



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

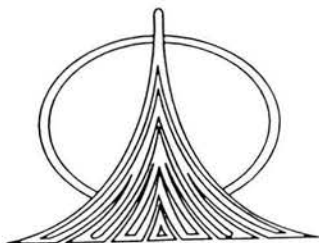
“LAS MODIFICACIONES DEL PROCESO DENTRO  
DE LA ADMINISTRACIÓN DE LA SEGURIDAD DE  
UNA EMPRESA DE ALTO RIESGO”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERA QUÍMICA  
P R E S E N T A:

CLAUDIA MENDOZA MONROY

MÉXICO, D. F. 2004





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.



**FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES ZARAGOZA**

**JEFATURA DE LA CARRERA  
DE INGENIERIA QUIMICA**

**OFICIO: FESZ/JCIQ/008/04**

**ASUNTO:** Asignación de Jurado

**ALUMNA: MENDOZA MONROY CLAUDIA**

**P r e s e n t e.**

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado, la jefatura a mi cargo, ha propuesto a los siguientes sinodales:

<b>Presidente:</b>	<b>I.Q. René de la Mora Medina</b>
<b>Vocal:</b>	<b>Dr. M. Javier Cruz Gómez</b>
<b>Secretario:</b>	<b>I.Q.I. Salvador Jacinto Gallegos Ramales</b>
<b>Suplente:</b>	<b>I.Q. Angel Gómez González</b>
<b>Suplente:</b>	<b>I.Q. Julio Félix Martínez Reyes</b>

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

**A T E N T A M E N T E**

**“POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU”**

México, D. F., 2 de Marzo de 2004

**EL JEFE DE LA CARRERA**

**M. en C. ANDRÉS AQUINO CANCHOLA**



***A mi padre***

*Por ser mi motor, mi apoyo y mí ejemplo.  
Gracias por ser un pilar donde toda mi vida he podido apoyarme, por  
tus horas de trabajo y esfuerzo.  
Este logro es de los dos.*

**GRACIAS PAPIO**



***A Graciela y Humberto***

*Gracias por estar siempre conmigo, por quererme tanto  
y por su apoyo incondicional.*

GRACIAS TIOS

***A mis monkeys***

*Marco Antonio, Mónica, Alejandro, Paula, Victor, Marcela y Victor,  
gracias por ser parte de mi vida, por sus risas y apoyo.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México por darme la oportunidad de formar parte de ella y formarme como profesionalista.*

*Gracias al DR. M. Javier Cruz Gómez por darme la oportunidad de formar parte de su equipo de trabajo para la realización de esta tesis.*

*Gracias al I.Q. Daniel Saavedra Contreras por apoyarme y orientarme en la realización de esta tesis.*

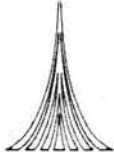
*Agradezco a la refinería "Gral. Lázaro Cárdenas" y al Sector 8 Cangrejera, por las facilidades y el apoyo brindado en la realización de este trabajo.*

*Agradezco a mis sinodales por aportar sugerencias y correcciones al manuscrito.*

*Quiero agradecer a mis amigos por los grandes momentos compartidos: Ruth, Mariela, Zula, Diana, Lulú, Martha, Néstor, Gina, Yasser, Columba, Miguel, Martín, Chucho, Adriana, Enrique, Abraham.*

*A todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron en la realización de esta tesis.*

*Gracias a todos*



## **SIMBOLOS Y ABREVIATURAS**

OSHA: Occupational Safety and Health Administration.

SIASPA: Sistema Integral de Administración de la Seguridad y Protección Ambiental.

EPA: Environmental Protection Agency.

HazOp: Hazard and Operability Analysis.

ASME: American Society of Mechanical Engineering.

API: American Petroleum Institute.

NFPA: National Fire Protection Association.

SITSIPA: Superintendencia de Inspección Técnica, Seguridad Industrial y Protección Ambiental.

UEP: Unidad de Evaluación y Programación.

DFP: Diagrama de Flujo de Proceso.

DTI: Diagrama de Tubería e Instrumentación.

LOS: Límite de Operación Superior.

LOI: Límite de Operación Inferior.

LSS: Límite de Seguridad Superior.

LSI: Límite de Seguridad Inferior.

F: Frecuencia.

G: Gravedad.

R: Riesgo.



## CONTENIDO

### **CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN**

1.1	Justificación	1
1.2	Objetivos	2

### **CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO**

2.1	Definición de administración	3
2.1.1	Funciones de los administradores	5
2.1.2	Toma de decisiones	7
2.2	Principio de administración del cambio	8
2.2.1	Beneficios de una administración del cambio	10
2.2.2	Definición de cambio	11
2.2.3	Típos de cambio	14
2.2.3.1	Cambio fuera de procedimiento	14
2.2.3.2	Cambio de campo	16
2.2.3.3	Cambio crítico	16
2.2.3.4	Cambio pequeño/cambio grande	17
2.2.3.5	Cambio de emergencia	17
2.2.3.6	Cambio temporal	18
2.2.3.7	Cambio repetitivo	19
2.2.3.8	Cambio organizacional	19
2.2.3.9	Cambio de instrumentación	20



2.2.4	El proceso de cambio	21
2.3	Análisis de riesgos	23
2.3.1	Elementos de riesgo	23
2.3.2	Reducción de riesgos	24
2.3.3	Etapas del análisis de riesgos	25
2.4	Técnicas para el análisis de riesgos	25
2.4.1	"Checklist"	25
2.4.1.1	"Checklist" CCPA	26
2.4.1.2	"Checklist" detallada	27
2.4.2	Análisis " What if "	29
2.4.3	Análisis de riesgos y operabilidad "HazOp"	30
2.4.3.1	Elementos básicos del análisis "HazOp"	31
2.4.3.2	Etapas principales del análisis "HazOp"	32
2.4.3.3	Palabras guía	34
2.4.3.4	Desviaciones	35
2.4.3.5	Registro de información	36
2.5	Organización de la planta	37
2.5.1	Jefe de planta	37
2.5.2	Personal de operación	37
2.5.3	Personal de mantenimiento	38
2.5.4	Servicios técnicos	38
2.5.5	Personal administrativo	38
2.5.6	Coordinador de la administración de la seguridad	39
2.5.7	Personal corporativo	39
2.6	Límites de operación	40



2.6.1	Cuantificación de los límites	40
2.6.1.1	Tipos de límites	40
2.6.1.2	Riesgo aceptable	41
2.6.2	Definición y cambio de límites	42
2.6.2.1	Estándares de diseño	42
2.6.2.2	Experiencia operacional	43
2.6.2.3	Extrapolación	43
2.6.2.4	Modelos matemáticos	44
2.7	Estructura del programa de administración del cambio	44
2.7.1	Creación del equipo de trabajo	46
2.7.2	Cambios rápidos y cambios pequeños	46
2.7.3	Aspectos informales de la administración del cambio	47
2.7.4	Sección A, propuesta del iniciador	48
2.7.4.1	Registro de la sección A	50
2.7.5	Sección B, primera crítica	50
2.7.5.1	Registro de la sección B	52
2.7.6	Sección C, evaluación detallada	52
2.7.6.1	Registro de la sección C	57
2.7.7	Sección D, aprobación formal	57
2.7.8	Sección E, proceso de actualización de límites	59
2.7.9	Sección F, notificación	61
2.7.10	Sección G, implementación	61
2.7.11	Sección H, seguimiento	61



2.7.12	Manual del SIASPA	62
--------	-------------------	----

### **CAPÍTULO III TRABAJO DE CAMPO**

3.1	Descripción del proceso	67
3.2	Descripción de flujo de proceso de una planta isomerizadora de pentanos y hexanos	69
3.2.1	Química del proceso	69
3.2.2	Descripción de la planta	72
3.2.2.1	Adsorbedora de azufre	72
3.2.2.2	Secadores de carga líquida	73
3.2.2.3	Secadores de gas de carga	73
3.2.2.4	Acumuladores de carga	74
3.2.2.5	Circuito de cambiadores de calor del reactor	74
3.2.2.6	Reactores de isomerización	75
3.2.2.7	Estabilizadora	76
3.2.2.8	Neutralizadora de gases de la estabilizadora	76
3.3	Diagramas	77

### **CAPÍTULO IV RESULTADOS**

4.1	Modificación del agente promotor	79
4.2	Solicitud de modificación	80
4.3	Lista de verificación de materiales	82
4.4	Lista de verificación de condiciones operacionales	83



4.5	Requerimientos de capacitación	86
4.6	Registro y seguimiento de las modificaciones	87
4.7	Notificación de las modificaciones a las áreas involucradas	88
4.8	Análisis de riesgos y operabilidad "HazOp"	89

## **CAPÍTULO V      CONCLUSIONES**

5.1	Conclusiones	93
5.2	Recomendaciones	94

<b>GLOSARIO</b>	95
-----------------	----

<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	98
---------------------	----

## **ANEXOS**

ANEXO 1	99
ANEXO 2	100
ANEXO 3	101





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ZARAGOZA

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**



## **1.1 JUSTIFICACIÓN.**

La intención de este trabajo es destacar la importancia de una adecuada planeación, ejecución, control, registro y difusión de las modificaciones a los materiales, procesos, equipos e instalaciones que inciden en la seguridad de una empresa de alto riesgo, así como resaltar el valor de llevar a cabo un programa o una serie de actividades que involucren la aplicación de principios administrativos y técnicas analíticas enfocadas en asegurar que los procesos sean operados con seguridad aún cuando se les realicen modificaciones.

Todas las plantas de proceso son diseñadas y operadas para ser seguras, aún así los accidentes ocurren. En cada caso, la razón fundamental fue que alguien en algún lugar perdió el control del proceso, permitiendo que las condiciones de operación se salieran del rango de seguridad. Por lo tanto la administración del cambio es el fundamento de la seguridad y de los programas de prevención de accidentes.

Lamentablemente las empresas de alto riesgo no siempre mantienen documentados, ordenados y actualizados los cambios a los equipos, procesos o materiales, por lo que resulta muy difícil que las personas involucradas estén al tanto de las modificaciones al proceso, así como de las acciones necesarias que se tomarán en caso de que se presentara una contingencia.

En el caso particular de Petróleos Mexicanos se cuenta con el Sistema Integral para la Administración de la Seguridad y Protección al Ambiente (SIASPA), sistema desarrollado por PEMEX para mejorar el desempeño de sus centros de trabajo en los campos de la seguridad industrial, la salud ocupacional y la protección ambiental.

El SIASPA está compuesto por 18 elementos bien diferenciados, interrelacionados e interdependientes; cada elemento establece una serie de requisitos congruentes con la normatividad vigente y con las mejores prácticas demostradas en la industria.



En su elemento 13, sección 6, se refiere a la administración del cambio y se encarga de establecer los lineamientos básicos para la ejecución, planeación, control, registro y difusión de las modificaciones ejecutadas; también dicta los criterios para someter sistemáticamente a revisiones técnicas, autorizaciones y procedimientos adecuados de implantación y seguimiento; de manera que un cambio no produzca una situación insegura o no evaluada y analizada previamente.

## **1.2 OBJETIVOS.**

- ❖ Conocer y entender las actividades que involucra el proceso de la administración del cambio en una industria de alto riesgo.
- ❖ Identificar y evaluar los riesgos que conlleva una administración del cambio.
- ❖ Enfatizar la creación de un modelo formal para el manejo de las administraciones del cambio en una industria de alto riesgo.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ZARAGOZA

# **CAPÍTULO II**

## **MARCO TEÓRICO**



## 2.1 DEFINICIÓN DE ADMINISTRACIÓN.

Una de las actividades humanas más importante es la administración, desde que los seres humanos comenzaron a formar grupos para alcanzar metas que no podían lograr individualmente, la administración ha sido esencial para asegurar la coordinación de los esfuerzos individuales. Se puede definir a la administración como el proceso de diseñar y mantener un ambiente en el que las personas, trabajando en grupos, alcancen con eficiencia metas seleccionadas.

Los administradores realizan funciones de planeación, organización, integración de personal, dirección y control; esto se aplica a todo tipo de organizaciones y en todos los niveles organizacionales, la meta es crear un superávit al ocuparse de la productividad; esto implica eficacia y eficiencia. Los administradores además, tienen la responsabilidad de realizar acciones que permitan que las personas hagan sus mejores aportaciones a los objetivos del grupo.

Robert L. Katz identificó tres clases de habilidades administrativas.<sup>5</sup> A éstas quizá se pueda añadir una cuarta: la habilidad para diseñar soluciones.

1. La habilidad técnica es el conocimiento y la pericia para realizar actividades que incluyen métodos, procesos y procedimientos.
2. La habilidad humana es la capacidad para trabajar con personas creando un ambiente en el que estas personas se sientan seguras y libres para expresar sus opiniones.
3. La habilidad conceptual es la capacidad de reconocer los elementos importantes en una situación y comprender las relaciones entre ellos.
4. La habilidad de diseño es la capacidad para solucionar problemas en forma tal que la empresa se beneficie.

La importancia relativa de estas habilidades puede diferir en los diversos niveles de la jerarquía organizacional. Las técnicas son de la mayor importancia en el nivel de supervisión. Por otra parte, las conceptuales en general no resultan críticas para los supervisores de niveles inferiores. Al nivel administrativo medio disminuye la necesidad de las técnicas; las humanas siguen siendo esenciales y las conceptuales se vuelven más relevantes.



En cambio, al nivel más alto son especialmente valiosas las conceptuales y de diseño y las humanas, aunque existe una necesidad relativamente pequeña de las técnicas.

La administración se aplica a organizaciones pequeñas y grandes, a empresas lucrativas y no lucrativas, a las industrias manufactureras y de servicios. En un sentido muy real, en todo tipo de organizaciones, tanto lucrativas o no, el objetivo lógico y públicamente deseable de los administradores debe ser obtener un superávit: tienen que establecer un ambiente en el que las personas puedan alcanzar metas de grupo con la menor cantidad del tiempo, dinero, materiales e insatisfacción personal, o en el que puedan lograr al máximo posible una meta deseada con los recursos disponibles.

Otra forma de considerar la meta de todos los administradores consiste en decir que deben ser productivos. Las compañías exitosas crean un superávit mediante operaciones productivas; podemos definir a la productividad como la relación resultados (productos) – insumos dentro de un periodo con la debida consideración de la calidad.

Sin embargo, como observó Peter F. Drucker “Sin duda alguna la mayor oportunidad para aumentar la productividad se encuentra en el propio trabajo, en el conocimiento y, en especial, en la administración”.<sup>5</sup>

La productividad implica eficacia y eficiencia en el desempeño individual y organizacional. La eficacia es el logro de objetivos. La eficiencia es la obtención de los fines con la mínima cantidad de recursos. Los administradores no pueden saber si son productivos si no conocen primero sus metas y las de la organización.

La administración es un arte. El conocimiento organizado en que se sustenta la práctica se puede denominar ciencia. Desde luego que la ciencia en la que se basa es bastante imperfecta e inexacta. Esto debido a que las muchas variables con las que tratan los administradores son extremadamente complejas.

En administración, los principios son verdades fundamentales que explican las relaciones entre dos o más grupos de variables, por lo general una variable independiente y una dependiente.



Los principios pueden ser descriptivos o predictivos, pero no prescriptivos, es decir, describen, como se relaciona una variable con otra, que ocurrirá cuando estas variables interactúen. No prescriben lo que debe hacerse.

La comunicación es esencial en todas las fases del proceso administrativo, primero por que integra las funciones administrativas; mediante la comunicación se determina si los acontecimientos y el desempeño se ajustan a los planes. La segunda función es vincular a la empresa con su ambiente externo, donde se encuentran muchos de los demandantes; mediante un sistema de comunicación eficaz la organización conoce la competencia y otras amenazas potenciales y factores de restricción.

Los administradores eficaces deben estudiar en forma regular el medio externo, de igual forma deben garantizar y utilizar insumos (recursos) de la empresa, transformarlos mediante las funciones administrativas, con la debida consideración de las variables externas para obtener resultados (productos).

Desde luego que la organización debe proporcionar muchas satisfacciones si espera conservar y obtener aportaciones de sus miembros. Otro resultado es la integración de metas.

### **2.1.1 Funciones de los administradores.**

El análisis de la administración se facilita mediante la organización útil y clara del conocimiento, resulta útil dividir ésta disciplina en cinco funciones: planeación, organización, integración de personal, dirección y control.

La planeación incluye la selección de misiones y objetivos y las acciones para lograrlos; requiere tomar decisiones, es decir, seleccionar cursos futuros de acción entre varias opciones. Existen muchos tipos de planes, como por ejemplo los propósitos o misiones, los objetivos o metas, las estrategias, las políticas, los procedimientos, las reglas, los programas y los presupuestos. Una vez que esta conciente de las oportunidades, el administrador debe planear racionalmente mediante el establecimiento de objetivos, elaborar suposiciones sobre el ambiente actual y futuro, encontrar y



evaluar cursos de acción alternativos y seleccionar un curso a seguir; después debe preparar planes de apoyo y elaborar un presupuesto. No existe un plan real hasta que se haya tomado una decisión: un compromiso de recursos humanos, materiales o reputación. Antes de tomar una decisión todo lo que existe es un estudio de planeación, un análisis, o una propuesta, no un plan real.

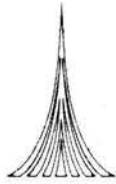
La organización es aquella parte de la administración que implica establecer una estructura intencional de los papeles que deben desempeñar cada una de las personas que la integran. El propósito de la estructura de una organización es ayudar a crear un ambiente propicio para la actividad humana. Por lo tanto, constituye una herramienta administrativa y no un fin en sí misma. Aunque la estructura debe definir las tareas a realizar, los papeles asignados en esta forma se tienen que diseñar también a la luz de las capacidades y motivaciones de las personas disponibles.

La integración de personal implica llenar y mantener ocupados los puestos en la estructura organizacional. Esto se hace al identificar los requerimientos de la fuerza laboral, con el fin de que cumplan sus tareas de un modo eficaz y eficiente.

La dirección consiste en influir sobre las personas para que contribuyan a la obtención de las metas de la organización y del grupo, se refiere predominantemente a los aspectos interpersonales de administración. Los administradores pueden determinar mejor el número de objetivos a establecer, en forma realista, mediante el análisis de la naturaleza del trabajo, de cuánto pueden hacer por sí mismos y de cuánto pueden delegar. De todas formas, deben conocer la importancia relativa de cada una de sus metas.

El control implica medir y corregir el desempeño individual y organizacional para asegurar que los hechos se ajusten a los planes. El control facilita el logro de los planes, las actividades de control se relacionan con la medición del logro. Los resultados se controlan al controlar lo que hacen las personas.





### **2.1.2 Toma de decisiones.**

La toma de decisiones es la selección de un curso de acción entre varias alternativas; es la médula de la planeación.

Los administradores deben escoger con base en una racionalidad limitada o circunscrita, es decir, deben tomar decisiones de acuerdo con todo lo que puedan aprender sobre una situación lo que quizá no sea todo lo que necesiten conocer. En ocasiones se utiliza el término satisfacción suficiente para describir la elección de un curso de acción satisfactorio en las circunstancias particulares.

Como casi siempre existen alternativas a un curso de acción, los administradores necesitan reducirlas a aquellas pocas que se relacionen con los factores limitantes, que son los elementos o circunstancias que se interponen en el camino para lograr un objetivo deseado. Después se evalúan las alternativas en términos de factores cuantitativos y cualitativos. Otras técnicas para la evaluación de las alternativas incluyen el análisis marginal y el análisis de costo-beneficio. La experiencia, la experimentación, la investigación y el análisis forman parte de la toma de decisiones.

Las decisiones programadas y las no programadas son diferentes. Las primeras son adecuadas para problemas estructurados o rutinarios. Esta clase de decisiones las toman especialmente los gerentes y no gerentes de niveles inferiores. Por otra parte las decisiones no programadas se usan para problemas no estructurados y no rutinarios y recaen especialmente en los administradores de más alto nivel.

Algunos enfoques en la toma de decisiones son: el análisis de riesgos (que asigna probabilidades matemáticas a los resultados de las decisiones), los árboles de decisión (que muestran los puntos de decisión, los acontecimientos fortuitos y las probabilidades de varios cursos de acción) y la teoría de la preferencia (que toma en cuenta la disposición de los administradores a correr ciertos riesgos).

Los factores que determinan la importancia de una decisión son el tamaño del compromiso, la flexibilidad de los planes, la certeza o incertidumbre de las metas y las premisas, el grado hasta el cual se pueden medir las variables y la repercusión sobre las personas.



Los sistemas de apoyo a la decisión utilizan computadoras para ayudar al proceso de toma de decisiones de tareas semiestructuradas. Estos sistemas ayudan a los administradores a tomar mejores decisiones pero no son un sustituto del criterio administrativo.

La creatividad, la capacidad y el poder para desarrollar nuevas ideas son importantes para la administración eficaz. La innovación es la concreción práctica de estas ideas. El proceso creativo consta de cuatro fases que se traslapan entre sí: 1) depuración inconsciente, 2) intuición, 3) conocimientos y 4) formulación lógica.

Las decisiones se deben tomar reconociendo que las organizaciones son sistemas abiertos, en interacción con el ambiente.

## **2.2 PRINCIPIOS DE ADMINISTRACIÓN DEL CAMBIO.**

La administración del cambio es uno de los catorce elementos de un proceso de administración de la seguridad, según la definición de la OSHA (Occupational Safety & Health Administration).

La administración de la seguridad es un conjunto de técnicas administrativas usadas para certificar la operación segura de las plantas de proceso, que además de mejorar el cumplimiento de la seguridad permite obtener un incremento en los aspectos ambientales y económicos.

Los elementos de la administración de la seguridad de acuerdo con la OSHA son:

1. Participación del personal.
2. Administración de la información.
3. Análisis de riesgos.
4. Procedimientos operacionales.
5. Capacitación.
6. Contratistas.
7. Revisión preliminar.
8. Integridad Mecánica.
9. Trabajos con fuentes de ignición.
10. Administración del cambio.



11. Investigación de incidentes.
12. Planes de emergencia.
13. Auditorias.
14. Secretos comerciales.

Se pueden encontrar otras formas de organización pero la proporcionada por la OSHA es representativa y efectiva y aunque una compañía no se rija por esta normatividad si lo debe de hacer con una similar, ya que la forma de organizar a la administración de la seguridad puede ser útil para certificar la seguridad en una industria de alto riesgo.

Para el logro de una administración del cambio se requiere reunir y analizar información de diseño, construcción, proceso y operación de los equipos e instalaciones, por lo que el hecho de contar con las guías que nos permitan realizar las modificaciones a los procesos, materiales o equipos en una industria química es de suma importancia.

Se debe tomar en cuenta que se necesita el respaldo de diferentes procedimientos de control que permitan asegurar que cada modificación es analizada y documentada, permitiendo que el personal directamente involucrado tenga acceso a dicha información cuando y donde lo requiera para la oportuna toma de decisiones en el control del proceso, de igual forma contará con la capacitación y adiestramiento adecuados en el proceso de la administración del cambio, evitando las malas prácticas en todos los niveles de organización.

La mayoría de los gerentes reconocen que si ellos pudieran controlar el cambio adecuadamente, todos los aspectos de la operación, no solo la seguridad, mejorarían.

Cualquier programa de administración del cambio debe incorporar los siguientes cuatro elementos:

1. Definir el rango de seguridad para las variables de operación clave, como temperatura de un reactor, presión en tanques, flujo y materiales de construcción.
2. Asegurarse que el personal afectado esté enterado de lo que significan estos valores.



3. Entrenar al personal de operación para responder correctamente cuando las condiciones de operación salen del rango seguridad.
4. Asegurarse de que cualquier decisión para mover las condiciones de operación fuera del rango de seguridad sea correctamente evaluada, y que salvaguardas adicionales se instalen de ser necesario.

### **2.2.1 Beneficios de una administración del cambio.**

Al implementar un programa de administración del cambio, se observan mejoras importantes sobre todo en áreas como: seguridad, producción, calidad del producto, innovaciones ambientales y manejo de personal.

Sin embargo podemos decir, que la seguridad es la razón más importante de tener un programa de administración del cambio. Las mejoras resultantes de un programa efectivo generan beneficios para el control de las siguientes áreas:

- Fugas peligrosas: Al realizar un cambio sin un análisis previo de las consecuencias del mismo se puede generar la posibilidad de fuga de sustancias a la atmósfera, fuego, explosiones y exposición del personal a gases tóxicos.
- Mantenimiento: Al realizar un cambio sin un análisis completo el equipo podría resultar dañado o estar forzado lo que resulta en un trabajo de mantenimiento y/o reparación.

Los procedimientos de mantenimiento generalmente requieren el desarrollo de acciones donde el personal se ve involucrado en situaciones riesgosas, como pueden ser ruptura de líneas, acceso a recipientes, subir a las estructuras, desplazar maquinaria pesada y trabajar en sistemas de alto voltaje; con esto no se pretende afirmar que el mantenimiento sea más peligroso que la falla, sin embargo, un cambio que no es analizado aumenta los requerimientos de mantenimiento y las situaciones de riesgo que estos representan para el personal.

- Reducción de la protección: Un cambio no controlado puede dar como resultado operaciones inestables que llevan a la planta fuera



del rango de seguridad pueden presentarse o incluso se requiere que los operadores sobrepasen los sistemas de alarmas y otras medidas de seguridad.

Los rangos de seguridad pueden incrementarse al implementar el programa de administración del cambio por que habrá menos pérdidas directas en actividades como bombeo de productos. La capacidad efectiva de producción de la planta tendrá un incremento por que no habrá necesidad de recircular o procesar nuevamente los productos fuera de especificación.

La calidad de los productos también mejorará al tener un adecuado programa de administración del cambio, por que menores fallas operacionales resultarán en menores problemas con productos fuera de especificación o fuera de tiempo de entrega.

Los costos de la energía también se reducirán por que serán menores los productos fuera de especificación que deberán ser recirculados.

La mayoría de los problemas ambientales se derivan de fallas operacionales y cambios descontrolados en la operación. Si todas las plantas son diseñadas para las condiciones regulares de la región en la cual se encuentra localizada en su estado de operación normal, la mayoría de los problemas ambientales son el resultado de una administración del cambio inadecuada, descartando por supuesto los fenómenos ambientales que se presenten.

Los beneficios de un efectivo programa de administración del cambio se extienden más allá de los objetivos de seguridad y productividad. Un ingeniero generalmente espera una atmósfera "sin sorpresas" y un apropiado control del cambio lo ayudará a crear dicha atmósfera.

### **2.2.2 Definición de cambio.**

Es importante entender claramente el significado de la palabra cambio dentro del contexto de administración del cambio, podemos entender como cambio "la acción de modificar en forma planeada y controlada un material, proceso, equipo, componente o instalación del centro de trabajo o unidad de implantación, en fecha posterior a la de diseño, construcción u operación original".<sup>3</sup>



Algunos de los factores que se deben considerar al definir esta palabra son:

1. Cambio Iniciado: este tiene lugar cuando un gerente o ingeniero decide modificar la operación normal de tal manera que las condiciones salgan del rango de operación segura.

Por ejemplo: un ingeniero de proceso propone un incremento en la temperatura del reactor para obtener una mayor producción; se sugiere el uso de un nuevo aditivo para incrementar el grado de conversión de la reacción; un ingeniero de mantenimiento propone se incremente el tamaño del motor de una bomba para reducir el número de veces que la bomba se dispara.

La clave de todas estas situaciones desde un punto de vista de administración del cambio es que una persona involucrada en el proceso propone operar la planta en condiciones en las que generalmente no se opera.

2. Cambio Activo: ocurre espontáneamente, este no es creado conscientemente por una persona. La corrosión es la forma más común de un cambio activo; un recipiente o una tubería pierde gradualmente el espesor de su pared sin que nadie se de cuenta hasta que el sistema presenta cambios, el recipiente o la tubería se rompe y un accidente podría ocurrir; cabe mencionar que generalmente se cuenta con programas de mantenimiento preventivo, pero algún problema podría presentarse entre revisiones.

El deseo de incrementar la producción se puede considerar como un cambio activo ya que al tener objetivos cada vez más altos, la planta se ve forzada hasta sus límites presentando flujos, temperaturas y presiones más altas, eventualmente alguna parte del proceso fallará dando lugar a un posible accidente grave.

Los cambios organizacionales también pueden considerarse como cambios activos ya que si un trabajador de operación o mantenimiento no ha sido apropiadamente entrenado, se puede presentar un accidente de acuerdo a su falta de conocimiento. El cambio no controlado en este caso es el grado de experiencia del operador.





Los cambios activos pueden ser controlados por un programa de administración del cambio, pero este control se ejerce sobre otros elementos de administración de la seguridad como los análisis de riesgos y las investigaciones de incidentes.

3. Cambio Abierto: Los cambios activos pueden ser abiertos o cerrados. Un cambio abierto es aquel en donde la gente está prevenida ya que se presenta poco a poco, por lo que las consecuencias pueden ser mitigadas conforme se van presentando lo que evita que un accidente catastrófico ocurra.

Un cambio abierto es gradual. En el caso del recipiente corroído, si hay un programa de mantenimiento mecánico que monitoree los cambios en el espesor de la pared, el cambio puede ser controlado. Usualmente hay tiempo para que alguien proponga una modificación en el sistema de tal forma que se resuelva el problema antes de que se presente una situación insegura.

4. Cambio furtivo: Un cambio furtivo es aquel que no es anticipado. Regresando al ejemplo del recipiente corroído, si nadie se percata de que el proceso de corrosión se está llevando a cabo hasta que el recipiente falla de manera catastrófica, entonces el cambio es furtivo.

Los cambios furtivos son particularmente peligrosos por que no hay ninguna advertencia de que un accidente catastrófico está por ocurrir hasta que se anuncia por si mismo, posiblemente en la forma de un accidente serio, por lo que no es posible poner salvaguardas en el lugar ya que es prácticamente impredecible el accidente. Generalmente este tipo de cambios ocurre en procesos en donde operan más de una unidad de proceso.

Los procesos de seguridad más exitosos son aquellos que animan a que participe todo el personal; a menos que todo el personal este totalmente involucrado en el programa, éste no será efectivo.

En otras palabras, las compañías necesitan dar poder a su gente, permitiendo que desarrollen e implementen decisiones, individualmente o como parte de pequeños grupos. Sin embargo, en el desarrollo de la administración del cambio, esto se presenta como un dilema; ¿cómo se debe asegurar que los cambios son controlados apropiadamente?



Se necesita implementar un estilo contrario de administración: "Comandos y Control" en donde se definen claramente las reglas y cada uno debe seguirlas; es decir, no se permite que alguien opere la planta fuera de los límites de operación sin obtener previamente la autorización del gerente o encargado.

Es vital que todos los empleados participen en la administración del cambio, de cualquier manera su trabajo debe ser monitoreado y controlado, de otra manera la seguridad quedaría en entredicho.

### **2.2.3 Tipos de cambio.**

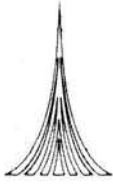
La administración del cambio es uno de los elementos de los sistemas de administración de la seguridad de los procesos. Si el cambio propuesto afecta a uno o más de los otros elementos, entonces probablemente el proceso de administración del cambio deberá seguirse. Por ejemplo: una manera de determinar el impacto del cambio propuesto es revisar si la documentación relacionada con la seguridad del proceso como DTI's, manuales de operación y políticas de inspección deben ser actualizadas como resultado del cambio propuesto. Si la documentación tiene que ser modificada, entonces un proceso de administración del cambio debe aplicarse.

#### **2.2.3.1 Cambio fuera de procedimiento.**

La frase cambio fuera de procedimiento se usa extensamente en la literatura de administración del cambio, incluyendo la OSHA (Occupational Safety & Health Administration) y la normatividad de seguridad industrial de la EPA (Environmental Protection Agency). Si se propone reemplazar un componente de algún equipo por otra que es idéntica funcionalmente hablando, por ejemplo que tenga las mismas especificaciones de construcción, entonces el cambio es dentro de procedimiento, de otra forma es un cambio fuera de procedimiento y un proceso de administración del cambio se debe llevar a cabo.

Desafortunadamente la diferencia entra cambios fuera y dentro de procedimiento no es tan simple como aparenta. La primera dificultad es que los términos pueden crear un círculo vicioso de la siguiente manera:





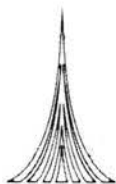
1. Se necesita una administración del cambio si el cambio es fuera de procedimiento.
2. Un cambio fuera de procedimiento es aquel que necesita una administración del cambio.

Una segunda dificultad al decidir si un cambio está dentro o fuera de procedimiento es que todos los cambios son, cuando se analizan profundamente, fuera de procedimiento. Incluso cuando alguna parte de un equipo es reemplazada por una idéntica, siempre habrá diferencias entre ellas, por ejemplo: la nueva parte puede haber sido construida por un equipo diferente con maquinaria distinta. Puede incluso haber sido almacenada por un periodo de tiempo diferente y puede haber sido instalada por un equipo diferente.

Generalmente, las diferencias como las anteriormente descritas pueden no ser significativas, pero pequeños cambios pueden causar grandes accidentes. En una reparación, por ejemplo, se presentó un serio accidente como resultado de un supuesto cambio dentro de procedimiento, al reemplazar una junta de un filtro como parte de una operación rutinaria. La nueva junta goteaba lo que desencadenó un incendio que provocó daños severos en el equipo, así como pérdidas de semanas en la producción. Después del accidente se determinó que la nueva junta no era idéntica a la anterior aunque todos los involucrados pensaron que lo era. Cabe mencionar que el cambio descontrolado comenzó dentro del almacén y en los talleres de mantenimiento áreas que normalmente no son consideradas al desarrollar los programas de administración del cambio.

Tomando en cuenta lo anterior, al reemplazar un componente de algún equipo, se debe considerar los siguientes criterios para determinar si un cambio esta dentro de procedimiento:

- a) Especificación: Si la pieza a reemplazar tiene las mismas especificaciones técnicas que la original entonces el cambio es dentro de procedimiento. Estas especificaciones generalmente incluyen material de construcción, dimensiones y peso.
- b) Servicio: El servicio en el cual se va a utilizar tal pieza no debe haber cambiado. Condiciones de operación como presión, temperatura y materiales de proceso, deben ser los mismos; incluso los requerimientos de inspección y mantenimiento no deben cambiar.



- c) Procedimiento de reemplazamiento: El reemplazamiento de componentes debe ser una operación de rutina, ya sea que la pieza o componente a reemplazar sea parte de un procedimiento de mantenimiento preventivo o que la experiencia muestre que después de un determinado periodo de tiempo la pieza presenta fallas y deba ser reemplazada. Si el componente original inexplicablemente falla de repente, un cambio del componente no es suficiente, debe haber una razón para que el sistema cambiara en una manera que no se detectara; entonces un proceso de administración del cambio debe desarrollarse para determinar la causa raíz de que dicho componente presente fallas.
- d) Reemplazo: La nueva pieza o componente debe ser un reemplazo genuino, no una mejora del anterior. Si el propósito del reemplazo es hacer una mejora al proceso, entonces el cambio es fuera de procedimiento.

Por esta razón la decisión de cambiar de proveedor generalmente es validada por un proceso de administración del cambio.

#### 2.2.3.2 Cambio de campo.

Un cambio de campo es usualmente realizado por un supervisor o un ingeniero de operación, generalmente este tipo de cambio representa la aplicación específica de un procedimiento establecido. Por ejemplo: la planta debe contar con un procedimiento formal para la puesta en operación de algún tanque después de un proceso de mantenimiento. Un cambio de campo especifica de manera detallada como un tanque en particular debe ser puesto en operación. Como no se cambia la aplicación del procedimiento, los cambios de campo son considerados usualmente como cambios dentro de procedimiento y no necesitan ser revisados por un procedimiento de administración del cambio.

#### 2.2.3.3 Cambio crítico.

Algunas compañías a fin de jerarquizar los cambios, los clasifican en críticos y no críticos. Un cambio crítico es aquel que manejado de manera incorrecta puede provocar un accidente mayor, no así los cambios no críticos.



Los cambios clasificados como críticos reciben una evaluación y un escrutinio más profundo. Desafortunadamente no siempre es obvio cuando un cambio es crítico o no; es difícil determinar que tan crítico es el cambio propuesto sin desarrollar un análisis detallado de tal manera que uno de los propósitos de una administración del cambio es determinar el impacto de un cambio propuesto, definiendo si es un cambio crítico o no.

#### 2.2.3.4 Cambio pequeño / Cambio grande.

Relacionado con el punto de que tan crítico o no puede ser un cambio, se encuentra la diferencia entre cambios pequeños y grandes. Los cambios grandes, usualmente requieren de muchas modificaciones de equipo, sistemas de instrumentación y procedimientos administrativos que necesitan de una revisión total por una administración del cambio. Los cambios pequeños enfrentan el mismo problema para definirlos que los cambios críticos por que como pueden ser implementados de una manera rápida y fácil, son tratados de manera informal por lo que son menos las revisiones, sin embargo es imposible estar seguro que un cambio pequeño no tendrá un mayor impacto en el proceso. La experiencia nos muestra que son los cambios pequeños que se tratan de manera informal y sin un análisis previo los que desencadenan los accidentes más serios, por lo que todo cambio debe ser analizado antes de realizarlo.

#### 2.2.3.5 Cambio de emergencia.

En algunas ocasiones es esencial que un cambio deba hacerse de manera rápida, en estas ocasiones las personas que se ven forzadas a realizar el cambio asumen la responsabilidad de realizarlo sin el análisis previo de una administración del cambio totalmente estructurada, no por ello deja de realizarse un análisis con los elementos y personas que se tengan a la mano; este es un cambio de emergencia que se justifica por razones como las siguientes:

- Daño al personal.
- Daños mayores a los equipos.
- Mayores pérdidas operacionales.
- Daño grave al medio ambiente.
- Daño a la comunidad.



Generalmente la justificación para un cambio de emergencia es que la persona con mayor rango de autoridad decide que el daño asociado de no hacer nada es mayor al asociado con el cambio propuesto. Generalmente la decisión más difícil de tomar es aquella de no realizar un cambio, este tipo de decisión usualmente involucra un conflicto de intereses entre los beneficios económicos, de seguridad y ambientales. Dicho conflicto no tendría por que presentarse, ya que la seguridad es primero. Sin embargo, muchas de las decisiones que son tomadas por los gerentes tienen que ver con el balance entre la seguridad y otras consideraciones.

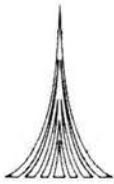
A pesar de que los cambios de emergencia no son resultado de un proceso oficial de administración del cambio, es vital que siempre tengan al menos una revisión por parte de un equipo de al menos tres personas con diferentes especialidades que representen a diferentes departamentos, que investiguen hasta el punto en que sea posible la naturaleza y las consecuencias de dicho cambio.

Solo en una situación de vida o muerte, donde los segundos cuentan, una sola persona puede asumir toda la responsabilidad de llevar a cabo un cambio sin la revisión del grupo.

Cualquier esfuerzo debe realizarse para minimizar el número de cambios de emergencia ya que estos no se desarrollan por medio de un sistema normal que analiza los riesgos. Un cambio de emergencia debe ser validado posteriormente por un procedimiento de administración del cambio, para asegurarse que todos los posibles problemas están considerados.

#### 2.2.3.6 Cambio temporal.

Los cambios temporales generalmente se implementan para mantener la planta en operación mientras una pieza o componente de algún equipo es reparada o reemplazada. Desde un punto de vista operacional, el hecho de que un cambio sea temporal o permanente es un asunto de semántica, por lo que las previsiones pertinentes se deben tomar. El hecho de que un cambio temporal tiene corta duración, provoca que el personal involucrado pase por alto el proceso de administración del cambio ya que muchas veces éste toma mucho más tiempo que el cambio en sí mismo, lo que nos lleva a una situación de alto riesgo.



Al llevar a cabo un cambio temporal se debe tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

1. Realizar un análisis de seguridad, probablemente un What-if.
2. Escribir un procedimiento temporal de operación.
3. Entrenar a los operadores en éste nuevo procedimiento.
4. Preparar un plan de respuesta para emergencias, en caso de que la modificación no trabaje adecuadamente.

Los cambios temporales deben establecer una fecha de terminación, lo que enfatiza que el cambio no es permanente. Los cambios temporales son generalmente cambios de emergencia por lo que deben ser revisados para minimizar los riesgos que pudieran estar relacionados.

#### 2.2.3.7 Cambio repetitivo.

Si un cambio realizado con anterioridad, se desarrolló de una manera apropiada en un proceso formal de administración del cambio, estrictamente hablando no necesita un segundo análisis de administración del cambio si se realiza el mismo una segunda ocasión, todo esto si y sólo si se cuenta con la documentación completa del proceso anterior; si los registros no están completos el proceso de administración del cambio deberá realizarse nuevamente. De igual forma si el cambio fue implementado mucho tiempo atrás, no todo el personal tendrá el entrenamiento necesario para manejar el cambio, por lo que sería mejor desarrollar el procedimiento de administración del cambio como si fuera la primera ocasión en que se presentara.

#### 2.2.3.8 Cambio organizacional.

Los programas de administración del cambio generalmente involucran cambios en la tecnología o el equipo de una planta, sin embargo, un programa efectivo de administración del cambio considerará el impacto del cambio en áreas como la organización, los procedimientos operacionales y el entrenamiento del personal, aunque estos son generalmente más difíciles de definir y categorizar en términos del impacto que tienen en los sistemas de seguridad. La siguiente lista nos muestra ejemplos de cambios organizacionales:



- Un director corporativo llama a una reducción de personal dentro de la empresa.
- Un gerente propone una nueva ruta para los camiones que suministran productos dentro de la planta.
- Un ingeniero sugiere la contratación de una nueva compañía para el mantenimiento de válvulas.
- Los trabajadores proponen jornadas de doce horas en lugar de las jornadas de ocho horas.
- El departamento de información tecnológica instala una computadora nueva para el control del sistema de inventarios.

Aunque los cambios descritos anteriormente no son normalmente incluidos en el programa de administración del cambio, constituyen cambios en los sistemas de administración y en la manera en que una planta se desarrolla, por lo que tienen el potencial de causar un accidente es por esto que necesitan ser controlados aunque no sean contemplados dentro de la legislación.

#### 2.2.3.9 Cambio de instrumentación.

Usualmente la propuesta de cambiar los sistemas de instrumentación requiere que se desarrolle el proceso de administración del cambio. Los cambios en las condiciones de operación no requieren de una aprobación formal mientras los valores permanezcan dentro de los rangos de seguridad.

Un aspecto de la administración del cambio cuya importancia se ha incrementado es la automatización de los sistemas de instrumentación. Esto ha permitido que las plantas modernas mantengan sus condiciones de operación cerca de los límites de operación.

Durante las décadas de los 80's y 90's un gran número de plantas instalaron sistemas de control distribuido, una de las justificaciones para la instalación de estos sistemas es la disminución de las fluctuaciones en los procesos de operación.





Al operar cerca de los límites de seguridad se obtiene un máximo en la productividad, pero se corre el riesgo de excederlos inadvertidamente lo que coloca a la planta dentro de una condición de riesgo ya que permanece cerca de los límites de seguridad por un periodo largo de tiempo.

#### **2.2.4 El proceso de cambio.**

La implementación de un proceso de administración del cambio exige que los gerentes rediseñen la forma en que se venían realizando las actividades y funciones en el proceso de cambio, se debe tener conciencia de que las decisiones tienen efectos positivos o negativos sobre la seguridad de las personas, las instalaciones y el medio ambiente, por lo que cada cambio debe ser analizado previamente.

Un proceso típico de administración del cambio generalmente sigue los siguientes pasos:

##### **1. Identificación de la oportunidad o problema.**

El proceso comienza cuando alguien (el iniciador), reconoce que hay un problema que requiere corrección o que se tiene una oportunidad de mejorar la operación; en el ejemplo del recipiente corroído el proceso iniciaría cuando luego de un programa de revisión de espesores el personal se percatara que dicho recipiente está presentando un adelgazamiento de sus paredes por corrosión, lo que representa un problema que debe ser corregido, esta iniciativa comienza el proceso de la administración del cambio.

Este es el paso más importante de todo el proceso ya que si nadie toma la iniciativa de sugerir un cambio no se tendría la oportunidad de realizar mejoras. Es vital que el sistema de administración no sólo permita sino que motive el que todo el personal se involucre en el proceso de administración del cambio.

Esto significa que los gerentes, técnicos y supervisores experimentados necesitan estar abiertos para escuchar ideas de aquellos que no tengan sus conocimientos y su experiencia.



## 2. Necesidad del cambio.

Cuando alguien sugiere que se debe hacer algún cambio en el sistema, es muy importante comprobar que el problema no se deba a una mala operación del mismo por personal que no tenga la capacitación necesaria.

## 3. Acción correctiva.

Si al llevar a cabo el análisis del cambio requerido se encuentra que el problema no se puede resolver utilizando más eficientemente los sistemas existentes o al realizar ajustes menores, entonces la acción correctiva se debe desarrollar. Sólo si no es posible llevar a cabo la acción correctiva un cambio en el sistema se aplicará.

## 4. Cambio en el sistema.

### a) Análisis causa raíz.

Si se llega a la conclusión de que se requiere un cambio en el sistema, el gerente debe conducir a un análisis causa raíz del problema. De otra manera se corre el riesgo de que al final la solución se enfoque a los síntomas en lugar de a la causa real del problema; provocando que el problema se presente nuevamente.

Un beneficio adicional de éste análisis es que una vez que el problema fundamental ha sido identificado y localizado muchos otros problemas se eliminarán con esa misma acción.

### b) Recomendaciones.

Una vez que se ha decidido que se necesita un cambio en el sistema se debe tener una discusión sobre la forma en que se va a realizar, ya que es muy fácil adoptar la primera solución propuesta sin pensar en las alternativas.

Una forma de encarar el pensamiento alternativo necesario para la generación de soluciones múltiples es el uso de algunas técnicas de análisis de riesgos.





## **2.3 ANÁLISIS DE RIESGOS.**

El análisis de riesgos es una disciplina que combina la evaluación ingenieril del proceso con técnicas matemáticas que permiten realizar estimaciones de frecuencias y consecuencias de accidentes.

El análisis de riesgos se usa para analizar objetivamente la naturaleza de un accidente potencial. Aunque una propuesta de administración del cambio no requiere de un análisis de riesgo completo de la planta (a menos que las consecuencias de un posible accidente sean muy altas), es importante conocer los principios básicos para tener una adecuada visión de las propuestas de cambio.

### **2.3.1 Elementos de riesgo.**

El riesgo se compone de tres elementos: peligro, consecuencia y probabilidad.

Peligro es la condición física o química que puede causar daños o producir efectos adversos a las personas, el ambiente o la propiedad.

Riesgo es la posibilidad de sufrir pérdidas, suele utilizarse como una medida de pérdida económica o daño a las personas, expresada en función de la probabilidad del suceso y la magnitud de las consecuencias. El riesgo es el producto de la consecuencia y la probabilidad:  $\text{Riesgo} = \text{Consecuencia de la falla} * \text{Probabilidad de la falla}$

Consecuencias son el resultado directo e indeseable de una secuencia de acontecimientos que originaron un accidente, normalmente involucran la presencia de fuego, explosiones o descarga de material tóxico. Las descripciones de las consecuencias pueden ser estimaciones cualitativas o cuantitativas de los efectos de un accidente en términos de factores como impactos a la salud, pérdida económica y daño ambiental.

Probabilidad y Frecuencia: La probabilidad es la posibilidad matemática de que un evento ocurra y se expresa en fracciones entre 0 y 1. La absoluta imposibilidad es cero y la absoluta certeza es 1. La frecuencia es el número de fallas de un componente o equipo, o el número de errores humanos por año, día, hora o demanda.



### **2.3.2 Reducción de riesgos.**

Los conceptos de una administración formal de riesgos se pueden emplear no sólo en la fase de análisis, sino también al considerar soluciones alternativas y recomendaciones como las siguientes:

1. Eliminar el peligro: Donde se pueda aplicar, es generalmente la mejor solución. Por ejemplo: si el personal de la planta es capaz de encontrar una manera de operar sin utilizar el equipo en cuestión, entonces el peligro desaparece.
2. Reducir las consecuencias: Si el peligro no puede ser eliminado, entonces tal vez sea posible reducir las consecuencias si se presentara un accidente.
3. Reducir la probabilidad: Generalmente es la opción que se elige primero, sin embargo, no es más efectiva que las dos anteriores.

Cualquier método de análisis de riesgos busca mejorar la confiabilidad de las instalaciones de proceso al identificar eventos que pudieran potencialmente dar como resultado la liberación de materiales peligrosos o energía a la atmósfera, paros no deseados en las plantas o problemas de operación que pudieran resultar en situaciones peligrosas.

El análisis de riesgos es una disciplina que combina la evaluación ingenieril del proceso con técnicas matemáticas que permiten realizar estimaciones de frecuencias/probabilidades y consecuencias de accidentes. Los resultados del análisis pueden ser utilizados para la toma de decisiones, ya sea mediante la jerarquización de las estrategias de reducción de riesgos o mediante la comparación con los niveles de riesgo fijados como objetivo en una determinada actividad.

En general los elementos que dan origen a los riesgos presentes en una instalación de proceso industrial son las siguientes:

- Materias primas.
- Productos intermedios.
- Procesos.
- Productos terminados.



- Recursos humanos.
- Residuos peligrosos.
- Medio ambiente.

### **2.3.3 Etapas del análisis de riesgos.**

Para realizar un análisis de riesgos se requiere cubrir cuatro etapas generales:

Primera: conocer a detalle las características de los procesos, materiales utilizados y su entorno para la identificación primaria de la existencia de posibles riesgos reales y potenciales.

Segunda: identificar los riesgos específicos existentes mediante el empleo de técnicas especiales.

Tercera: Evaluar la magnitud del evento y cuantificar sus consecuencias posibles y si fuese necesario y se cuenta con la información, evaluar la probabilidad de ocurrencia.

Cuarta: Establecer las medidas preventivas necesarias para eliminar o minimizar el riesgo hasta el grado de aceptación del mismo.

Existen varias técnicas específicas a aplicar en cada una de las etapas, estas técnicas dependerán de cada caso en particular y del grado de profundidad requerido.

## **2.4 TÉCNICAS PARA ANÁLISIS DE RIESGOS.**

### **2.4.1 "Checklists".**

Una "checklists" es un conjunto ordenado de preguntas que se hacen acerca de la organización, operación, mantenimiento y otras áreas importantes de una planta; el propósito principal para desarrollar una "checklists" ha sido el de mejorar la confiabilidad y desempeño humanos durante las varias etapas de un proyecto o asegurar el cumplimiento de las leyes y normas de ingeniería, y representan el método más sencillo empleado en la identificación de riesgos.



Las "checklists" o listas de comprobación normalmente son resultado de la experiencia y la evaluación de la aceptabilidad del estado del sistema o su funcionamiento, comparados con las normas establecidas y ayudan a determinar si un cambio esta dentro o fuera de procedimiento.

#### 2.4.1.1 "Checklist" CCPA

La Asociación Canadiense de Procedimientos Químicos (CCPA) por sus siglas en ingles desarrolló en 1985 una "checklists" para determinar cuando es necesario implementar una administración del cambio, a continuación se muestra un ejemplo de dicha lista que ilustra algunos de los puntos importantes (aunque no todos) que deben considerarse:

1. ¿El cambio involucra algún químico que podría reaccionar con los químicos existentes en el proceso? (aditivos, solventes, diluentes)
- 2, ¿Se presenta la formación de subproductos indeseables dentro de las reacciones primarias o secundarias, o se introducen impurezas con el nuevo químico?
3. ¿Se presenta un incremento en la temperatura o presión de la reacción como resultado del nuevo esquema?
4. ¿El cambio propuesto requiere que los equipos operen fuera de los límites de diseño y operación?
5. ¿El cambio propuesto toma en cuenta la compatibilidad del nuevo componente químico y sus impurezas con el material de construcción del equipo?
6. ¿Se ha considerado el impacto del cambio en la salud y el medio ambiente?
7. ¿Se ha revisado por personal capacitado el diseño de las modificaciones a las condiciones de operación utilizando técnicas efectivas de análisis de riesgos y operatividad, particularmente cuando las modificaciones se presentan en condiciones adversas o de riesgo?



8. ¿Se ha realizado una inspección en campo por personal calificado para asegurarse de que el nuevo equipo se ha instalado de acuerdo con las especificaciones y diagramas?
9. ¿El manual de operación y los diagramas se han revisado para que contemplen las modificaciones?
10. ¿Se han llevado a cabo las notificaciones necesarias para que el personal de operación, mantenimiento y supervisores tengan conocimiento de las modificaciones y reciban el entrenamiento requerido para hacer frente a las modificaciones?
11. ¿Se han realizado las revisiones apropiadas a los controles lógicos, instrumentación y alarmas, especialmente a los controladores automáticos?
12. ¿Se tomaron las provisiones necesarias para retirar o confinar el equipo obsoleto de tal manera que se elimine cualquier error de operación que involucre equipo abandonado?

Se puede decir por ejemplo, tomando en cuenta la "checklist" anterior, que si se obtiene una respuesta positiva a cualquiera de las preguntas, entonces el cambio propuesto probablemente sea un cambio fuera de especificación.

#### 2.4.1.2 "Checklist" detallada.

A continuación se muestra una "checklist" detallada que nos orienta para determinar y si es necesario desarrollar un proceso de administración del cambio, sin embargo esta lista sólo es una guía y las preguntas no tienen un orden de importancia predeterminado y tampoco se incluyen todos las posibles afectaciones que se deben tener en cuenta en el desarrollo de una "checklist" más formal.

La lista esta dividida en tres columnas, la primera contiene las preguntas de la "checklists" que se agrupan en: Equipo, Química, Instrumentación, Organización; la segunda columna contiene las respuesta si/no, si se presenta una respuesta afirmativa en cualquiera de las preguntas, entonces se deberá desarrollar un proceso de administración del cambio; la tercera columna contiene una discusión sobre la pregunta.



Tabla 2.1 Ejemplo de "checklist"

<b>CAMBIO</b>	<b>SI/NO</b>	<b>DISCUSIÓN</b>
<b>EQUIPO</b>		
Material de construcción		Debe ser resistente a la corrosión y a temperaturas y presiones extremas.
Nueva ubicación de equipo		El mover los equipos a un nuevo lugar puede causar cambios en las caídas de presión y los flujos, así como al sistema de desfogue. Es importante revisar la ingeniería civil y las implicaciones estructurales de tal manera que se asegure que las estructuras podrán soportar la nueva localización del equipo.
Sistemas de desfogue		Los sistemas de desfogue son la última medida de seguridad en la mayoría de las plantas, por lo que se deben revisar si se propone hacer un cambio referente a estos sistemas.
Tamaño de equipo		Si se cambia el tamaño del equipo especialmente si se propone un mayor tamaño, se podrían presentar cambios en la química de la reacción. También se podría sobrepasar la capacidad de los sistemas de desfogue.
<b>QUÍMICA</b>		
Química del proceso		Si cambia la química del proceso, se pueden presentar cambios en otros factores importantes como en el calor de reacción o la corrosividad de los materiales que se manejan.
Químicos (aditivos, catalizadores, agentes limpiadores, solventes)		Los cambios en los químicos pueden provocar reacciones o corrosión no esperadas.



<b>CAMBIO</b>	<b>SI/NO</b>	<b>DISCUSIÓN</b>
<b>INSTRUMENTACIÓN</b>		
Alarmas, "interlocks"		Como en los cambios en los sistemas de desfogue, los sistemas de alarmas e "interlocks" tienen serias implicaciones con la seguridad por lo que deben ser detalladamente revisadas.
Sistemas de control		La implementación de sistemas de control distribuido ha vuelto complejos los sistemas de control. Si se propone un cambio en la lógica de control es importante que se revisen las consecuencias futuras.
<b>ORGANIZACIÓN</b>		
Equipo de seguridad		Si el cambio propuesto requiere que el personal de operación o de mantenimiento deba usar equipo o ropa de seguridad diferente al normal, entonces el cambio sería fuera de procedimiento ya que generarían cambios en las condiciones de operación.

#### 2.4.2 Análisis "WHAT IF".

El procedimiento "what if" (¿Qué pasa sí?) es básicamente un método no estructurado para considerar los resultados de eventos inesperados que pudieran llevar a resultados no deseados. Este método comienza con el uso de la pregunta "¿Qué pasa sí...?", y no analiza el porque ocurre el "¿Qué pasa sí?".





Por ejemplo: se asume que la alarma de alto nivel puede fallar, pero el modo en que falla no es importante en este análisis.

Se aplica a las unidades de proceso en las fases de diseño, modificaciones y operación. A menudo es usado para analizar modificaciones o procedimientos de mantenimiento.

Primero es necesario decidir que categorías de consecuencias serán consideradas. Las alternativas son el riesgo público, el riesgo ocupacional y el riesgo económico. Se deben definir los límites fijos para el estudio, por ejemplo, decidir cuál parte de las instalaciones puede producir la consecuencia indeseable en la que se está interesado.

El siguiente paso es realizar una revisión completa de toda la información requerida, que incluye DFP's y DTI's. A continuación, se deberán preparar el juego de preguntas "¿Qué pasa sí?". Se contesta cada pregunta identificando las condiciones inseguras de operación sugiriendo posibles soluciones a dichos problemas.

### **2.4.3 Análisis de riesgos y operabilidad (HazOp).**

El análisis "HazOp" (Hazard & Operability Analysis), puede ser considerado como una forma estructurada del análisis "¿Qué pasa sí?", es una técnica que fue desarrollada para identificar peligros y evaluar riesgos y problemas de operabilidad de una planta de proceso, evaluando línea por línea, equipo por equipo todo el proceso para identificar las posibles consecuencias de las desviaciones del diseño original en todas las unidades del proceso.

La técnica requiere de información detallada del diseño y operación del proceso ya que se analizan las causas, consecuencias y acciones correctivas llevando un registro de todas ellas.

Este análisis consiste en revisar cada parte de la planta durante una serie de sesiones en las cuales un equipo multidisciplinario realiza un estudio sobre su diseño, modificación u operación de la instalación, usando una lista de palabras guías que facilitan la identificación de las desviaciones del proceso, diseño u operación que puede ocurrir en el nodo de estudio.





Los nodos son subdivisiones de un sistema de proceso, que tienen un origen en donde se presentan variaciones o hay nuevas condiciones de operación, y un destino en donde nuevamente hay un cambio en las condiciones o alguna de ellas varía. Estos deben ser lo suficientemente pequeños para que sean manejables y lo suficientemente grandes para que sean significativos.

Las etapas que contempla son:

- 1) Definición del objetivo y el alcance.
- 2) Selección del grupo de trabajo.
- 3) Actividades previas al análisis.
- 4) Desarrollo práctico del trabajo.
- 5) Actividades de seguimiento.
- 6) Registro de los resultados.

#### 2.4.3.1 Elementos básicos del análisis "HazOp".

Los elementos básicos necesarios para arrancar este análisis son:

1. Una persona que esté entrenada y con experiencia en este tipo de estudios, la cual dirija el estudio y haga el papel de facilitador y que cuente con los conocimientos básicos del proceso. El facilitador deberá de contar con un secretario que será el que anotará las decisiones tomadas.
2. El equipo debe incluir los siguientes integrantes: un ingeniero de proyectos, un ingeniero de proceso, un ingeniero instrumentista, un ingeniero de mantenimiento (mecánico y eléctrico), un ingeniero de mantenimiento de plantas y un ingeniero encargado de la seguridad industrial.
3. Se debe contar con los Diagramas de Tuberías e Instrumentación completos.



Es importante aclarar que un estudio "HazOp" no tiene como objetivo encontrar soluciones a los problemas encontrados, estas se anotarán si son sencillas y si están de acuerdo los miembros del equipo, pero nunca se detendrá el estudio para buscar soluciones complejas, ya que el principal objetivo del estudio es la identificación de los peligros, causas y consecuencias por las desviaciones que se encuentren en el diseño del proceso.

#### 2.4.3.2 Etapas principales del análisis "HazOp".

A continuación se muestra un diagrama con las principales etapas del análisis "HazOp".

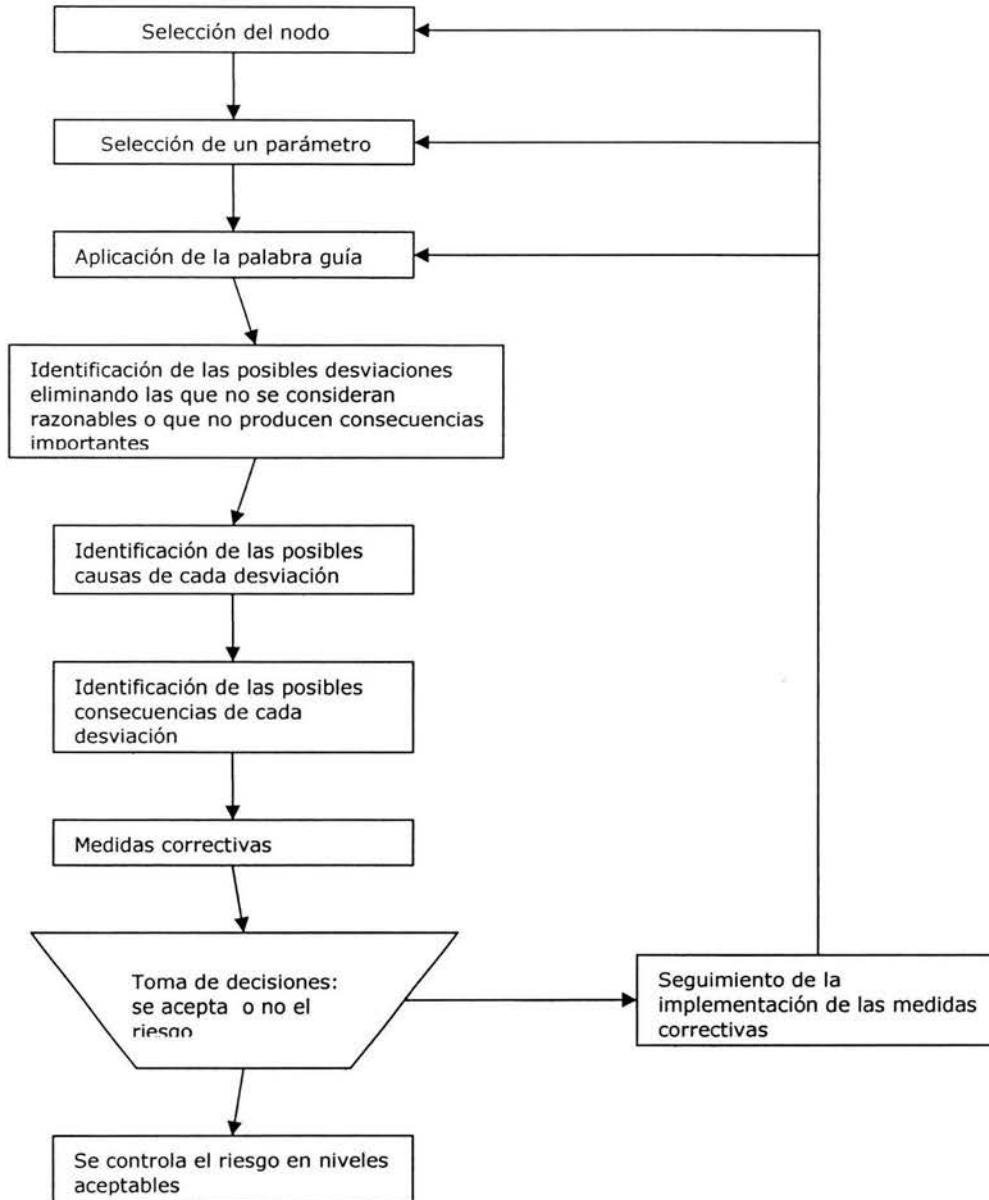


Figura 2.1 Etapas del análisis "HazOp".



### 2.4.3.3 Palabras guía.

Las palabras guía son aquellas que indican la desviación parcial o total de la intención, las cuales son combinadas con parámetros específicos del proceso para identificar desviaciones potenciales de la planta en operación.

Tabla 2.2 Palabras guía.<sup>2</sup>

<b>PALABRA GUÍA</b>	<b>APLICACIÓN</b>	<b>EJEMPLOS</b>
<b>NO</b>	La completa negación de la intención del diseño. Ninguna parte de la intención se logra.	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ El procedimiento no se lleva a cabo</li> <li>◆ No hay flujo de inhibidor de corrosión</li> </ul>
<b>MÁS / MENOS</b>	Aumento o disminución cuantitativa sobre la intención de diseño. Se refiere a cantidades y propiedades físicas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ La presión que se tiene es menor a la presión de operación</li> <li>◆ Aumento de la concentración de alguna sustancia corrosiva dentro de tuberías</li> </ul>
<b>ADEMÁS DE/ TAMBIÉN CÓMO</b>	Se consiguen las intenciones de diseño, además de ocurrir algo más.	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ El vapor consigue calentar al reactor, además, eleva la temperatura en otros equipos</li> <li>◆ La corrosión, además de atacar la tubería, ataca a otros equipos</li> </ul>
<b>PARTE DE</b>	Disminución cualitativa. Sólo parte de la intención se logra.	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Sólo se lleva a cabo una de las reacciones previstas</li> <li>◆ Parte del flujo se pierde debido a fugas por corrosión</li> </ul>
<b>INVERSO</b>	Se obtiene el efecto contrario al deseado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Se obtiene flujo inverso</li> <li>◆ Se obtiene reacción inversa</li> </ul>

El estudio se basa en la aplicación de los parámetros más representativos de la planta y las palabras guías más adecuadas para que se cubra en su totalidad al proceso y así identificar las posibles desviaciones.



#### 2.4.3.4 Desviaciones.

Después de localizar las desviaciones con la aplicación de las palabras guía y en combinación con el parámetro deseado, se procede a evaluar los niveles de riesgo de las causas identificadas tomando como base la frecuencia y la gravedad. El equipo multidisciplinario aplica sus conocimientos para clasificar el nivel de frecuencia y gravedad de las consecuencias.

Tabla 2.3 Desviaciones.<sup>2</sup>

	<b>NO</b>	<b>INVER- SO</b>	<b>MÁS</b>	<b>MENOS</b>	<b>TAMBIÉN CÓMO</b>	<b>PARTE DE</b>	<b>OTRO QUE</b>
FLUJO	Ausencia de flujo	Retroceso de flujo	Aumento en el flujo	Disminución en el flujo	Flujo contaminado	Sin la composición adecuada	Sustancia o material equivocado
PRESIÓN	Vacío	No Aplica	Mayor presión	Menor presión	Golpe de ariete	No Aplica	Fugas
TEMPERATURA	No Aplica	No Aplica	Alta en la Temperatura	Baja en la Temperatura	Oxidación	Gradiente	No Aplica
VISCOSIDAD	No Aplica	No Aplica	Aumento de la viscosidad	Disminución de la viscosidad	No Aplica	Cambio de fase	No Aplica
NIVEL	Recipiente vacío	No Aplica	Aumento de nivel	Disminución del nivel	No Aplica	No Aplica	No Aplica
MEZCLA	No mezcla (sustancia pura)	No Aplica	Aumento de un componente en la mezcla	Disminución de un componente en la mezcla	Espuma	No Aplica	No Aplica
REACCIÓN	No existe reacción	Existe reacción inversa	Reacción excesivamente rápida (se sale de control)	Reacción lenta (poco eficiente)	Existe cambio de fase	Hay reacciones secundarias	La reacción no es la correcta o la adecuada



#### 2.4.3.5 Registro de información.

La forma más conveniente de que se vaya registrando la información es en un archivo de riesgos, el cual deberá contener:

1. Copia de todos los documentos generados por el estudio, y que han sido usados y marcados por el equipo de estudio. Estos pueden ser:
  - Diagramas de flujo.
  - Hojas de especificaciones.
  - Planos y modelos.
  - Instructivos de operación y mantenimiento.
  - Programas.
  - Normas y procedimientos.
  - Etc.
2. Copia de todos los papeles y notas de trabajo, conteniendo las preguntas, sus posibles respuestas, recomendaciones, modificaciones al diseño original, etc.
3. De ser posible, lo más conveniente es que el archivo se retenga en el interior de la planta.

Se requiere de información que represente por completo el estado actual de una planta (cuando el estudio se realiza en la etapa de operación).

Antes de iniciar un estudio "HazOp" es importante revisar la información que regularmente se usa para asegurar la calidad del estudio y prevenir riesgos; en orden de importancia: los procedimientos operativos y de mantenimiento, el programa de revisión de instrumentos y detectores (protecciones), etc. Frecuentemente nos encontramos con procedimientos imprecisos, no actualizados, no difundidos correctamente y, además, archivados, los cuales conducen al personal encargado de aplicarlos a usar notas informales que, en muchos de los casos o en casi todos, provocan la omisión de pasos importantes de un procedimiento correcto.



## **2.5 ORGANIZACIÓN DE LA PLANTA.**

Ya que muchos aspectos de la administración del cambio se refieren al personal y las funciones de éste en una planta de procesos, se describirá brevemente la organización típica de una planta.

### **2.5.1 Jefe de planta.**

En la cima de la organización se encuentra el jefe de planta, como el capitán de un barco, él es responsable de todas las actividades de la planta y es la máxima autoridad, el jefe de planta pasa mucho tiempo trabajando con grupos externos como clientes, representantes del corporativo y otros jefes de planta. La mayoría de las decisiones diarias las toma el asistente de jefe de planta o el ingeniero de turno.

Generalmente el jefe de planta no se involucra en los detalles de la administración del cambio a menos que se proponga un cambio significativo en la operación o se tenga un grave problema de seguridad. Sin embargo, el jefe de planta es el responsable del éxito o fracaso de la seguridad en todas las actividades del proceso, incluyendo la administración del cambio.

El jefe de planta no se ve involucrado en los detalles de un cambio específico, pero es responsable de asegurarse que un sistema de administración del cambio se lleva a cabo apropiadamente.

### **2.5.2 Personal de operación.**

El personal del departamento de operación es el encargado directo de la producción, éste equipo se verá involucrado en casi todas las decisiones de la administración del cambio, ya que son ellos quienes tendrán que operar la planta una vez que el cambio se realice; también son ellos quienes identifican un problema que requiere, para su solución que el sistema cambie. Por último, el personal de operación tendrá que desarrollar nuevos procedimientos operativos y recibirán entrenamiento para manejar los efectos del cambio dentro del proceso.



### **2.5.3 Personal de mantenimiento.**

El personal del departamento de mantenimiento es el responsable de la operación segura y adecuada del equipo dinámico, equipo eléctrico, recipientes a presión, tuberías y tanques. Generalmente son ellos quienes inician un cambio por que son los que reparan la planta como consecuencia de la operación de la misma fuera de los límites de seguridad. También pueden predecir cuando un equipo esta por fallar o tener un mal funcionamiento y proponen un cambio para prevenir problemas.

### **2.5.4 Servicios técnicos.**

Típicamente las funciones de los servicios técnicos incluyen las siguientes actividades: Ingeniería de Proceso, Control de Calidad, Seguridad e Higiene Industrial, Servicios Ambientales y Laboratorio. La ingeniería de proceso es particularmente importante en el proceso de la administración del cambio, ya que son los ingenieros de proceso los que entienden mejor el proceso por lo que conocen que pasaría si las condiciones de operación son desplazadas fuera sus límites. El control de calidad esta fuertemente ligado con el programa de administración del cambio, ya que si un cambio es controlado todos los tipos de fallos se minimizan por lo que se tendrán menos problemas relacionados con la calidad del producto.

### **2.5.5 Personal administrativo.**

El personal que trabaja fuera de las funciones técnicas, como por ejemplo: en finanzas y recursos humanos deben estar advertidos de que algún cambio se esta realizando por lo que sus decisiones y acciones pueden afectar la seguridad de la planta. La pérdida de control en alguna situación riesgosa se puede generar por personal administrativo.





### **2.5.6 Coordinador de la administración de la seguridad.**

Usualmente es una persona cuyo trabajo es administrar la seguridad de la planta y debe reportar al jefe de planta, esto le da un grado de independencia respecto a las políticas de la planta, por lo que se siente libre de tomar decisiones referentes a la seguridad y operabilidad de la planta. Algunas de sus principales actividades son:

1. Tener conocimiento de toda la normatividad relacionada con la seguridad y como se involucran con el proceso en cuestión.
2. Implementar un programa práctico de seguridad que contenga especificaciones sobre como organizar cada elemento incluyendo administración del cambio.
3. Ayudar a otros departamentos con la implementación de las actividades de seguridad en la planta, incluyendo la administración del cambio.
4. Trabajar con grupos externos como auditores y supervisores.
5. Desarrollar reportes de tal manera que el personal este enterado del estado que guardan los programas de administración de la seguridad dentro de la planta.

Generalmente el coordinador de la administración de la seguridad en la planta es el responsable de desarrollar el programa de la administración del cambio.

### **2.5.7 Personal corporativo.**

El papel principal del grupo corporativo dentro de la administración del cambio radica en desarrollar estándares y procedimientos que pueda seguir todo el personal, también se encarga de facilitar la comunicación entre varias plantas de tal manera que las lecciones aprendidas en una puedan ser aplicadas en todas las demás.



## **2.6 LÍMITES DE OPERACIÓN**

Como se ha discutido anteriormente, los programas de administración del cambio identifica los límites de seguridad en un proceso determinado y subsecuentemente se asegura de que no se presente ninguna desviación que lleve a operar fuera de los límites de seguridad. A menos que los límites de seguridad se definan y se comuniquen a todos los involucrados, el cambio no podrá ser apropiadamente administrado porque no existe un punto de referencia desde el cual los cambios propuestos puedan ser analizados.

### **2.6.1 Cuantificación de los límites.**

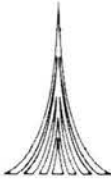
Es esencial que los límites de seguridad sean cuantificados de tal manera que se puedan establecer las prioridades y se tomen las decisiones correctas.

#### **2.6.1.1 Tipos de límites.**

En principio, para cada variable de operación hay sólo dos valores límites seguros: el inferior y el superior. Si las condiciones de operación se encuentran entre estos dos valores, podemos decir que la operación es segura; sin embargo, si las condiciones se desplazan fuera de los valores límite la operación es por definición insegura.

En la práctica, las condiciones de operación rara vez pasan de ser totalmente seguras a totalmente inseguras en un instante, en lugar de eso, conforme las condiciones se alejan de los valores de diseño la operación se vuelve menos segura. Sin embargo, no todos los cambios presentan esta relación, si se usa el material de construcción incorrecto para algún equipo la planta instantáneamente pasará a una condición de operación insegura.

Las condiciones de operación de la planta se dividen en tres: Segura, Riesgosa e Insegura. Las fronteras entra cada una de ellas son los valores definidos como bajo-bajo, bajo, alto y alto-alto.



El rango de operación normal se encuentra entre los valores alto y bajo, si alguno de los valores sobrepasa este rango entonces la operación pasa a ser riesgosa, es decir, el sistema presenta un problema y aunque seguir con la operación no desencadenará un accidente mayor, se deben tomar medidas para regresar la operación dentro de los valores de seguridad. Un cambio para protección debe ser realizado ya que la seguridad se ha puesto en riesgo. Los valores bajo y alto también representan los límites dentro de los cuales se puede realizar un cambio inicial sin tener que implementar un proceso de administración del cambio.

Si alguna variable sale de los valores de bajo-bajo o alto-alto, entonces existe una situación insegura por lo que se puede presentar un accidente serio. Sin embargo, dispositivos automáticos como "interlocks" y válvulas de desfogue que actúan para que los valores sólo se encuentren fuera de los límites por poco tiempo son instalados.

#### 2.6.1.2 Riesgo aceptable.

Uno de los problemas a los que se enfrenta cualquier persona que trabaje en industrias de alto riesgo es el definir el concepto de riesgo aceptable. Idealmente los valores del riesgo aceptable coinciden con los valores de las condiciones bajo-bajo y alto-alto, cualquier desviación fuera de estos límites es insegura. Desafortunadamente, es muy difícil definir el concepto de riesgo aceptable por dos razones: la primera es que el riesgo se incrementa gradualmente, es decir, hay diferentes niveles de gravedad conforme nos alejamos de las condiciones seguras y aunque todos son inseguros presentan diferentes grados de riesgos; la segunda es que el riesgo es fundamentalmente una situación subjetiva y emocional, ya que es imposible darle un valor cuantitativo a la vida humana y al sufrimiento.

De esta forma se llega a la conclusión de que no se puede definir tal concepto, sin embargo cada compañía puede proponer estándares sobre que niveles de riesgo son aceptables para sus propósitos particulares.



## **2.6.2 Definición y cambio de límites.**

La existencia de la definición adecuada de límites inferiores y superiores de todas las variables clave del proceso es fundamental para el desarrollo exitoso de una administración del cambio. En la práctica sin embargo estos valores no siempre están definidos, lo que dificulta el análisis de lo que pasaría si las condiciones de proceso salen de ellos.

Aunque los ingenieros que diseñan las plantas deben establecer los rangos en donde la operación es segura, en muchos casos no se cuenta con esa información, sólo se tienen valores puntuales no rangos. Si las instalaciones tienen ya algunos años de estar operando, es muy probable que las condiciones difieran significativamente de las diseño original por lo que los valores de diseño ya no aplican para las nuevas condiciones de operación.

Cuando no se cuenta con los valores de diseño, aquellos que operan las instalaciones necesitan métodos para establecer los límites de seguridad y para determinar que se debe hacer si estos salen de las condiciones seguras.

Generalmente se utiliza cualquiera de las técnicas que se mencionan en las siguientes secciones para establecer los valores de seguridad.

### **2.6.2.1 Estándares de diseño.**

La primera forma de establecer los límites de seguridad es recurrir a los códigos y estándares de ingeniería, complementando con otras fuentes de información técnica, podemos decir que son cinco los niveles de estándares de diseño:

- Normas: son las condiciones que se deben cumplir según las leyes, sin embargo no proporcionan suficiente información técnica útil para establecer los límites de seguridad.



- **Códigos y estándares:** son los documentos publicados por organizaciones como ASME, API y NFPA; y pueden contener información valiosa y guías para la selección de los límites de seguridad. Estos documentos suman la gran experiencia de un amplio rango de compañías e investigadores.
- **Estándares internos:** algunas compañías desarrollan sus propios estándares, particularmente si diseñan sus propios procesos químicos especializados.
- **Literatura:** la literatura técnica disponible puede ser una útil fuente de información pero no tiene el peso de un estándar o código, ya que no proporciona una guía detallada para situaciones específicas.
- **Información industrial:** finalmente la información acerca de los límites de seguridad puede ser proporcionada por especialistas de la industria, particularmente por vendedores de equipo y proveedores de tecnología. Esta información puede ser muy valiosa ya que la compañía que fabrica un equipo en particular o desarrolla la tecnología tiene muy claro cuales serían los límites de seguridad pertinentes.

#### 2.6.2.2 Experiencia operacional.

La experiencia operacional es probablemente el método más amplio para determinar los límites de seguridad en plantas que han operado por algunos años, ya que tendrán suficientes fallas y problemas operacionales que permitirán obtener información sobre cuales son estos límites y que pasa si se sobrepasan estos.

Esta es una justificación para tener un buen programa de registro de incidentes, por que a través de este se podría acceder a la información sobre todos los tipos de fallas.

#### 2.6.2.3 Extrapolación.

La extrapolación de las condiciones normales de operación es otra de las formas de determinar los límites de seguridad.



El problema que presenta la extrapolación es que las funciones no siempre son lineales lo que provoca desviaciones en los valores obtenidos.

#### 2.6.2.4 Modelos matemáticos.

Algunas veces es posible usar modelos matemáticos para predecir los rangos de operación aceptables, estos modelos están basados en datos de operación o en experimentos de laboratorio, sin embargo, estos modelos presentan los mismos problemas que la extrapolación.

Una de las ironías del éxito de una administración del cambio es que entre mejor este operando una planta más difícil será extrapolar los rangos de seguridad porque la planta no tiene incidentes donde haya operado en condiciones extremas.

Una planta que no se opera correctamente tiene muchas fallas que proveen el conocimiento necesario de lo que pasa cuando las condiciones no son normales.

Para las plantas que operan correctamente la idea básica es cambiar los valores gradualmente en pequeños pasos, al final de cada cambio se debe realiza un examen cuidadoso para asegurarse de que no existen condiciones inseguras.

### **2.7 ESTRUCTURA DEL PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN DEL CAMBIO.**

Se sugiere básicamente un programa de ocho pasos para un proceso de administración del cambio, este programa cubre todos los puntos que deben ser analizados cuando se recomienda o evalúa un cambio.

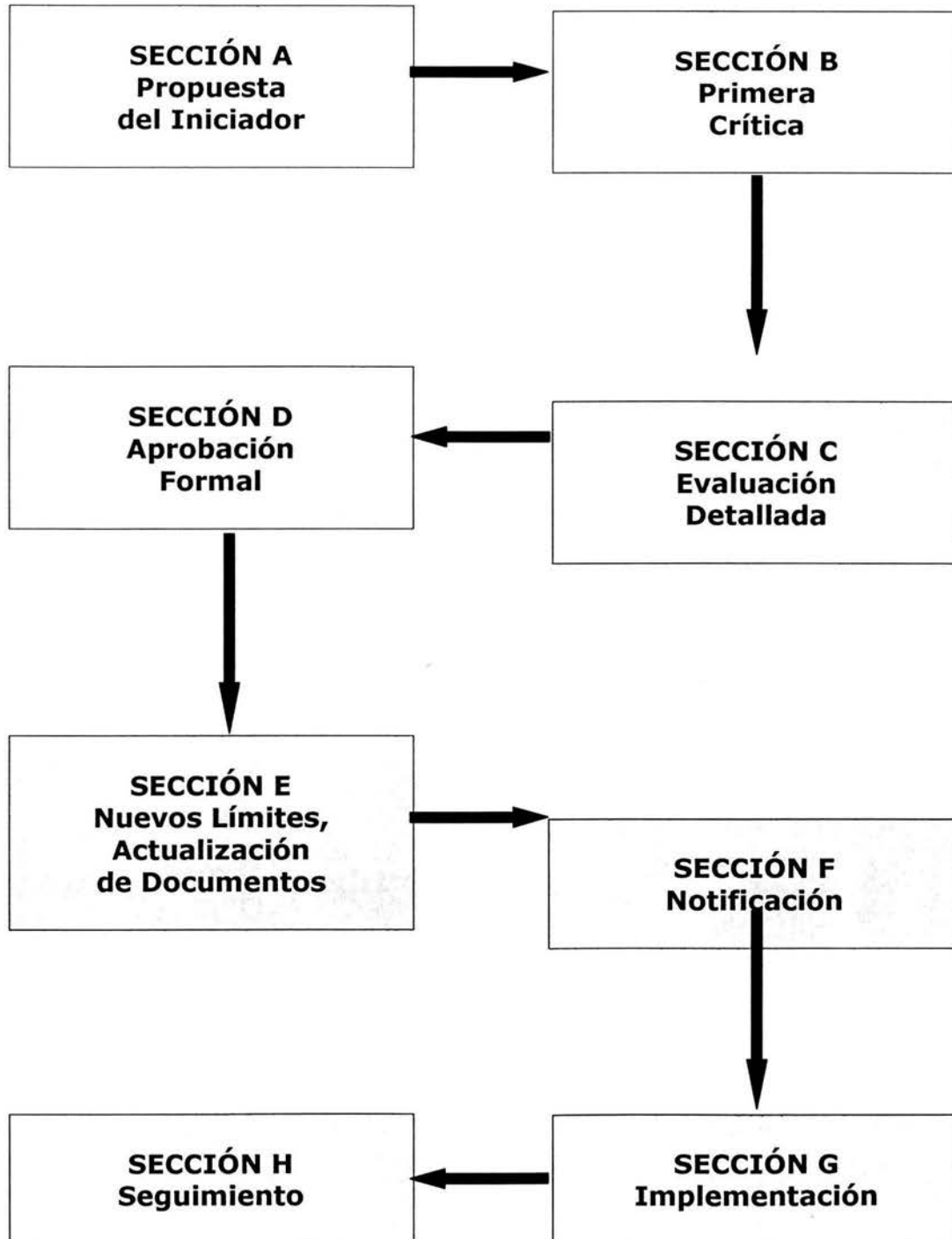


Figura 2.2 Programa para un proceso de administración del cambio.





### **2.7.1 Creación del equipo de trabajo.**

El proceso de administración del cambio debe ser llevado a cabo por un equipo, una de las razones es que cuando alguien se involucra en una evaluación e implementación de algún cambio generalmente se toma como algo propio y como se dijo anteriormente para que un programa de administración del cambio sea exitoso se necesita que todos los participantes se encuentren involucrados.

La segunda razón para involucrar a tantas personas como sea posible es que en las revisiones adicionales se encuentran ideas frescas que tal vez no se consideraron en un principio.

Naturalmente, el tener un gran número de personas involucradas en un proceso de evaluación incrementa la posibilidad de que se presenten desacuerdos y argumentos encontrados entre los miembros del equipo, sin embargo, estos problemas son aceptados por los beneficios que aportan.

### **2.7.2 Cambios rápidos y cambios pequeños.**

El sistema de administración del cambio es muy detallado lo que puede generar algunas quejas con relación a los cambios pequeños o rápidos, pero como ya se ha comentado los cambios aún cuando se consideren pequeños no quiere decir que no puedan causar un accidente serio, por lo que la pequeñez o rapidez de un cambio propuesto no es razón suficiente para analizarlo con menos rigor.

Hay que reconocer que si el sistema para manejar los pequeños cambios es considerado por el personal como demasiado burocrático, entonces se verán tentados a saltarlo usando probablemente el sistema para cambios de emergencia. Una posible solución para este dilema es manejar todas las actividades de la administración del cambio para cambios pequeños en una sola sesión de equipo.





### **2.7.3 Aspectos informales de la administración del cambio.**

Los procesos de administración del cambio incluyen tanto aspectos formales como informales. Los aspectos formales son necesarios para asegurarse de que todos los cambios son identificados y controlados adecuadamente, de la misma forma es necesario contar con los registros adecuados en caso de que se requieran para alguna auditoría. De cualquier forma los aspectos formales son sólo una parte del proceso de la administración del cambio, especialmente de los pasos iniciales.

También hay aspectos informales que son importantes; generalmente se pedirán opiniones a los compañeros y colegas antes de plantear sus ideas en un sistema formal. Como las discusiones en este momento son abiertas y no tienen una estructura definida, las personas se sentirán con mayor confianza para expresar sus ideas. Una revisión informal puede mostrar de forma rápida si el cambio propuesto no es correcto por que la persona que propone dicho cambio (el iniciador), pasó por alto algún aspecto importante.

Los ocho pasos del proceso consideran tanto aspectos formales como informales de la administración del cambio; los primeros tres pasos son en su mayoría informales ya que en estos las personas son libres de expresar sus ideas o recomendaciones; en los cinco pasos siguientes se tiene una estructura más formal. De esta manera en los ocho pasos del sistema se combinan el rigor de un proceso formal de control de cambios y la creatividad asociada con el análisis informal.

Un cambio que requiere de un proceso de administración del cambio para ser implementado, por definición esta llevando a las instalaciones a nuevas regiones de operatividad, por lo que es vital que las personas encargadas piensen de manera creativa en las implicaciones del cambio propuesto, esto es más fácil que se presente durante discusiones informales. Aunque una atmósfera informal provee las bases para una discusión creativa, es importante establecer una estructura en la cual se pueda llevar a cabo, particularmente cuando están involucrados más de un departamento o disciplina.



Un aspecto informal de la administración del cambio que muy raras veces se discute abiertamente y que puede ser muy importante es el cabildeo. Cuando alguien sugiere una idea, esta poniendo su reputación en la línea, consecuentemente ejercerá presión para defenderla.

A menos que el iniciador o alguna otra persona actúe como patrocinador del cambio propuesto y lo promueva activamente, el sistema de administración del cambio no se llevará a cabo, en consecuencia, aquellos que sean más persuasivos o que ocupen una posición de mayor autoridad verán sus propuestas implementadas, no así los que tengan menor rango de autoridad o sean menos persuasivos.

Un sistema de administración del cambio ideal mantendrá el balance asegurándose que todas las ideas son analizadas de la manera más justa posible sin importar quien la propone. Sin embargo, ningún sistema puede ser completamente imparcial por lo que la persona que quiera que su propuesta se lleve a cabo debe aprender a ejercer presión sobre sus colegas y directivos.

Otro aspecto "político" de la administración del cambio son las rivalidades entre grupos; muchas ideas pueden provocar la creación de bandos o partidos e incluso generar oposición.

#### **2.7.4 Sección A, propuesta del iniciador.**

El proceso del cambio comienza cuando alguien identifica un problema que necesita ser corregido o alguna oportunidad para mejorar la seguridad de la planta o la operación, esta persona es conocido como el iniciador, en cuya opinión el problema no puede ser resuelto al ejecutar los programas y las políticas existentes de manera eficiente, el cree que se debe llevar a cabo un cambio en el sistema.

El éxito del sistema de administración del cambio depende del compromiso y entusiasmo del iniciador. Usualmente el iniciador es un gerente, supervisor o ingeniero, aunque el sistema de administración del cambio este abierto para todos.



Los iniciadores generalmente se ven influenciados por motivos personales, así como por el deseo de mejorar la operación y la seguridad de la planta; un ejemplo de los motivos personales puede ser: Reconocimiento personal, usualmente las personas proponen un cambio para obtener reconocimiento de la compañía y de sus compañeros; Lealtad a la compañía, la mayoría de los empleados desean trabajar para una compañía exitosa; Seguridad, el iniciador puede estar trabajando bajo condiciones que en su opinión representan un problema de seguridad para el y para su grupo.

Cualquiera que sea la razón para proponer un cambio, el iniciador pone de manifiesto que le preocupa demasiado la operación de la planta como para querer hacerla mejor.

Como la iniciativa del iniciador es tan importante el sistema de administración del cambio debe mantenerlo informado del grado de avance de su propuesta. Si los otros empleados observan que el iniciador esta totalmente involucrado en la discusión sobre la propuesta, estarán más abiertos a participar proponiendo sus propios cambios.

El iniciador se verá involucrado en los subsecuentes procesos de toma de decisiones, particularmente en análisis detallado del cambio. Si el cambio es rechazado es muy importante que se explique al iniciador por que se tomó tal decisión.

El iniciador no es responsable de generar las soluciones, esto será decidido por un equipo designado por la administración, sin embargo, en la práctica el iniciador formará parte de dicho equipo. En muchas situaciones el iniciador tendrá en mente una posible solución que debe compartir con el equipo pero debe entender que hay muchas otras maneras de resolver el problema. Muchas veces el iniciador no es la persona indicada para encontrar la solución.

Como ya se ha visto, todo cambio necesita que alguien lo empuje a través del sistema, esta persona se conoce como el patrocinador y es su responsabilidad asegurarse de que la propuesta no se pierda en el sistema o que se estanque en un limbo burocrático. El patrocinador debe ejercer un sentimiento de urgencia y entusiasmo por la propuesta de cambio. Generalmente el patrocinador es la misma persona que el iniciador, aunque esto genera algunos problemas de logística.



#### 2.7.4.1 Registro de la sección A.

El primer paso formal en un proceso de administración del cambio es completar la primer parte del registro de la administración del cambio, que debe contener:

- a) Nombre del iniciador, patrocinador y fecha.
- b) Descripción del problema y sus consecuencias.
- c) Cambio propuesto.
- d) Justificación; inicialmente esta justificación puede ser cualitativa y general, algunos factores a considerar pueden ser los siguientes:

- 1. Seguridad.
- 2. Medio Ambiente.
- 3. Operación.
  - Incremento de la producción.
  - Eficiencia.
  - Reducción de consumo de energía.
- 4. Mantenimiento.
- 5. Relaciones Públicas.
- 6. Normatividad.
- 7. Riesgos.

- e) Cambio de emergencia.
- f) Cambio temporal.
- g) Acciones previas; muchas plantas tienen problemas con largas historias, por lo que el cambio propuesto puede ser parte de una larga lista. Si se han aplicado soluciones a estos problemas y han fallado se debe presentar una descripción detallada de lo que pasó en cada uno de los casos anteriores.

#### 2.7.5 Sección B, primera crítica.

La primera crítica provee un chequeo rápido y de sentido común de la idea propuesta, generalmente se lleva a cabo por personal de confianza del iniciador, si la idea no es práctica no se perderá mucho tiempo y el iniciador no aparecerá como tonto ante su superior o sus colegas.



Si el iniciador propone una solución, los críticos podrán proponer soluciones alternativas ya que se busca que tengan suficiente experiencia en la operación de la planta como para tener una visión general del proceso y así identificar los problemas potenciales que acarrea el cambio propuesto. Esta evaluación informal puede tomar sólo unos cuantos minutos.

Es necesario determinar si el cambio propuesto está dentro o fuera de procedimiento, esta decisión es de una importancia crítica, ya que si un supuesto cambio dentro de procedimiento se torna fuera de procedimiento podría presentarse un accidente serio.

Por la importancia que representa la decisión, los supervisores y operadores deben estar altamente entrenados para decidir la naturaleza del cambio, particularmente si la elección de un cambio dentro de procedimiento ofrece la alternativa de saltar el proceso de administración del cambio.

Los críticos cuentan con amplio conocimiento y experiencia en la operación de la planta, por lo que cuando apoyan un cambio este será bien recibido por todo el personal, de la misma manera si se oponen a un cambio probablemente tendrán la influencia suficiente para que este no se lleve a cabo.

Asimismo, su conocimiento no sólo se refiere a aspectos técnicos, poseen un amplio conocimiento de la organización y políticas de la compañía por lo que estarán al tanto de las implicaciones que tendrá el cambio propuesto y así podrán discernir entre los cambios que podrían ser aceptados.

Sin embargo, la experiencia de éstos también podría ser un factor negativo ya que generalmente no son buenos para aportar ideas frescas y pensar en lo inimaginable, en este renglón la gente con menos experiencia se desarrolla mejor.

Los críticos al ser tan experimentados pueden ser escépticos y frenar las ideas del iniciador, por lo mismo muchas buenas ideas son rechazadas casi al momento de surgir, si alguien siente que su propuesta ha sido rechazada injustamente durante la revisión informal debe continuar ejerciendo presión para defender aquello en lo cree; un buen iniciador no sólo propone ideas, debe luchar por ellas.



#### 2.7.5.1 Registro de la sección B.

Una vez que se ha realizado la primera crítica, se puede llenar la segunda parte del registro de la administración del cambio, esta debe contener:

- a) Nombre de los críticos, de esta forma podemos conocer el grado de autoridad y conocimiento de las personas que realizan la revisión y su influencia sobre el cambio propuesto.
- b) Discusión, los críticos deben ofrecer una evaluación que justifique el cambio propuesto.
- c) Modificaciones sugeridas, así mismo pueden plantear sus opiniones sobre el cambio que evalúan.

#### **2.7.6 Sección C, evaluación detallada.**

Hasta este punto la administración del cambio a involucrado a muy poca gente, siendo hasta cierto punto informal y privada. Sin embargo, si el iniciador y las personas que realizaron la primer revisión creen que el cambio propuesto vale la pena deben ponerlo a consideración del "sistema", por lo que tendrá que ser evaluado por un equipo de representantes de diferentes disciplinas y especialidades, este es le paso de la evaluación detallada.

Para realizar una evaluación detallada se requieren a las siguientes personas clave:

##### Críticos

Los críticos son las personas que realmente evalúan el cambio propuesto, generalmente son representantes de las diferentes áreas y especialidades, siendo crucial que sean bien seleccionadas pues de lo contrario el cambio podría no ser evaluado correctamente. Los críticos tienen tres principales tareas:

-Confirmar el problema

Los críticos deben confirmar que existe un problema que debe ser solucionado y que no se puede resolver siguiendo con mayor eficiencia los procedimientos existentes o complementándolos.





Así mismo, deben revisar si el cambio propuesto lleva a las condiciones de operación fuera del rango de seguridad.

-Analizar el problema

Una vez que se confirmó que el sistema debe cambiar, los críticos deben analizar todos los aspectos del cambio propuesto para asegurarse de que esta completamente comprendido.

-Identificar posibles soluciones

Finalmente, los críticos recomiendan como debe ser implementado el cambio. En este paso, se debe intentar desarrollar una "lluvia de ideas" y participar con cuantas ideas sean posibles, no importa si suenan extrañas o inusuales.

Los miembros del equipo de revisión deben tener la experiencia necesaria para analizar los cambios propuestos por analogía con otros que se presentaron con anterioridad en la planta, sin embargo, se debe tener en cuenta que aunque la experiencia es una parte invaluable de los análisis, tiene sus limitaciones ya que no se puede tener experiencia en las nuevas condiciones que se proponen.

El equipo de revisión debe incluir personal con el conocimiento técnico apropiado en áreas como química, ingeniería de instrumentos, materiales de construcción y seguridad de equipos.

Algún miembro del equipo debe entender los temas de la organización y administración referentes al cambio propuesto. Los factores organizacionales deben ser considerados y estos incluyen los siguientes: económicos, legales y políticas de la planta.

De la misma manera algún miembro del equipo se debe asegurar que todo el trabajo, particularmente las recomendaciones finales estén de acuerdo con las normas y estándares de ingeniería, como son la OSHA y la EPA.

Coordinador

El coordinador es responsable de la administración detallada de todo el proceso de revisión.



Cada cambio debe tener su coordinador y sus responsabilidades son seleccionar a los críticos y contratistas, asegurarse de que la información técnica esta disponible para todos, resumir la evaluación para la revisión administrativa, asegurarse de que la evaluación este dentro de lo programado.

El coordinador puede participar en el proceso de evaluación del cambio propuesto, pero este no es su papel principal, su responsabilidad es asegurarse de que la evaluación del cambio se desarrolla apropiadamente y definir el programa para la implementación del cambio.

#### Contratistas

Aunque la responsabilidad del coordinador es reunir al equipo, en muchos casos no conoce a toda la gente que puede contribuir en el análisis del cambio. En esta situación, el facilitador se puede apoyar en un equipo de contratistas, que creará su propio equipo.

Cada equipo de contratistas selecciona al personal que cree pueda contribuir efectivamente a una evaluación profesional del cambio propuesto.

#### Administrador

El administrador desarrolla el sistema de administración del cambio. El administrador no necesita conocimientos técnicos u operacionales, pero si necesita conocer la organización de las instalaciones.

El administrador no es responsable del análisis o implementación de los cambios, su papel simplemente es el de asegurarse de que el sistema de administración del cambio se sigue y funciona correctamente.

Una vez que se ha decidido quién va a revisar el cambio propuesto, el coordinador crea un diagrama de flujo, este diagrama nos muestra que se han creado tres equipos para analizar el cambio: departamento de operación, ingeniería y recursos humanos.

El coordinador debe proporcionar los documentos de la administración del cambio a cada equipo, para que trabajen en paralelo.





Una vez que se ha terminado el trabajo, el coordinador reunirá los comentarios y revisiones para entregarlos al comité de la administración del cambio.

Es mucho mejor cuando la información relacionada con el cambio propuesto es distribuida al mismo tiempo a todos los equipos ya que permite que interactúen unos con otros al momento de las revisiones.

Cada uno de los críticos puede pertenecer a listas abiertas o cerradas. Las listas cerradas son aquellas que son asignadas antes de que el proceso comience ya que se requiere que ciertas personas estén involucradas en determinadas áreas, se pueden añadir personas pero no eliminar. Las listas abiertas se pueden modificar durante el curso de la evaluación del cambio.

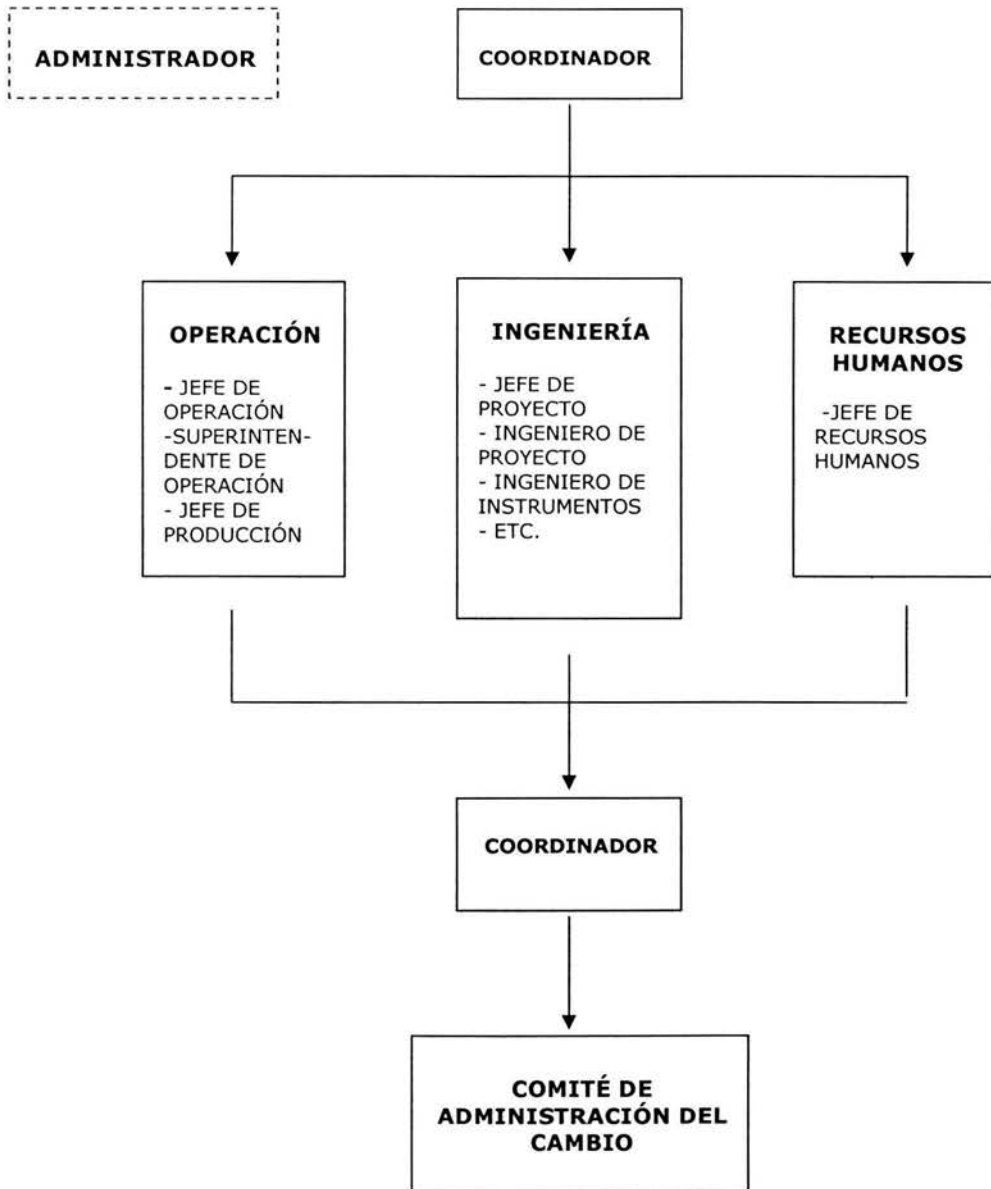


Figura 2.3 Diagrama de flujo de evaluación detallada.



Los críticos deben tener acceso a documentos técnicos para evaluar los cambios propuestos. El coordinador debe proporcionar dichos documentos entre los que se encuentran: DTI's, hojas de datos de equipos, normatividad ambiental y de seguridad, PLG's.

#### 2.7.6.1 Registro de la sección C.

Una vez que el equipo de críticos terminó su análisis, el coordinador debe reunir todos los comentarios e ideas que se generaron, sumarlos y analizarlos; junto con el patrocinador y el iniciador se decidirá que acción se propondrá, ésta se plasmará en un documento que será la base de las recomendaciones que se presentarán al gerente.

Cuando se ha completado la evaluación detallada, el siguiente paso es aceptar formalmente el cambio y tomar una decisión sobre cual recomendación se implementará.

#### **2.7.7 Sección D, aprobación formal.**

Antes de que un cambio sea implementado, se debe aprobar formalmente por la gerencia. Esta aprobación es necesaria para conocer los requerimientos de seguridad del proceso. La aprobación es útil también como registro formal por si se presenta un accidente en donde el cambio implementado sea la posible causa.

La mayoría de las empresas designan un comité de administración del cambio que aprueba formalmente el cambio. Este comité evalúa el cambio propuesto, si esta de acuerdo con dicho cambio selecciona alguna de las recomendaciones propuestas.

Cada miembro del comité debe firmar el documento del cambio una vez que determinen que es seguro y aplicable. Cuando algún miembro del comité firma la documentación del cambio establece que un sistema de administración para controlar el cambio se implementó y se siguió adecuadamente.

El comité debe incluir representantes permanentes de operación, mantenimiento, técnicos, ingenieros de proyectos y de seguridad.



El iniciador y el patrocinador no pueden ser miembros del comité por que ellos promueven el cambio.

El comité será encabezado por el coordinador que presentará los pormenores de la revisión detallada a los otros miembros, el coordinador fungirá como secretario y deberá escribir y publicar las minutas y registros.

El departamento de operación deberá revisar y comentar los cambios propuestos, por que son ellos quienes tendrán que operar las instalaciones con las nuevas condiciones una vez que se implemente el cambio, de la misma forma tendrán que actualizar los procedimientos y asegurarse de que se entrene a todo el personal involucrado. Un representante de operación deberá formar parte del comité.

El personal de mantenimiento se involucra en la revisión del cambio por que ellos son los encargados de realizar el cambio en si mismo y de darle mantenimiento una vez implantado.

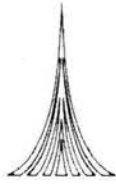
Generalmente el departamento de mantenimiento representa a los grupos de instrumentación y sistemas de control, sin embargo, es recomendable que un especialista de cada uno de estos departamentos forme parte del comité.

El personal del departamento técnico son los responsables de revisar que el nuevo proceso sea seguro y funcional. Generalmente son los responsables de dirigir cualquier proceso formal de análisis de riesgos que se requiera.

Si se cuenta con un departamento de ingeniería este deberá evaluar la integridad técnica y de ingeniería del cambio propuesto, también se deben asegurar que el cambio sea legal y que no viole ninguna legislación ambiental o de seguridad.

Una de las decisiones más importantes que debe tomar el equipo de administración del cambio es acerca de realizar o no un análisis de riesgos, no hay reglas acerca de cómo tomar esta decisión. Sin embargo, los siguientes puntos pueden servir de guía.

1. Si el cambio es extenso un análisis de riesgos puede ayudar a identificar los problemas del sistema.



2. Si el cambio requiere la intervención de diferentes disciplinas y departamentos, un análisis de riesgos identifica escenarios de accidentes que pueden resultar de malentendidos entre departamentos.
3. Si las consecuencias del cambio pueden resultar en un accidente grave, un análisis de riesgos puede ponerlas de manifiesto.
4. Si el cambio propuesto implica mover parámetros críticos de operación, como temperatura de reactor, debe ser evaluado por un análisis de riesgos.
5. Si se propone el uso de nueva tecnología, un análisis de riesgos ayudaría a identificar eventos no contemplados con anterioridad.

#### **2.7.8 Sección E, proceso de actualización de límites.**

Una vez que el cambio ha sido aprobado, los nuevos límites de seguridad deben ser definidos y actualizada la documentación correspondiente. Todas las personas afectadas por el cambio de condiciones deben ser informadas y entrenadas para actuar si los nuevos límites se exceden.

Todos los elementos de seguridad del proceso, como procedimientos operacionales, DTI's, capacitación y aspectos mecánicos deben ser actualizados. Es importante que toda esta información se actualice antes de que el cambio se realice, de otra forma se corre el riesgo de que se estanque indefinidamente. La actualización generalmente se realiza por el coordinador de seguridad industrial.

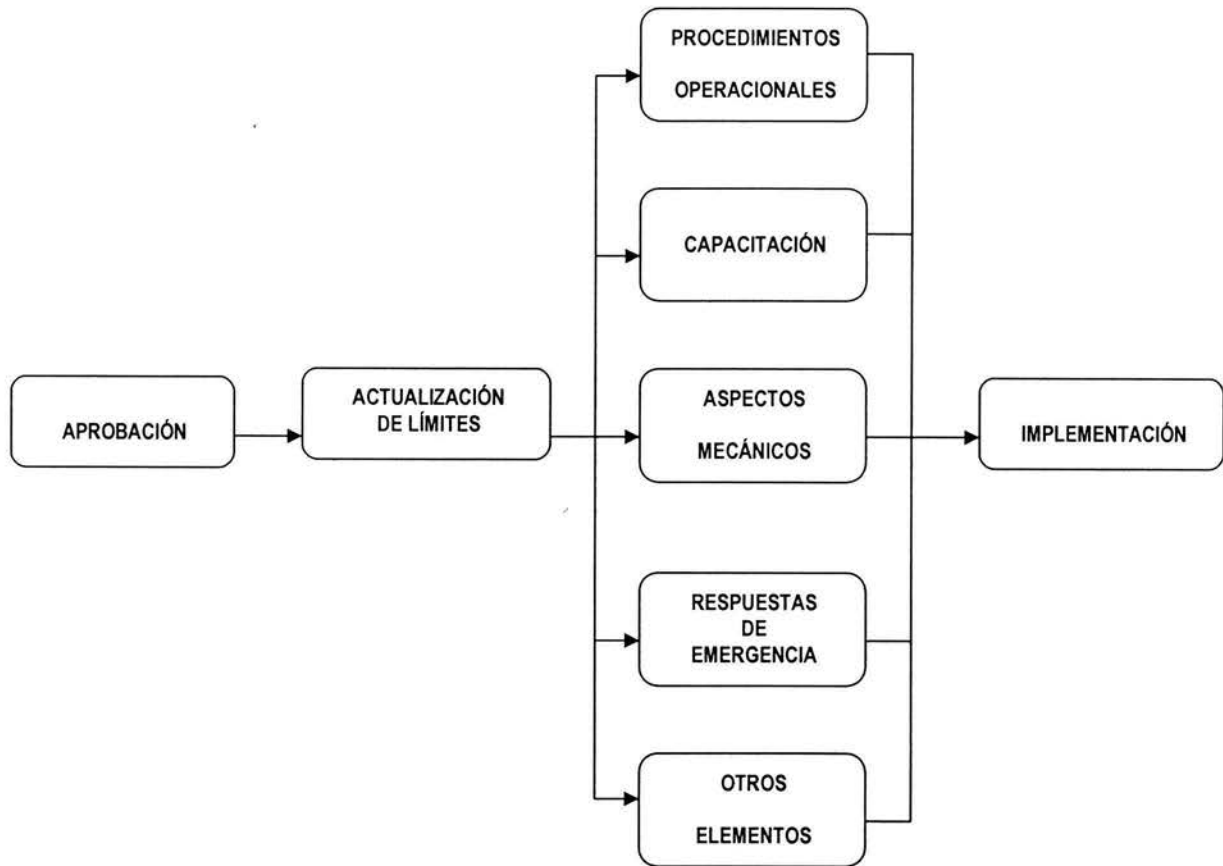


Figura 2.4 Diagrama de proceso de actualización para la administración del cambio.



### **2.7.9 Sección F, notificación.**

Antes de que el cambio sea implementado, todo el personal afectado debe ser notificado. El proceso de notificación es diferente al de entrenamiento y se dirige a aquellas personas que tienen alguna relación con el cambio, pero que no se ven directamente afectadas por el, como por ejemplo el personal administrativo y corporativo.

Estas personas deben ser notificadas sobre el cambio propuesto, la fecha en la se llevará a cabo, que es lo que se hará, porqué, y cuales son las consecuencias que tendrá en el proceso.

### **2.7.10 Sección G, implementación.**

Finalmente el cambio puede ser implementado, por ley todos los cambios deben ser revisados por un equipo antes de ser implementados. Esto es particularmente importante en proyectos largos ya que puede pasar mucho tiempo entre la realización del análisis de riesgos y la implementación del cambio, por lo que pueden ocurrir cambios no previstos.

En proyectos pequeños, donde los eventos son más rápidos el comité de administración del cambio puede evaluar el cambio antes de ser implantado. Sin embargo, se debe asegurar que el cambio no sufra modificaciones entre la aprobación y la instalación.

### **2.7.11 Sección H, seguimiento.**

Una vez que el cambio se ha implementado, se le debe dar seguimiento para asegurarse de que todas las precauciones se han manejado adecuadamente, en particular se hace hincapié en que se reciba la capacitación adecuada. En general se deben considerar las siguientes cuestiones:

1. Asegurarse de que el procedimiento de administración del cambio se haya seguido correctamente.



2. Asegurarse de que todos los otros elementos de la seguridad del proceso se evaluarán y que no se presenten efectos inesperados.
3. Asegurarse de que el cambio en si mismo se implementó correctamente y que los operadores estén enterados de los nuevos límites de operación y de que hacer si se rebasan.

Finalmente se debe revisar que el cambio este arrojando los resultados esperados.

### **2.7.12 MANUAL DEL SIASPA**

PEMEX, ha implementado un Sistema Integral para la Administración de la Seguridad y la Protección Ambiental "SIASPA" en sus instalaciones, el cual se basa en principios fundamentales tales como custodia, administración de recursos naturales, cumplimiento, administración de riesgos, seguridad, salud ocupacional, capacitación, aprendizaje, asignación de recursos, interacción con las comunidades, responsabilidad, integración con la cultura de PEMEX y relación con las partes interesadas entre otros. El SIASPA está soportado por los sistemas utilizados por empresas petroleras internacionales como EXXON, BRITISH PETROLEUM, SHELLY CONOCO, y por los requerimientos para la administración de la seguridad y salud ocupacional "OSHA" del departamento de trabajo de los Estados Unidos.

El elemento 13, sección 6, del Manual del SIASPA hace referencia al "conjunto de actividades que permiten asegurar una adecuada planeación, ejecución, control, registro y difusión de las modificaciones a los materiales, procesos, equipos e instalaciones que inciden en la Seguridad y Protección Ambiental.

Este elemento establece que todos los cambios de materiales, procesos, equipos e instalaciones, deben ser revisados, ya que pueden originar nuevos riesgos e impactos y éstos anular la valoración de los riesgos o impactos analizados antes del cambio.





Este elemento está respaldado a través del establecimiento de procedimientos de control para los cambios a los materiales, procesos, equipos e instalaciones que permitan asegurar que cada uno de ellos es analizado, evaluado, autorizado, efectuado y documentado correctamente. Esto incluye la capacitación del personal involucrado en el cambio.

Para el logro de estos cambios se requiere tener información del diseño, construcción, proceso y operación de los equipos e instalaciones.

Este elemento no aplica a reemplazos de componentes del mismo tipo y de la misma especificación original".<sup>3</sup>

Este elemento consta de 5 niveles de implantación que son:

1. **Concientización:** en este nivel se tienen prácticas para documentar y dar a conocer cambios a los materiales, procesos, equipos o instalaciones. Para mejorar este punto se realizan reuniones para evaluar, autorizar, documentar y dar seguimiento a los cambios para crear conciencia en el personal de la necesidad de desarrollar un programa de administración del cambio.
2. **Diseño y desarrollo:** en este nivel se cuenta con un procedimiento escrito para el análisis, evaluación, autorización, documentación y seguimiento de los cambios que incluye la descripción clara de las responsabilidades del personal involucrado, así como la necesidad de capacitación para todo el personal involucrado. Para mejorar este punto se lleva a cabo el desarrollo del programa de administración del cambio y se identifica al personal involucrado en dicho proceso.
3. **Proceso de implantación:** en este nivel se difunden y utilizan los procedimientos de la administración del cambio, documentando y registrando los cambios realizados en una base de datos para su difusión al personal involucrado. El valor de un proceso de administración del cambio no se reconoce plenamente por todo el personal por lo que su aplicación requiere de supervisión, por lo que las autoridades de los centros de trabajo promueven y estimulan la participación del personal.



De esta forma el personal conoce sus responsabilidades al efectuar cambios y recibe capacitación para llevarlos a cabo. Para mejorar este punto se debe difundir y utilizar el procedimiento de la administración del cambio, documentar y comunicar los cambios al personal involucrado, así como diseñar un programa de promoción y visitas a todas las áreas para estimular y avalar la práctica del proceso de administración del cambio.

4. Sistema implantado: en este nivel el proceso de administración del cambio se aplica siempre manteniendo la documentación actualizada, el personal reconoce, aplica y participa en el mejoramiento del proceso de administración del cambio. Para mejorar este punto se debe identificar las fallas u omisiones en la aplicación del proceso de administración del cambio y sus causas, establecer campañas de difusión y fortalecer la motivación del personal involucrado.
  
5. En busca de la excelencia: en este nivel el personal involucrado evalúa la efectividad de la administración del cambio y aporta ideas para el mejoramiento, se comparten y comparan las experiencias en toda la empresa y organizaciones externas para el mejoramiento continuo. Para mejorar este punto se promueve la participación del personal implementando formatos sencillos en los que los trabajadores anoten sus observaciones relacionadas con la administración del cambio, así como sus propuestas para la mejora.

En la actualidad podemos decir que este sistema en las instalaciones de PEMEX se encuentra en el nivel 3, proceso de implantación.

A continuación se presenta un diagrama de flujo que muestra los pasos que se deben tomar en cuenta para desarrollar un proceso de administración del cambio dentro de las instalaciones de PEMEX.

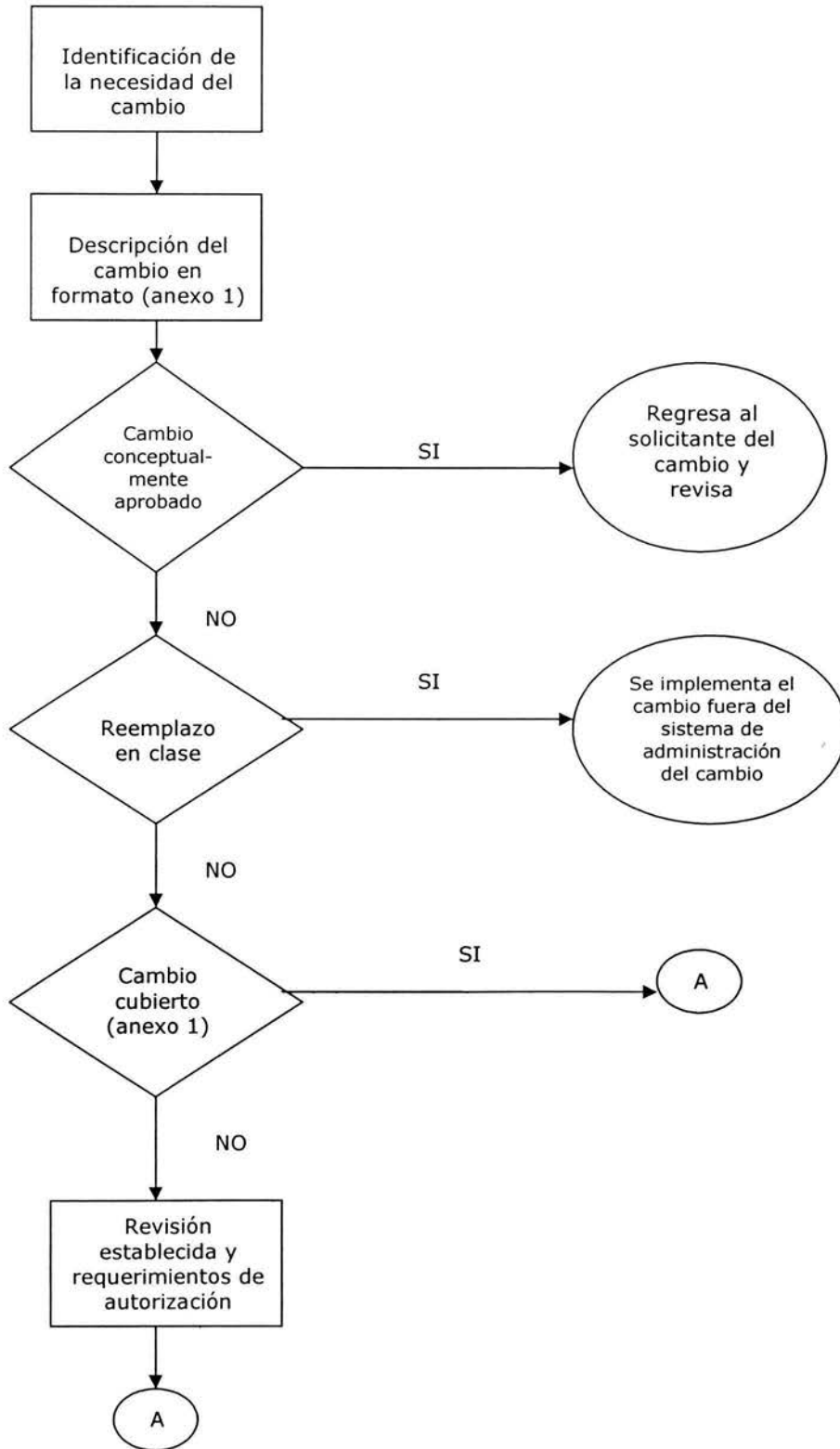


Figura 2.5 a) Diagrama de flujo de la administración del cambio en PEMEX.

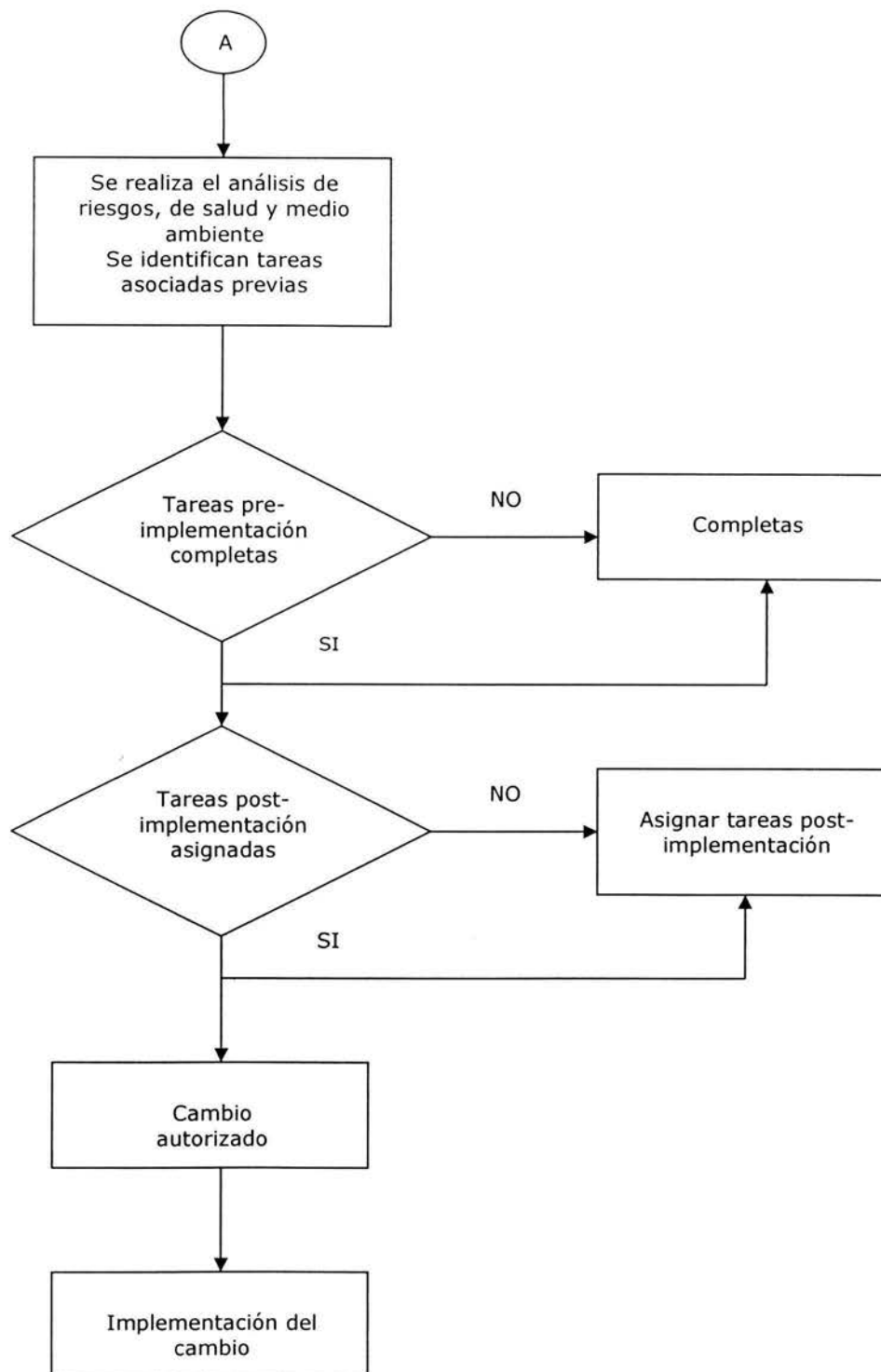


Figura 2.5 b) Diagrama de flujo de la administración del cambio en PEMEX.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ZARAGOZA

# **CAPÍTULO III**

## **TRABAJO DE CAMPO**



El trabajo de campo realizado consistió en la participación en la realización de análisis de riesgos y derivado de éste el desarrollo de algunas administraciones al cambio dentro de una industria de alto riesgo, en específico en una planta isomerizadora de pentanos y hexanos.

Las actividades que se llevaron a cabo fueron: recopilación de información sobre el proceso como DTI's, descripción del proceso, materiales de construcción de equipo, etc.; también se realizaron visitas a campo, reuniones con el grupo multidisciplinario que incluía personal de instrumentos, mantenimiento, operación, recursos humanos, movimiento de productos, mantenimiento civil, materiales, mantenimiento eléctrico y mantenimiento mecánico entre otros; se analizó el área específica en donde se realizaría el cambio propuesto; también se actualizaron los diagramas técnicos, así mismo se llevo a cabo un análisis "HazOp" y una "checklist" del cambio propuesto y el llenado de los diferentes formatos para el registro y documentación del proceso de la administración del cambio.

### **3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.**

La planta isomerizadora de pentanos y hexanos se instaló con una capacidad de 15000 BPD, fue construida en el año de 1994 por la Constructora Río San Juan, la tecnología de proceso es de UOP. La planta inicia su operación en el año 1995.

El proceso de isomerización PENEX de UOP está diseñado específicamente para la isomerización catalítica continua de Pentanos, Hexanos y mezcla de ellos. Las reacciones se realizarán en una atmósfera de hidrógeno, sobre una cama fija de catalizador y en condiciones de operación que promueven la isomerización y minimizan la hidrodeseintegración.

El proceso es sencillo en diseño y operación y requiere de un mínimo de personal y de supervisión. Las condiciones de operación son baja temperatura y presión parcial de hidrógeno.

Con excepción del hidrot ratamiento normal, el proceso PENEX no requiere de un retratamiento especial a la carga ni ajustes especiales, o un pre-fraccionamiento costoso para remover los hexanos (C6) y heptanos (C7).



PENEX ofrece una gran flexibilidad de la elección de cargas, tanto para su diseño como después que la unidad esta construida, esto es importante por los cambios en el esquema de proceso total de la refinería que ocurren en respuesta a las situaciones de cambio en el mercado. Esto puede requerir que la composición de la carga a la unidad de isomerización sea modificada con el objeto de alcanzar resultados óptimos para toda la refinería.

Los principales elementos de la unidad PENEX son: la absorbidora de azufre (Sulfur Guard Bed), los secadores de gas y líquido, los reactores y su gas de alimentación, la estabilizadora y la neutralizadora cáustica.

El proceso PENEX cuenta con dos reactores en serie con el catalizador requerido distribuido entre los dos, con válvulas y tuberías que permiten revertir las posiciones de proceso de los recipientes y el aislamiento total de cada uno para la reposición parcial del catalizador. Con el tiempo el catalizador se desactiva por el agua, pero no por el hidrocarburo. La reactivación del catalizador con el agua forma un frente que se mueve hacia debajo de la cama como un pistón, el catalizador corriente abajo del frente no se afecta. Cuando el catalizador en el primer reactor se gasta, el reactor se saca de línea para recargarse durante el corto tiempo que el reactor se saca de servicio; el segundo reactor es capaz de mantener la operación continua con el flujo y rendimiento de diseño. La conversión es moderadamente más baja. Después que se completa la carga del catalizador al reactor, las composiciones de los reactores se revierten.

El diseño con dos reactores permite que la unidad tenga una eficiencia del 100%, reduce los costos por consumo de catalizador, haciendo prácticas las reposiciones parciales. Esto también permite que la unidad se diseñe con un inventario pequeño de catalizador (mayor espacio velocidad), así se reducen los requerimientos de capital por el catalizador.

Las reacciones de isomerización e hidrogenación del benceno son exotérmicas y aumentan la temperatura en el reactor. El equilibrio requiere que la temperatura de salida sea tan baja como la actividad del catalizador lo permita. Con un solo reactor, esto conduciría a una temperatura de entrada baja y a relaciones de isomerizaciones bajas en parte de la cama del catalizador.



El sistema de dos reactores permite la imposición de un gradiente de temperatura inverso por enfriamiento entre los dos reactores a través del cambiador contra la carga fría, el primer reactor puede por lo tanto ser operado a temperatura más alta. Esto reduce el inventario de catalizador y el tamaño del reactor. Así la mayor parte de la isomerización se lleva a cabo a temperatura más baja para tomar ventaja del equilibrio más favorable.

Para mantener la actividad del catalizador, se agrega continuamente con la carga una pequeña cantidad de cloruro promotor (tetracloruro de carbono,  $\text{CCl}_4$ ) que se convierte en ácido clorhídrico en el reactor. Como el catalizador funciona con cantidades muy pequeñas de promotor (medido en partes por millón) no es necesario tener un equipo separado para recuperar y rehusar el ácido clorhídrico. Se le permite salir de la unidad por medio del gas de la estabilizadora. La cantidad de gas de la estabilizadora es pequeña, debido a la naturaleza selectiva del catalizador que permite muy poca hidrodeseintegración de la carga pentano/hexano.

El gas de la estabilizadora contiene el hidrógeno no consumido en el reactor y los gases ligeros ( $\text{C}_1$  a  $\text{C}_4$ ) introducidos con el gas de carga y los que se producen en el reactor debido a la desintegración. El gas de la estabilizadora se neutraliza en la torre neutralizadora para remover el ácido clorhídrico antes de entrar al sistema de gas combustible de la refinería.

El catalizador por sí mismo no es corrosivo en la planta y a pesar de la presencia de pequeñas cantidades de ácido clorhídrico durante la operación, la sequedad del sistema permite la construcción con acero al carbón. Durante veinte años de servicio comercial se ha demostrado lo adecuado de este metal barato y la rapacidad del proceso.

## **3.2 DESCRIPCIÓN DE FLUJO DE PROCESO DE UNA PLANTA ISOMERIZADORA DE PENTANOS Y HEXANOS.**

### **3.2.1 Química del proceso.**

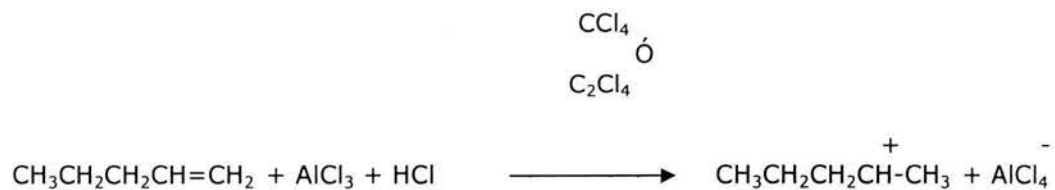
La isomerización catalítica de las parafinas cae dentro de dos categorías principales:



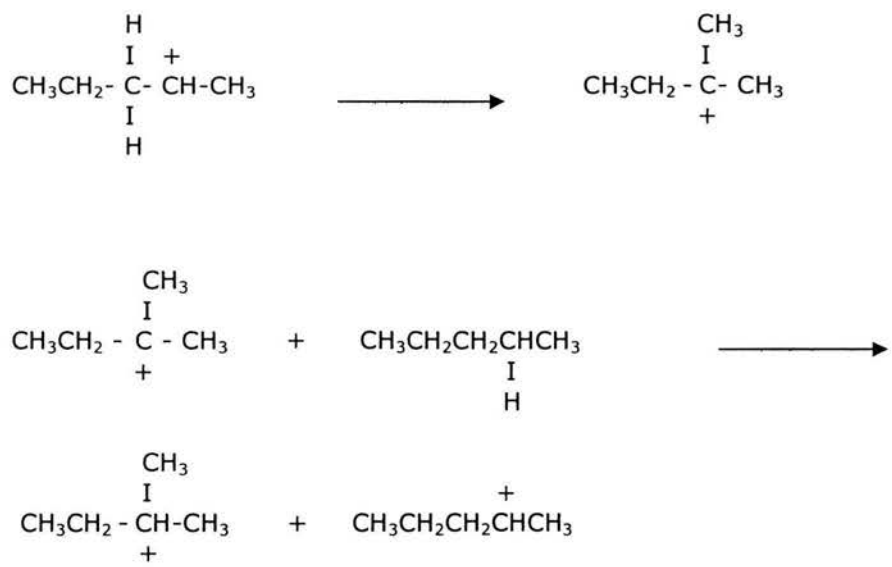


Aquellas basadas en la reacción catalítica de Friedel-Crafts, con cloruro de aluminio y ácido clorhídrico o la reacción catalítica de función-dual de hidroisomerización. Ningún intento se hace para presentar una discusión de mecanismos con un grado de sofisticación aceptable para un químico especializado en el área. La intención es simplemente suministrar bases de entendimiento de la isomerización como una introducción básica al tema, a continuación se muestran las reacciones principales:

1) Iniciación:



2) Propagación:

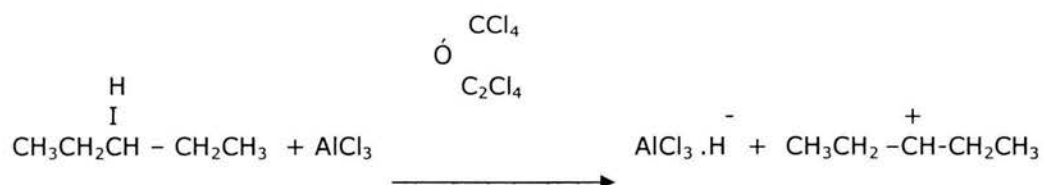




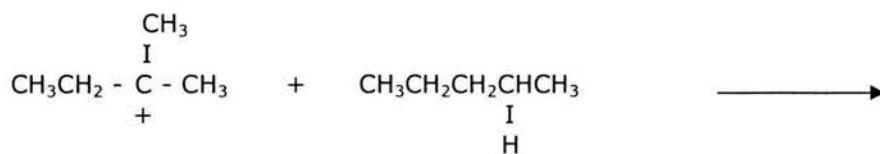
### 3) Terminación:



### 1) Iniciación:

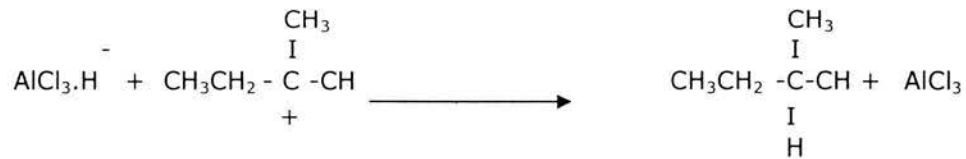


### 2) Propagación:





#### 4) Terminación:



### 3.2.2 Descripción de la planta.

Esta sección presenta una descripción del equipo mayor de la planta, su función en el proceso y su lugar en el flujo de proceso. Detalles relacionados con la operación se discutirán en otra sección.

#### 3.2.2.1 Adsorbedora de azufre.

El objeto de la adsorbedora de azufre es proteger al catalizador PENEX del azufre en la carga líquida. La hidrodesulfuradora removerá la mayor parte del azufre de la carga a la unidad. La adsorbedora reduce el azufre a un nivel de seguridad para, la operación PENEX y sirve como un seguro contra fallas que pueden resultar en niveles de azufre en la carga más altos que lo normal.

La adsorbedora se carga con el adsorbente UOP ADS-11, que contiene níquel, diseñado para adsorber químicamente el azufre de la carga líquida. La carga se calienta a la temperatura requerida para remover el azufre, normalmente 120°C (250°F) y pasa por el adsorbente, corriente abajo.

Cuando el azufre empieza a pasar, normalmente después de un año de operación más o menos, la adsorbedora se saca de línea y se recarga con adsorbente fresco. La unidad PENEX no necesita salir de operación durante este corto período de tiempo requerido para cargar la adsorbedora siempre que la hidrodesulfuradora opere satisfactoriamente.



### 3.2.2.2 Secadores de carga líquida.

El objeto de los secadores de carga líquida es asegurar que la corriente de hidrocarburo de la sección de tratamiento esté seca antes de entrar a la unidad PENEX.

Los secadores se operan en serie excepto cuando alguno de ellos está en regeneración y en este tiempo sólo uno estará en servicio.

La corriente hidrotratada C5/C6 se introduce en el secador de carga líquida por el fondo y se pasa corriente arriba a través del desecante de mallas moleculares.

El flujo se dirige entonces a través de la línea cruzada al otro secador de carga. El flujo a través de éste secador de carga también es corriente arriba. El hidrocarburo seco se dirige al acumulador de carga. Después de algún tiempo, el secador en la primera posición se llegará a gastar como lo indicará el analizador de humedad localizado entre los dos secadores. Entonces será necesario regenerar este secador. El secador gastado se saca de servicio cerrando las válvulas apropiadas. El segundo secador en serie queda ahora solo en el servicio como el único secador de carga. La toma del analizador de humedad se cambia a la del secador en servicio para su control. Después de que la regeneración del secador quede terminada, queda listo para entrar en servicio. Se hace un cambio de tal manera que el secador regenerado quede en la segunda posición y el que está en servicio queda en primera posición. Después de un tiempo el primer reactor se llega a gastar y debe ser regenerado con el segundo secador pasando ahora a la primera posición y quedando solo en servicio. Esta es la manera como estos secadores se alinearán para el flujo de proceso.

### 3.2.2.3 Secadores de gas de carga.

El gas de carga se debe secar con el objeto de proteger el catalizador 1-8. Los dos secadores de gas operan de la misma manera que los secadores de carga líquida. Los secadores operan en serie. El hidrógeno seco se envía al circuito del reactor a control de flujo. El hidrógeno se usa también para controlar la presión en el acumulador de carga y para poner en operación la estabilizadora. El procedimiento para la regeneración de los secadores de gas se detalla en la sección VIII.



#### 3.2.2.4 Acumuladores de carga.

El objeto de este acumulador es suministrar la carga líquida a la unidad PENEX. La carga seca de los secadores de carga líquida se envía a este acumulador.

El acumulador de carga se presiona con hidrógeno seco que va de la salida de los secadores de gas y se controla la presión con un PRC.

#### 3.2.2.5 Circuito de cambiadores de calor del reactor.

La carga líquida seca se bombea del acumulador de carga por una de las dos bombas de carga al reactor a través del circuito de cambiadores a control de flujo. El circuito de cambiadores del reactor consiste en el cambiador de carga combinada fría, el cambiador de carga combinada caliente y el calentador de carga al reactor.

Antes de la entrada del hidrocarburo líquido al cambiador de carga combinada fría, este se combina con la corriente de hidrógeno de carga. Después de combinarse, la corriente de hidrocarburo—hidrógeno pasa a través del circuito de cambiadores en el orden previamente mencionado.

Después de que el gas de carga se combina con la carga se agrega una pequeña cantidad del promotor del catalizador (tetracloruro de carbono,  $\text{CCl}_4$ ). El promotor del catalizador se bombea dentro del proceso por una de las dos bombas de inyección.

El promotor del catalizador se almacena en un acumulador con atmósfera de nitrógeno.

El cambiador de calor de la carga combinada fría está equipado con un directo (by pass), que puede usarse para controlar la cantidad de carga combinada a precalentamiento. El directo está controlado desde el tablero del cuarto de control con una válvula automática de control.

La carga combinada finalmente se lleva a la temperatura deseada en el calentador de carga al reactor por medio de un controlador de temperatura que controla el flujo del medio de calentamiento. El calentador de carga está equipado con un sistema de paro automático, el que está activado por carga baja o baja alimentación del flujo de gas.



Después de salir del calentador de carga al reactor la corriente de carga combinada fluye al primer reactor.

### 3.2.2.6 Reactores de isomerización.

Los Reactores son el corazón del proceso. La operación de ellos es de tal manera que un reactor puede colocarse en serie con el otro reactor.

Varias veces durante la operación de la unidad, un reactor puede estar en la primera posición y otras en la segunda posición. Dentro de la cama de catalizador del reactor se cuenta con termopares para controlar la actividad del catalizador.

Después de salir del calentador de carga al reactor, la carga combinada entra al primer reactor. La carga que sale del primer reactor pasa por el cambiador de carga combinada caliente, donde el calor de reacción del primer reactor se remueve parcialmente. La temperatura requerida se logra con un controlador de temperatura en el directo (by pass) del cambiador.

La corriente parcialmente enfriada se envía al segundo reactor, donde se completa la reacción final del proceso.

Los reactores están equipados con líneas de purga de hidrógeno localizadas a la entrada de cada reactor. La purga de hidrógeno se usa para remover hidrocarburos de un reactor que va a vaciarse o para enfriar un reactor durante una emergencia. Cada purga está controlada desde el tablero del cuarto de control con un controlador de flujo.

Para casos de emergencia por alta temperatura de un reactor, estos están equipados con líneas para despresurizarlos hacia el sistema de quemadores.

Los reactores se despresurizan por la salida del segundo reactor. La línea de despresurizar está equipada con dos válvulas motorizadas que se pueden operar desde el cuarto de control.

Después de salir del segundo reactor la corriente se envía al lado de los tubos del cambiador de carga combinada fría. El efluente del lado de los tubos del cambiador de carga combinada fría, se envía a la estabilizadora a control de presión.



### 3.2.2.7 Estabilizadora.

El objeto de esta columna es separar cualquier cantidad de hidrógeno disuelto, ácido clorhídrico (HCl) y gases de desintegración (C1, C2 y C3) del isomerizado.

La carga de esta columna se envía caliente directamente del cambiador de carga combinada fría.

La columna se calienta por medio de vapor a su recalentador. El calentamiento se controla por un controlador de flujo del vapor.

Los vapores del domo de la columna estabilizadora que son hidrocarburos ligeros van a un condensador con aire y de ahí al receptor de la estabilizadora. Para mantener la presión en la columna, se ventea gas a control de presión hacia la torre neutralizadora de gases de la estabilizadora. El líquido se bombea del receptor a control de nivel con la bomba de reflujo de la estabilizadora.

Todo el líquido del receptor del domo de la estabilizadora, se refluja a la columna en el plato No. 1.

El producto del fondo se envía a almacenamiento a control de nivel, después de haberse enfriado en el enfriador de fondos de la estabilizadora. Parte de los fondos de la estabilizadora se usan para regenerar los secadores.

### 3.2.2.8 Neutralizadora de gases de la estabilizadora.

El gas de salida de la estabilizadora fluye por el domo y va a la neutralizadora de gases, para remover el ácido clorhídrico. El gas neutralizado sale por el domo del recipiente y va a gas combustible a control de presión.

El hidrógeno puro es controlado a la salida de la neutralizadora para determinar las moles de hidrógeno que salen del sistema.

La sosa cáustica de carga a la neutralizadora se bombea del almacenamiento de la refinería. La sosa cáustica se bombea al domo de la neutralizadora con las bombas de recirculación, para que a contracorriente tenga contacto con el gas ácido. La sosa es circulada continuamente a su distribuidor abajo de la sección empacada.



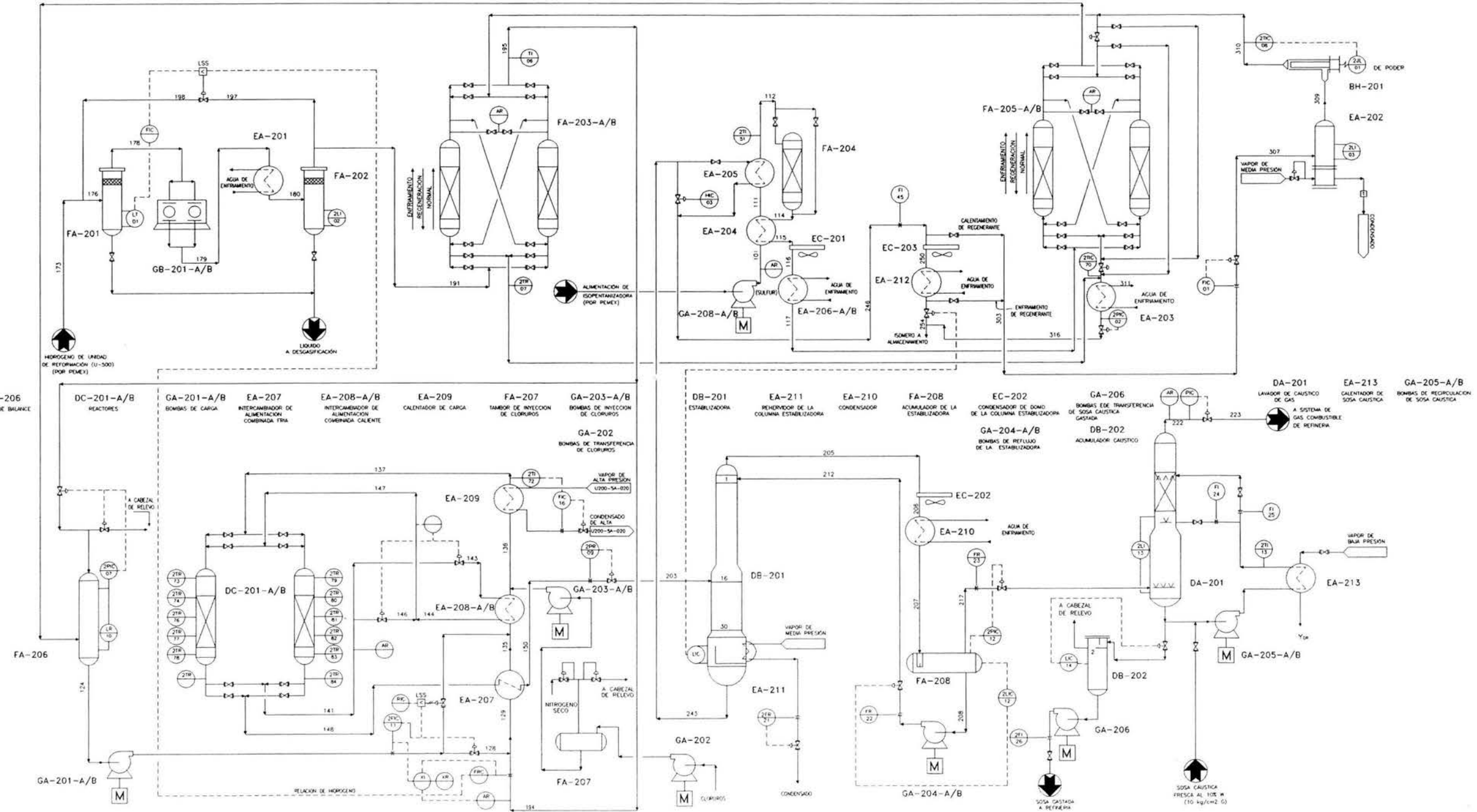


La velocidad del flujo de circulación de la sosa cáustica se controla con un indicador local de flujo.

Periódicamente (aproximadamente una vez por semana) una porción de la sosa se envía a la refinería como sosa gastada para su disposición final. El nivel de la solución cáustica en la adsorbedora se mantiene como a 30 a 60 cm. (1 a 2 pies) abajo del distribuidor, abajo de la sección empacada.

A continuación se anexan el diagrama de flujo de proceso de una planta isomerizadora de pentanos y hexanos, así como el diagrama de la sección en donde se llevó a cabo un ejemplo de la administración del cambio.

FA-201 TAMBOR DE SUCCION DEL COMPRESOR DE HIDROGENO  
 GB-201-A/B COMPRESORES DE HIDROGENO  
 EA-201 ENFRINADOR DE HIDROGENO  
 FA-202 TAMBOR SEPARADOR DE HIDROGENO  
 FA-203-A/B SECADORES DE HIDROGENO  
 GA-208-A/B BOMBAS DE ALIMENTACION A LA GUARDA DE AZUFRE  
 EA-204 INTERCAMBIADOR DE ALIMENTACION A LA GUARDA DE AZUFRE/FLUENTE  
 EA-205 INTERCAMBIADOR DE ALIMENTACION A LA GUARDA DE AZUFRE/TORNOS DE LA COLUMNA ESTABILIZADORA  
 FA-204 GUARDA DE AZUFRE  
 EC-201 ENFRINADOR DE ALIMENTACION  
 EA-206-A/B ENFRINADOR DE ALIMENTACION  
 EC-203 ENFRINADOR DE FONDOS DE LA COLUMNA ESTABILIZADORA  
 EA-212 ENFRINADOR DE FONDOS DE LA COLUMNA ESTABILIZADORA  
 FA-205-A/B SECADORES DE CARGA LIQUIDA  
 EA-203 CONDENSADOR DE REGENERANTE  
 BH-201 SOBREALTADOR DE REGENERANTE  
 EA-202 VAPORIZADOR DE REGENERANTE



Z-209  
SISTEMA CERRADO  
DE MUESTRO  
TIPO 8-133

EC-203  
ENRIADOR DE FONDOS  
DE LA COLUMNA  
ESTABILIZADORA

EA-212  
ENRIADOR DE FONDOS  
DE LA COLUMNA  
ESTABILIZADORA

DB-201  
COLUMNA ESTABILIZADORA  
30 PLATOS

EA-211  
RESEVORIO DE  
LA COLUMNA  
ESTABILIZADORA

EA-210  
CONDENSADOR DEL DOMO  
DE LA COLUMNA  
ESTABILIZADORA

EC-202  
CONDENSADOR DEL DOMO  
DE LA COLUMNA  
ESTABILIZADORA

GA-204A/B  
BOMBAS DE REFLUJO  
DE LA COLUMNA  
ESTABILIZADORA  
(VER DETALLE "TL")

FA-208  
ACUMULADOR DEL DOMO  
DE LA COLUMNA  
ESTABILIZADORA

Z-210  
SISTEMA CERRADO  
DE MUESTRO  
TIPO 8-133

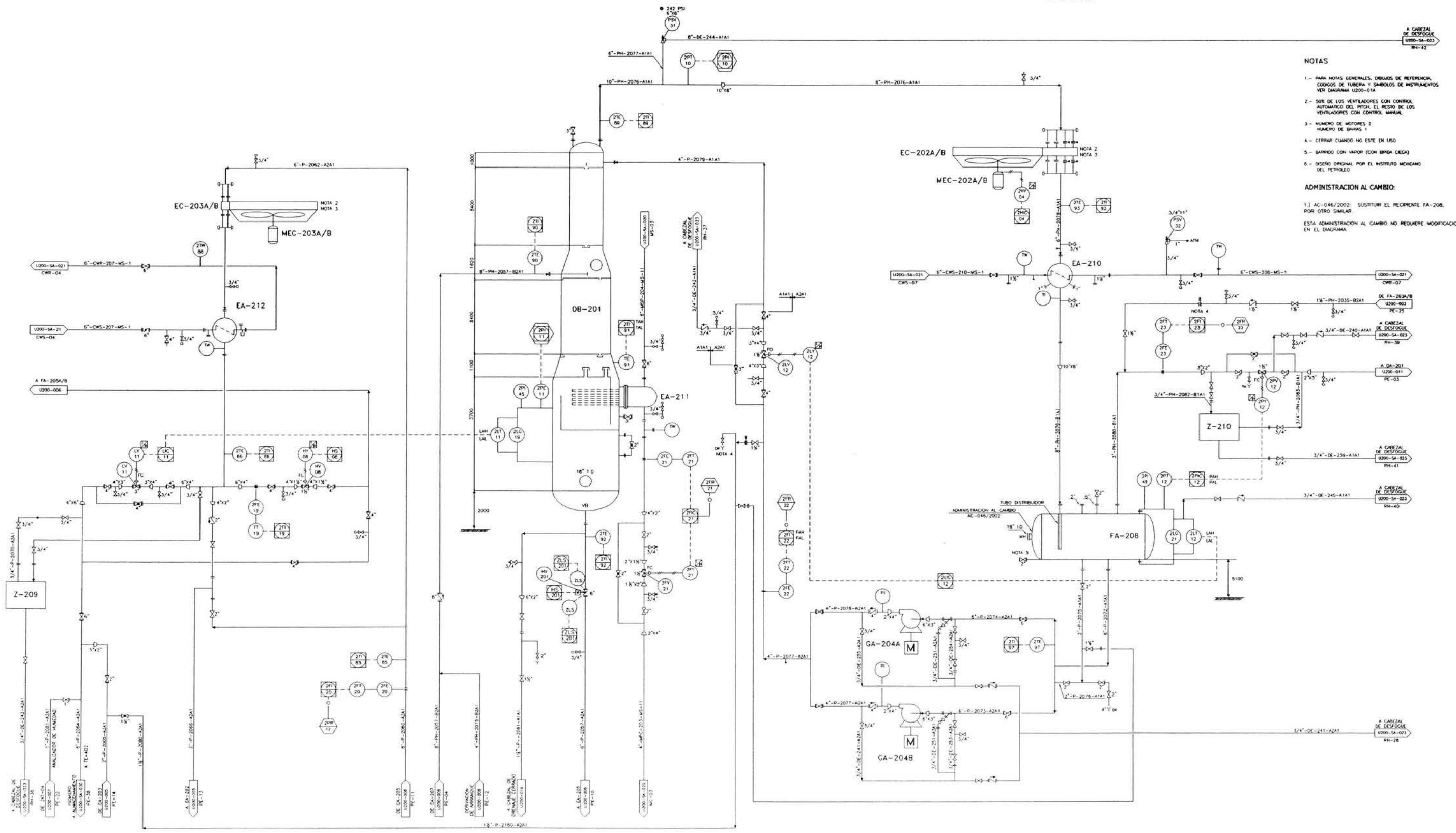
A CABEZAL  
DE DESFOQUE  
U200-SA-023  
RH-12

NOTAS

- 1.- PARA NOTAS GENERALES, DIBUJOS DE REFERENCIA, CÓDIGOS DE TUBERIA Y SÍMBOLOS DE INSTRUMENTOS VER DIAGRAMA U200-018
- 2.- SOX DE LOS VENTILADORES CON CONTROL AUTOMÁTICO DEL NIVEL. EL RESIDUO DE LOS VENTILADORES CON CONTROL MANUAL.
- 3.- NÚMERO DE MOTORES 2  
NÚMERO DE BARRAS 1
- 4.- CERRAR CUANDO NO ESTE EN USO
- 5.- BARRIDO CON VAPOR (CON BRIDA CIEGA)
- 6.- DISEÑO ORIGINAL POR EL INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO

ADMINISTRACION AL CAMBIO:

- 1.) AC-046/2002 SUSTITUIR EL RECIPIENTE FA-208 POR OTRO SIMILAR.
- ESTA ADMINISTRACION AL CAMBIO NO REQUIERE MODIFICACION EN EL DIAGRAMA.





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ZARAGOZA

# **CAPÍTULO IV**

## **RESULTADOS**



A continuación se presenta un ejemplo de administración del cambio para un acumulador en una planta isomerizadora de pentanos y hexanos.

En primer lugar el personal de operación se dio cuenta que el acumulador FA-208 que contiene gas combustible ácido presentaba signos claros de corrosión por lo que se reportó el hecho para que se tomarán acciones correctivas, el personal de mantenimiento recubrió varias veces el acumulador pero el proceso de corrosión siguió adelante.

Gracias a un análisis "HazOp" realizado a toda la planta de isomerización de pentanos y hexanos se recomendó la sustitución del acumulador FA-208.

A continuación se presentan diferentes prototipos de formatos necesarios para llevar a cabo el proceso de administración del cambio, así como el nodo del análisis "HazOp" que originó el proceso de cambio.

Cabe mencionar que en este caso en particular no fue necesario actualizar los diagramas de tubería e instrumentación al llevar a cabo el proceso de administración del cambio del acumulador FA-208.



#### **4.1 Modificación del agente promotor.**

Siguiendo un proceso de administración del cambio, al realizar la revisión de los documentos de la planta isomerizadora de pentanos y hexanos se puede observar que se ha modificado con anterioridad el agente promotor usado en el proceso.

El diseño de la planta señala como agente promotor al tetracloruro de carbono, sin embargo, se usa el percloro etileno para satisfacer los requerimientos de cloro en el proceso lo que añade nuevos matices al proceso de cambio.

En la administración del cambio que se realizó en la planta isomerizadora de pentanos y hexanos se actualizaron tanto el manual de operación como los procedimientos e instrucciones de trabajo en los puntos referentes al agente promotor de la reacción.

Por ejemplo en la guía de arrancada en el punto 35 decía: "Inyectar tetracloruro de carbono. Calibrar la inyección de la bomba"<sup>4</sup>.

Ahora dice: Inyectar percloro etileno. Calibrar la inyección de la bomba.

A continuación se muestra el análisis "HazOp" del nodo referente al acumulador FA-208 del circuito de tratamiento cáustico de gas.



**Planta:** Isomerizadora de pentanos y hexanos.

**Circuito:** Tratamiento cáustico de gas

**Fecha:** 30 de Octubre de 2003.

**Nodo:** 10. Acumulador FA-208

**Diagramas:** U200-010 y U200-011

**Producto:** Gas combustible ácido

**Desviación:** 5. Menor estructura

**LOI:** No aplica

**LOS:** No aplica

**LSI:** No aplica

**LSS:** No aplica

Causa	Consecuencias	Protecciones	Recomendaciones	F	G	R	Clase
120 1.Acumulación de agua al FA-208 por descontrol de DA-201.	1. Fugas en líneas y equipos. 2. Posible incendio y explosión. 3. Paro de planta.	1. Purgado de agua de FA-208. 2. Programa de calibración y medición de espesores. 3. Procedimiento de paro de planta, No. 331-41178-PO-101.	1. Verificar que en el procedimiento de operación del equipo se incluya el purgado de FA-208 en cada guardia. 2. Instalar detector de mezclas explosivas en la planta isomerizadora y pentanos y hexanos.	1 (1)	1 (3)	1 (4)	B
121 2.Humedad en Percloro etileno.	1. Fugas en líneas y equipos. 2. Posible incendio y explosión. 3. Paro de planta.	1. Procedimiento de paro de planta, No. 331-41178-PO-101.	1. Cuidar que en el manejo y adición del percloroetileno no se contamine de agua. 2. Sustituir el acumulador FA-208 por uno nuevo (esta emplazado). 3. Instalar detector de mezclas explosivas en la planta isomerizadora de pentanos y hexanos.	1 (3)	1 (3)	1 (7)	D

**ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA**





## **4.2 SOLICITUD DE MODIFICACIÓN.**

El proceso de cambio comienza cuando se identifica un problema, en este caso la corrosión del tanque acumulador FA-208 por lo que se elabora una solicitud de cambio como la que se muestra a continuación.

### **SOLICITUD DE LA MODIFICACIÓN**

#### **MODIFICACIONES A LAS INSTALACIONES INDUSTRIALES**

Número de registro: 41131                  Registro de solicitud: AC-046/02

Fecha: 04-Nov-2002

Planta: ISOMERIZADORA DE PENTANOS Y HEXANOS

Equipo o Circuito: ACUMULADOR FA-208

#### **1. Antecedentes.**

El recipiente FA-208 venía operando con una solicitud de fabricación por adelantado de las láminas del cuerpo a partir de Noviembre de 1999, poniendo en riesgo la planta ya que maneja ácido clorhídrico en solución diluida, lo que se deposita en las partes bajas, atacando paulatinamente el recipiente.

#### **2. Descripción y objetivo de la modificación.**

Sustituir el recipiente FA-208, por otro similar. Al nuevo recipiente se le modifican las boquillas de entrada de condensables y la de succión de las bombas GA-204.

#### **3. Bases técnicas que justifican la modificación.**

Eliminar el riesgo potencial de fuga e incendio por ruptura del FA-208 (recipiente parchado) así como el impacto ambiental.



#### 4. Impacto de la modificación en seguridad, salud y protección ambiental.

Cambiar el recipiente deteriorado por otro similar (no igual), operar con seguridad y confiabilidad en la operación de este equipo para garantizar la integridad del personal, producción y protección al medio ambiente.

#### 5. Duración de la reparación.

Temporal: **X**

Permanente:

Modificación temporal:

Emplazamiento: SF-045/01

Fecha de remoción: Reparación General Octubre de 2002

#### 6. Identificar al personal para:

6.1 Cambios a procedimientos operativos:	Operación
6.2 Cambios o actualizaciones a prácticas seguras de trabajo:	Operación
6.3 Análisis de Riesgos:	Grupo técnico del área.
6.4 Información de tecnología y equipo:	MTTO/Operación/ SITSIPA / UEP
6.5 Cambios al plan de respuesta a emergencias:	Operación/SITSIPA
6.6 Información / entrenamiento para el personal (operación, mantenimiento, seguridad, conraincendio, protección ambiental, etc):	Grupo técnico del área
6.7 Aprobación para reinicio de la operación después del cambio.	Grupo técnico del área



### 4.3 LISTA DE VERIFICACIÓN DE MATERIALES.

En este punto se esta proponiendo una solución al problema de corrosión del acumulador FA-208, al solicitar un acumulador con las especificaciones de diseño que se describen abajo.

#### LISTA DE VERIFICACIÓN DE MATERIALES

##### MODIFICACIONES A LAS INSTALACIONES INDUSTRIALES

Número de registro: 41131      Registro de solicitud: AC-046/02

Fecha: 04-Nov-2002

Planta: ISOMERIZADORA DE PENTANOS Y HEXANOS

Equipo o Circuito: ACUMULADOR FA-208

Concepto	Diseño Original	Modificación Propuesta	Cumple		Fecha de Verificación
			NO	SI	
Espesor	0.750 Pulg.	0.631 Pulg.		X	29-Oct-2002
Radiografía	SI	SI	X		29-Oct-2002
Dureza	NO	NO	X		29-Oct-2002
Relevado de Esfuerzos	NO	NO	X		29-Oct-2002
Temperatura	Diseño: 121°C Op. Normal: 40°C	Diseño: 52°C		X	29-Oct-2002
Fluido	Pentanos + Gases Ácidos	Pentanos + Gases Ácidos	X		29-Oct-2002
Presión	17.2 Kg/Cm2	16.25 Kg/Cm2		X	29-Oct-2002
Prueba Hidrostática	25.6 Kg/Cm2	24.7 Kg/Cm2		X	29-Oct-2002

**Observaciones: Se efectuará cambio provisional del recipiente. En espera del recipiente solicitado según F-015/01 por lo que se recomienda la adquisición del equipo con las especificaciones de diseño.**



#### 4.4 LISTA DE VERIFICACIÓN DE CONDICIONES OPERACIONALES.

En este punto se evalúa la integridad técnica e ingenieril del cambio propuesto por medio de una "checklist" que nos ayuda a verificar las condiciones de operación del acumulador FA-208.

##### LISTA DE VERIFICACIÓN DE CONDICIONES OPERACIONALES MODIFICACIONES A LAS INSTALACIONES INDUSTRIALES

Número de registro: 41131      Registro de solicitud: AC-046/02

Fecha: 04-Nov-2002

Planta: ISOMERIZADORA DE PENTANOS Y HEXANOS

Equipo o Circuito: ACUMULADOR FA-208

	SI	NO	
1.		X	¿Puede afectar la especificación del producto la modificación?
2.		X	¿Se pueden alterar métodos tradicionales de operación con la modificación?
3.		X	¿Puede la modificación propuesta cambiar la clasificación del área?
4.		N/A	¿Tiene el equipo eléctrico especificado la correcta especificación del área?
5.		X	A) ¿Existe riesgo por electricidad estática?
		X	B) ¿Puede la modificación crearlo?
6.	X		¿A falla de instrumentos se va a condición segura?
7.		X	¿Puede inducirse aire a línea de desfuegos o líneas con hidrocarburo?
8.		X	¿Existen conexiones a líneas de cualquier producto o de servicio que permitan alguna contaminación?
9.		X	¿Pueden desarrollarse reacciones químicas riesgosas bajo condiciones de operación normales o anormales?



	<b>SI</b>	<b>NO</b>	
10.	<b>X</b>		A) ¿Puede llegar a drenarse o ventearse líquidos o gases inflamables, corrosivos o tóxicos a la atmósfera?
	<b>X</b>		B) ¿Si es esto aceptable, ¿son adecuadas las facilidades para la dispersión de estos efluentes?
11.		<b>X</b>	¿Existe la posibilidad de fuga o derrame y que riesgo puede resultar?
12.		<b>X</b>	¿Puede presentarse alguna nube de polvo riesgosa, debido a la modificación?
13.	<b>X</b>		¿Son adecuadas las facilidades para venteo, drenaje y colchón inerte?
14.	<b>X</b>		A) ¿Para almacenaje adicional de líquidos inflamables, se cuenta con previsiones adecuadas para purgas, venteos al quemador o a la atmósfera?
		<b>N/A</b>	B) ¿Tienen los venteos a la atmósfera arrestadotes de flama?
15.		<b>X</b>	¿Puede la modificación alterar la capacidad máxima del quemador?
16.		<b>X</b>	¿Puede la modificación de alguna manera conectar equipo de alta presión a otro de baja presión?
17.		<b>X</b>	¿Puede producirse una situación de riesgo al bloquear el paso en cualquier tubería?
18.	<b>X</b>		¿Cuentan los dispositivos de relevo de presión con los accesorios adecuados para manejar las condiciones de operación y de emergencia normales o anormales?
19.		<b>X</b>	A) ¿Puede someterse al equipo a condiciones de vacío?
	<b>X</b>		B) ¿Esta diseñado para esta situación?
20.		<b>X</b>	¿Pueden alterarse los rangos de presión y temperatura de diseño del equipo al efectuarse la modificación?
21.	<b>X</b>		A) ¿Se puede aislar el equipo cuando este totalmente lleno de líquido o gas?
	<b>X</b>		B) ¿Se acepta esto?
22.	<b>X</b>		¿Pueden soportar las estructuras el peso extra, aún si los recipientes se llenan de agua?
23.		<b>X</b>	¿Puede producirse un riesgo por congelación del agua, vaporización de agua o condensación de vapor?



	<b>SI</b>	<b>NO</b>	
24.		<b>X</b>	A) ¿Puede aumentar el nivel de ruido con la modificación?
	<b>X</b>		B) ¿Permanecerá éste dentro de los límites aceptables?
		<b>X</b>	C) ¿Se requiere alguna protección auricular?
25.		<b>X</b>	A) ¿Puede la modificación restringir el acceso al equipo existente?
	<b>X</b>		B) ¿Es seguro hacer esto?
26.	<b>X</b>		¿Son aceptables las válvulas u otros equipos que requieran control manual?
27.		<b>X</b>	¿Puede restringir el paso de vehículos por la modificación?
28.		<b>X</b>	¿Puede afectarse la flexibilidad de líneas?



#### **4.5 REQUERIMIENTOS DE CAPACITACIÓN.**

Como se ha descrito anteriormente todo el personal involucrado debe recibir capacitación para saber como actuar una vez que el cambio se ha implementado, este formato señala cuales son los requerimientos de capacitación necesarios para el cambio del acumulador FA-208.

#### **REQUERIMIENTOS DE CAPACITACIÓN**

##### **MODIFICACIONES A LAS INSTALACIONES INDUSTRIALES**

Número de registro: 41131                      Registro de solicitud: AC-046/02

Fecha: 04-Nov-2002

Planta: ISOMERIZADORA DE PENTANOS Y HEXANOS

Equipo o Circuito: ACUMULADOR FA-208

- 1. No. de participantes:** 60
- 2. Categoría:** Todo el personal del área
- 3. Descripción del tema:** Difusión del cambio del acumulador FA-208
- 4. Departamento:** Planta U-500
- 5. Horas requeridas:** 15 min por guardia
- 6. Horario:** Turnos 2 y 3
- 7. Fecha de inicio:** 10 de Octubre de 2002
- 8. Fecha de término:** Al terminar trabajos
- 9. Instructor:** Ingeniero de área



#### **4.6 REGISTRO Y SEGUIMIENTO DE LAS MODIFICACIONES.**

Un proceso de administración del cambio requiere que se documenten todas las modificaciones, asimismo requiere que se le de un seguimiento. Este documento nos muestra el registro y seguimiento del cambio del acumulador FA-208.

#### **REGISTRO Y SEGUIMIENTO DE LAS MODIFICACIONES**

#### **MODIFICACIONES A LAS INSTALACIONES INDUSTRIALES**

Número de registro: 41131      Registro de solicitud: AC-046/02

Fecha: 04-Nov-2002

Planta: ISOMERIZADORA DE PENTANOS Y HEXANOS

Equipo o Circuito: ACUMULADOR FA-208

**1. No de la modificación del área:** AC-046/02

**2. Fecha:** Noviembre de 2002

**3. Descripción:** Cambio del recipiente FA-208 (acumulador de la torre estabilizadora DB-201).

**4. Iniciales y no. del departamento solicitante:** U-200

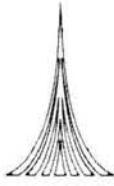
**5. Registro y seguimiento en UEP por:** AC-046 Ingeniero especialista del Área 5.

**6. Fecha de autorización:** 17 de Octubre de 2002

**7. Periodo de ejecución:** Octubre de 2002

**8. Fecha de inicio de operación:** Noviembre de 2002





#### **4.7 NOTIFICACIÓN DE LAS MODIFICACIONES A LAS ÁREAS INVOLUCRADAS.**

En este punto se informa al personal afectado por el cambio del acumulador FA-208 de tal manera que estén informados y puedan tomar las acciones necesarias.

#### **NOTIFICACIÓN A DEPARTAMENTOS Y/O SECCIONES AFECTADAS**

#### **MODIFICACIONES A LAS INSTALACIONES INDUSTRIALES**

Número de registro: 41131      Registro de solicitud: AC-046/02

Fecha: 04-Nov-2002

Planta: ISOMERIZADORA DE PENTANOS Y HEXANOS

Equipo o Circuito: ACUMULADOR FA-208

- 1. No de registro de la modificación UEP:** AC-046/02
- 2. Fecha:** 05 de noviembre de 2002
- 3. Descripción:** Cambio del recipiente FA-208 (acumulador de la torre estabilizadora DB-201).
- 4. Iniciales y no. del departamento solicitante:** U-200
- 5. Notificación a depto. y/o sección afectada:** 17 de Octubre de 2002
- 6. Fecha de Autorización:** 17 de Octubre de 2002
- 7. Periodo de ejecución:** Octubre de 2002
- 8. Fecha de inicio de operación:** Noviembre de 2002



#### 4.8 ANÁLISIS DE RIESGOS Y OPERABILIDAD "HAZOP".

En este punto se desarrollo un análisis de riesgos y operabilidad del cambio del acumulador FA-208 para identificar los posibles peligros y evaluar los riesgos presentes en el cambio.

#### ANÁLISIS DE RIESGOS Y OPERABILIDAD "HAZOP"

Número de registro: 41131

Registro de solicitud: AC-046/02

Fecha: 04-Nov-2002

Planta: ISOMERIZADORA DE PENTANOS Y HEXANOS

Equipo o Circuito: ACUMULADOR FA-208

COMPONENTE	FALLA	CAUSAS	FREC.	EFFECTOS	CLASE RIESGO	SISTEMA DE DETECCIÓN	RESPUESTA
FLUJO	NO	a. Falla de vapor de alta b. Falla de instrumentación c. Obstrucción de las líneas	10-3	Desvío del producto de la torre DB-204 a bajo octano.	III	a. Indicadores de flujo. b. Sistema de alarma.	a. Revisión del equipo que ocasionó la falla. b. Revisión de posibles obstrucciones en las líneas de proceso. c. Restablecer la operación de la planta con equipo confiable.
FLUJO	MÁS	Falla de instrumentación	10-3	Descontrol en la operación de la planta sin sacarla de operación.	II	a. Indicadores de flujo en cuarto de control. b. Indicadores de flujo en campo.	a. Operar por manual la instrumentación. b. Solicitar al personal de DICA revise la operación del instrumento.
FLUJO	MENOS	No operan correctamente a. La bomba de carga b. El compresor de hidrógeno c. Los instrumentos	10-3	Descontrol en la operación de la planta sin sacarla de operación.	III	a. Indicadores de flujo. b. Sistema de alarma. c. Acción del interlock.	a. Revisión del equipo que ocasionó la falla. b. Restablecer la operación de la planta con equipo confiable.



## ANÁLISIS DE RIESGOS Y OPERABILIDAD "HAZOP"

Número de registro: 41131

Registro de solicitud: AC-046/02

Fecha: 04-Nov-2002

Planta: ISOMERIZADORA DE PENTANOS Y HEXANOS

Equipo o Circuito: ACUMULADOR FA-208

COMPONENTE	FALLA	CAUSAS	FREC.	EFFECTOS	CLASE RIESGO	SISTEMA DE DETECCIÓN	RESPUESTA
PRESIÓN	NO	a. Disparo del compresor de hidrógeno.	10-3	Ocasiona paro del tren afectado sin sacar totalmente de operación la planta.	III	a. Indicadores de flujo. b. Sistema de alarma y disparo. c. Indicadores de presión.	a. Revisión del equipo que ocasionó la falla. b. Restablecer la operación de la planta con equipo confiable.
PRESIÓN	MÁS	Falla de instrumentación de control de presión.	10-4	Descontrol en la operación de la planta sin sacarla de operación.	III	a. Indicadores de presión en cuarto de control. b. Indicadores de presión en campo.	a. Operar por manual la instrumentación. b. Solicitar al personal de DICA revise la operación del instrumento.
PRESIÓN	MENOS	a. Falla de la instrumentación. b. Falla de PSV (calzada)	10-3	a. Descontrol en la operación de la planta sin sacarla de operación. b. Paro total de la planta.	II	a. Indicadores de flujo. b. Sistema de alarma. c. Indicadores de presión.	a. Revisión del equipo que ocasiono la falla. b. Restablecer la operación de la planta con equipo confiable.



## ANÁLISIS DE RIESGOS Y OPERABILIDAD "HAZOP"

Número de registro: 41131

Registro de solicitud: AC-046/02

Fecha: 04-Nov-2002

Planta: ISOMERIZADORA DE PENTANOS Y HEXANOS

Equipo o Circuito: ACUMULADOR FA-208

COMPONENTE	FALLA	CAUSAS	FREC.	EFFECTOS	CLASE RIESGO	SISTEMA DE DETECCIÓN	RESPUESTA
TEMPERATURA.	MÁS	a. Obstrucción de tubos en EA-210. b. Tubos rotos en EA-210. c. Disparo de motores de EC-202. d. Falla de la instrumentación.	10-3	Descontrol en la operación de la planta sin sacarla de operación.	III	a. Indicadores de flujo. b. Sistema de alarma y disparo. c. Indicadores de presión.	Ajustar la temperatura de operación, controlando por manual o por directo la instrumentación.
TEMPERATURA.	MENOS	a. Falla de la instrumentación.	10-3	a. Disminuye la presión. b. Disminuye el nivel.	II	a. Indicadores de nivel. b. Sistema de alarma y disparo. c. Indicadores de presión.	a. Ajustar la temperatura de operación, controlando por manual o por directo la instrumentación. b. Verificación y revisión de la operación del instrumento.



## ANÁLISIS DE RIESGOS Y OPERABILIDAD "HAZOP"

Número de registro: 41131

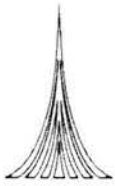
Registro de solicitud: AC-046/02

Fecha: 04-Nov-2002

Planta: ISOMERIZADORA DE PENTANOS Y HEXANOS

Equipo o Circuito: ACUMULADOR FA-208

COMPONENTE	FALLA	CAUSAS	FREC.	EFFECTOS	CLASE RIESGO	SISTEMA DE DETECCIÓN	RESPUESTA
NIVEL	NO	Falla de la instrumentación.	10-3	Descontrol en la operación de la planta sin sacarla de operación.	II	a. Indicadores de nivel. b. Sistema de alarma y disparo. c. Indicadores de presión.	No aplica.
NIVEL	MÁS	Disparo de la bomba GA-204.	10-3	Descontrol en la operación de la planta sin sacarla de operación.	I	a. Indicadores de nivel. b. Sistema de alarma y disparo. c. Indicadores de presión.	No aplica.
NIVEL	MENOS	Falla de la carga.	10-3	a. Descontrol en la operación de la planta sin sacarla de operación. b. Paro total de la planta.	I	a. Indicadores de nivel. b. Sistema de alarma y disparo. c. Indicadores de presión.	No aplica.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ZARAGOZA

# **CAPÍTULO V**

## **CONCLUSIONES**



## **5.1 CONCLUSIONES.**

La administración del cambio es el fundamento de la seguridad y los programas de prevención de accidentes. Un sistema efectivo de administración del cambio se ubica en el centro de cualquier planta exitosa, pues sólo si los cambios son identificados y manejados apropiadamente se pueden evitar los accidentes.

Así mismo para que un sistema de administración del cambio funcione se requiere que todo el personal este involucrado e interesado, por lo que es vital alentar al personal para que forme parte de las diferentes etapas del proceso, sobre todo si de lo que se habla es de la seguridad de cada miembro del personal de la planta.

Sin embargo, al implementar un sistema de administración del cambio necesitamos que este sea lo más funcional y simple posible, por que el desarrollo y llenado de diferentes registros y formatos puede ser contraproducente ya que lo vuelve un proceso largo y engorroso para algunos de los miembros del personal involucrado y esto los lleva a no desarrollar el proceso completo o a omitir pasos.

Una forma de simplificar el proceso de administración del cambio para todo el personal sería el subdividir la planta en diferentes áreas como la administrativa, operativa, servicios técnicos, corporativos, etc. y desarrollar un subsistema de administración del cambio para cada área, especificando que personal debe tomar parte en cada uno y desarrollando formatos específicos que cubran las necesidades de cada subsistema.

Esto no sólo propiciaría una mayor participación del personal, sino que representaría un ahorro significativo de tiempo y dinero ya que el desarrollo de cada proceso de administración del cambio sería más rápido.

Cuando se diseña un sistema de administración del cambio es crítico que este refleje la manera en que el personal realmente trabaja e interactúa con los demás, en particular el sistema debe reconocer que la comunicación informal es fundamental durante todo el proceso de la administración. Para ser verdaderamente efectivo un sistema de administración del cambio necesita estar integrado con los otros elementos de la administración de la seguridad.



Con referencia a nuestro caso presentado en el trabajo de campo, el manual de operación de la unidad menciona que el catalizador por sí mismo no es corrosivo y a pesar de la presencia de pequeñas cantidades de ácido clorhídrico durante la operación, la sequedad del sistema permite la construcción con acero al carbón, ya que durante veinte años de servicio comercial se ha demostrado lo adecuado de este metal barato y la capacidad del proceso.

Sin embargo, sabemos que ningún proceso es 100% efectivo por lo que dentro de el proceso se presentan trazas de humedad provocando una cantidad mayor a 10 p.p.m. de ácido clorhídrico en el acumulador FA-208 lo que aumentó el proceso normal de corrosión de la pared del acumulador FA-208 disminuyendo su tiempo de vida útil.

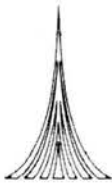
Lo que resalta la importancia de llevar a cabo monitoreos, análisis de riesgos y administraciones del cambio, tareas a las que PEMEX les ha dado gran importancia designando personal tanto interno como externo para la oportuna detección de posibles problemas que se llegaran a presentar en las plantas, así como la solución, control y registro de los mismos.

De esta manera se pudo detectar el proceso de corrosión que presentaba el acumulador FA-208 lo que originó el desarrollo del proceso de administración del cambio de dicho equipo con base en las diferentes técnicas para el análisis de riesgos, lo que dio como resultado el cambio del acumulador FA-208 que aporta un beneficio directo a la seguridad de la Planta Isomerizadora de Pentanos y Hexanos, a la Refinería y por consiguiente a la comunidad en general.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

Se recomienda verificar que en el procedimiento de operación de equipo se incluya el purgando del acumulador FA-208 en cada guardia para evitar la acumulación de agua y contrarrestar el proceso de corrosión.





## **GLOSARIO**

**ACCIDENTE:** Cualquier acontecimiento o evento que implica una desviación de las condiciones de diseño de un sistema. Suceso no planeado que pone en peligro la seguridad del ser humano, la ecología, las utilidades y/o producción de la compañía.

**ADMINISTRACIÓN DE LA SEGURIDAD DE LOS PROCESOS:** Programa o serie de actividades que involucran la aplicación de principios administrativos y técnicas analíticas enfocadas en asegurar que los procesos sean operados con seguridad.

**ADMINISTRACIÓN DE RIESGOS:** Aplicación sistemática de políticas, procedimientos y prácticas administrativas para analizar, evaluar y controlar los riesgos, protegiendo de esta manera a los trabajadores, al público en general, al medio ambiente y a la compañía.

**ANÁLISIS DE RIESGOS:** Disciplina que combina la evaluación ingenieril del proceso con técnicas matemáticas que permiten realizar estimaciones de frecuencias y consecuencias de accidentes.

**ANÁLISIS WHAT IF:** Método no estructurado para considerar los resultados de eventos inesperados que pudieran llevar a resultados no deseados.

**CAMBIO:** Acción de modificar en forma planeada y controlada un material, proceso, equipo, componente o instalación en fecha posterior a la de diseño, construcción u operación original.

**CAUSA:** Situación o circunstancia que puede dar origen a eventos que generalmente producen efectos adversos (accidentes o incidentes).

**CAUSA RAÍZ:** Razón principal por la que sucede un accidente o incidente, la cual al ser identificada, corregida y/o eliminada puede prevenir la ocurrencia del mismo.

**CHECK LIST:** Lista detallada de atributos deseados en los sistemas o pasos que debe realizar un sistema u operador. Normalmente son resultado de la experiencia y la evaluación de la aceptabilidad del estado del sistema o su funcionamiento, comparados con las normas establecidas.



**CONDICIONES:** Circunstancias pertenecientes a una situación que puede influenciar para que ocurra un evento.

**CONSECUENCIAS:** Son el resultado directo e indeseable de una secuencia de acontecimientos que originaron un accidente, normalmente involucran la presencia de fuego, explosiones o descarga de material tóxico. Las descripciones de las consecuencias pueden ser estimaciones cualitativas o cuantitativas de los efectos de un accidente en términos de factores como impactos a la salud, pérdida económica y daño ambiental.

**DESVIACIÓN:** Modificación cualitativa o cuantitativa de los parámetros de un proceso.

**ERROR HUMANO:** Cualquier acción realizada por seres humanos que puede contribuir y/o resultar en un accidente.

**FALLA:** Mal funcionamiento de un equipo o componente, identificable con la pérdida de su función (deja de funcionar), función prematura (actúa antes de que se produzca la demanda) o función fuera de tolerancia (actúa con parámetros fuera de los especificados produciendo una característica física indeseada, por ejemplo, una fuga).

**HAZOP (Hazard and Operability Analysis):** Técnica cuantitativa perteneciente a la disciplina de análisis de riesgos de proceso, que sirve para identificar y evaluar los problemas de seguridad y operabilidad en una planta.

**INTERLOCK:** Conjunto de elementos (sensor-función comparativa-elemento final de control) diseñados y ajustados para detectar desviaciones fuera de los límites de control de las variables de proceso, ejecutando por si solos una acción correctiva para evitar una cadena de eventos que podrían tener un alto potencial de fuentes de energía o sustancias peligrosas.

**NODO:** Subdivisión de un sistema de proceso, que tiene un origen en donde comienzan nuevas propiedades del material procesado y un destino en donde nuevamente hay un cambio de propiedades; debe ser lo suficientemente pequeño para que sea manejable y lo suficientemente grande para que sea significativo.



**PALABRA GUÍA:** Es aquella que indica la desviación parcial o total de la intención.

**PARÁMETRO:** Manifestación física o química del proceso, por ejemplo, flujo, nivel, presión, temperatura, velocidad, composición, etc.

**PELIGRO:** Condición física o química que puede causar daños o producir efectos adversos a las personas, el ambiente o la propiedad.

**RIESGO:** Posibilidad de sufrir pérdidas. Suele utilizarse como una medida de pérdida económica o daño a las personas, expresada en función de la probabilidad del suceso y la magnitud de las consecuencias.



## **BIBLIOGRAFIA**

1. Sutton, Ian. "Management of Change". Editorial Morris Publishing, 1º edición, U.S.A., 1998.
2. Santamaria, Ramiro. "Análisis y Reducción de Riesgos en la Industria Química". Fundación MAPFRE, España, 1994.
3. "Manual del SIASPA, PEMEX". Elemento 13, sección 6, México, 1988.
4. "Manual de operación planta isomerizadora de pentanos y hexanos, PEMEX".
5. Heinz Wehrich, Kootz Harold. "Administración, una perspectiva global". Editorial Mc Graw Hill, 11º edición, México, 2000.
6. García, Martínez José. "Fundamentos de Administración". Editorial Trillas, 5º edición, México, 1990 (reimp 2000).
7. Murdick, Robert. G. "Sistema de Información Administrativa". Editorial Prentice Hall, México, 1988.
8. Vincent, David R. "La administración Basada en la Información". Instituto Mexicano de Ejecutivos de Finanzas, México, 1991.
9. Guisar M Rafael. "Desarrollo Organizacional". Editorial Mc Graw Hill, México, 1998.
10. O'Brien, James A. "Management Information Systems". Editorial MC Graw Hill, 4º edición, U.S.A. 1999.



A continuación se muestran ejemplos de formatos usados para aplicar una administración del cambio en una industria de alto riesgo.

## ANEXO 1

### ANEXO 8.1

#### LISTA DE VERIFICACIÓN DE APLICABILIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN DEL CAMBIO

Área de proceso \_\_\_\_\_ Cambio número \_\_\_\_\_

Nombre del cambio \_\_\_\_\_

Originador \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

¿ Incluye la propuesta un cambio en:

- Química del proceso
- Materias primas o aditivos
- Límites establecidos para la operación segura (temperatura, presión, cantidades de flujo, orden de adición o experimentación)
- Procedimientos operativos
- Nuevas conexiones, desmontajes, supresiones o desviaciones de equipos, tuberías o instrumentación
- Clasificación de área eléctrica
- Computadora, programas o equipo
- Alarmas, interlocks o puntos preestablecidos de relevo
- Materiales de construcción
- Especificaciones de diseño
- Estado de operación ( por ejemplo desmontajes)
- Personal

SI	NO
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Otro (especificar) \_\_\_\_\_

Si la respuesta a cualquier pregunta es sí, proceder con la aplicación del Registro de Administración del Cambio (ANEXO 3).



## ANEXO 2

### ANEXO 8.3

#### REGISTRO DE LA ADMINISTRACION DEL CAMBIO

Para considerar las implicaciones a la seguridad del proceso de un cambio propuesto, el **originador** del cambio debe llenar y completar las **SECCIONES 1, 2 y 3** de este formato para asegurar que los riesgos potenciales asociados con un cambio son identificados y evaluados direccionados. Si una sección no aplica, escriba **n/a** en el espacio apropiado. Si se requiere espacio adicional para comentarios anexe paginas.

#### SECCION 1. Descripción del Cambio.

1.1 Descripción y propósito del cambio: (anexe esquemas, diagramas y referencias)

1.2 Bases técnicas para el cambio:

1.3 El impacto del cambio en salud, seguridad y protección ambiental:

1.4 Duración del cambio:

( ) Permanente

( ) Temporal/ será removido en fecha: \_\_\_\_\_

1.5 Nivel de revisión requiendo \_\_\_\_\_

Personal asignado para dirigir la revisión \_\_\_\_\_

Metodología a ser usada \_\_\_\_\_

1.6 Identificar al personal responsable para lo siguiente:

a. Cambios a procedimientos operativos

b. Cambios a prácticas seguras de trabajo

c. Actualizaciones a practicas seguras de trabajo

d. Análisis de Riesgos

e. Información de tecnología

f. Información de equipo

g. Cambios el plan de respuestas a emergencias

h. Información/Entrenamiento para personal, especifique

Responsabilidad

Personal \_\_\_\_\_

Tipo de entrenamiento \_\_\_\_\_

Personal \_\_\_\_\_

Tipo de entrenamiento \_\_\_\_\_

Personal \_\_\_\_\_

Tipo de entrenamiento \_\_\_\_\_

1.7 ¿Se requiere revisión de pre - arranque \_\_\_\_\_

Persona asignada para dirigir la revisión \_\_\_\_\_

Se requerirá la aprobación de la sección 1 antes de la implantación del cambio.

Aprobado por: \_\_\_\_\_

fecha: \_\_\_\_\_



## ANEXO 3

### Sección 1. Requisitos de Pre – Arranque.

	FECHA	INICIALES
2.1 Revisión de seguridad (Análisis de Riesgo) en el diseño, realizada y recomendaciones seguidas.	_____	_____
2.2 Prácticas y procedimientos operativos revisados.	_____	_____
2.3 Entrenamiento en prácticas y procedimientos operativos, realizado.	_____	_____

Si se determina que se requiere una revisión de pre - arranque, mandar este documento a la persona designada como parte de la aprobación de la sección 2 para completar el punto 2.4.

2.4 Revisión de pre - arranque realizada	_____	_____
2.5 Inspección de campo realizada	_____	_____

La aprobación de la sección 2 es requerida antes de reiniciar la operación, después del cambio.

Aprobado para reinicio por \_\_\_\_\_ fecha : \_\_\_\_\_

### SECCION 3. Actualización/Seguimiento.

	FECHA	INICIALES
3.1 Prácticas y procedimientos operativos (PO) actualizados	_____	_____
3.2 Información de seguridad en el proceso (ISP) actualizada	_____	_____
3.3 Módulos/manuales de entrenamiento actualizados	_____	_____
3.4 Plan de respuesta a emergencias (PRE) actualizado	_____	_____
3.5 Actualizaciones de información de (PO) y (ISP) realizadas	_____	_____

La aprobación de la sección 3 es requerida para cerrar el registro de cambio.

Aprobado para cierre por: \_\_\_\_\_ Fecha : \_\_\_\_\_

### SECCIÓN 4. Cierre.

Se deberán distribuir copias de este registro como sigue:

1. Originador
2. Personal que autoriza
3. Archivo de Administración de Cambio