revisión del operador. |
| FLUJO DE NaOH (FS) | Menos | Bajo nivel en tanque de NaOH. Mala calibración de bomba dosificadora. | Peligro de Alto pH. | Calibrar bomba. |
| | Más | Calibración de Bomba dosificadora. | Peligro de Bajo pH. | Calibrar bomba. |
| FLUJO DE ALUMINA (FA) | Más | Calibración de bomba dosificadora. | El pH llegará a ser menor que 4 a la entrada del tanque de Neutralización y es posible que no se pueda llevar al cabo el cambio de pH como se requiere. | Calibrar bomba. |
| | Menos | Calibración de bomba dosificadora. fuga en tubería. No hay ni el tanque de Alúmina. | El pH será mayor que 4 a la entrada del tanque de Neutralización y es posible que no se pueda llevar al cabo el cambio de pH como se requiere. | Alarma por variación de pH en el tanque, para revisión del operador. |

HAZOP

Bomba de proceso/ Adición de coagulante: Es una bomba centrífuga que manda agua del tanque de neutralización a través del tanque de aire disuelto, a la salida del cual en la tubería se agrega coagulante para la formación de coágulos de contaminantes. Por esta misma tubería, el líquido pasa a través del serpentín de reacción y llega a los tanques de separación. (Figuras 6 y 7)

| PATRON | DESVIACION | CAUSA | RIESGO | RECOMENDACION |
|---------------------------|------------|---|--|---|
| FLUJO (F4) | Na, Menos | Válvula cerrada a la salida del tanque de neutralización. No hay nivel en tanque de Neutralización. No hay corriente, falla de PLC Falla de bomba. | Riesgo de trabajar la bomba recirculando el mismo líquido, mucho tiempo, que se caliente y se amarre. Paro de planta. | Sensor de presión a la descarga de la bomba con paro de bomba. Instalar derrame dirigido hacia el Cárcamo de Bombas. |
| | Más | El impulsor de la bomba está sobrediseñado. Las revoluciones de la bomba no son las adecuadas. | No obtener agua dentro de los límites requeridos por PROFEPA. | Recortar y balancear el impulsor de la bomba. Revisar y corregir diseño. |
| FLUJO DE COAGULANTE (FCT) | Menos, No | Tubería bloqueada. Calibración de bomba dosificadora. Bajo nivel o No nivel en tanque de coagulante. Válvula check bloqueada. | No obtener agua dentro de los límites requeridos por PROFEPA. | Rondas de inspección visual del operador. |
| | Más | Calibración de bomba dosificadora. | No obtener agua dentro de los límites requeridos por PROFEPA. | Calibrar bomba. |
| | Inverso | Alta presión en tubería de agua y baja presión en la adición de coagulante. | Flujo de agua hacia el tanque de almacenamiento y dilución de coagulante. | Instalar válvula check en la "T" de alimentación a la tubería. |

HAZOP

Tanque de Aire Disuelto, Serpentin de reacción, Divisor de flujo: Tanque de adición de aire en pequeñas burbujas para ayudar a la separación de los lodos, tubería que nos permite un tiempo de reacción del coagulante con el agua y los contaminantes, divisor de flujo para enviar el mismo flujo a cada tanque separador de lodos. (Figuras 9, 10, y 11)

| VARIABLE | DESVIACION | CAUSA | RIESGO | RECOMENDACION |
|------------------------------|-------------------|--|--|--|
| FLUJO (F4) | No, Más, Menos | Depende de bomba de Proceso. | Falla en tratamiento de Agua, al tener el agua menos aire disuelto, disminuye el arrastre de los coágulos de grasa y aceite hacia la superficie. | Misma de Bomba de Proceso. |
| PRESION (P1) | Más | Falla en control de Presión de compresor. Válvulas de regulación cerradas. | Sobrepresión en el tanque. | Checkar el plano de construcción del tanque y su memoria de cálculo. Instalar válvula de alivio al tanque, con descarga visible a drenaje. |
| | Menos | Falla de compresor. Fuga en tubería. Válvula de drenaje abierta. | Falla en tratamiento de Agua, al tener el agua menos aire disuelto, disminuye el arrastre de los coágulos de grasa y aceite hacia la superficie. | Instalar sensor de baja presión con alarma a panel de control, para revisión del operador. Checkar válvula de drenaje. |
| NIVEL (N4) | Más | Imposible; el control de niveles por gravedad y depende del tanque de neutralización que es igual de alto. | Ninguno | — |
| | Menos | Válvula de drenaje abierta. | Pasar agua sin tratar directamente hacia drenaje. | Dejar el drenaje visible al paso del operador, para que lo corrija. |
| DIVISION DE FLUJO (F3,F6) | Más, Menos | Mala calibración. | Operar los tanques de separación con condiciones diferentes y tiempo de apertura de válvulas igual y obtener agua mal tratada. | Instalar medidores de flujo a la salida del divisor. Calibración periódica de los mismos. |

HAZOP

Tanques de Separación: Tanques de separación de lodos. Los lodos tienden a subir dentro de ellos, gracias a la adición previa de coagulante y floculante ayudados por las pequeñas burbujas de aire disueltas en el agua, que al subir arrastran los lodos. El flujo de entrada es constante y el de salida de agua limpia se interrumpe cada determinado tiempo, para que el nivel en estos tanques suba y los lodos salgan por el derrame al tanque de lodos. (Figuras 12 y 13)

| VARIABLE | DESVIACION | CAUSA | RIESGO | RECOMENDACION |
|-------------------------------|------------|--|--|--|
| FLUJO (F5, F6) | No | Paro bomba de proceso. | Descargas directas del Tanque de igualación a drenaje. | Alarma de paro de proceso |
| | Más | Variación en el divisor de flujo. Mala calibración de los sensores de flujo | Crear una turbulencia dentro de los tanques, que no permita la separación completa de los lodos. Mandar demasiada agua junto con los lodos, hacia el tanque de lodos. | Calibración periódica de los sensores de flujo. Revisión periódica del operador. |
| | Menos | Variación en el divisor/controlador de flujo. Mala calibración en los sensores de flujo. Bomba de Proceso sucia | Mandar lodos hacia el tanque de agua tratada. | Calibración periódica de los sensores de flujo. Revisión periódica de la indicación del sensor. Revisión y Limpieza periódica de la bomba de proceso. |
| pH (pH4) | Más, Menos | Diferencias en P+o-eso. | Tratamiento defectuoso de aguas residuales. | Recubrimiento anticorrosivo a tanques separadores. |
| NIVEL (N5) | No | Paro de proceso. | Usar la bomba de proceso en seco y que se amarre. | Instalar sensor de nivel |
| | Más, Menos | Mayor flujo de entrada. Impulsor de la bomba muy grande. | Tratamiento defectuoso de aguas residuales. | Calibrar sensores de nivel y separador de flujo. Revisar impulsores y curva de operación de la bomba. |
| FLUJO DE FLOCULANTE (FPL, F7) | Más, menos | Calibración de bomba dosificadora, tubería bloqueada, válvula check tapada. | Tratamiento defectuoso de aguas residuales. | Inspecciones visuales del operador a las mangueras transparentes, análisis periódico de agua limpia. Instalar válvula check a la entrada del floculante a la tubería de proceso |

HAZOP

Tanque de Lodos: Tanque de concreto en donde se reciben estos y se almacenan mientras que son bombeados al filtro prensa. (Figuras 12 y 13)

| VARIABLE | DESVIACION | CAUSA | RIESGO | RECOMENDACION |
|------------------|---------------|--|--|--|
| FLUJO (F2,F3) | No | Paro de proceso. Válvulas de salida de Tanques de Separación, continuamente abiertas. Salida de Tanques de Separación tapada con lodos. | Descargar agua sucia a drenaje. Derramar lodos por la parte superior de los Tanques de Separación | Revisar y reparar o limpiar las válvulas. Limpiar la salida de los tanques de separación. |
| | Más, Menos | Depende de la calibración del tiempo de cierre de válvulas de tanques separadores. | Descargar agua sucia a drenaje. Descargar de lodos con exceso de agua hacia el tanque de lodos y hacer trabajar al filtro prensa más tiempo (Reprocesar) | Chequeo rutinario para ver si están saliendo puros lodos o sale también mucha agua, de acuerdo a esto, ajustar tiempos. |
| NIVEL (N6) | No, Menos | Paro de proceso, válvulas de tanques separadores continuamente abiertas. (Puede ser condición normal, porque el bombeo hacia el filtro es más rápido que la entrada de lodos al tanque). | Descargar agua sucia a drenaje. | Revisión periódica de operadores. Instalar sensor de bajo nivel, programando el cierre de la válvula solenoide y paro de operación de bomba de lodos. |
| | Más | Válvulas de tanques separadores continuamente cerradas. Filtro prensa demasiado lleno de lodos. Paro de filtro prensa. | Derramar el tanque de lodos. | Instalar un derrame hacia cálcamo receptor y un sensor de nivel alto con alarma al panel principal. |

HAZOP

Filtro Prensa: Filtro con membranas plásticas, en donde se filtran los lodos para secarlos y separarlos del agua. De un lado de las membranas se quedan los lodos y por el otro sale el agua filtrada, la cual es recirculada al cárcamo de bombeo, para reprocessar las pequeñas partículas que pueden no haber sido filtradas. El filtro está controlado por su propio controlador lógico. (Figura 14)

| VARIABLE | DESVIACION | CAUSA | RIESGO | RECOMENDACION |
|--------------------|------------|--|--|---|
| FLUJO (F1) | No | Paro de proceso. Salida de Tanques de Lodos bloqueada con lodos. Paro de bomba de lodos. | Derramar lodos al cárcamo de bombeo y reprocessar todo este lodo. | Revisar y reparar o limpiar la bomba de lodos. Limpiar la salida del tanque de lodos. |
| | Más | Exceso de presión de aire a la bomba neumática de lodos. | Provocar fugas de lodos hacia el lado de agua limpia en el filtro. | Checkear y corregir de presión de aire. |
| | Menos | Bomba sucia. Descarga de tanque de lodos bloqueada. Paro de bomba de lodos. | Que suba el nivel en el tanque de lodos y derramalos. | Instalar alarma de alto nivel en el tanque de lodos. Limpieza rutinaria de bomba de lodos. |
| FLUJO DE AIRE (F2) | No, Menos | Paro de compresor. Válvula solenoide de aire cerrada o bloqueada. | Falta de Presión para hacer trabajar la bomba de lodos. Derramar de tanque de lodos. Secado lento de lodos. | Instalar sensor de baja presión de aire con alarma a panel de control, para revisión del operador. Checkear válvula check y válvulas de paso. Mantenimiento predictivo al compresor. |
| PRESION (P2) | No | Paro de Filtro Prensa. | Derrame de tanque de lodos. Descarga de agua sucia al drenaje. | Revisión periódica de Compresor. Calibración periódica de válvulas reguladoras. |
| | Menos | Filtrado lento de lodos. | Derrame de tanque de lodos. Descarga de agua sucia al drenaje. | Revisión periódica de Compresor. Calibración periódica de válvulas reguladoras. |
| | Más | Exceso de presión en la bomba de lodos. | Provocar fugas de lodos hacia el lado de agua limpia en el filtro. | Revisión periódica de Compresor. Calibración periódica de válvulas reguladoras. |
| Sistema de Control | No | Falla general de Filtro. | Paro de Filtro Prensa. | Revisión de controlador Lógico. |

CAPÍTULO 5
PRINCIPALES ÁREAS DE IMPACTO,
PRIORIDADES, RECOMENDACIONES
Y
CONCLUSIONES

***5.1 PRINCIPALES ÁREAS DE IMPACTO
PRIORIDADES Y REQUERIMIENTOS
POR EQUIPO***

PRINCIPALES AREAS DE IMPACTO, PRIORIDADES Y REQUERIMIENTOS PARA IMPLEMENTAR RECOMENDACIONES

Cárcamo de Bombeo / Bombas Autocebantes (Dibujo 4):

| VARIABLE | RIESGO | RECOMENDACIONES | IMPACTO A: | TIPO DEL DAÑO | INVERSION | CAMBIOS EN ADMINISTRACION | INVESTIGACION (CAMBIO DE TECNOLOGIA) | PRIORIDAD |
|-----------------------|--|---|------------|---------------|-----------|---------------------------|--------------------------------------|-----------|
| FLUJO DE ENTRADA (F1) | Inundación de la planta de producción | Revisión de Rejillas de bloqueo. Limpieza de drenaje y Limpiezas periódicas. | B A | 2 5 | B | SI | NO | 2 |
| | Inundación del cárcamo de bombeo, posterior inundación de la planta productiva. | Aumentar la capacidad de bombeo rueta del cárcamo, para enviar el agua al tanque de equalización. | H A | 2 5 | M | NO | NO | 3 |
| pH (pH) | Corrosión en cárcamo y bombas. | Diseñar interiores de bombas para rangos de pH de 5 a 13. Recubrimiento anti corrosivo a escalera del cárcamo. | B A | 2 4 | M | NO | SI | 2 |
| NIVEL (N1) | Trabaja las bombas sin agua, se pueden calentar y fundir el impulsor con la carcasa | Instalar sensor de bajo nivel para paro de bombas. | B | 3 | B | NO | SI | 1 |
| | Riesgo de inundación del cárcamo y de la planta de producción. | Sensor de nivel medio para arranque de una bomba. Sensor de alto nivel para arranque de las dos bombas. Instalar un drenaje directo a drenaje. | B D | 4 7 | M | NO | SI | 1 |
| FLUJO DE SALIDA (F2) | Riesgo de inundar el cárcamo y la planta de producción. | Conectar bombas y control de nivel a Planta de corriente de emergencia para evitar paros por falla de corriente externa. Instalar botones para arranque manual de bombas. Mantenimiento Predictivo. | A B | 2 7 | M | SI | SI | 1 |
| | Disminución de la capacidad planta y riesgo de inundar el cárcamo y la planta de producción. | Instalar rejilla para detener sólidos de más de 6 mm. Limpiezas periódicas de impulsor y carcasa de bombas. | A B | 2 7 | B | SI | NO | 2 |
| | Retardos durante el reinicio de bombas causados por el aire en la tubería y en la bomba. | Instalar válvula check a la descarga de cada bomba. | D | 7 | B | NO | NO | 1 |

PRINCIPALES AREAS DE IMPACTO, PRIORIDADES Y REQUERIMIENTOS PARA IMPLEMENTAR RECOMENDACIONES

Tanque de Equalización/ Bombeo a Tanque de Equalización (Dibujo 5):

| VARIABLE | RIESGO | RECOMENDACION | IMPACTO A: | GRADO DEL DAÑO | INVERSION | ADMINISTRACION | INVESTIGACION (CAMBIO DE TECNOLOGIA) | PRIORIDAD |
|------------|---|---|-------------|------------------|-----------|----------------|--------------------------------------|-----------|
| NIVEL (N2) | Trabajar la bomba sin agua y se amarrar. Usar agitador sin agua y se dañe. | Sensor de bajo nivel con paro de bomba a Tanque de Neutralización, y paro de Agitador. | B | 4 | B | NO | SI | 1 |
| | Derramar agua sin tratar en el piso creando condiciones inseguras. | Instalar sobreflujo directo a drenaje que trabajará solo en paros por mantenimiento o condiciones de lluvia. | B D | 6 7 | B | NO | NO | 2 |
| pH (pH2) | Adición de ácido sulfúrico manual. riesgo de quemaduras. Riesgo de no obtener la calidad de agua deseada. | Instalar sistema automático de adición de ac. sulfúrico, para controlar pH entre 7.5 y 8.5. Uso del equipo de seguridad como lentes, zapatos, guantes y traje adecuado en mantenimientos o adiciones eventuales manuales. | A B D | 2 4 6 7 | M | NO | SI | 1 |
| | Adición manual de Hidróxido de Sodio (NaOH) en escamas con riesgo de quemaduras. | Alarma de bajo pH para adición manual de NaOH en escamas. Entrenamiento sobre el manejo de escamas de NaOH. Uso de equipo de seguridad como lentes, zapatos y guantes. | A B D | 2 4 | M | SI | SI | 1 |
| | Riesgo de calentamiento de la bomba, y se puede amarrar. | Revisar la bomba y el sensor. Instalar las protecciones eléctricas necesarias elementos térmicos y fusibles. | B | 4 | B | NO | NO | 1 |
| | Riesgo de derrame del tanque de neutralización. | Instalar válvula de nivel en tanque de neutralización, que al cerrar recircule a tanque de Equalización. | D B | 2 4 | B | NO | NO | 1 |
| FLUJO (F3) | Disminución de capacidad de tratamiento. | Limpieza periódica de impulsor y carcasa de bombas. | D | 6 7 | B | SI | NO | 1 |

PRINCIPALES AREAS DE IMPACTO, PRIORIDADES Y REQUERIMIENTOS PARA IMPLEMENTAR RECOMENDACIONES

Sistema de Acido Sulfurico (Dibujos 5):

| VARIABLE | RIESGO | RECOMENDACION | IMPACTO A: | GRADO DEL DAÑO | INVERSION | ADMINISTRACION | INVESTIGACION (CAMBIO DE TECNOLOGIA) | PRIORIDAD |
|----------------------------------|--|--|------------|----------------|-----------|----------------|--------------------------------------|-----------|
| FLUJO A TANQUE DE PROCESO (FASI) | Comer bomba en seco y so amarrar. Golpear a gente y equipos que estén o pesen debajo de las tuberías. Falta de ácido para tratamiento de agua. | Alarma de bajo nivel en tanque principal con paro de bomba. Charola para derrames a lo largo de la tubería. Radiografía a tubería. Alarma de bajo nivel en tanque de proceso. Revisar tanque y tubería. Entrenar al personal en el manejo de Ácidos. | A | 2 | M | NO | SI | 1 |
| | | | B | 4 | | | | |
| | | | D | 5 | | | | |
| | | | D | 6 | | | | |
| | | | | D | 7 | | | |
| | Derramar Acido sobre plataforma del tanque de equalizacion. | Instalar un derrame en el tanque de ácido que desague directo al tanque de equalización. | B | 4 | B | NO | NO | 1 |
| | | | | | 2 | | | |
| NIVEL EN TANQUE DE PROCESO (NAS) | Falta de ácido para tratamiento de Agua. | Sensor de bajo nivel con alarma al panel de control, para revisión del operador. Alarma por bajo pH. | D | 6 | M | NO | SI | 1 |
| | | | | 7 | | | | |
| | Derramar ácido en tanque de equalización provocando en este exceso de H_2SO_4 y problemas de corrosión. | Derrame al tanque de Equalización. Alarma por bajo pH en el tanque de Equalización | B | 4 | M | NO | SI | 2 |
| | Peligro de quemaduras causadas por fugas en tubería. | Alarma por bajo nivel para revisión del operador. | A B | 2 4 | M | NO | SI | 1 |
| RELACION DE AGUA/ ACIDO (CI) | Peligro de corrosión de tubería, borbuja, tanques y válvulas. | Tapar los tanques evitando entradas de agua de lluvia. No conectar directamente los tanques a tuberías de agua (ni siquiera para lavado). | A | 2 | M | NO | NO | 1 |
| | | | B | 4 | | | | |

PRINCIPALES AREAS DE IMPACTO, PRIORIDADES Y REQUERIMIENTOS PARA IMPLEMENTAR RECOMENDACIONES

Adición de Alúmina/ Tanque de Neutralización/ Sistema de NaOH (Dinujos 6 y 7):

| VARIABLE | RIESGO | RECOMENDACION | IMPACTO A: | GRADO DEL DAÑO | INVERSION | ADMINISTRACION | INVESTIGACION (CAMBIO DE TECNOLOGIA) | PRIORIDAD |
|------------------------|---|---|-------------|----------------|-----------|----------------|--------------------------------------|-----------|
| NIVEL (N3) | Coner la bomba sin agua y se puede amarrar. | Alarma de bajo nivel con paro de bomba de proceso. | B | 4 | B | NO | SI | 1 |
| | Vertimiento de agua con diferentes pH's en la Planta de tratamiento. Quemaduras por ácido o NaOH. | Instalar un derrame a Circuito receptor para que el agua que se derrama se incorpore al ciclo inicial de tratamiento. | A B | 2 3 4 | B | NO | NO | 1 |
| pH (PH) | Tener pH basico y coner la bomba, causando fugas/deteriores. Peligro de quemaduras. | Calibrar y revisar periódicamente el sensor de pH. Tener uno de reserva. Instalar una alarma de alto y bajo-H a panel de operación. | A B D | 2 4 | M | SI | SI | 1 |
| | Manejar un pH ácido y coner la bomba, causando fugas/deteriores. Peligro de quemaduras. | Sensor de bajo nivel de tanque NaOH, con alarma a panel de control para revisión del operador. | A B D | 2 4 | B | NO | SI | 1 |
| FLUJO DE NaOH (FS1) | Peligro Alto pH. | Calibrar bomba. | D B | 6 7 | NO | SI | NO | 1 |
| | Peligro Bajo pH. | Calibrar bomba. | D B | 6 7 | NO | SI | NO | 1 |
| FLUJO DE ALUMINA (FA1) | El pH podría ser menor que 4 a la entrada del tq. de neutralización, es posible que no se lleve a cabo el cambio requerido de pH. | Calibrar bomba. | D | 6 7 | NO | SI | NO | 1 |
| | El pH será mayor que 4 a la entrada del tanque de Neutralización y no se llevara a cabo el cambio de pH | Alarma por variación de pH en el tanque, para revisión del operador. Calibrar Bomba | D | 6 7 | B | NO | SI | 1 |

PRINCIPALES AREAS DE IMPACTO, PRIORIDADES Y REQUERIMIENTOS PARA IMPLEMENTAR RECOMENDACIONES

Bomba de proceso/ Adición de coagulante. (Dibujos 6 y 9)

| VARIABLE | RIESGO | RECOMENDACION | IMPACTO A: | GRADO DEL DANO | INVERSION | ADMINISTRACION | INVESTIGACION (CAMBIO DE TECNOLOGIA) | PRIORIDAD |
|------------------|--|--|------------|----------------|-----------|----------------|--------------------------------------|-----------|
| FLUJO (F4) | Riesgo de trabajar la bomba recirculando el mismo líquido, mucho tiempo, que se caliente y se amarre. Falso de planta. | Sensor de presión a la descarga de la bomba con paro de bomba. Instalar derrame dirigido hacia el Cárcamo de Bombas. | D B | 6 7 4 | B | NO | SI | 1 |
| | No obtener agua dentro de los límites requeridos por PROFEPA. | Recortar y balancear el impulsor de la bomba. Revisar y corregir diseño. | D | 6 7 | B | NO | NO | 1 |
| COAGULANTE (FC1) | No obtener agua dentro de los límites requeridos por PROFEPA. | Rondas de inspección visual del operador. | D | 6 7 | NO | SI | NO | 1 |
| | No obtener agua dentro de los límites requeridos por PROFEPA. | Calibrar bomba. | D | 6 7 | NO | SI | NO | 1 |
| | Flujo de agua hacia el tanque de almacenamiento y dilución de coagulante. | Instalar válvula check en la "T" de alimentación a la tubería. | D | 6 7 | B | NO | NO | 1 |

PRINCIPALES ÁREAS DE IMPACTO, PRIORIDADES Y REQUERIMIENTOS PARA IMPLEMENTAR RECOMENDACIONES

Tanque de Aire Disuelto, Serpentina de reacción, Divisor de flujo. (Dibujos 9, 10 y 11):

| VARIABLE | RIESGO | RECOMENDACIÓN | IMPACTO A: | GRADO DEL DAÑO | INVERSIÓN | ADMINISTRACIÓN | INVESTIGACIÓN (CAMBIO DE TECNOLOGÍA) | PRIORIDAD |
|----------------------------|--|--|-------------|----------------|-----------|----------------|--------------------------------------|-----------|
| FLUJO (F4) | Falla en tratamiento de Agua, al tener el agua menos aire disuelto, disminuye el arrastre de los coágulos de grasa y aceite hacia la superficie. | Misma de Bomba de Proceso. | D | 6 7 | B | NO | NO | 1 |
| PRESIÓN (P1) | Sobrepresión en el tanque. | Actualizar plano de construcción del tanque y su memoria de cálculo. Instalar válvula de alivio al tanque, descarga visible a drenaje. | A B C | | M | SI | NO | 1 |
| | Falla en tratamiento, al tener el agua menos aire disuelto, disminuye el arrastre de los coágulos de grasa y aceite hacia superficie. | Instalar sensor de baja presión con alarma a panel de control, para revisión del operador. Checar válvula de drenaje. | D | 6 7 | B | NO | NO | 2 |
| NIVEL (N4) | Pasar agua sin tratar hacia drenaje. | Dejar el drenaje visible al paso del operador, para que lo corrija. | D | 6 7 | B | NO | NO | 1 |
| DIVISION DE FLUJO (F6, F6) | Operar tanques de separación con condiciones diferentes tiempo de apertura de válvulas igual y obtener agua mal tratada. | Instalar medidores de flujo a la salida del divisor. Calibración periódica de los mismos. | D | 6 7 | M | NO | SI | 1 |

PRINCIPALES ÁREAS DE IMPACTO, PRIORIDADES Y REQUERIMIENTOS PARA IMPLEMENTAR RECOMENDACIONES

Tanques de Separación. (Dibujos 12 y 13):

| PATRON | RISGO | RECOMENDACION | IMPACTO A: | GRADO DEL DAÑO | INVERSIÓN | ADMINISTRACIÓN | INVESTIGACION (CAMBIO DE TECNOLOGIA) | PRIORIDAD |
|------------------------|--|--|------------|----------------|-----------|----------------|--------------------------------------|-----------|
| FLUJO (F5, F6) | Descargas directas del Tanque de Igualización a drenaje. | Alarma de paro de proceso | D | 6 7 | B | NO | NO | 1 |
| | Crear una turbulencia dentro de los tanques, que no permita la separación completa de los lodos. Mandar demasiada agua junto con los lodos, hacia el tanque de lodos. | Calibración periódica de los sensores de flujo. Revisión periódica del operador. | D | 6 7 | B | SI | NO | 1 |
| | Mandar lodos hacia el tanque de agua tratada. | Calibración periódica de los sensores de flujo. Revisión periódica de la indicación del sensor. Revisión y Limpieza periódica bomba proceso. | D | 6 7 | B | SI | NO | 1 |
| pH (pH4) | Tratamiento defectuoso de aguas residuales. | Recubrimiento anticorrosivo a tanques separadores. | B D | 4 6 7 | B | NO | NO | 2 |
| NIVEL (N5) | Usar la bomba de proceso en seco y que se amarre. | Instalar un sensor de nivel en los tanques | B D | 4 6 7 | M | NO | NO | 1 |
| | Tratamiento defectuoso de aguas residuales. | Calibrar sensores de nivel y separador de flujo. Revisar impulsores y curva de operación de la bomba. | D | 6 7 | B | SI | NO | 1 |
| FLUJO DE HUMANAS (HMT) | Tratamiento defectuoso de aguas residuales. | Inspecciones visuales del operador a las mangueras transparentes, análisis periódico de agua limpia | D | 6 7 | B | SI | NO | 1 |

PRINCIPALES AREAS DE IMPACTO, PRIORIDADES Y REQUERIMIENTOS PARA IMPLEMENTAR RECOMENDACIONES

Tanque de lodos (Dibujos 12 y 13):

| PATRON | RIESGO | RECOMENDACION | IMPACTO A: | GRADO DEL DAAO | INVERSION | ADMINISTRACION | INVESTIGACION (CAMBIO DE TECNOLOGIA) | PRIORIDAD |
|----------------|---|--|------------|----------------|-----------|----------------|--------------------------------------|-----------|
| FLUJO (F7, F8) | Descargar agua sucia a drenaje. | Revisar y reparar o limpiar las válvulas. Limpiar la salida de los tanques de separación. | D | 6 7 | B | SI | NO | 2 |
| | Demorar lodos por la parte superior de los Tanques de Separación | | | | | | | |
| | Descargar agua sucia a drenaje. Descargar de lodos con exceso de agua hacia el tanque de lodos y hacer trabajar al filtro prensa más tiempo (Reprocesar). | Chequeo rutinario para ver si están saliendo puros lodos o sale también mucha agua, de acuerdo a esto, ajustar tiempos. | D | 6 7 | B | SI | NO | 2 |
| NIVEL (N6) | Descargar agua sucia a drenaje. | Revisión periódica de operadores. Instalar sensor de bajo nivel, programando el cierre de la válvula solenóide y paro de operación de bomba de lodos. | D | 6 7 | B | NO | NO | 1 |
| | Derriamar el tanque de lodos. | Instalar un derrame hacia cárcamo receptor y un sensor de nivel alto con alarma al panel principal. | A D | 2 6 7 | B | NO | NO | 1 |

PRINCIPALES ÁREAS DE IMPACTO, PRIORIDADES Y REQUERIMIENTOS PARA IMPLEMENTAR RECOMENDACIONES

Filtro Prensa. (Dibujo 14):

| PATRON | RIESGO | RECOMENDACION | IMPACTO A: | GRADO DEL DAÑO | INVERSION | ADMINISTRACION | INVESTIGACION (CAMBIO DE TECNOLOGIA) | PRIORIDAD |
|--------------------|---|--|------------|----------------|-----------|----------------|--------------------------------------|-----------|
| FLUJO (FI) | Derriamar losodos al carcamo de bombeo y retrocesar todo este lodo. | Revisar y reparar o limpiar la bomba de lodos. Limpiar la salida del tanque de lodos. | D | 5 | B | SI | NO | 1 |
| | Provocar fugas de lodos hacia el lado de agua limpia en el filtro. | Checar y corregir de presión de aire. | D | 6 7 | B | NO | NO | 1 |
| | Que suba el nivel en el tanque de lodos y derramarlos. | Instalar alarma de alto nivel en el tanque de lodos. Limpieza rutinaria de bomba de lodos. | D | 6 7 | B | NO | NO | 2 |
| FLUJO DE AIRE (FR) | Falla de Presión para hacer trabajar la bomba de lodos. | Instalar sensor de baja presión de aire con alarma a panel de control, para revisión del operador. | D | 6 7 | B | SI | NO | 2 |
| | Derramar de tanque de lodos. Secado lento de lodos. | Checar válvula check y válvulas de paso. Mantenimiento predictivo al compresor. | D | 6 7 | B | NO | NO | 2 |
| PRESION (P2) | Derrame de tanque de lodos. | Revisión periódica de Compresor. Calibración periódica de válvulas reguladoras. | D | 6 7 | B | NO | NO | 2 |
| | Derrame de tanque de lodos. Descarga de agua sucia al drenaje. | Revisión periódica de Compresor. Calibración periódica de válvulas reguladoras. | D | 6 7 | B | SI | NO | 2 |
| | Provocar fugas de lodos hacia el lado de agua limpia en el filtro. | Revisión periódica de Compresor. Calibración periódica de válvulas reguladoras. | B D | 4 6 7 | B | SI | NO | 1 |
| SISTEMA DE CONTROL | Pero de Filtro Prensa. | Revisión de controlador Lógica. | D | 6 7 | M | NO | NO | 1 |

5.2 Conclusiones

La Seguridad significa en pocas palabras, la ausencia de accidentes, peligros o riesgos. En este y en cualquier proceso industrial es imposible eliminar todos los peligros, sin embargo si se pueden eliminar algunos y mitigar el resto buscando minimizar el número y el grado de los accidentes que ocurren cada día en las plantas industriales.

La labor de la seguridad no es pasiva; no busca combatir y eliminar causas similares o iguales a aquellas por las que ocurrió el último accidente. La Seguridad debe ser proactiva; debe buscar sistemáticamente los peligros potenciales y evitar la exposición a ellos.

El método de HAZOP resultó ser muy completo y sistemáticamente guió para evaluar los peligros de la operación de esta planta industrial. Este tipo de estudios, como se puede observar en las recomendaciones generadas a partir del Análisis de Riesgo de la planta de tratamiento de agua residual, pueden identificar un peligro durante cualquiera de las etapas de desarrollo de un proyecto; cuando se desarrollan las bases de diseño, al finalizar la ingeniería básica o la ingeniería de detalle, en el proceso de construcción, durante el arranque del proceso e inclusive durante la operación de una planta cualquiera como fué en este caso.

El éxito de este HAZOP se debió a cinco aspectos principales:

- 1.- La exactitud y detalle de los dibujos y la información.
- 2.- Los conocimientos, creatividad y experiencia del equipo multidisciplinario y de su líder.
- 3.- La habilidad del equipo para visualizar las posibles desviaciones, causas, posibles consecuencias, así como para determinar las formas de eliminar los riesgos o mitigarlos.
- 4.- El detalle y la seriedad con la que el equipo llevó a cabo el análisis
- 5.- La forma sistemática en que se lleva al cabo el Proceso de Análisis HAZOP.

Dentro del análisis detectamos riesgos que podrían afectar a los operadores, a los visitantes de la planta, a las instalaciones, a la comunidad y al ambiente. El método resultó sencillo de comprender, sin embargo se necesitó reunir mucha información, actualizarla y compartirla antes de llevar a cabo las reuniones para desarrollar el análisis HAZOP. Para ilustrar parte de los resultados de este análisis podemos

consultar el diagrama de flujo de la planta de tratamiento adjunto (Figura N° 15); en el se resaltan en color azul, las modificaciones de equipo, tubería e instrumentación que se determinaron como necesarias gracias al análisis HAZOP realizado. La simbología de este diagrama se encuentra en el Anexo 5.

Como ventajas de este método se deben considerar: la manera sistemática en la que se utilizan las palabras guía y las posibles desviaciones de proceso, la cantidad de conocimientos y experiencias que se concentran en el equipo multidisciplinario, la claridad y efectividad de las recomendaciones y prioridades que son parte del resultado.

Entre las principales desventajas se debe considerar que muchas veces se necesita más tiempo para conseguir y actualizar la información, y para reunir al equipo completo, que para llevar a cabo el análisis. Además, es difícil reunir varias veces a equipos de más de 3 personas; y una vez que lo logramos, es fácil que la conversación tome otro rumbo, o se den varias conversaciones a la vez, lo cual dificulta el análisis y lo hace más lento.

Este análisis hubiera sido financieramente más eficiente si se hubiera desarrollado durante la etapa de diseño del proyecto, porque se tendría la facilidad de modificar un plano o una especificación, en vez de modificar una instalación o reemplazar un equipo en uso. Como regla general podemos considerar que es más sencillo y barato diseñar un equipo nuevo que evaluar y modificar un equipo existente. Como en este análisis se comprobó, el no realizar este tipo de estudios durante el diseño del proyecto, puede implicar grandes cambios en las instalaciones, en los costos, en el tiempo de construcción, en la calidad del producto, en las condiciones de trabajo, en la prima de seguro, etc.

Es importante registrar los resultados de los estudios; para ello se deben crear archivos con la información que utilizó el equipo para el análisis, copia de el análisis y de las recomendaciones para la implementación. Estos archivos deben servir para dar seguimiento a la implementación de las recomendaciones de acuerdo a su prioridad, como consulta para evaluar nuevas modificaciones de proceso e inclusive para el desarrollo de proyectos nuevos.

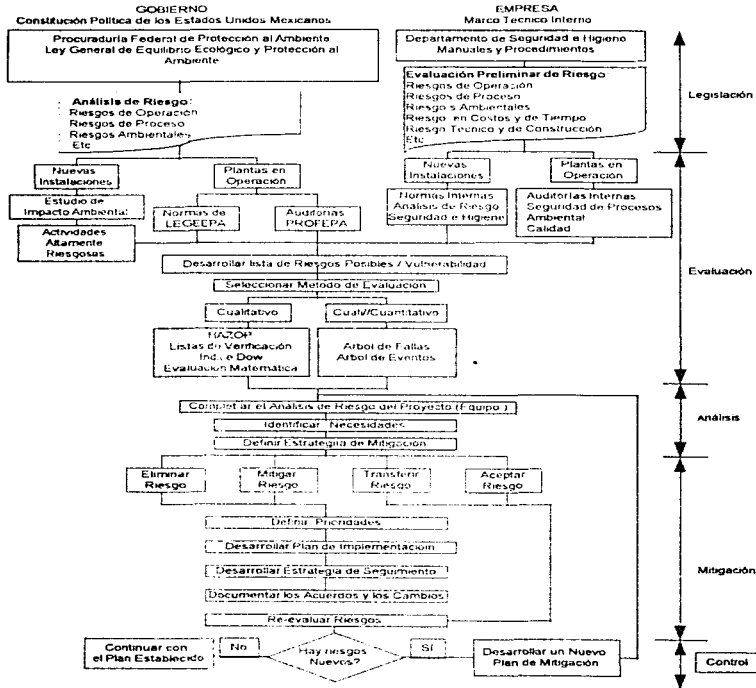
CAPÍTULO 6
BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFIA

- 1.- **Guidelines for Hazard Evaluation Procedures**
American Institute of Chemical Engineers
- 2.- **Manual del Ingeniero Químico**
Sexta edición.
Autor: Perry
Editorial Mc Graw Hill
- 3.- **Procesos de Transferencia de Calor**
Vigesimosexta reimpresión 1995
Autor: Donald Q. Kern.
Editorial. CECSA
- 4.- **Flujo de Fluidos en Válvulas, Tuberías y Accesorios.**
Primera edición en Español
Autor: Crane
Editorial Mc Graw Hill/Interamericana de México S.A. DE C.V.
- 5.- **Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Medio Ambiente**
Primera Edición, Enero de 1997
Autor: Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca.
- 6.- **Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos**
Editorial Trillas
Abril, 1992
- 7.- **Listado 1° de Actividades Altamente Riesgosas**
Secretaría de Gobernación y Procuraduría Federal de Protección al Ambiente
Diario Oficial, Marzo 28, 1990.
- 8.- **Listado 2° de Actividades Altamente Riesgosas**
Secretaría de Gobernación y Procuraduría Federal de Protección al Ambiente
Diario Oficial, Mayo 4, 1992
- 9.- **Corrosion Engineering**
Mars G. Fontana
Mc. Graw Hill
- 10.- **ASME SECC. VIII DIV. 1**
The American Society of Mechanical Engineers
1980 Edition
July 1, 1980
- 11.- **ASTM American Society For testing and Materials**
The American Society of Mechanical Engineers

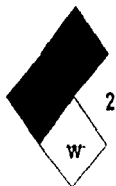
ANEXOS

ANEXO 1 Diagrama de Flujo de una Evaluación de Riesgo



ANEXO 2 Manejo de Sustancias Peligrosas

- NOMBRE DEL PRODUCTO: Ácido Sulfúrico (OLEUM),
- FÓRMULA QUÍMICA: H₂SO₄
- ESTADO Y ASPECTO FÍSICO: Líquido incoloro a café oscuro y olor picante.
- ROMBO DE PELIGROSIDAD:



- 4=Peligro Extremo
- 3=Peligro Alto
- 2=Peligro Moderado
- 1=Peligro ligero
- 0=Sin Peligro
- W=Reactivo con agua

EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

- Traje de vinil.
- Guantes de Neopreno
- Goggles de Seguridad
- Careta Facial
- Botas

| RIESGOS | ACCIONES |
|-----------------------------|---|
| Si ocurre esto: | Haga Esto: |
| Intoxicación y/o Exposición | Ojos: Lave inmediatamente con agua por 15 min, obligando al accidentado a que abra los párpados y reporte al servicio médico. |
| | Piel: Lavar el área afectada con agua por 15 min, quite toda la ropa contaminada y reporte al servicio médico. |
| | Ingestión: No induzca el Vómito, diluya el contenido estomacal con agua o leche (no más de medio litro) y reporte al servicio médico. |
| Derrames y/o Fugas | Neutralizar con carbonato de Sodio, no aplique agua directamente ya que la reacción produce calor originando salpicaduras. |
| Sobreexposición | Exposiciones frecuentes o continuas en forma de salpicaduras o vapores puede causar quemaduras leves en piel e irritación en ojos, vías respiratorias y mucosas. |
| Almacenaje | Almacénelo en contenedores bien cerrados y perfectamente etiquetados, guarde en frío y en un área bien ventilada separada de combustibles orgánicos y material oxidable etiquete como: "CORROSIVO A OJOS; PIEL Y TRACTO RESPIRATORIO" |

ANEXO 3 Manejo de Sustancias Peligrosas

- **NOMBRE DEL PRODUCTO:** Hidróxido de Sodio (Sosa Caústica).
- **FÓRMULA QUÍMICA:** NaOH
- **ESTADO Y ASPECTO FÍSICO:** Líquido incoloro a blanco turbio.
- **ROMBO DE PELIGROSIDAD:**



- 4= Peligro Extremo
- 3= Peligro Alto
- 2= Peligro Moderado
- 1= Peligro ligero
- 0= Sin Peligro
- W= Reactivo con agua

EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

- Traje de vinil.
- Guantes de Neopreno
- Goggles de Seguridad
- Careta Facial

| RIESGO | ACCIONES |
|-----------------------------|---|
| Si ocurre esto: | Haga Esto: |
| Intoxicación y/o Exposición | Ojos: Lave inmediatamente con agua por 15 min, obligando al accidentado a abrir los párpados y reporte al servicio médico. |
| | Piel: Lavar el área afectada con agua por 15 min, quite toda la ropa contaminada y reporte al servicio médico. |
| | Inhalación: Administre párpados continuamente en un respirador y no lo quite hasta que el médico responsable se haga cargo. |
| | Ingestión: No induzca el Vómito, diluya el contenido estomacal con agua o leche (no más de medio litro) y reporte al servicio médico. |
| Derrames y/o Fugas | Forme un dique alrededor del derrame y agregue agua en abundancia, neutralice con ácido acético, cuando el pH sea de 5-7 se podrá vaciar el dique. |
| Almacenaje | Almacénelo en contenedores bien cerrados y perfectamente etiquetados, guarde en frío y en un área bien ventilada etiquete como "CORROSIVO A OJOS, PIEL Y TRACTO RESPIRATORIO" |

ANEXO 4

Formato de Control de Cambios de Procesos

| | |
|---|------------------------------|
| Nombre del Cambio | Fecha |
| Originado por | Departamento |
| Línea de producción | Gerente de línea responsable |
| Cambio permanente o temporal (especifique tiempo) | Fecha esperada de ejecución |

DESCRIPCIÓN DEL CAMBIO

RAZÓN DEL CAMBIO

ESQUEMA EXPLICATIVO (Uñe lista de chequeo y envíe información adicional)

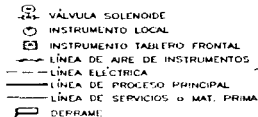
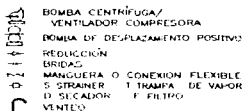
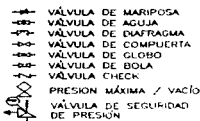
Identifique con diferente color situación a sual y posterior

| APROBACIONES REQUERIDAS | FIRMA (Aprobación) | FECHA | OBSERVACIONES |
|-----------------------------|--------------------|-------|---------------|
| Seguridad de Procesos | | | |
| Protección Ambiental | | | |
| Aseguramiento de la calidad | | | |
| Seguridad en Combustión | | | |
| Seguridad Eléctrica | | | |
| Control de Ruido | | | |
| Higiene y Seguridad | | | |
| Coordinador Entzimas | | | |
| Protección contra Incendios | | | |
| Gerente de Ingeniería | | | |
| Gerente de Línea | | | |

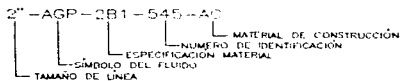
ANEXO 5

Simbología

SÍMBOLOS DIAGRAMA DE FLUJO Y LETENDA DE INSTRUMENTOS



CODIFICACION DE LÍNEAS



ESPECIFICACION DE MATERIAL

(2B1) A-53-BE 150# (ACERO AL CARBONO)
(B14) D-1285 1-1, 150# C10 RO (FYC)

SÍMBOLOS DEL FLUIDO

EFL EFLENTE
EPI EFLENTE TRATADO
SOS HIERROXIDO DE SODIO
ACS ACIDO SULFURICO
AGP AGUA POTABLE
AI AIRE DE INSTRUMENTOS
ALU SULFATO DE ALUMINIO
FLO FLOCULANTE
COA COAGULANTE

(TÍTULO SUPERIOR) PRIMEA LETRA
(PRIMER SUBTÍTULO) VARIABLE MEDIDA

E VOLTAGE
F FLUJO
H MANUAL
I CORRIENTE
L NIVEL
P PRESIÓN (VACÍO)
R RADIACTIVIDAD
S VELOCIDAD (FRECUENCIA)
V VISCOSIDAD (CONSISTENCIA)

(TÍTULO SUPERIOR) MODIFICADOR

F VELOCIDAD
S SEGURIDAD

(TÍTULO SUPERIOR) LETRAS SUBSECUENTES

(PRIMER SUBTÍTULO) LETRA o FUNCIÓN SIMBA

E ELEMENTO (PRIMARIO)
I INDICADOR
L LUZ (PILOTO)
P PUERTA
R REGISTRO/IMPRESIÓN

(TÍTULO SUPERIOR) LETRA SUBSECUENTES
(SEGUNDO SUBTÍTULO) FUNCIONES SALIDA

S SWITCH (INTERRUPTOR)
V VÁLVULA

(TÍTULO SUPERIOR) LETRA SUBSECUENTES
(TERCER SUBTÍTULO) MODIFICADOR

H ALTO
L BAJO

