



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS OPERACIONALES
HAZOP, EN UNA INDUSTRIA DE PROCESAMIENTO
AGROQUÍMICO**

Cynthia Michelle Palma Díaz

Asesorado por la Inga. Ileana Palomo Castillo

Guatemala, febrero 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS OPERACIONALES
HAZOP, EN UNA INDUSTRIA DE PROCESAMIENTO
AGROQUÍMICO.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

CYNTHIA MICHELLE PALMA DÍAZ.
ASESORADO POR LA INGA. ILEANA PALOMO CASTILLO.

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA INDUSTRIAL

GUATEMALA, FEBRERO DE 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I:	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II:	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III:	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV:	Br. Luis Pedro Ortiz de León
VOCAL V:	Br. José Alfredo Ortiz Herincx
SECRETARIA:	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO:	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR:	Ing. Erwin Danilo González Trejo.
EXAMINADOR:	Ing. Sergio Fernando Pérez Rivera.
EXAMINADOR:	Msc. Inga. Norma Ileana Sarmiento de Serrano
SECRETARIA:	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS OPERACIONALES HAZOP, EN UNA INDUSTRIA DE PROCESAMIENTO AGROQUÍMICO,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha de 28 abril de 2009.



Cynthia Michelle Palma Díaz.

Guatemala, 3 de septiembre de 2009.

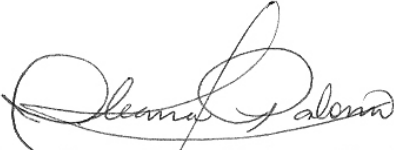
Ingeniero
José Francisco Gómez Rivera
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetable Director

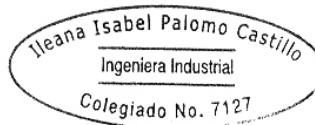
Por este medio me dirijo a usted con el propósito de informarle que he revisado el Trabajo de Graduación titulado "Análisis y Evaluación de Riesgos Operacionales HAZOP, en una industria de Procesamiento Agroquímico", presentado por la estudiante Cynthia Michelle Palma Díaz.

Después de hechas las correcciones del caso, considero que el desarrollo del mismo ha sido de forma satisfactoria y reúne los requisitos para continuar con el siguiente paso en el proceso respectivo de la Facultad, por lo que recomiendo su aprobación.

Atentamente,



Inga. Ileana Isabel Palomo Castillo
Colegiada No. 7127
Asesora



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS OPERACIONALES HAZOP, EN UNA INDUSTRIA DE PROCESAMIENTO AGROQUÍMICO, presentado por la estudiante universitaria Cynthia Michelle Palma Díaz, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Erwin Danilo González Trejo
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela Mecánica Industrial

Guatemala, Octubre de 2009.

/agrm



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS OPERACIONALES HAZOP, EN UNA INDUSTRIA DE PROCESAMIENTO AGROQUÍMICO**, presentado por la estudiante universitaria **Cynthia Michelle Palma Díaz**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.


Ing. Cesar Ernesto Urquiza Rodas
DIRECTOR
Escuela Mecánica Industrial



Guatemala, febrero de 2010.

/mgp

Universidad de San Carlos
De Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.048.2010

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS OPERACIONALES HAZOP, EN UNA INDUSTRIA DE PROCESAMIENTO AGROQUÍMICO**, presentado por la estudiante universitaria **Cynthia Michelle Palma Díaz**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
DECANO



Guatemala, febrero de 2010.

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Dios Por darme la oportunidad de estar viviendo estos momentos, y por su infinito amor y bendiciones.

Mis padres:
Ing. Francisco Efraín Palma de Paz y M.Sc. Licda. Sara Crisanda Díaz de Palma. Por ser mi ejemplo de vida a seguir, porque siempre sacan lo mejor de mí, siempre están animándome a seguir adelante, y porque en cada etapa de mi vida están conmigo guiándome con sus consejos y su amor. Los quiero mucho. Este éxito es tanto mío como suyos, ya que si no fuera por todo el apoyo que me han dado no estaríamos aquí, les dedico este acto a ustedes, porque gracias a ustedes yo estoy alcanzando una meta más en mi vida. Mami, te quiero mucho por haberme dado la vida y soportarme en todos estos años y Papi te quiero mucho, porque gracias a tí soy la persona que soy ahora.

Mi Hermana:
Claudia María Palma Díaz. Porque siempre estas para mí cuando te necesito, porque siempre sacas lo mejor de mí, dándome siempre todo tu apoyo, tus consejos y tu amor. Gracias por ser siempre mi conciencia.

AGRADECIMIENTOS A:

**A la USAC,
Facultad de
Ingeniería.**

Por ser la casa de estudios que contribuyó a mi formación académica y a mi crecimiento personal.

A Mis amigos

De toda la vida Ana Montoya y Luz Montoya, porque siempre han estado conmigo en todas las etapas de mi vida, gracias por su amistad y sus consejos. A mis amigos con los que compartí mi carrera: Pamela Vásquez, Carlos González, Rocío Aguilar, Stephanie Morataya, porque gracias a ustedes estos años universitarios se hicieron más fáciles, gracias por su amistad y apoyo ofrecido en estos años. A todos mis demás amigos con los que compartí mi carrera, especialmente a Omar Contreras, por su apoyo final en mi trabajo de graduación, y a mis demás amigos: Santa, Mansi, Javier, Rolando, Filippi, Gabriel, y demás gracias por todos esos momentos que hemos pasado, los recordaré siempre, y espero que nuestra amistad siga creciendo.

Inga. Ileana Palomo.

Por su valiosa asesoría en mi trabajo de graduación.

Bayer CropScience.

Por darme la oportunidad de desarrollar mi trabajo de graduación, por la experiencia y conocimientos adquiridos.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN	IX
OBJETIVOS	XI
INTRODUCCIÓN	XIII
1. ANTECEDENTES GENERALES	
1.1. La Empresa	1
1.1.1. Historia	1
1.1.2. Tipo de organización	2
1.1.2.1. Misión	2
1.1.2.2. Visión	3
1.1.2.3. Política de calidad	3
1.2. Principios básicos	4
1.2.1. Concepto de seguridad	4
1.2.1.1. Desarrollando el concepto de seguridad	4
1.2.1.2. Actividades a considerar	5
1.2.1.3. Riesgos a considerar	5
1.2.1.4. Participantes	6
1.2.1.5. Metodología	6
1.3. Análisis de Riesgos	7
1.3.1. Objetivos principales de un análisis de riesgos	7
1.3.2. Aspectos a tratar en los análisis de riesgos	8
1.3.3. Métodos de identificación de riesgos	8

1.4. Análisis de riesgos y operatividad: <i>Hazard and Operability (HAZOP)</i>	10
1.4.1. Descripción	10
1.4.2. Etapas	12
1.4.3. Ámbito de aplicación	14
1.4.4. Recursos necesarios	14
1.4.5. Ventajas e inconvenientes del método	15
2. SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN	17
2.1. División organizacional del área de producción	17
2.1.1. Organigrama	17
2.2. Descripción general del producto realizado	18
2.2.1. Productos formulados en líquidos	18
2.2.2. Productos formulados en sólidos	19
2.3. Descripción de la línea de producción	19
2.3.1. Producción líquidos	20
2.3.1.1. Historial de falla de maquinaria en producción líquidos	20
2.3.1.2. Historial de accidentes personales	20
2.3.2. Producción Sólidos	20
2.3.2.1. Historial de falla de maquinaria en producción sólidos	21
2.3.2.2. Historial de accidentes personales	21
2.4. Naturaleza de los accidentes de proceso	21
2.4.1. Accidentes operacionales	21
2.4.2. Accidentes por maquinaria	22
2.4.3. Accidentes de incendio y/o explosión	22
2.4.4. Accidentes por liberación de químicos	22
2.5. Acciones a tomar	23
2.5.1. Acciones preventivas	23

2.5.2. Acciones Correctivas	24
3. PROPUESTA DE ANÁLISIS DE RIESGOS OPERACIONALES	25
<i>HAZOP</i>	
3.1. Identificación de riesgos	25
3.1.1. Determinar la metodología apropiada	25
3.1.2. Análisis de áreas de riesgo	25
3.1.3. <i>HAZOP</i>	26
3.2. Riesgos	29
3.2.1. Evaluación de los riesgos con la matriz de riesgos	30
3.2.2. Categorización de la severidad de las consecuencias	32
3.2.3. Categorización de probabilidades de las áreas correspondientes	32
3.3. Reducción de Riesgos	33
3.3.1. Principios básicos de la reducción de riesgos	34
3.3.2. Medidas de seguridad	37
3.3.3. Clases de riesgos y sus medidas de seguridad	37
3.3.4. Medidas de mitigación	38
4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA	39
4.1. Paso 1: Definición de área de estudio	39
4.1.1. Diagrama de área de estudio	39
4.1.1.1. Producción líquidos	40
4.1.1.2. Producción sólidos	41
4.2. Paso 2: Definición de los nudos	42
4.3. Paso 3: Aplicación de las palabras guías	42
4.3.1. Clasificación de las probabilidades	42
4.3.2. Clasificación de las severidades	42
4.3.3. Matriz de riesgos	43
4.3.4. Definición de riesgo	43

4.4. Paso 4: Definición de las desviaciones	43
4.5. Paso 5: Definición de las consecuencias de las Desviaciones	43
4.6. Paso 6: Medidas de mitigación	43
5. SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUA	117
5.1. Auditorías de seguimiento	117
5.1.1. Objetivo	117
5.1.2. Metodología a utilizar	117
5.1.3. Hojas de seguimiento	117
5.1.4. Periodicidad de las auditorías	118
5.2. Condiciones higiénicas y personal	118
5.2.1. Limpieza en áreas de trabajo	118
5.2.2. Utilización de los equipos de protección	119
5.3. Condiciones de operatividad	119
5.3.1. Seguimiento de instrucciones de operación	119
CONCLUSIONES	121
RECOMENDACIONES	123
BIBLIOGRAFÍA	125
APÉNDICE	127

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Método para la toma de decisión	11
2. Secuencia para <i>HAZOP</i>	16
3. Organigrama	17
4. Esquema del proceso de evaluación de riesgos	36
5. Diagrama de productos líquido	40
6. Diagrama de productos sólido	41

TABLAS

I. Palabras guías	13
II. Clasificación de las consecuencias	30
III. Matriz gravedad de riesgo	31
IV. Nivel de criticidad	31
V. Categorización de severidad de las consecuencias	32
VI. Categorización de probabilidades	33
VII. Hoja de seguimiento	118
VIII. Formato de registro de limpieza y desinfección de equipo	127
IX. Formato de registro del uso de instalaciones y equipo	128
X. Formato de registro y control de vestimenta de trabajo e higiene personal.	129
XI. Formato de registro de programa de mantenimiento de maquinaria	130

GLOSARIO

Accidente	Es un evento (no planeado ni deseado) que provoca daños a la vida, la salud, al ambiente y/o a la calidad.
Análisis de riesgo	Es el proceso formal que se realiza durante la vida del proyecto, mediante el cual se identifican los factores de riesgo, se analizan y evalúan sus efectos y se definen las acciones a seguir frente a los mismos, con el fin de disponer de una actuación planificada con vista a minimizarlos.
Causa	Es un evento o secuencia de eventos que crean un efecto.
Consecuencia	Mide el nivel o grado de severidad que pueden revestir los daños a las personas, a los bienes y perjuicios por paralización de la producción, como consecuencia de un incidente. Pueden ser inmediatas o a largo plazo.
Desviación	Combinación de palabras claves que se está aplicando.
Efecto	Es el resultado de una o más causas.
HAZOP	<i>Hazard and Operability</i> . Análisis de Riesgos y Operabilidad

Incidente	Es un evento con potencialidad para producir un accidente.
Magnitud del Riesgo (MR)	Es una medición que permite evaluar y jerarquizar el riesgo en forma cuantitativa, en función de su probabilidad, exposición y consecuencia.
Matriz de Riesgo	Es una matriz que permite relacionar las componentes (procesos, equipos, instalaciones, insumos y suministros) o alternativas del proyecto versus los riesgos operacionales.
Peligro	Es la condición potencial de causar daño a cosas que valoramos.
Probabilidad	Es la relación con la frecuencia de ocurrencia del evento no deseado y se expresa por medio de una escala de categorías que corresponden al nivel de frecuencia de ocurrencia.
Riesgo	Es la combinación entre la probabilidad de la ocurrencia y la gravedad de las consecuencias de un evento peligroso. El riesgo significa una evaluación del potencial de daño o pérdida.
Salvaguardas	Cualquier dispositivo protector, ya sea que prevenga la causa o salvaguarde contra consecuencias adversas.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación fue desarrollado en Bayer CropScience, empresa dedicada a la producción y venta de productos agroquímicos, ha sido desarrollado con el objetivo de encontrar una metodología que funcione para la reducción de riesgos operacionales dentro de la planta. Esta metodología que se explica en este trabajo de graduación es *HAZOP (Hazard and Operability)*, Análisis de Riesgos y Operabilidad.

Toda operación productiva tiene riesgos, y si bien éstos no pueden ser eliminados completamente, hay técnicas que permiten identificarlos, acotarlos y minimizarlos. La técnica *HAZOP* fue desarrollada en el Reino Unido en la década de los 60, por la compañía Imperial Chemical Industries en el estudio de procesos químicos. Las demás metodologías de análisis de riesgos han surgido a partir de ésta.

El análisis de *HAZOP* se basa en identificar cuatro elementos claves:

La fuente o causa del riesgo. La consecuencia, impacto o efecto resultante de la exposición a este riesgo. Las salvaguardas existentes o controles, destinados a prevenir la ocurrencia de la causa o mitigar las consecuencias asociadas. Las recomendaciones o acciones que pueden ser tomadas si se considera que las salvaguardas o controles son inadecuados o directamente no existen.

A grandes rasgos el éxito del *HAZOP* depende entre otros factores de la información disponible (P&ID, datos de planta, etc.) y de la elección de y habilidad del equipo para:

Definir los **parámetros del nodo**: se definirá como se espera que opere en ausencia de desviaciones. Identificar las **Desviaciones**, aplicando sistemáticamente las palabras guías (No, Más, Menos, etc.) que sean factibles. Identificar las **Causas** generadoras de la desviación. Identificar las **Consecuencias**, como resultado de las desviaciones en estudio y proponer las medidas o acciones de control. Definir las medidas de **Mitigación** para cada una de las consecuencias generadas.

OBJETIVOS

GENERAL:

Analizar y evaluar todos los posibles riesgos de operatividad que se encuentren dentro de una industria de procesamiento agroquímico.

ESPECÍFICOS:

1. Evaluar las desviaciones en el diseño propuesto, para dar a conocer los peligros en el área de trabajo.
2. Establecer las áreas donde se encuentra el mayor riesgo de incendios para tomar medidas preventivas.
3. Implementar las palabras guías a utilizar dentro del análisis de riesgo operacional.
4. Identificar las causas de los riesgos operacionales para minimizar el impacto de éstos en la industria.
5. Verificar los diseños del proceso desde el punto de vista de riesgos operacionales que puedan afectar los efectos físicos del producto.
6. Verificar los diseños del proceso desde el punto de vista de riesgos operacionales que puedan afectar a las personas.
7. Desarrollar medidas de prevención y programas de capacitación para dar a conocer los riesgos operacionales.

INTRODUCCIÓN

El análisis de riesgos operacionales es importante ya que como las tecnologías de procesos han ido evolucionando desde 1950 y se han realizado significativos avances tecnológicos en la seguridad de los mismos. Toda operación productiva tiene riesgos, y si bien éstos no pueden ser eliminados completamente, hay técnicas que permiten identificarlos y minimizarlos.

El método de Análisis de Riesgos Operacionales en una planta o proceso, está basado en la premisa de que los riesgos, los accidentes o los problemas de operatividad, se producen como consecuencia de una desviación de las variables de proceso con respecto a los parámetros normales de operación en un sistema dado y en una etapa determinada.

La técnica consiste en analizar sistemáticamente las causas y las consecuencias de unas desviaciones de las variables de proceso, planteadas a través de unas palabras guías.

Este método cubre todos los aspectos relacionados con la ingeniería, las adquisiciones, la construcción, montaje, puesta en marcha y en las operaciones. Su amplio campo de aplicación hace que sea una herramienta confiable, y permite una participación multidisciplinaria, en donde se suman experiencias y conocimientos.

El Análisis de Riesgos Operacionales tiene como finalidad identificar los riesgos asociados a las instalaciones y procesos que puedan afectar a personas, bienes físicos, al material y al medio ambiente; así como también como proponer las medidas de control que sean necesarias.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. La empresa

Bayer Guatemala fue fundada en 1962 para la fabricación y distribución de productos de protección a cultivos y sanidad animal. En Guatemala funcionan dos de las tres plantas de producción que operan en la región de Centroamérica y el Caribe. La planta Bayer CropScience, dedicada a la formulación y envasado de productos fitosanitarios, principalmente insecticidas, fungicidas y herbicidas se encuentra en el municipio de Amatitlán.

1.1.1. Historia

Productos fitosanitarios se distribuían en Centroamérica desde inicios del siglo pasado. En 1962, Bayer AG decidió fundar una empresa propia por lo cual adquirió un terreno de 1.4 hectáreas en Amatitlán, Guatemala, para la construcción de la planta formuladora de productos fitosanitarios de la División Protección de Cultivos; hoy en día la extensión del terreno es de 4.6 hectáreas.

A principios del año 1963 ingresaron los primeros trabajadores, con lo cual se dio inicio formalmente a las operaciones de la nueva empresa del Grupo Bayer fundada en Guatemala. En junio de 2002 da inicio Bayer CropScience, una nueva sociedad operativa resultante de la compra de Aventis CropScience. La adquisición ascendió a 6,500 millones de euros y es la mayor en la historia de Bayer.

Una de las mayores ventajas de Bayer CropScience es la amplia gama de sustancias activas de alta calidad como: insecticidas, herbicidas y fungicidas; así como, la constante investigación y desarrollo de productos contra organismos dañinos y biotecnología a cargo de sus divisiones Ciencia Medioambiental y Biociencia, respectivamente.

1.1.2. Tipo de organización

Organizar es el proceso de asignar derechos y obligaciones y coordinar los esfuerzos del personal en la obtención de los objetivos de la organización. Este proceso presenta por tanto, dos facetas: establecer la estructura y coordinar. Una vez identificado los objetivos y la estructura durante la planificación, la organización debe determinar quién va a ser que cosa y cómo va a hacer la coordinación dentro y entre los departamentos de la misma.

La organización es un conjunto de sistemas que funcionan armónicamente mediante el proceso sistémico de sus recursos, para satisfacer sus necesidades y lograr los productos que demanda el mercado.

1.1.2.1. Misión

A través de su equipo humano y de la mano con sus clientes y usuarios Bayer CropScience consolidará su liderazgo en la protección de cultivos basado en valores y principios.

Esta Misión está apoyada por tres pilares:

Trabajo en equipo: Se implementarán nuevos procesos que permitan hacer más eficiente el equipo de trabajo, para que las soluciones satisfagan las necesidades de los clientes.

Aliados de los clientes: Establecer relaciones de largo plazo, creando soluciones innovadoras (productos + servicios) para la sostenibilidad del negocio y cultivos de nuestros clientes y usuarios.

Vivir y compartir valores y principios: Reconocer y vivir los valores y principios de Bayer que garantizan la sostenibilidad del negocio.

1.1.2.2. Visión

Ser el socio líder para la producción de productos agroquímicos de calidad para enfrentar los desafíos globales del mañana.

1.1.2.3. Políticas de calidad

Bayer se compromete a construir relaciones de calidad con sus clientes y proveedores. Este objetivo se consigue a través del diseño, producción y suministro de productos y servicios que alcancen o superen las expectativas de los clientes.

Conducir los procesos basándose en información fidedigna y en la dedicación para mejorar continuamente el desempeño.

1.2. Principios básicos

Hay que tomar en cuenta los principios básicos de la seguridad industrial y estos son: que toda empresa tenga que seleccionar, capacitar y certificar a todo su personal, tener señalización en el lugar de trabajo, brindar elementos de protección al personal, mantener orden y aseo en todas las instalaciones y tener un control efectivo de los actos y condiciones inseguras.

1.2.1. Concepto de seguridad

Seguridad es un conjunto de leyes, normas y mecanismos de prevención de los riesgos inherentes al recinto laboral, que pueden ocasionar un accidente ocupacional, con daños destructivos a la vida de los trabajadores o a las instalaciones o equipos de las empresas en todos sus ramos.

1.2.1.1. Desarrollando el concepto de seguridad

Concepto de seguridad: Es la colección entera de características de organización y técnicas, que son necesarias para controlar los posibles peligros relacionados a los procesos, plantas y operaciones.

Concepto de análisis de seguridad: Es un análisis de peligros sistemático, que es aplicado a una planta específica, a los procesos y operaciones reflectivas en cada etapa de desarrollo. Y consiste en los siguientes elementos:

- ❖ Identificación de Peligros.
- ❖ Evaluación de Riesgos.
- ❖ Definición de medidas de reducción de riesgos a niveles aceptables.

Es la herramienta básica para desarrollar el concepto de seguridad.

1.2.1.2. Actividades a considerar

Todas las actividades relevantes, productos y servicios deben ser cubiertos. Esto incluye procesos de producción, procesos ambientales (tratamiento de aguas), actividades de transporte y almacenamiento, así como la utilidad de producción y manejo (vapor, electricidad, instrumentos de aire, etc.). Todas las condiciones operacionales deben ser consideradas. Esto incluye:

- ❖ Operaciones rutinarias.
- ❖ Encendido y apagado.
- ❖ Operaciones de limpieza.
- ❖ Mantenimiento.
- ❖ Condiciones anormales. (Desviación en los procesos).

1.2.1.3. Riesgos a considerar

Todos los peligros potenciales deben ser considerados, incluyendo:

- ❖ Los efectos de las variables en los procesos (variación en la presión, temperatura, composición, etc.).
- ❖ Peligro de fuego y explosión, la estabilidad química de las sustancias y la seguridad en las reacciones.
- ❖ Peligro en la salud por exposición química.
- ❖ Impacto Ambiental.
- ❖ Efecto en las personas que interactúan con los procesos.

1.2.1.4. Participantes

Para garantizar que los conocimientos y técnicos necesarios están disponibles, las revisiones de seguridad deben ser ejecutadas por equipos interdisciplinarios, estos equipos deben de tener experiencia en los procesos específicos y en las operaciones de la planta.

Las siguientes disciplinas son generalmente implicadas en las diferentes etapas:

- ❖ Producción.
- ❖ Ingeniería de Planta y Mantenimiento.
- ❖ Ingeniería del Proyecto.
- ❖ Control Tecnológico de los Procesos.
- ❖ Seguridad en los Procesos y Planta.
- ❖ Inspección Técnica.
- ❖ Responsables de la prevención de fuego y/o emergencia.
- ❖ Seguridad Ocupacional, Higiene Industrial y Personal.
- ❖ Protección al Ambiente.

1.2.1.5. Metodología

La metodología utilizada para realizar el análisis de seguridad debe ser:

- ❖ Asegurar un enfoque sistemático e integrado.
- ❖ Asegurar un nivel consistente de seguridad mundial.
- ❖ Ser apropiado para la etapa y los peligros y la complejidad del proyecto.
- ❖ Direcccionar todos los requerimientos legales.

1.3. Análisis de riesgos

Para poder decidir si un riesgo es aceptable, se requiere estimar su magnitud, por lo que es necesario realizar un análisis sistemático y lo más completo posible de todos los aspectos que implica para la población, el medio ambiente y los bienes materiales, la presencia de un determinado establecimiento, las sustancias que utiliza, los equipos, los procedimientos, etc. Se hace inevitable analizar estos riesgos y valorar si su presencia es o no admisible. Es lo que se denomina análisis de riesgos, que trata de estimar el nivel de peligro potencial de una actividad industrial, en términos de cuantificar la magnitud del daño y de la probabilidad de ocurrencia.

1.3.1. Objetivos principales de un análisis de riesgos

Los métodos para la identificación, análisis y evaluación de riesgos son una herramienta muy valiosa para abordar con decisión su detección, causa y consecuencias que puedan acarrear, con la finalidad de eliminar o atenuar los propios riesgos así como limitar sus consecuencias, en el caso de no poder eliminarlos.

Los objetivos principales son:

- ❖ Identificar y medir los riesgos que presenta una instalación industrial para las personas, el medio ambiente y los bienes materiales.
- ❖ Deducir los posibles accidentes graves que pudieran producirse.
- ❖ Determinar las consecuencias en el espacio y el tiempo de los accidentes, aplicando determinados criterios de vulnerabilidad.
- ❖ Analizar las causas de dichos accidentes.

- ❖ Discernir sobre la aceptabilidad o no de las propias instalaciones y operaciones realizadas en el establecimiento industrial.
- ❖ Definir medidas y procedimientos de prevención y protección para evitar la ocurrencia y/o limitar las consecuencias de los accidentes.
- ❖ Cumplir los requisitos legales de las normativas nacionales e internacionales que persiguen los mismos objetivos.

1.3.2. Aspectos a tratar en los análisis de riesgos

Los aspectos de un análisis sistemático de los riesgos que implica un determinado establecimiento industrial, desde el punto de vista de la prevención de accidentes, están íntimamente relacionados con los objetivos que se persiguen. Son los siguientes:

1. Identificación de sucesos no deseados, que pueden conducir a la materialización de un peligro.
2. Análisis de las causas por las que estos sucesos tienen lugar.
3. Valoración de las consecuencias y de la frecuencia con que estos sucesos pueden producirse.

1.3.3. Métodos de identificación de riesgos

Básicamente, existen dos tipos de métodos para la realización de análisis de riesgos, si atendemos a los aspectos de cuantificación:

1. Métodos Cualitativos: se caracterizan por no recurrir a cálculos numéricos. Pueden ser métodos comparativos y métodos generalizados.

2. **Métodos Semicualitativos:** los hay que introducen una valoración cuantitativa respecto a las frecuencias de ocurrencia de un determinado suceso y se denominan métodos para la determinación de frecuencia, o bien se caracterizan por recurrir a una clasificación de las áreas de una instalación en base a una serie de índices que cuantifican daños: índices de riesgo.

Métodos comparativos: se basan en la utilización de técnicas obtenidas de la experiencia adquirida en equipos e instalaciones similares existentes, así como en el análisis de sucesos que hayan ocurrido en establecimientos parecidos al que se analiza. Principalmente son cuatro métodos los existentes:

1. Manuales técnicos o códigos y normas de diseño.
2. Listas de comprobación o "*Safety check lists*".
3. Análisis histórico de accidentes.
4. Análisis preliminar de riesgos o PHA.

Métodos generalizados: Los métodos generalizados de análisis de riesgos, se basan en estudios de las instalaciones y procesos mucho más estructurados desde el punto de vista lógico-deductivo que los métodos comparativos. Normalmente siguen un procedimiento lógico de deducción de fallos, errores, desviaciones en equipos, instalaciones, procesos, operaciones, etc., que trae como consecuencia la obtención de determinadas soluciones para este tipo de eventos.

Existen varios métodos generalizados. Los más importantes son:

1. Análisis "*What if?*".
2. Análisis funcional de operabilidad, *HAZOP*.
3. Análisis de árbol de fallos, FTA.
4. Análisis de árbol de sucesos, ETA.

5. Análisis de modo y efecto de los fallos, FMEA.

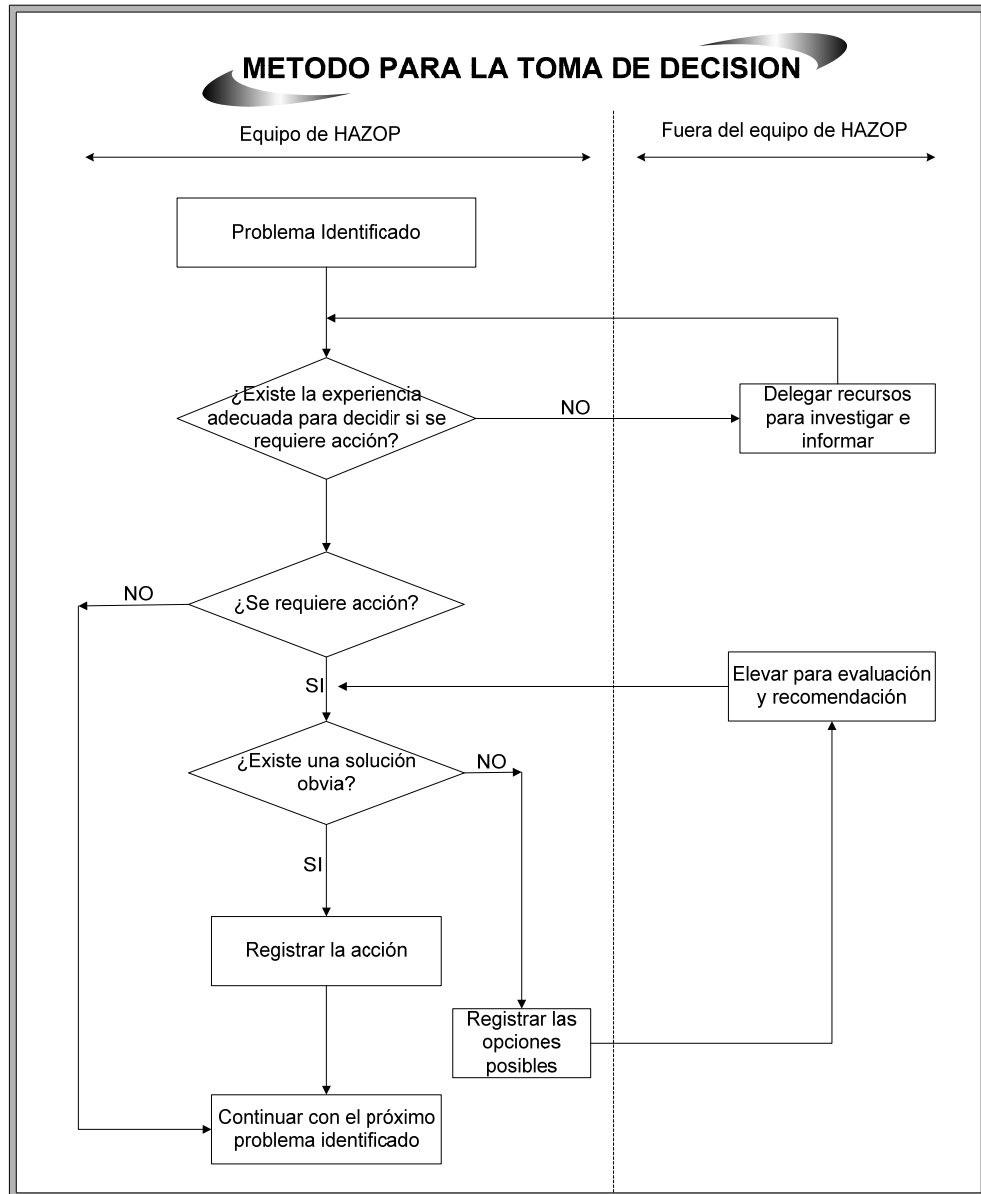
1.4. Análisis de riesgos y operatividad (HAZOP)

El *HAZOP* es una técnica de identificación de riesgos inductiva basada en la premisa de que los riesgos, los accidentes o los problemas de operatividad, se producen como consecuencia de una desviación de las variables de proceso con respecto a los parámetros normales de operación en un sistema dado y en una etapa determinada.

1.4.1. Descripción

El estudio se basa en analizar en forma metódica y sistemática el proceso, la operación, la ubicación de los equipos y del personal en las instalaciones, la acción humana (de rutina o no) y los factores externos, revelando las situaciones riesgosas. Se enfoca en determinar cómo un proceso puede apartarse de sus condiciones de diseño y sus condiciones normales de operación, planteando las posibles desviaciones que pudieran ocurrir. Es un trabajo de equipo realizado por un grupo multidisciplinario de expertos que involucra un “*brainstorming*” o tormenta de ideas, coordinado por un especialista. El método se apoya en la pericia de los miembros del equipo y su experiencia anterior en instalaciones similares. Para cada riesgo identificado, se determina su probabilidad y severidad de ocurrencia y se realizan recomendaciones para mitigar o eliminar dichas situaciones peligrosas.

Figura 1. Método para la toma de decisión.



Fuente: Identificación de Peligros y Análisis Riesgos.

1.4.2. Etapas

Definición del área de estudio: Consiste en delimitar las áreas a las cuales se aplica la técnica. En una determinada instalación de proceso, considerada como el área objeto de estudio, se definirán para mayor comodidad una serie de subsistemas o líneas de proceso que corresponden a entidades funcionales propias: línea de carga a un depósito, separación de disolventes, reactores, etc.

Definición de los nudos: En cada uno de estos subsistemas o líneas se deberán identificar una serie de nudos o puntos claramente localizados en el proceso. Por ejemplo, tubería de alimentación de una materia prima a un reactor, impulsión de una bomba, depósito de almacenamiento, etc.

Cada nudo deberá ser identificado y numerado correlativamente dentro de cada subsistema y en el sentido del proceso para mejor comprensión y comodidad. La técnica *HAZOP* se aplica a cada uno de estos puntos. Cada nudo vendrá caracterizado por variables de proceso: presión, temperatura, caudal, nivel, composición, viscosidad, etc.

La facilidad de utilización de esta técnica requiere reflejar en esquemas simplificados de diagramas de flujo todos los subsistemas considerados y su posición exacta. El documento que actúa como soporte principal del método es el diagrama de flujo de proceso, o de tuberías e instrumentos, P&ID.

Aplicación de las palabras guías: Las “palabras guías” se utilizan para indicar el concepto que representan a cada uno de los nudos definidos anteriormente que entran o salen de un elemento determinado. Se aplican tanto a acciones (reacciones, transferencias, etc.) como a parámetros específicos

(presión, caudal, temperatura, etc.). La siguiente tabla presenta algunas palabras guías y su significado.

Tabla I. Palabras guías.

Palabra guía	Significado	Ejemplo de desviación
No	Ausencia de la variable a la cual se aplica	No hay flujo en una línea.
Más	Aumento cuantitativo de una variable	Más flujo. Más Temperatura.
Menos	Disminución cuantitativa de una variable	Menos Caudal. Menos Temperatura.
Inverso	Analiza la inversión en el sentido de la variable. Se obtiene el efecto contrario al que se pretende.	Flujo Inverso.
Además de	Aumento cualitativo. Se obtiene algo más que las intensiones del diseño.	Impurezas o una fase extraordinaria.
Parte de	Disminución cualitativa. Se obtiene solamente una parte de las intensiones del diseño.	Disminución de la composición de una mezcla.
Diferente de	Actividades distintas respecto a la operación normal.	Cualquier actividad.

Fuente: HAZOP como metodología de análisis de riesgos. Pablo Freedman.

Definición de las desviaciones a estudiar: Para cada nudo se plantea de forma sistemática todas las desviaciones que implican la aplicación de cada palabra guía a una determinada variable o actividad. Para realizar un análisis exhaustivo, se deben aplicar todas las combinaciones posibles entre palabra guía y variable de proceso, descartándose durante la sesión las desviaciones que no tengan sentido para un nudo determinado. Paralelamente a las

desviaciones se deben indicar las causas posibles de estas desviaciones y posteriormente las consecuencias de estas desviaciones.

1.4.3. Ámbito de aplicación

Se puede aplicar indistintamente a todo tipo de instalaciones ya sean nuevas, existentes o en casos de modificaciones de unidades en operación. En el caso de nuevas instalaciones, el estudio se puede realizar en cualquiera de las etapas del proyecto, como puede ser: diseño conceptual, durante la ingeniería básica o de detalle, o antes de la puesta en marcha. Se deberá tener en cuenta que los cambios resultantes del análisis van a tener distinto impacto en función del grado de avance del proyecto. Por lo tanto, es aconsejable realizarlo en una etapa temprana del proyecto de una vez que estén definidos los ítems relevantes.

1.4.4. Recursos necesarios

El grupo de trabajo estable estará constituido por un mínimo de cuatro personas y por un máximo de siete. Podrá invitarse a asistir a determinadas sesiones a otros especialistas.

Se designará a un coordinador/director del grupo, experto, y que podrá ser el técnico de seguridad, y no necesariamente una persona vinculada al proceso. Aunque no es imprescindible que lo conozca en profundidad, si debe estar familiarizado con la ingeniería de proceso en general.

Funciones del coordinador/director del grupo:

- ❖ Recoger la información escrita necesaria de apoyo.

- ❖ Planificar el estudio.
- ❖ Organizar las sesiones de trabajo.
- ❖ Dirigir los debates, procurando que nadie quede en un segundo término o supeditado a opiniones de otros.
- ❖ Cuidar que se aplica correctamente la metodología, dentro de los objetivos establecidos, evitando la tendencia innata de proponer soluciones aparentes a problemas sin haberlos analizado suficientemente.
- ❖ Recoger los resultados para su presentación.
- ❖ Efectuar el seguimiento de aquellas cuestiones surgidas del análisis y que requieren estudios adicionales al margen del grupo.

1.4.5. Ventajas e inconvenientes del método

Ventajas:

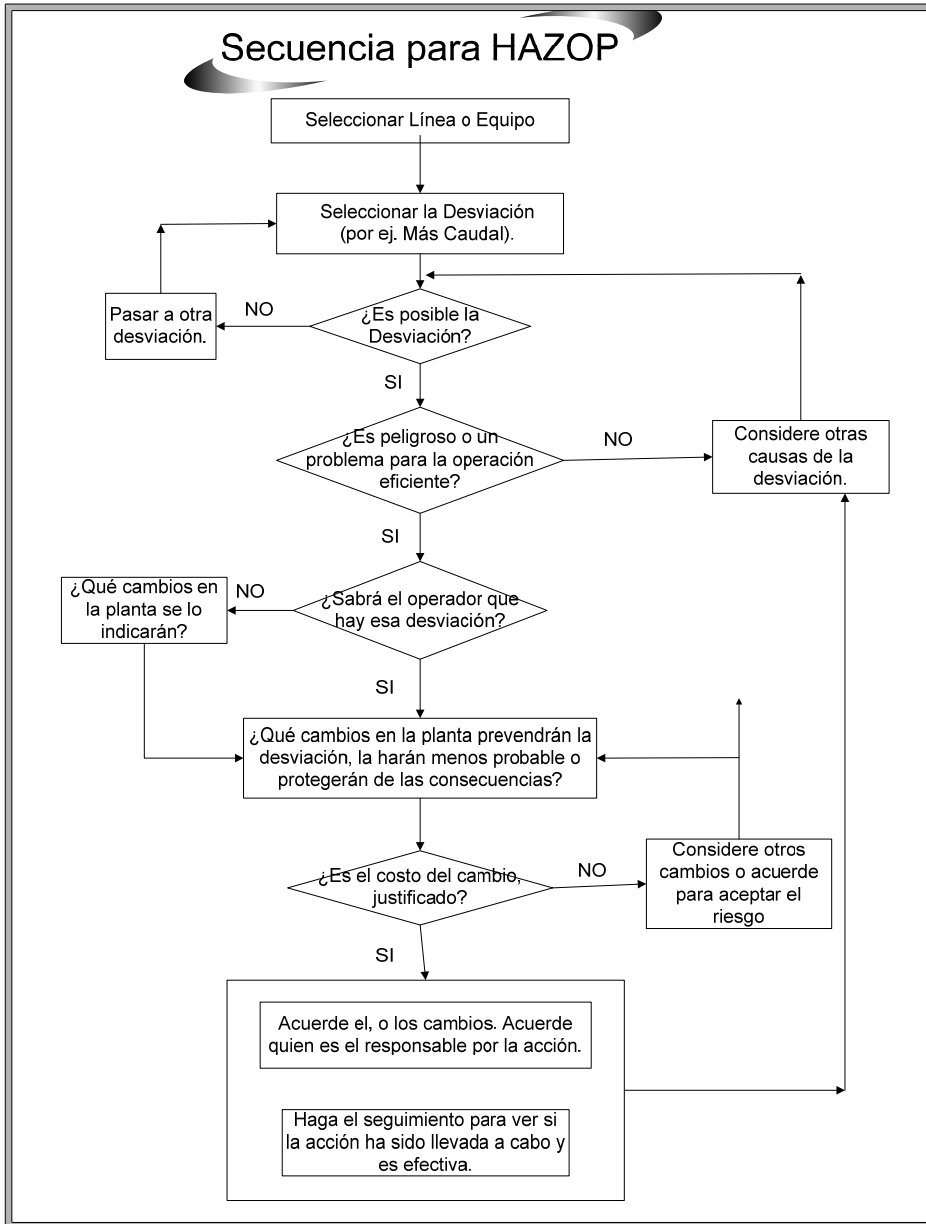
- ❖ Es una buena ocasión para contrastar distintos puntos de vista de una instalación.
- ❖ Es una técnica sistemática que puede crear, desde el punto de vista de la seguridad, hábitos metodológicos útiles.
- ❖ El coordinador mejora su conocimiento del proceso.
- ❖ No requiere prácticamente recursos adicionales, con excepción del tiempo de dedicación.

Inconvenientes:

- ❖ Las modificaciones que haya que realizar en una determinada instalación como consecuencia de un *HAZOP*, se pueden ver afectadas por criterios económicos.
- ❖ Depende mucho de la información disponible, a tal punto que puede omitirse un riesgo si los datos de partida son erróneos o incompletos.

- ❖ Al ser una técnica cualitativa, aunque sistemática, no hay una valoración real de la frecuencia de las causas que producen una determinada consecuencia.

Figura 2. Secuencia para HAZOP.



Fuente: Identificación de Peligros y Análisis Riesgos. Ing. Guillermo Canale. Pág. 14.

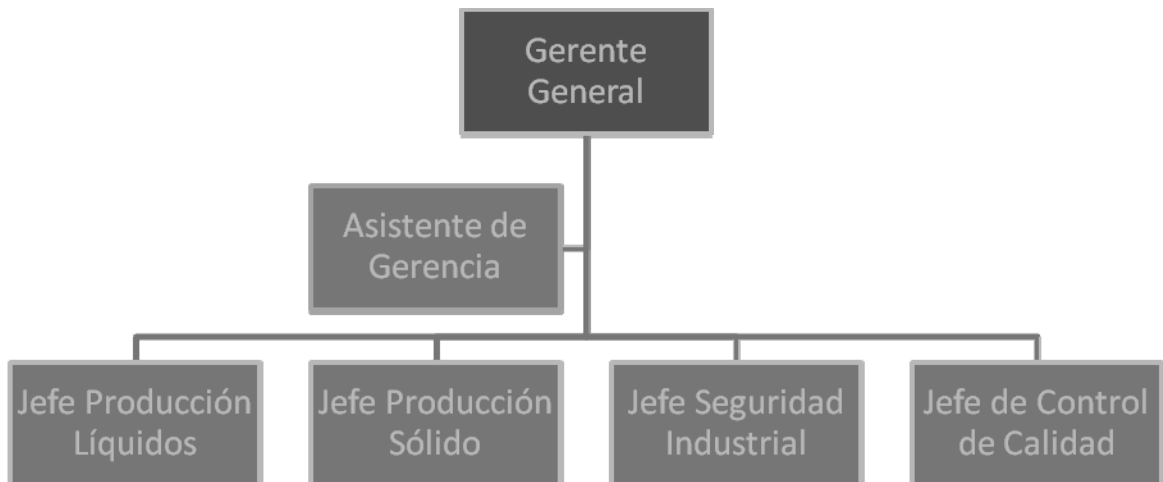
2. SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN.

2.1. División organizacional del área de producción

Se refiere a la forma en que se dividen, agrupan y coordinan las actividades de la organización en cuanto a las relaciones entre los gerentes y los empleados, entre gerentes y gerentes y entre empleados y empleados.

2.1.1. Organigrama

Figura 3. Organigrama de Bayer Cropscience.



2.2. Descripción general del producto realizado

Bayer formula productos fitosanitarios para la protección de los cultivos, en las que utiliza una amplia gama de sustancias activas como: insecticidas, herbicidas y fungicidas, en las cuales éstas se dividen en: productos líquidos y productos sólidos.

2.2.1. Productos formulados en líquidos

En Bayer CropScience, se formula todo tipo de productos para la protección de cultivos, se basa en 2 clases de productos: productos líquidos y productos sólidos.

Dentro de los productos líquidos que formula Bayer CropScience están:

Productos líquidos SC:

- ❖ Baycor 500 SC.
- ❖ Blindage 600 FS.
- ❖ Calidan SC 275.
- ❖ Carbaryl SC 480.
- ❖ Consentio SC 450.

Productos líquidos EC:

- ❖ Baycor 30 EC.
- ❖ Bayfidan 250 EC.
- ❖ Baythroid 25 EC.
- ❖ Decis 2.5 EC.
- ❖ Folicur 25 EW.
- ❖ K-Othrine.
- ❖ Muralla 10 EC.

- ❖ Namacur 40 EC.
- ❖ Plural 20 SL.

Productos Herbicidas Líquidos:

- ❖ Basta 15 SL.
- ❖ Batalla 35.6 SL.
- ❖ Hedonal Amina.

2.2.2. Productos formulados en sólidos

Dentro de los productos sólidos que formula Bayer CropScience están:

- ❖ Antracol 70 WP
- ❖ Racumin Polvo.
- ❖ Volaton 1.5 DP.
- ❖ Positrón Duo.
- ❖ Jade 0.8 GR.
- ❖ Bayfidan GR 1.
- ❖ Namacur GR 10.
- ❖ Caracolex RB.

2.3. Descripción de la línea de producción.

En la planta se formulan productos para la protección de cultivos, ya sean insecticidas y/o herbicidas, por lo cual hay dos líneas: línea de productos líquidos y la línea de productos sólidos.

2.3.1. Producción líquidos

En la línea de productos líquidos, se encuentran tres productos: líquidos de formulación SC, formulación EC y formulación herbicidas líquidos.

2.3.1.1. Historial de falla de maquinaria en producción líquidos

En la planta, se hace mantenimiento de la maquinaria periódicamente, por lo que no se dan tantas fallas, aproximadamente las fallas más significativas se dan cada 3 meses, que ocurren cuando se tapan las tuberías, se tapan las boquillas, se atascan las válvulas, se tapan las bombas, se tapan y/o atascan los reactores, fractura de tuberías, escape de líquidos y/o gases.

2.3.1.2. Historial de accidentes personales

En la planta, se está comprometido con la seguridad industrial, y le da a cada uno de los operarios el respectivo kit de protección personal, los accidentes que han ocurridos se debieron a que los operarios no utilizan su kit, y pueden tener irritación en los ojos, molestias en el oído, alergias, molestias en la respiración.

2.3.2. Producción sólidos

En la línea de productos sólidos se realizan los insecticidas, entre los más importantes a producir esta Racumin Polvo, Jade, Nema-cur y Caracolex entre otros.

2.3.2.1. Historial de falla de maquinaria en producción sólidos

En la planta, se hace mantenimiento de la maquinaria periódicamente, y por consiguiente no se dan tantas fallas, aproximadamente las fallas se dan cada 3 meses, debido a que fallan los ventiladores y/o succionadores de polvo, se tapan y/o atascan los reactores, se tapan las boquillas, se atascan las válvulas y se tapan las bombas.

2.3.2.2. Historial de accidentes personales

El no utilizar correctamente el kit de protección o ya sea que se desconozcan qué instrumentos de protección personal deben utilizar es lo que ha ocasionado diferentes accidentes, que son: irritación en los ojos, molestias en el oído, alergias, molestias en la respiración, intoxicación por emisión de gases y/o polvo, infecciones en la piel, ojos y oído, quemaduras, golpes en la cabeza por no utilizar casco, cortadas en la piel.

2.4. Naturaleza de los accidentes de proceso

Se define como accidente cualquier suceso que es provocado por una acción violenta y repentina ocasionada por un agente externo involuntario, da lugar a una lesión corporal. La amplitud de los términos de esta definición obliga a tener presente que los diferentes tipos de accidentes se hallan condicionados por múltiples fenómenos de carácter imprevisible e incontrolable.

2.4.1. Accidentes operacionales

Entre los accidentes operacionales están:

- ❖ Error del operador.

- ❖ Falta de conocimiento del trabajo que se realiza.
- ❖ Desconocimiento de los procesos que se realizan.
- ❖ Sabotaje.
- ❖ Falta de normas de higiene personal de los operarios.

2.4.2. Accidentes por maquinaria

Entre los accidentes por maquinaria están:

- ❖ Fisuras de tuberías.
- ❖ Tuberías tapadas.
- ❖ Reactores viejos.
- ❖ Reactores tapados.
- ❖ Válvulas tapadas.
- ❖ Bombas tapadas.

2.4.3. Accidentes de incendios y/o explosión

Entre los accidentes de incendio y/o explosión están:

- ❖ Efecto de una onda de golpe.
- ❖ Emisión fuerte de polvo.
- ❖ Fuentes de ignición cercanas.
- ❖ Falla de operario (fumar en el lugar de trabajo, etc.).

2.4.4. Accidentes por liberación de químicos

Entre los accidentes por liberación de químicos están:

- ❖ Escape de gases licuados presurizados.
- ❖ Escape de gases licuados refrigerados.
- ❖ Escape de gases.

- ❖ Escape de líquidos a través de agujeros y/o tuberías.

2.5. Acciones a tomar

Los accidentes de plantas siguen modelos típicos y es importante estudiar esos modelos para anticipar los tipos de accidente que pueden ocurrir y para ello saber qué tipo de acciones son las que necesitamos para prevenir esos accidentes.

2.5.1. Acciones preventivas

Trata de prevenir fallas en la maquinaria, se basa en inspecciones periódicas programadas, lo que permite una disminución de los tiempos muertos de producción debidos a dichas fallas, puede ser respaldado por el mantenimiento predictivo. Las revisiones e inspecciones programadas que pueden o no tener como consecuencia una tarea correctiva o de cambio. Este sistema se basa en que las partes de un equipo se gastan en forma desigual y es necesario prestarles el servicio para garantizar su buen funcionamiento. Se hace mediante un programa de actividades (revisiones, lubricación, etc.), previamente establecido con el fin de anticiparse a la presencia de las fallas en instalaciones y equipos. Hay que tener en cuenta durante la programación de vacaciones y autorización de licencias al personal de mantenimiento.

2.5.2. Acciones correctivas

Se da cuando la máquina falla, en otras palabras, la máquina indica cuando debe hacersele mantenimiento, los pasos a seguir son:

1. Identificar las causas.
2. Evaluar las alternativas.
3. Emplear la alternativa más conveniente.
4. Archivar la información.

3. PROPUESTA DE ANÁLISIS DE RIESGOS OPERACIONALES

3.1. Identificación de riesgos

Los métodos para la identificación, análisis y evaluación de riesgos son una herramienta muy valiosa para abordar con decisión su detección, causa y consecuencias que puedan acarrear, con la finalidad de eliminar o atenuar los propios riesgos así como limitar sus consecuencias, en el caso de no poder eliminarlos.

3.1.1. Determinar la metodología apropiada

Básicamente, existen dos tipos de métodos para la realización de análisis de riesgos, si atendemos a los aspectos de cuantificación:

Métodos cualitativos: se caracterizan por no recurrir a cálculos numéricos. Pueden ser métodos comparativos y métodos generalizados.

Métodos semicualitativos: los hay que introducen una valoración cuantitativa respecto a las frecuencias de ocurrencia de un determinado suceso y se denominan métodos para la determinación de frecuencias, o bien se caracterizan por recurrir a una clasificación de las áreas de una instalación en base a una serie de índices que cuantifican daños.

3.1.2. Análisis de áreas de riesgo

La identificación de los posibles riesgos se lleva a cabo en el inicio de la seguridad. Los riesgos asociados con un proceso químico principalmente son el

resultado de las propiedades de las sustancias manipuladas y de la energía liberada en el curso de las reacciones, los incendios y explosiones. Además, otros peligros como los efectos de la mecánica y la sobrecarga de la planta son componentes que también deben considerarse.

Para la identificación sistemática de los peligros, las siguientes esferas de riesgo han de ser evaluadas:

1. Efecto físico y material de estrés.
2. Fuego.
3. Explosión.
4. La liberación de energía en el caso de las reacciones químicas.
5. Riesgos para la salud.
6. Peligros para el medio ambiente.

En este trabajo los riesgos que se consideraron fueron:

- ❖ Efecto físico y material de estrés.
- ❖ Fuego.
- ❖ Explosión.

3.1.3. HAZOP (*Hazard and Operability*).

La técnica de *HAZOP* fue desarrollada en el Reino Unido en la década del 60, por la compañía *Imperial Chemical Industries* en el estudio de procesos químicos. Las demás metodologías de análisis de riesgos han surgido a partir de ésta.

Las metodologías disponibles para realizar los estudios de identificación de riesgos son: *What-If*, *Check List*, *What-If/Check List*, *FMEA (Failure Modes*

and Effects Analysis), *PHA (Preliminary Hazard Analysis)* y *HAZOP (Hazards and Operability Analysis)*.

La selección de la técnica PHA de identificación de riesgos a aplicar se realiza en función del propósito del análisis, resultados deseados, información disponible, complejidad de la instalación, etapa del desarrollo de la instalación y otros factores.

De todas las metodologías, el *HAZOP* es el método más completo y riguroso por lo que es generalmente la técnica preferida por las empresas. El análisis de *HAZOP* se basa en identificar cuatro elementos claves:

1. La fuente o causa del riesgo.
2. La consecuencia, impacto o efecto resultante de la exposición a este riesgo.
3. Las salvaguardas existentes o controles, destinados a prevenir la ocurrencia de la causa o mitigar las consecuencias asociadas.
4. Las recomendaciones o acciones que pueden ser tomadas si se considera que las salvaguardas o controles son inadecuados o directamente no existen.

El objetivo de la técnica *HAZOP* es identificar los potenciales riesgos en las instalaciones y evaluar los problemas de operabilidad. Aunque la identificación de riesgos es el objetivo principal del método, los problemas de operabilidad deben ser revelados cuando éstos tienen impacto negativo en la rentabilidad de la instalación o conducen también a riesgos.

Se determinan así los escenarios peligrosos para el personal, instalaciones, terceras partes y medio ambiente, y las situaciones que derivan en una pérdida de producción.

Para simplificar el estudio de *HAZOP* conviene subdividir un proceso grande y complejo en tantas piezas pequeñas como sea requerido para el análisis. Para ello el facilitador prepara, previo a las reuniones del grupo, la división de los P&ID's de la planta en sectores llamados nodos, los cuales se estudiarán en forma sistemática y de a uno. En general los nodos incluyen ítem múltiples: equipos + cañerías + instrumentos. Teóricamente el resultado de *HAZOP* es independiente de cómo se hayan seleccionado los nodos pero en la práctica se observa que una incorrecta selección de los mismos, impacta negativamente en el resultado del estudio.

Los integrantes del grupo listan para cada nodo, las posibles desviaciones que pudieran ocurrir, estas pueden ser:

- ❖ Alto/bajo flujo.
- ❖ Flujo inverso.
- ❖ Alto/bajo nivel.
- ❖ Alta/baja presión.
- ❖ Alta/baja temperatura.
- ❖ Contaminación.
- ❖ Fuego.
- ❖ Etc.

Los participantes proponen para cada desviación las posibles causas que la pudieran originar. Básicamente, existen tres tipos de causas:

1. Error humano.
2. Falla del equipo.
3. Eventos externos.

Para cada causa planteada, se determinan las consecuencias derivadas y las salvaguardas existentes en la instalación, ya sea para evitar la ocurrencia de dicho evento o para mitigar su efecto.

Las consecuencias encontradas se categorizan, asignándoles el Ranking de Riesgo en función de la Probabilidad y Severidad que el equipo determina para dicho evento. El grupo decide, entre todos los valores disponibles de Probabilidad y Severidad que se encuentran en la Matriz de Clasificación de Riesgos, cuáles les asignará a dicha consecuencia y por consiguiente surge el ranking de Riesgo de la misma. Ésta forma de asignar el ranking de riesgo, claramente, es cualitativa.

Si el ranking de riesgo asignado a la consecuencia resultase elevado, significa que se deben tomar acciones inmediatamente, por lo que el equipo realiza recomendaciones en donde se requiera reducir dicho valor. Dichas recomendaciones pueden ser la solución al problema, si resultase obvio para el equipo de *HAZOP*, o la instrucción de evaluar las posibles soluciones en una instancia posterior fuera del estudio. De modo de asegurar que las recomendaciones se implementen, a cada una, se le asigna un responsable.

3.2. Riesgos

Los riesgos de trabajo, están representados por los accidentes y las enfermedades a que están expuestos los trabajadores en el ejercicio y con motivo de su trabajo.

3.2.1. Evaluación de los riesgos con la matriz de riesgos

La Matriz de Clasificación de Riesgos es la herramienta que utiliza el método para asignar los niveles de riesgos y las prioridades para implementar las recomendaciones que surgen en el estudio. De esta matriz surge el Ranking de Riesgo como producto de la Probabilidad y Severidad que el equipo le asigna a la ocurrencia de dicho evento. Estos tres parámetros se encuentran, entonces, en la Matriz de Clasificación de Riesgos.

Magnitud del riesgo (MR): La magnitud del riesgo, relacionada con los bienes físicos y Medio Ambiente, se analiza de la siguiente manera:

a) Clasificación de las consecuencias (C):

Tabla II. Clasificación de las consecuencias.

CATEGORÍA	DEFINICIÓN
1	Pérdidas entre US\$ 1 y 100, 000
2	Pérdidas entre US\$ 100,000 y 250,000
3	Pérdidas entre US\$ 250,000 y 500,000
4	Pérdidas entre US\$ 500,000 y 1,000,000
5	Pérdidas mayores a US\$ 1,000,000

Fuente: Identificación y Evaluación de Riesgo HAZOP. Juan Flores R. Pág. 11.

b) Evaluación de la Magnitud del Riesgo (MR): Para visualizar la clasificación se construye la matriz de gravedad de riesgo, utilizando la categoría de la consecuencia y la probabilidad de ocurrencia del evento, como dimensiones de la matriz.

Tabla III. Matriz Gravedad de Riesgo.

MATRIZ GRAVEDAD RIESGO						
PROBABILIDAD	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
	1	2	3	4	5	
	CONSECUENCIA					

Fuente: Identificación y Evaluación de Riesgo HAZOP. Juan Flores R. Pág. 13.

De acuerdo a la magnitud del riesgo se definen 3 niveles de criticidad: **grave, serio y leve**, según los rangos que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla IV. Nivel de Criticidad.

Nivel de Criticidad	Rango (MR)
Grave. Las operaciones no deben continuar. Se deben desarrollar métodos alternativos para la reducción de riesgos.	15 a 30
Serio. Pueden ser necesarios algunos cambios en equipo/procedimientos. Se recomienda la aplicación de medidas de reducción de riesgos y/o planes de contingencia.	5 a 12
Leve. Las operaciones pueden continuar sin mayores controles. Considerar relaciones costo-beneficio que se puedan alcanzar implementando mejoras.	1 a 4

Fuente: Identificación y Evaluación de Riesgo HAZOP. Juan Flores R. Pág. 15.

$$\text{Magnitud del Riesgo (MR)} = C * P$$

De esta manera conociendo el nivel de criticidad de los riesgos identificados, se obtiene un inventario priorizado de los riesgos a los bienes físicos y al medio ambiental del proyecto de inversión en análisis.

3.2.2. Categorización de la severidad de las consecuencias

Las consecuencias encontradas se categorizan, asignándoles el Ranking de Riesgo en función de la Severidad que el equipo determina para dicho evento. El grupo decide, entre todos los valores disponibles de Severidad que se encuentran en la Matriz de Clasificación de Riesgos, cuáles les asignará a dicha Consecuencia y por consiguiente surge el Ranking de Riesgo de la misma. Esta forma de asignar el ranking de riesgo, claramente, es cualitativa.

La categorización de severidad de las consecuencias está en 5 niveles:

Tabla V. Categorización de severidad de las consecuencias.

CATEGORÍA	DEFINICIÓN
1	Insignificante o mínimo impacto.
2	Baja severidad – acción local.
3	Mediana severidad – apoyo de otras áreas.
4	Severa – compromete a toda la organización.
5	Muy severa – se afecta a la comunidad.

Fuente: Identificación y Evaluación de Riesgo HAZOP. Juan Flores R. Pág. 16.

3.2.3. Categorización de Probabilidades (P) de las áreas correspondientes

La relación con la probabilidad de ocurrencia del evento no deseado, que tiene el potencial de producir daños a los bienes físicos y al medio ambiente.

Tabla VI. Categorización de Probabilidades.

CATEGORÍA	DEFINICIÓN
6	Se espera que ocurra al menos una vez al año. Ocurre la mayor parte de las veces.
5	Se espera que ocurra al menos una vez cada 3 años. Ocurre regularmente.
4	Se espera que ocurra al menos una vez cada 10 años. Ocurre algunas veces.
3	Se espera que ocurra al menos una vez cada 15 años. Es raro que ocurra.
2	Se espera que ocurra no más de 1 vez en 25 años. Ha ocurrido.
1	Se espera que ocurra no más de 1 vez en 90 años. Casi improbable que ocurra – se tiene conocimiento que ha ocurrido.

Fuente: Identificación y Evaluación de Riesgo HAZOP. Juan Flores R. Pág. 16.

3.3. Reducción de Riesgos

Garantizar la reducción de riesgos es la prioridad más importante para cualquier planta de producción, ya que entre menos riesgos hayan menos accidentes se van a tener, es importante para ello identificar, evaluar y observar de cerca todos los riesgos, para encontrar el medio más efectivo para la reducción de los mismos.

3.3.1. Principios básicos de la reducción de riesgos

El propósito principal para determinar los riesgos en los procesos, es establecer un punto de referencia para el riesgo sin tener en cuenta las medidas de seguridad. La necesidad de reducción de riesgos es el nivel mínimo de reducción de riesgos que tiene que ser alcanzado para obtener al menos un riesgo tolerable.

Los riesgos categorizados como altos están sujetos a medidas de reducción de riesgos y a la introducción de controles para reducir los riesgos a un nivel aceptable.

Las medidas preventivas adicionales deberán también ser contempladas para riesgos categorizados como moderados. Los riesgos categorizados como bajos no requieren la implementación de medidas.

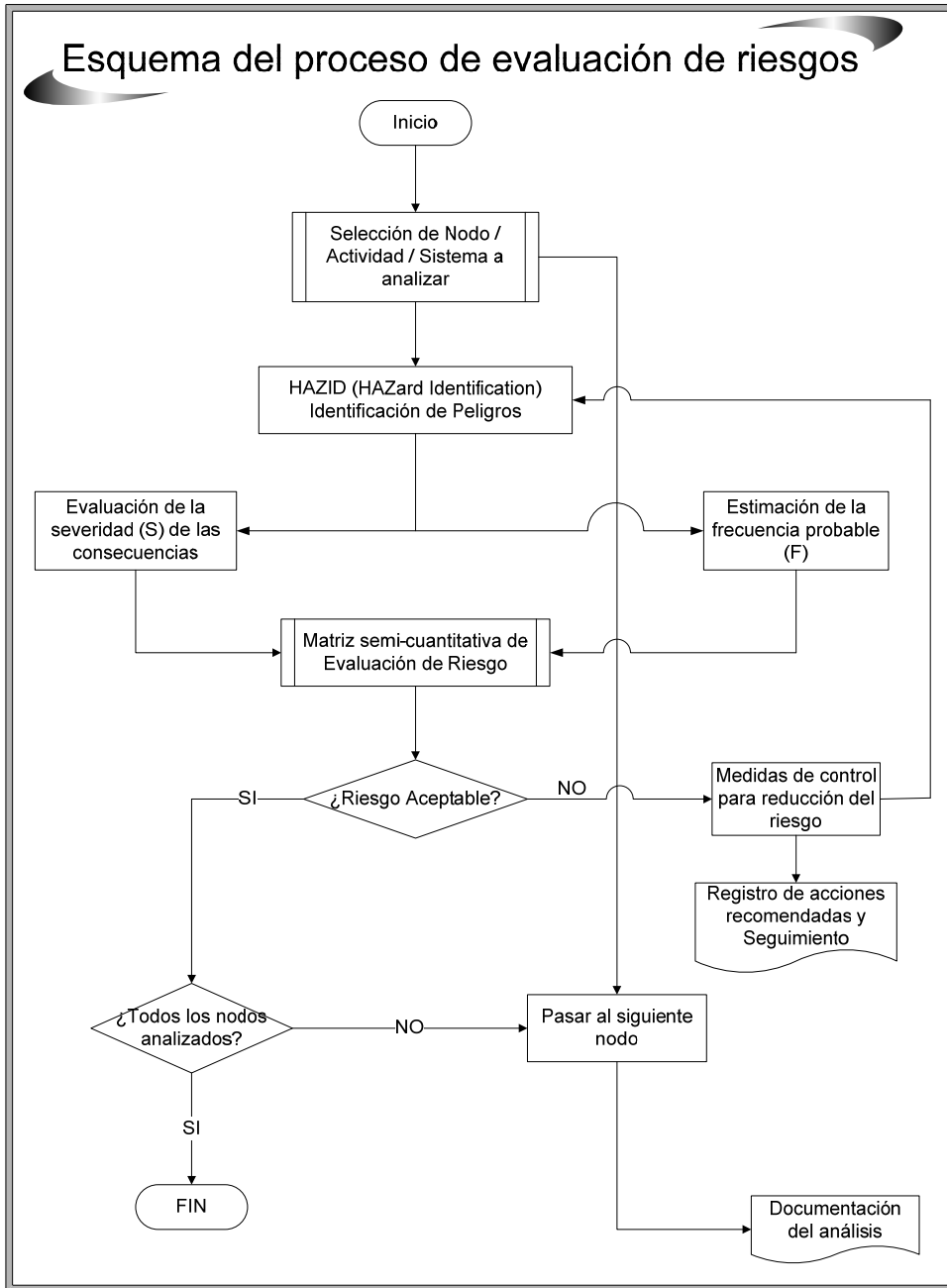
Jerarquía de las Medidas de Reducción de Riesgos: El proceso de reducción de riesgos debe abarcar la adopción de medidas oportunas en orden descendente según se indica a continuación:

- 1. Eliminar el riesgo eliminando el peligro.** Solucionar el problema de raíz mediante el diseño.
- 2. Reducir el riesgo.** Substituyéndolo por un proceso, actividad o sustancia menos peligroso.
- 3. Aislar mediante controles efectivos.** Tales como la contención del peligro, el traslado del trabajador lejos del peligro o la reducción del tiempo de exposición del trabajador al peligro. Plantear el distanciamiento entre equipos o instalaciones.

- 4. Instalar dispositivos protectores.** Tales como dispositivos de seguridad, paradas de emergencia e interruptores de desactivación, etc.
- 5. Imponer permisos para trabajar, reglas y procedimientos especiales.** Para controlar el peligro estrictamente.
- 6. Implementar una supervisión adecuada.** Apoyada por la formación, instrucción e información relevantes.
- 7. Suministrar equipos de protección personal,** como último recurso, en apoyo a las medidas de control arriba indicadas.

Todas las acciones orientadas a reducir los riesgos deberán estar claramente especificadas y asignadas a una persona responsable para su implementación.

Figura 4. Esquema del proceso de evaluación de riesgos.



Fuente: Identificación de Peligros y Análisis Riesgos. Ing. Guillermo Canale. Pág. 28.

3.3.2. Medidas de seguridad

Las medidas de seguridad pueden ser:

- ❖ Técnicas y/o administrativas.
- ❖ Activas y/o pasivas.
- ❖ Preventivas y/o correctivas.

3.3.3. Clases de riesgos y sus medidas de seguridad

El objetivo de tener medidas preventivas es para reducir las probabilidades de inicio de un evento a niveles aceptables.

Riesgos Clase A: Para estos riesgos, los procesos o los diseños deberán ser considerados para un cambio, para poder reducir las probabilidades de iniciación de los eventos y/o las consecuencias, para poder reducirlos, al menos para tener una clase de riesgo tipo B.

Riesgos Clase B: Estos riesgos necesitan ser reducidos por unas medidas de seguridad con una alta fiabilidad, que son:

- ❖ Equipos como bombas, válvulas, tuberías o recipientes, etc.

Riesgos Clase C: Estos riesgos necesitan ser reducidos por una alta fiabilidad que son:

- ❖ Cambio en los diseños del equipo como recipientes, tuberías, válvulas o bombas.
- ❖ Medidas administrativas, usando el principio de 4 ojos. En el principio de 4 ojos, la verificación de los procesos o condiciones deberán ser realizados por 2 operadores actuando independientemente uno del otro.

Luego los 2 operadores proveerán las confirmaciones de las verificaciones por escrito.

Riesgo Clase D: Los requerimientos de la reducción de riesgos pueden ser alcanzados por medidas que incrementan la fiabilidad. Estas medidas usualmente son:

- ❖ Medidas administrativas, así como medidas proactivas, o como acciones o respuestas a las alarmas críticas.

Riesgo Clase E: Esta clase corresponde a casos donde los riesgos ya están muy bajos y a reducciones lejanas, con medidas que están con una fiabilidad normal que llena los requerimientos normales, para ser suficientes.

Riesgo Clase F: Estos riesgos ya están aceptados. No se necesitan medidas adicionales.

3.3.4. Medidas de Mitigación

El estudio debe ir concluido en recomendaciones destinadas a:

- ❖ Eliminar el riesgo que puede afectar las instalaciones o procesos.
- ❖ Minimizar los efectos de los riesgos desencadenados.
- ❖ Aplicar medidas de control de riesgos.
- ❖ Establecer planes de emergencias y contingencias.

4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

4.1. Paso 1: Definición de área de estudio

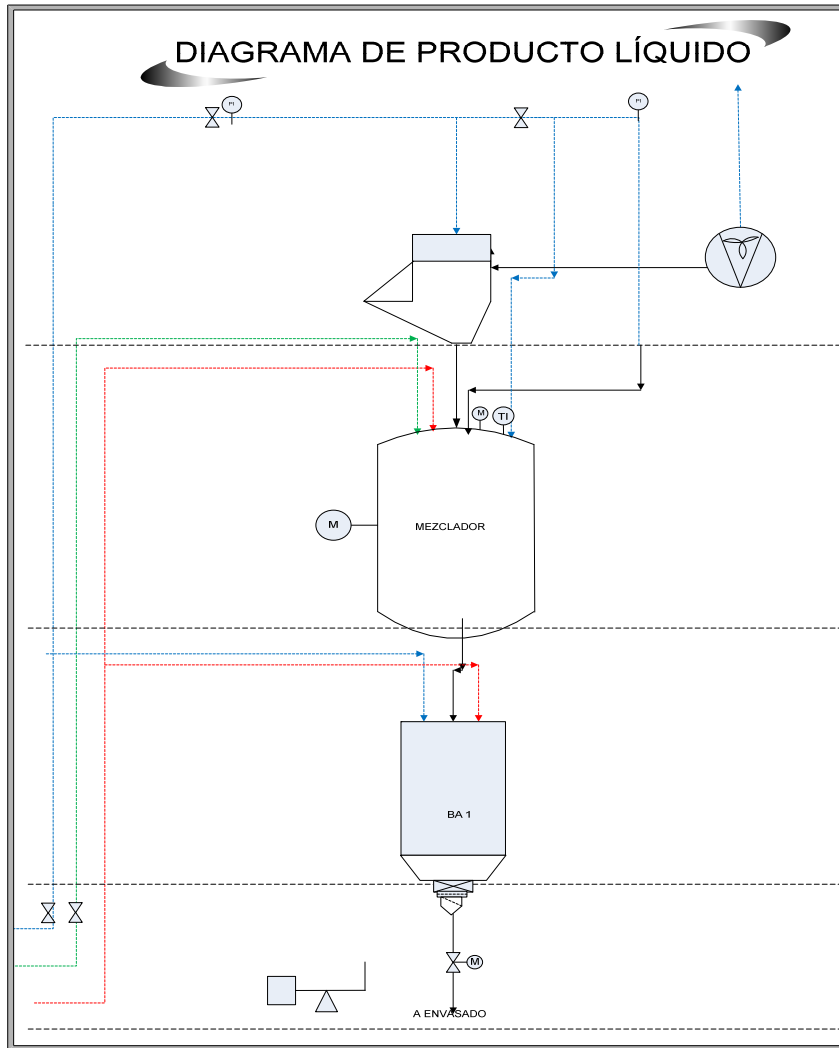
Consiste delimitar las áreas a las cuales se aplica la técnica. En una determinada instalación de proceso, considerada como el área objeto de estudio, se definirán para mayor comodidad una serie de subsistemas o líneas de proceso que corresponden a entidades funcionales propias: línea de carga a un depósito, separación de disolventes, reactores, etc.

4.1.1. Diagrama de área de estudio

En el estudio de análisis de riesgos *HAZOP (Hazard and Operability)*, es importante que se tenga a la mano los diagramas de todas las áreas que se van a estudiar, ya que con ello se va poder ir viendo qué riesgos se van a reducir primero y cuales son prioridad. Lo cual nos van a servir para definir los parámetros y los nodos de nuestro estudio.

4.1.1.1. Producción líquidos

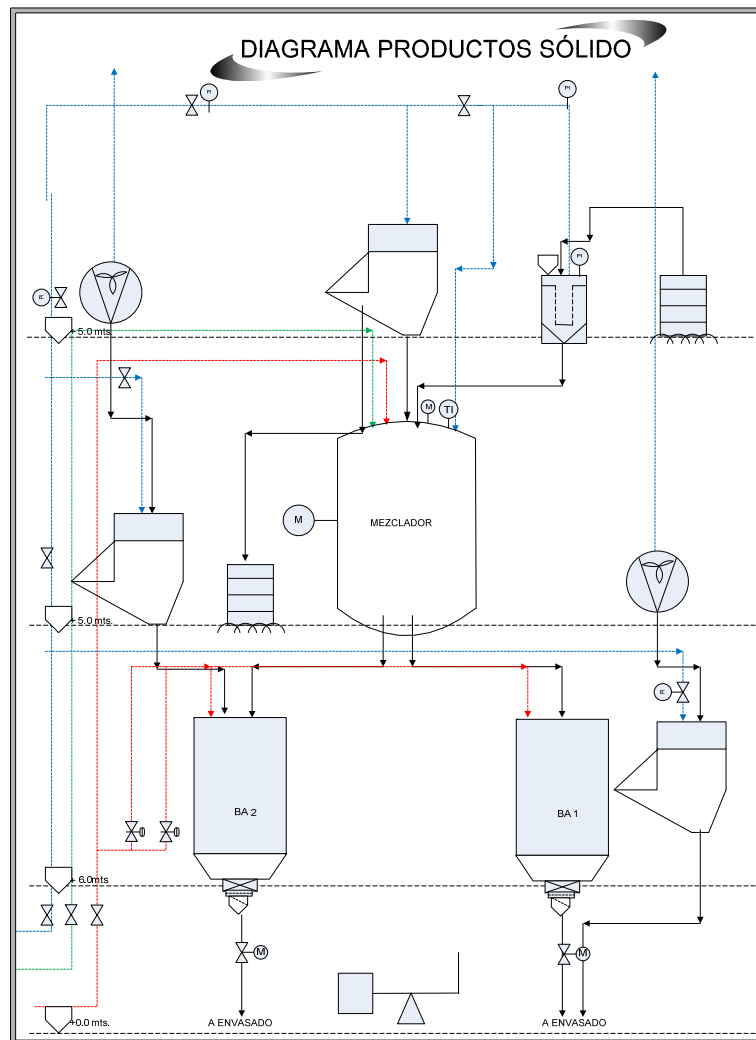
Figura 5. Diagrama de productos líquido.



Fuente: Bayer CropScience.

4.1.1.2. Producción sólidos

Figura 6. Diagrama de producto sólido.



Fuente: Bayer CropScience.

4.2. Paso 2: definición de los nudos

En cada uno de estos subsistemas o líneas se deberán identificar una serie de nudos o puntos claramente localizados en el proceso. Por ejemplo, tubería de alimentación de una materia prima a un reactor, impulsión de una bomba, depósito de almacenamiento, etc. Cada nudo vendrá caracterizado por variables de proceso: presión, temperatura, caudal, nivel, composición, viscosidad, etc.

4.3. Paso 3: aplicación de las palabras guías

Las “palabras guías” se utilizan para indicar el concepto que representan a cada uno de los nudos definidos anteriormente que entran o salen de un elemento determinado. Se aplica tanto a acciones (reacciones, transferencias, etc.), como a parámetros específicos (presión, caudal, temperatura, etc.).

4.3.1. Clasificación de las probabilidades

Se va a identificar la relación con la frecuencia de ocurrencia del evento no deseado y se expresa por medio de una escala de categorías que corresponden al nivel de frecuencia de ocurrencia.

4.3.2. Clasificación de las severidades

Mide el nivel o grado de severidad que pueden revestir los daños a las personas, a los bienes y perjuicios por paralización de la producción, como consecuencia de un accidente.

4.3.3. Matriz de riesgos

Es una matriz que permite relacionar las componentes (procesos, equipos, instalaciones, insumos y suministros) o alternativas del proyecto versus los riesgos operacionales.

4.3.4. Definición de riesgo

Es un evento probable cuya ocurrencia produce un daño a las personas, bienes físicos, procesos y/o al medio ambiente.

4.4. Paso 4: Definición de las desviaciones

Para cada nudo se plantea de forma sistemática todas las desviaciones que implican la aplicación de cada palabra guía a una determinada variable o actividad.

4.5. Paso 5: Definición de las consecuencias de las desviaciones

Paralelamente a las desviaciones se deben indicar las causas posibles de estas desviaciones y posteriormente las consecuencias de estas desviaciones.

4.6. Paso 6: Medidas de mitigación

Se deben de proponer para las causas, sus respectivas medidas de mitigación, para minimizar el impacto que éstas causas tengan hacia las personas, producto y/o medio ambiente.

ELEMENTO DEL SISTEMA:**HERBICIDAS LÍQUIDO****DESVIACIONES EN EL ESTADO IDEAL DEL EQUIPO****MEZCLADO:**

No flujo		
CAUSAS	CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
1) Falla bomba. 2) Hay fuga. 3) Válvula cerrada o atascada.	1) Bloqueo de tuberías.	1) Mantenimiento de bomba. 2) Cambiar o reparar periódicamente válvulas y bombas. 3) Detener las fugas vistas.

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
	1	2	3	4	5	
		Consecuencia				

Consecuencia	Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Nivel de Criticidad
1	6	$1 * 6 = 6$	SERIO

MEZCLADO:

Más temperatura		
CAUSAS	CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
1) Saturación de sólidos. 2) Bloqueo de sólidos.	1) Bloqueo de tuberías.	1) Tener cuidado con el manejo de sólidos y su depósito dentro de los tanques. 2) Limpiar filtros para que no se bloqueen.

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Consecuencia				

Consecuencia	Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Nivel de Criticidad
2	6	2 * 6 = 12	SERIO

MEZCLADO:

Impurezas		
CAUSAS	CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
1) Entra contaminantes del exterior como aire, agua o aceites. 2) Presencia de materiales por fugas internas. 3) Mala limpieza de tanques. 4) Fallos en la puesta en marcha.	1) Contamina ambiente.	1) Etiquetar bien todos los materiales a utilizar. 2) Ordenar los materiales a utilizar. 3) Limpiar bien los tanques para que no hayan residuos de otros materiales. 4) Tener cuidado con el manejo de las máquinas y seguir instrucciones.

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Consecuencia				

Consecuencia	Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Nivel de Criticidad
2	2	$2 * 2 = 4$	LEVE

MEZCLADO:

Más presión		
CAUSAS	CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
1) Falla bomba. 2) Falla filtro. 3) Saturación de sólidos.	1) Ruptura de tuberías.	1) Limpieza y/o cambio de filtros. 2) Mantenimiento y/o cambio de bomba. 3) Tener cuidado con el depósito de los materiales dentro de los tanques.

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Consecuencia				

Consecuencia	Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Nivel de Criticidad
1	6	1 * 6 = 6	SERIO

MEZCLADO:

Sobrellenado del mezclador		
CAUSAS	CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
1) Error operacional. 2) Orden incorrecto al cargar las sustancias en el depósito del equipo.	1) Aumenta cantidad en tubo de llenado. 2) Aumenta cantidad en filtro. 3) Presión en mezclador aumenta. 4) Bloqueo en la línea de ventilación al filtro.	1) Tener cuidado en el depósito de materia prima al mezclador. 2) Tener bien identificada la materia prima y saber cuál utilizar para la formulación específica.

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Consecuencia				

Consecuencia	Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Nivel de Criticidad
2	5	2 * 5 = 10	SERIO

ELEMENTO DEL SISTEMA:

EXPLOSIÓN - HERBICIDAS LÍQUIDO

DESVIACIONES EN EL ESTADO IDEAL DEL EQUIPO

MEZCLADO:

Más presión		
CAUSAS	CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
1) Saturación de polvos.	1) Contamina ambiente.	1) Limpieza y/o cambio de filtros.
2) Falla filtro.		2) Mantenimiento y/o cambio de bomba.
3) Falla bomba.		

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Consecuencia				

Consecuencia	Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Nivel de Criticidad
3	3	$3 * 3 = 9$	SERIO

ELEMENTO DEL SISTEMA:

FUEGO / HERBICIDAS LÍQUIDO

DESVIACIONES EN EL ESTADO IDEAL DEL EQUIPO

MEZCLA:

Fuentes de ignición		
CAUSAS	CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
1) Calentamiento por fricción.	1) Destrucción total o parcial del equipo de formulación.	1) Lubricar equipo para prevenir problemas por fricción.
2) Por falla de operario (fumar, uso de celular, etc.)	2) Peligro físico para el operador.	2) Usar ventilación.

<p>3) Por el manejo diario de polvos y la acumulación de polvos alrededor de la formulación.</p> <p>4) Por carga electrostática.</p> <p>5) Por reacción química.</p> <p>6) Por superficies calientes.</p> <p>7) Por reacción exotérmica.</p>	<p>3) Contaminación de ambiente por nube de polvo.</p> <p>4) Evaporización.</p>	<p>3) Prevenir la acumulación de polvos.</p> <p>4) Chequear que los filtros estén funcionando correctamente.</p> <p>5) No fumar.</p> <p>6) No utilizar celulares.</p> <p>7) Limpiar fugas y/o derrames.</p> <p>8) Prevenir fugas y/o derrames.</p> <p>9) Tener equipo contra incendios.</p> <p>10) Evitar mezclado intensivo.</p>
--	---	---

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Consecuencia				

Consecuencia	Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Nivel de Criticidad
3	2	$3 * 2 = 6$	SERIO

ELEMENTO DEL SISTEMA:

MEZCLA EC

DESVIACIONES EN EL ESTADO IDEAL DEL EQUIPO

MEZCLA:

Más temperatura		
CAUSAS	CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
1) Acumulación de sólidos. 2) Falla motor.	1) Descomposición del producto.	1) Chequear periódicamente el funcionamiento del sistema de enfriamiento. 2) Tener cuidado

		<p>con el depósito de sólidos.</p> <p>3) Monitorear la cantidad de producto que se deposita en la tolva.</p> <p>4) Monitorear el buen funcionamiento del indicador de temperatura.</p>
--	--	--

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Consecuencia				

Consecuencia	Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Nivel de Criticidad
1	4	$1 * 4 = 4$	LEVE

MEZCLA:

No flujo		
CAUSAS	CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
1) Hay fuga. 2) Se tapan las bombas.	1) Bloqueo de tuberías.	1) Tapar las fugas existentes y/o cambiar las piezas. 2) Chequear el funcionamiento de bombas y válvulas.

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Consecuencia				

Consecuencia	Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Nivel de Criticidad
1	3	$1 * 3 = 3$	LEVE

MEZCLA:

Más presión.		
CAUSAS	CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
1) Falla bomba. 2) Falla filtro (FA2). 3) Saturación de sólidos. 4) Falla lector de presión.	1) Ruptura de tuberías. 2) Más viscosidad.	1) Chequear periódicamente el funcionamiento de bombas y válvulas. 2) Monitorear el buen funcionamiento del indicador de presión.

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Consecuencia				

Consecuencia	Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Nivel de Criticidad
1	6	1 * 6 = 6	SERIO

MEZCLA:

Sobrellenado del mezclador		
CAUSAS	CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
1) Error operacional. 2) Orden incorrecto al cargar las sustancias en el depósito del equipo.	1) Aumenta cantidad en tubo de llenado. 2) Aumenta cantidad en filtro. 3) Presión en mezclador aumenta. 4) Bloqueo en la línea de ventilación al filtro.	1) Tener cuidado en el depósito de materia prima al mezclador. 2) Tener bien identificada la materia prima y saber cuál utilizar para la formulación específica.

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Consecuencia				

Consecuencia	Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Nivel de Criticidad
2	5	2 * 5 = 10	SERIO

ELEMENTO DEL SISTEMA:

EXPLOSIÓN - MEZCLA EC

DESVIACIONES EN EL ESTADO IDEAL DEL EQUIPO

CARGA DE SÓLIDOS:

Más temperatura		
CAUSAS	CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
1) Saturación de sólidos. 2) Falla tolva.	1) Descomposición del producto. 2) Contaminación. 3) Mezcla de sólidos.	1) No sobrecargar la tolva. 2) No mezclar componentes. 3) Limpiar bien la tolva antes de descargar cualquier otro material. 4) Darle mantenimiento a la tolva.

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Consecuencia				

Consecuencia	Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Nivel de Criticidad
3	2	$3 * 2 = 6$	SERIO

ELEMENTO DEL SISTEMA:

FUEGO / MEZCLA EC

DESVIACIONES EN EL ESTADO IDEAL DEL EQUIPO

MEZCLA:

Fuentes de ignición		
CAUSAS	CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
1) Calentamiento por fricción. 2) Por falla de operario (fumar, uso de celular, etc.)	1) Destrucción total o parcial del equipo de formulación. 2) Peligro físico para el operador.	1) Lubricar equipo para prevenir problemas por fricción. 2) Usar ventilación. 3) Prevenir la

<p>3) Por el manejo diario de polvos y la acumulación de polvos alrededor de la formulación.</p> <p>4) Por carga electrostática.</p> <p>5) Por reacción química.</p> <p>6) Por superficies calientes.</p>		<p>acumulación de polvos.</p> <p>4) Chequear que los filtros estén funcionando correctamente.</p> <p>5) No fumar.</p> <p>6) No utilizar celulares.</p> <p>7) Limpiar fugas y/o derrames.</p> <p>8) Prevenir fugas y/o derrames.</p> <p>9) Tener equipo contra incendios.</p> <p>10) Evitar mezclado intensivo.</p>
---	--	--

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Consecuencia				

Consecuencia	Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Nivel de Criticidad
3	3	$3 * 3 = 9$	SERIO

ELEMENTO DEL SISTEMA:

Formulación SC

DESVIACIONES EN EL ESTADO IDEAL DEL EQUIPO

RECIRCULACIÓN:

Más temperatura		
CAUSAS	CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
1) Falla en el sistema de enfriamiento.	1) Descomposición en el producto.	1) Chequear periódicamente el funcionamiento del sistema de enfriamiento.
2) Acumulación de		

<p>sólidos- Sobrellenado en el mezclador.</p>		<p>2) Tener cuidado con el depósito de sólidos.</p> <p>3) Monitorear la cantidad de producto que se deposita en la tolva.</p> <p>4) Monitorear el buen funcionamiento del indicador de temperatura.</p>
---	--	---

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Consecuencia				

Consecuencia	Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Nivel de Criticidad
2	2	$2 * 2 = 4$	LEVE

RECIRCULACIÓN:

No flujo		
CAUSAS	CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
1) Hay fuga. 2) Falla bomba. 3) Fallan válvulas.	1) Bloqueo de tuberías.	1) Tapar las fugas existentes y/o cambiar las piezas. 2) Chequear periódicamente el funcionamiento de bombas y válvulas.

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Consecuencia				

Consecuencia	Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Nivel de Criticidad
1	5	1 * 5 = 5	SERIO

RECIRCULACIÓN:

Más presión.		
CAUSAS	CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
1) Fallo de bomba. 2) Fallan válvulas.	1) Ruptura de tuberías. 2) Bloqueo de tuberías. 3) Más viscosidad. 4) Fuga del producto.	1) Chequear periódicamente el funcionamiento de bomba y válvulas. 2) Monitorear el buen funcionamiento del indicador de presión.

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Consecuencia				

Consecuencia	Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Nivel de Criticidad
1	6	1 * 6 = 6	SERIO

TRANSPORTE Y CARGA DE SÓLIDOS:

Más temperatura.		
CAUSAS	CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
1) Saturación de sólidos – sobrellenado en el mezclador. 2) Falla del molino. 3) Falla la tolva.	1) Descomposición del producto.	1) Monitorear la cantidad de producto que se deposita en la tolva. 2) Tener cuidado con el depósito de sólidos. 3) Monitorear el buen funcionamiento del indicador de temperatura. 4) Chequear el funcionamiento del molino y la tolva.

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Consecuencia				

Consecuencia	Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Nivel de Criticidad
2	6	2 * 6 = 12	SERIO

TRANSPORTE Y CARGA DE SÓLIDOS:

Interacción indeseada		
CAUSAS	CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
1) Se combinan materiales. 2) Se confunde el material. 3) Sustancias no deseadas. 4) Mala limpieza.	1) Cambian las propiedades del producto. 2) Formulación incorrecta. 3) Mezcla de productos. 4) Formación de productos secundarios, residuos o impurezas. 5) Contaminación del producto.	1) Etiquetar adecuadamente la materia prima. 2) Limpiar bien para que no queden residuos de la materia anterior. 3) Monitorear que esté la materia prima adecuada en el tiempo a utilizar. 4) Parar máquina en caso de contaminación del producto.

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Consecuencia				

Consecuencia	Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Nivel de Criticidad
1	2	$1 * 2 = 2$	LEVE

TRANSPORTE Y CARGA DE SÓLIDOS:

Más presión		
CAUSAS	CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
1) Saturación de sólidos. 2) Falla Molino.	1) Ruptura de tuberías. 2) Bloqueo de tuberías.	1) Monitorear el buen funcionamiento del indicador de presión. 2) Tener cuidado con el depósito de sólidos.

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Consecuencia				

Consecuencia	Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Nivel de Criticidad
1	2	$1 * 2 = 2$	LEVE

MEZCLA Y HOMOGENIZADO:

Más temperatura		
CAUSAS	CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
1) Falla motor. 2) Falla válvula. 3) Acumulación de sólidos en molino. 4) Se tapa la bomba.	1) Descomposición del producto.	1) Monitorear el buen funcionamiento del indicador de temperatura. 2) Chequear funcionamiento de motor. 3) Chequear funcionamiento

		de válvulas y bomba. 4) Monitorear que no entre mucho calor al molino
--	--	--

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Consecuencia				

Consecuencia	Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Nivel de Criticidad
2	5	2 * 5 = 10	SERIO

MEZCLA Y HOMOGENIZADO:

Más presión		
CAUSAS	CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
1) Se tapa la bomba. 2) Fallan las válvulas.	1) Ruptura de tuberías. 2) Bloqueo de tuberías.	1) Monitorear el buen funcionamiento del indicador de presión.

3) Falla el motor.	3) Más viscosidad.	2) Chequear válvulas y bomba.
--------------------	--------------------	-------------------------------

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Consecuencia				

Consecuencia	Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Nivel de Criticidad
1	4	$1 * 4 = 4$	LEVE

MEZCLA Y HOMOGENIZADO:

Sobrellenado del mezclador		
CAUSAS	CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
1) Error operacional. 2) Orden incorrecto al cargar las sustancias en el depósito del equipo.	1) Aumenta cantidad en tubo de llenado. 2) Aumenta cantidad en filtro.	1) Tener cuidado en el depósito de materia prima al mezclador. 2) Tener bien identificada la

	<p>3) Presión en mezclador aumenta.</p> <p>4) Bloqueo en la línea de ventilación al filtro.</p>	<p>materia prima y saber cuál utilizar para la formulación específica.</p>
--	---	--

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Consecuencia				
Consecuencia		Probabilidad		Magnitud del Riesgo	Nivel de Criticidad	
2		4		2 * 4 = 8	SERIO	

ELEMENTO DEL SISTEMA:

EXPLOSIÓN / MEZCLA Y PREMOLIENDA

DESVIACIONES EN EL ESTADO IDEAL DEL EQUIPO

CARGA DE SÓLIDOS:

Más temperatura		
CAUSAS	CONSECUENCIAS DEL	MEDIDAS DE

	PROBLEMA	PREVENCIÓN
1) Saturación de sólidos. 2) Falla tolva. 3) Falla molino. 4) Mezcla de sólidos.	1) Descomposición del producto. 2) Contaminación.	1) No sobre cargar la tolva. 2) No mezclar componentes. 3) Limpiar bien la tolva antes de descargar otro material. 4) Darle mantenimiento a la tolva.

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Consecuencia				

Consecuencia	Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Nivel de Criticidad
3	3	$3 * 3 = 9$	SERIO

ELEMENTO DEL SISTEMA:**EXPLOSIÓN / ALMACENAMIENTO Y TRANSFERENCIA****DESVIACIONES EN EL ESTADO IDEAL DEL EQUIPO****MEZCLA Y AGITACIÓN:**

Más temperatura		
CAUSAS	CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
1) Saturación de sólidos. 2) Falla tolva. 3) Falla molino. 4) Mezcla de sólidos.	1) Descomposición del producto. 2) Contaminación.	1) No sobrecargar la tolva. 2) No mezclar componentes. 3) Limpiar bien la tolva antes de descargar otro tipo de material. 4) Darle mantenimiento a la tolva.

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Consecuencia				

Consecuencia	Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Nivel de Criticidad
3	3	3 * 3 = 9	SERIO

ELEMENTO DEL SISTEMA:

FUEGO / SC

DESVIACIONES EN EL ESTADO IDEAL DEL EQUIPO

MEZCLA:

Fuentes de ignición		
CAUSAS	CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
1) Calentamiento por fricción. 2) Por falla de operario (fumar, uso de celular, etc.) 3) Por el manejo diario de polvos y la acumulación de polvos alrededor de la formulación. 4) Por carga	1) Destrucción total o parcial del equipo de formulación. 2) Peligro físico para el operador.	1) Lubricar equipo para prevenir problemas por fricción. 2) Usar ventilación. 3) Prevenir la acumulación de polvos. 4) Chequear que los filtros estén funcionando correctamente.

<p>electrostática.</p> <p>5) Por reacción química.</p> <p>6) Por superficies calientes.</p>		<p>5) No fumar.</p> <p>6) No utilizar celulares.</p> <p>7) Limpiar fugas y/o derrames.</p> <p>8) Prevenir fugas y/o derrames.</p> <p>9) Tener equipo contra incendios.</p> <p>10) Evitar mezclado intensivo.</p>
---	--	--

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Consecuencia				

Consecuencia	Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Nivel de Criticidad
4	4	4 * 4 = 16	GRAVE

ELEMENTO DEL SISTEMA:**UNIDAD DE INCINERACIÓN****DESVIACIONES EN EL ESTADO IDEAL DEL EQUIPO****INCINERADOR:**

Más temperatura		
CAUSAS	CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
1) Sobrecarga del horno (en desechos plásticos). 2) Fallan quemadores. 3) Falla gusano. 4) No ingresa aire. 5) Falla motor. 6) Falla ventilador de aire para la	1) Emisión de gases. 2) Combustión incompleta. 3) Desechos con contenido alto de contaminación. 4) Bloqueo de tuberías.	1) Incinerar cantidades pequeñas de líquidos (20 L/h). 2) No limpiar el gusano si está funcionando. 3) La presión de agua de enfriamiento máxima de 2 bar. 4) Mantener cámara principal a 750°C y la cámara

<p>combustión.</p> <p>7) Falla tanque de gasoil.</p> <p>8) Falla horno.</p>		<p>secundaria a 900°C.</p> <p>5) Temperatura arriba de 750°C para incinerar bien.</p> <p>6) Revoluciones máximas para trabajar el gusano.6.</p> <p>7) Temperatura de la salida del horno es de 550 a 650°C.</p> <p>8) La carga de sólidos es de 36 a 40 KG p/hora.</p> <p>9) Las porciones preparadas para incinerar es de 6 KG con el</p>
---	--	--

		tritador para el gusano cada 10 min
--	--	-------------------------------------

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Consecuencia				

Consecuencia	Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Nivel de Criticidad
5	5	$5 * 5 = 25$	GRAVE

INCINERADOR:

Menos temperatura		
CAUSAS	CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
1) Falla en el ingreso de aire de combustión. 2) Falla corriente eléctrica.	1) Combustión incompleta.	1) Para incinerar la temperatura no debe ser mayor a 1100°C.

3) Fallan válvulas.		
---------------------	--	--

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Consecuencia				

Consecuencia	Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Nivel de Criticidad
3	6	3 * 6 = 18	GRAVE

INCINERADOR:

Más presión		
CAUSAS	CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
1) Falla bomba de residuos líquidos.	1) Combustión incompleta.	1) Detener alimentos de desecho.
2) Falla ventilador de succión.	2) Bloqueo de tuberías.	2) No limpiar el gusano si está funcionando.
3) Sobrecarga del horno.	3) Humo negro.	3) Presión bomba

<p>4) Falla gusano.</p> <p>5) Falla triturador.</p>	<p>4) Contaminación de aire por gases.</p>	<p>liquido máximo a 5 bar.</p> <p>4) Para que el gusano dosifique los residuos triturados, se debe estar ajustando en su posición más debajo de uno para llegar de 36 a 40 Kg/hra.</p> <p>5) La carga de sólidos es de 36 a 40 Kg/hra.</p> <p>6) Las porciones preparadas para incinerar es de 6 Kg., con el triturador para el gusano cada 10 minutos.</p> <p>7) Presión de</p>
---	--	--

		<p>entrada de aire a 0.6.</p> <p>8) No tener presión alta de plásticos no mayor de 20%.</p>
--	--	---

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Consecuencia				

Consecuencia	Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Nivel de Criticidad
5	6	$5 * 6 = 30$	GRAVE

INCINERADOR:

Sobrellenado del incinerador		
CAUSAS	CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
1) Error operacional. 2) Orden incorrecto	1) Aumenta cantidad en tubo de llenado.	1) Tener cuidado en el depósito del material para

al cargar los materiales para incinerar en el depósito del equipo.	<p>2) Aumenta cantidad en filtro.</p> <p>3) Presión en mezclador aumenta.</p> <p>4) Bloqueo en la línea de ventilación al filtro.</p>	<p>incinerar.</p> <p>2) Tener bien identificada el material para incinerar.</p> <p>3) Tener orden de incineración.</p>
--	---	--

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Consecuencia				

Consecuencia	Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Nivel de Criticidad
3	5	3 * 5 = 15	GRAVE

ELEMENTO DEL SISTEMA:

UNIDAD DE TRATAMIENTO DE GASES DE COMBUSTIÓN

DESVIACIONES EN EL ESTADO IDEAL DEL EQUIPO

LAVADO DE GASES:

Más temperatura		
CAUSAS	CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
1) Falla bomba de arena. 2) Falla enfriamiento de lavado de gases.	1) Aumento de monóxido de carbono. 2) Se revienta manguera. 3) Contaminación de aire por gases.	1) Tanque de torre de lavado, temperatura máxima 45°C. 2) Mangueras de torre de lavado, Temperatura máxima 63°C.

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Consecuencia				

Consecuencia	Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Nivel de Criticidad
4	3	$4 * 3 = 12$	SERIO

LAVADO DE GASES:

Menos temperatura		
CAUSAS	CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
1) Falla ventilador. 2) Falla enfriamiento de lavado de gases.	1) Aumento de monóxido de carbono.	1) La presión de agua de enfriamiento máxima 2bar.

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Consecuencia				

Consecuencia	Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Nivel de Criticidad
3	2	$3 * 2 = 6$	SERIO

LAVADO DE GASES:

Menos presión		
CAUSAS	CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
1) Falla bomba. 2) Falla filtro. 3) Mal manejo de mariposas (válvulas). 4) Falla tanque de agua.	1) Aumento de monóxido de carbono.	1) Mantenimiento y/o cambio de mariposas (válvulas).

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Consecuencia				

Consecuencia	Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Nivel de Criticidad
---------------------	---------------------	----------------------------	----------------------------

3	2	3 * 2 = 6	SERIO
---	---	-----------	-------

LAVADO DE GASES:

No flujo		
CAUSAS	CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
1) Bloqueo de lanzas. 2) Mal manejo de válvulas. 3) Falla tanque de agua.	1) Aumento de monóxido de carbono.	1) La presión del lanza líquido máxima de 2bar. 2) Presión de agua lanzas lavadora máxima de 5bar. 3) Presión de aire lanzas lavadora máxima 5bar. 4) Tener cuidado con el manejo de las válvulas mariposas. 5) Mantenimiento y/o cambio de mariposas

		(válvulas).
--	--	-------------

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Consecuencia				

Consecuencia	Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Nivel de Criticidad
3	2	$3 * 2 = 6$	SERIO

LAVADO DE GASES:

Más presión		
CAUSAS	CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
1) Falla bomba. 2) Mal manejo de mariposas.	1) Aumento de monóxido de carbono. 2) Contaminación de aire por gases.	1) Presión bomba lavadora máxima 6bar.

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Consecuencia				

Consecuencia	Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Nivel de Criticidad
4	3	4 * 3 = 12	SERIO

DESVIACIONES EN EL ESTADO IDEAL DEL EQUIPO

RECIRCULACIÓN DE AGUAS PARA LAVADO:

Más temperatura		
CAUSAS	CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
1) Falla enfriamiento del lavado de gases.	1) Aumento de monóxido de carbono.	1) La presión de agua de enfriamiento máxima 2 bar.

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Consecuencia				

Consecuencia	Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Nivel de Criticidad
3	1	$3 * 1 = 3$	LEVE

RECIRCULACIÓN DE AGUAS PARA LAVADO:

Más presión		
CAUSAS	CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
1) Falla bomba AU2PA1. 2) Falla bomba de arena. 3) Problema con la energía eléctrica.	1) Aumento de monóxido de carbono.	1) El filtro no debe provocar una caída de presión de más de 0.5bar entre la entrada y la salida. 2) La presión de aire

4) Válvula de aire comprimido.		<p>debe ser de 4bar y el flujo de aire de 70 L/min.</p> <p>3) La bomba AU2PA1 levanta la presión de agua a 7bar con un caudal de 23m3/h.</p>
--------------------------------	--	--

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Consecuencia				

Consecuencia	Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Nivel de Criticidad
3	2	3 * 2 = 6	SERIO

RECIRCULACIÓN DE AGUAS PARA LAVADO:

No flujo		
CAUSAS	CONSECUENCIAS	MEDIDAS DE

	DEL PROBLEMA	PREVENCIÓN
1) Mal manejo de válvulas. 2) Bloqueo de lanzas.	1) Aumento de monóxido de carbono.	1) La presión del lanza líquido máxima de 2bar. 2) Tener cuidado con el manejo de las válvulas mariposas.

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Consecuencia				

Consecuencia	Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Nivel de Criticidad
2	2	$2 * 2 = 4$	LEVE

ELEMENTO DEL SISTEMA:

FUEGO / INCINERADOR

DESVIACIONES EN EL ESTADO IDEAL DEL EQUIPO

MEZCLA:

Fuentes de ignición		
CAUSAS	CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
1) Por falla de operario (fumar, uso de celular, etc.)	1) Destrucción total o parcial del equipo de formulación.	1) Usar ventilación.
2) Por el manejo diario de polvos y la acumulación de polvos alrededor de la formulación.	2) Peligro físico para el operador.	2) Prevenir la acumulación de polvos.
3) Por carga electrostática.	3) Contaminación de ambiente por nube de polvo y/o gases.	3) Chequear que los filtros estén funcionando correctamente.
4) Por reacción química.		4) No fumar.
5) Por superficies calientes.		5) No utilizar celulares.
		6) Limpiar fugas y/o derrames.

		7) Prevenir fugas y/o derrames.
		8) Tener equipo contra incendios.

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Consecuencia				

Consecuencia	Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Nivel de Criticidad
5	3	$5 * 3 = 15$	GRAVE

ELEMENTO DEL SISTEMA:

FORMULACIÓN GRANULADOS

DESVIACIONES EN EL ESTADO IDEAL DEL EQUIPO

MEZCLADO:

Menos temperatura		
CAUSAS	CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA	MEDIDAS DE PREVENCIÓN

1) Se inyecta ingrediente activo con temperatura menor a 30°C.	1) Salida de gases.	1) El ingrediente activo se debe inyectar a una temperatura mayor a 30°C.
--	---------------------	---

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Consecuencia				

Consecuencia	Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Nivel de Criticidad
3	2	$3 * 2 = 6$	SERIO

MEZCLADO:

Sobrellenado del mezclador		
CAUSAS	CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
1) Error operacional.	1) Aumenta cantidad en tubo de llenado.	1) Tener cuidado en el depósito de materia prima al mezclador.

	<p>2) Aumenta cantidad en filtro.</p> <p>3) Presión en mezclador aumenta.</p> <p>4) Bloqueo en la línea de ventilación al filtro.</p>	<p>2) Tener bien identificada la materia prima y saber cuál utilizar para la formulación específica.</p>
--	---	--

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Consecuencia				

Consecuencia	Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Nivel de Criticidad
2	3	$2 * 3 = 6$	SERIO

MEZCLADO:

Más presión		
CAUSAS	CONSECUENCIAS	MEDIDAS DE

	DEL PROBLEMA	PREVENCIÓN
1) Falla bomba. 2) Fallan válvulas. 3) Falla Filtro.	1) Bloqueo de tuberías. 2) Formulación incompleta. 3) Salida de gases.	1) Chequear periódicamente el funcionamiento de bombas y válvulas. 2) Chequear funcionamiento de lector de presión.

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Consecuencia				

Consecuencia	Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Nivel de Criticidad
3	3	$3 * 3 = 9$	SERIO

DESVIACIONES EN EL ESTADO IDEAL DEL EQUIPO

TRANSFERENCIA DE MATERIAL:

No flujo

CAUSAS	CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
1) Bloqueo de tuberías de transferencia de material. 2) Falla del operador. 3) Existe Fuga.	1) Rebalse de material. 2) Presión aumenta. 3) Aumenta cantidad en tubo de llenado.	1) Tener control en el llenado del material.

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Consecuencia				

Consecuencia	Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Nivel de Criticidad
3	2	$3 * 2 = 6$	SERIO

ELEMENTO DEL SISTEMA:

FUEGO / FORMULACIÓN GRANULADOS

DESVIACIONES EN EL ESTADO IDEAL DEL EQUIPO

MEZCLA:

Fuentes de ignición		
CAUSAS	CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
1) Calentamiento por fricción.	1) Destrucción total o parcial del equipo de formulación.	1) Lubricar equipo para prevenir problemas por fricción.
2) Por falla de operario (fumar, uso de celular, etc.)	2) Peligro físico para el operador.	2) Usar ventilación.
3) Por el manejo diario de polvos y la acumulación de polvos alrededor de la formulación.	3) Contaminación de ambiente por nube de polvo.	3) Prevenir la acumulación de polvos.
4) Por carga electrostática.		4) Chequear que los filtros estén funcionando correctamente.
5) Por reacción química.		5) No fumar.
		6) No utilizar celulares.

6) Por superficies calientes.		<p>7) Limpiar fugas y/o derrames.</p> <p>8) Prevenir fugas y/o derrames.</p> <p>9) Evitar mezclado intensivo.</p> <p>10) Tener equipo contra incendios.</p>
-------------------------------	--	---

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Consecuencia				
Consecuencia		Probabilidad		Magnitud del Riesgo		Nivel de Criticidad
5		3		5 * 3 = 15		GRAVE

ELEMENTO DEL SISTEMA:

FORMULACIÓN POLVOS

DESVIACIONES EN EL ESTADO IDEAL DEL EQUIPO

MEZCLADO:

Más temperatura		
CAUSAS	CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
1) Saturación de sólidos.	1) Libera energía el mezclador.	1) Tener cuidado con el depósito de sólidos.
2) Calentamiento por fricción.	2) Acumulación de producto.	2) Encender ventilador y ver que esté funcionando adecuadamente.
3) Falla motor.		3) Chequeo del lector de temperatura.
4) Falla ventilador.		4) Chequear buen funcionamiento
5) Calentamiento de la solución.		

		de motor.
--	--	-----------

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Consecuencia				

Consecuencia	Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Nivel de Criticidad
3	3	$3 * 3 = 9$	SERIO

MEZCLADO:

Más presión		
CAUSAS	CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
1) Sobrellenado del mezclador. 2) Falla bomba. 3) Hay fugas.	1) Ruptura de tuberías. 2) Acumulación de producto en las tuberías de llenado.	1) Monitorear la cantidad que se deposita de sólidos. 2) Chequeo del lector de presión.

		3) Chequear el buen funcionamiento de bomba.
--	--	--

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
	1	2	3	4	5	
		Consecuencia				

Consecuencia	Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Nivel de Criticidad
3	3	$3 * 3 = 9$	SERIO

MEZCLADO:

Sobrellenado del mezclador		
CAUSAS	CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
1) Error operacional. 2) Orden incorrecto al cargar las sustancias en el depósito del	1) Aumenta cantidad en tubo de llenado. 2) Aumenta cantidad en filtro.	1) Tener cuidado en el depósito de materia prima al mezclador. 2) Tener bien

equipo.	<p>3) Presión en mezclador aumenta.</p> <p>4) Bloqueo en la línea de ventilación al filtro.</p>	identificada la materia prima y saber cuál utilizar para la formulación específica.
---------	---	---

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Consecuencia				

Consecuencia	Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Nivel de Criticidad
3	3	$3 * 3 = 9$	SERIO

ELEMENTO DEL SISTEMA:

EXPLOSIÓN / FORMULACIÓN POLVOS

DESVIACIONES EN EL ESTADO IDEAL DEL EQUIPO

MEZCLA:

Más temperatura

CAUSAS	CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
<p>1) Mezcla de sólidos.</p> <p>2) Calor generado por fricción.</p> <p>3) Calor generado por chispas (por si pasan partes metálicas).</p> <p>4) Llenar de solvente antes de inertizar el equipo. Lo que genera sobrecalentamiento y chispas.</p> <p>5) Falla detector de metales.</p>	<p>1) Explosión por mezcla polvo/aire.</p>	<p>1) No mezclar componentes.</p> <p>2) Limpiar bien la tolva antes de descargar otro tipo de material.</p> <p>3) Darle mantenimiento a la tolva.</p> <p>4) Chequear el buen funcionamiento del detector de metales.</p> <p>5) Solamente hasta que el estado del detector de metales sea el propicio en todas sus funciones y sea corroborado,</p>

		se puede proceder al llenado y/o vaciado de sólidos.
--	--	--

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Consecuencia				

Consecuencia	Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Nivel de Criticidad
5	3	$5 * 3 = 15$	GRAVE

ELEMENTO DEL SISTEMA:

FUEGO / FORMULACIÓN POLVOS

DESVIACIONES EN EL ESTADO IDEAL DEL EQUIPO

MEZCLA:

Fuentes de ignición		
CAUSAS	CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
1) Calentamiento	1) Destrucción total o	1) Lubricar equipo

<p>por fricción.</p> <p>2) Por falla de operario (fumar, uso de celular, etc.)</p> <p>3) Por chispas si entraran metales al mezclador.</p> <p>4) Por el manejo diario de polvos y la acumulación de polvos alrededor de la formulación.</p> <p>5) Por carga electrostática.</p> <p>6) Por reacción química.</p> <p>7) Por superficies calientes.</p>	<p>parcial del equipo de formulación.</p> <p>2) Peligro físico para el operador.</p> <p>3) Contaminación de ambiente por nube de polvo.</p>	<p>para prevenir problemas por fricción.</p> <p>2) Usar ventilación.</p> <p>3) Chequear el buen funcionamiento del detector de metales.</p> <p>4) Prevenir la acumulación de polvos.</p> <p>5) Chequear que los filtros estén funcionando correctamente.</p> <p>6) No fumar.</p> <p>7) No utilizar celulares.</p>
--	---	---

		<p>8) Limpiar fugas y/o derrames.</p> <p>9) Prevenir fugas y/o derrames.</p> <p>10) Evitar mezclado intensivo.</p> <p>11) Tener equipo contra incendios.</p>
--	--	--

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Consecuencia				

Consecuencia	Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Nivel de Criticidad
5	3	$5 * 3 = 15$	GRAVE

ELEMENTO DEL SISTEMA:

PIEDRA PÓMEZ

DESVIACIONES EN EL ESTADO IDEAL DEL EQUIPO**TRANSFERENCIA DE MATERIAL:**

Sobrellenado			
CAUSAS	CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA		MEDIDAS DE PREVENCIÓN
1) Falla del operario, en la carga de piedra pómez. 2) Hay fuga. 3) Falla sensores de nivel.	1) Fuga de material.		1) Tener sensores de nivel máximo de material. Ver que los dispositivos estén funcionando correctamente. 2) Que el operario tenga cuidado con el depósito del material.
Consecuencia	Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Nivel de Criticidad
2	2	$2 * 2 = 4$	LEVE

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Consecuencia				

TRANSFERENCIA DE MATERIAL:

Rebalse		
CAUSAS	CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
1) Falla sensores de nivel. 2) Sobrellenado. 3) Fallan vibradores. 4) Fallan rodillos. 5) Falla motor de molino.	1) Fuga de material. 2) Saturación de material.	1) Tener sensores de nivel. Ver que los dispositivos estén funcionando correctamente. 2) Chequear el correcto funcionamiento de molinos. 3) Chequear el correcto funcionamiento

		de vibradores, motores y rodillos.
--	--	--

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Consecuencia				

Consecuencia	Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Nivel de Criticidad
2	2	$2 * 2 = 4$	LEVE

SECADO DE MATERIAL:

Más presión		
CAUSAS	CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
1) Saturación de polvo. 2) Falla sensores de presión. 3) Falla del operario.	1) Saturación de polvo. 2) Mangas del filtro se saturan.	1) Verificar el buen funcionamiento de los sensores de presión. 2) Que el operario

<p>4) Falla succión de aire de los ventiladores.</p> <p>5) Falla succión del secador.</p>		<p>tenga cuidado con la presión que inyecta al secador.</p> <p>3) Controlar la succión del secador >20 mm de agua.</p> <p>4) Controlar succión de filtros 1 y 2, >50 mm de agua.</p> <p>5) Vigilar que el molino esté libre de material extraño.</p>
---	--	--

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Consecuencia				

Consecuencia	Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Nivel de Criticidad
3	2	3 * 2 = 6	SERIO

SECADO DE MATERIAL:

Más temperatura		
CAUSAS	CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
1) Falla del operario. Inyecta más kerosina al secador.	1) Quema mangas del filtro. 2) Falla en el secador.	1) Controlar la temperatura del secador que esté entre 115 y 85°C. 2) Controlar la temperatura de la entrada y salida del filtro 1, que la lectura sea entre 115 y 85°C. 3) Que el operario tenga cuidado con la inyección de kerosina al secador.

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Consecuencia				

Consecuencia	Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Nivel de Criticidad
3	2	$3 * 2 = 6$	SERIO

ELEMENTO DEL SISTEMA:

EXPLOSIÓN / PIEDRA PÓMEZ

DESVIACIONES EN EL ESTADO IDEAL DEL EQUIPO

TRANSFERENCIA Y SECADO DE MATERIAL:

Más presión		
CAUSAS	CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
1) Saturación de material. 2) Falla de operario.	1) Contaminación de ambiente por expulsión de polvos.	1) No sobrecargar silo de alimentación de piedra pómez.

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Consecuencia				

Consecuencia	Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Nivel de Criticidad
5	3	$5 * 3 = 15$	GRAVE

ELEMENTO DEL SISTEMA:

FUEGO / PIEDRA PÓMEZ

DESVIACIONES EN EL ESTADO IDEAL DEL EQUIPO

TRANSFERENCIA Y SECADO DE MATERIAL:

Fuentes de ignición		
CAUSAS	CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA	MEDIDAS DE PREVENCIÓN
1) Por falla de operario (fumar, uso de celular, etc.)	1) Destrucción total o parcial del equipo de formulación piedra pómez.	1) Usar ventilación.
2) Por el manejo	2) Peligro físico para	2) Prevenir la acumulación de polvos.

<p>diario de polvos y la acumulación de polvos alrededor de la formulación.</p> <p>3) Por superficies calientes.</p>	<p>el operador.</p>	<p>3) Chequear que los filtros estén funcionando correctamente.</p> <p>4) No fumar.</p> <p>5) No utilizar celulares.</p> <p>6) Limpiar fugas y/o derrames.</p> <p>7) Prevenir fugas y/o derrames.</p> <p>8) Tener equipo contra incendios.</p>
--	---------------------	--

Matriz Gravedad de Riesgo						
Probabilidad	6	6	12	18	24	30
	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
		Consecuencia				

Consecuencia	Probabilidad	Magnitud del Riesgo	Nivel de Criticidad
5	3	$5 * 3 = 15$	GRAVE

5. SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUA

5.1. Auditorias de seguimiento

Las auditorias de seguimiento son realizadas para verificar que la organización se mantenga de acuerdo a los requisitos de las normas de seguridad correspondientes a cada empresa.

5.1.1. Objetivo

Llevar un control de seguimiento de todos los riesgos que se pueden dar durante la vida de la planta.

5.1.2. Metodología a utilizar

Se propone que todos los jefes de área lleven un seguimiento de todos los riesgos que se han suscitado en la formulación, ya sea riesgo para el personal, como para el producto y para la maquinaria.

5.1.3. Hojas de seguimiento

Ésta es la hoja de seguimiento de control de riesgos que se propone para la industria agroquímica, con el objetivo de que se tengan bien documentados los riesgos y se logre con ello la minimización total de éstos.

Tabla VII. Hoja de Seguimiento.

Planta:					
Fecha:					
Responsable:					
Elemento del Sistema	Palabra guía	Desviación de la variable	Posibles causas	Medidas de prevención	Comentarios

5.1.4. Periodicidad de las auditorías

Se deberán realizar las auditorías cada fin de mes, cuando se haga el corte de producción, se deben de reunir todos los jefes de área con el jefe de seguridad industrial, al cual le deben de entregar un informe final de todos los riesgos que se dieron durante el mes, para que así queden documentados todos esos riesgos y puedan poner en práctica todas las medidas preventivas posibles.

5.2. Condiciones higiénicas y personal

Toda persona que labore dentro de la planta de producción tiene que entrar bajo las condiciones higiénicas que establezca la empresa, tiene que ir debidamente limpio bajo las condiciones higiénico-sanitarias y técnicas que deben de reunir todas las empresas.

5.2.1. Limpieza en áreas de trabajo

Cada jefe de área es responsable de que su área esté completamente limpia, se deben tener todos los utensilios necesarios de limpieza, como son:

escobas, recogedor de basura, trapeadores, trapos de limpieza, etc. Con el fin de que su área esté libre de impurezas que puedan ser de gran riesgo para el personal y el producto en sí.

5.2.2. Utilización de los equipos de protección

Cada jefe de área es responsable de que cada uno de los operarios esté utilizando el equipo de protección personal necesario para el producto que se esté formulando, como son: Cascos, lentes, mascarillas, mascarillas de protección completa de la cara, tapones para los oídos, guantes, overol, zapatos antideslizantes, etc.

5.3. Condiciones de operatividad

Cada planta de producción debe de tener un manual en el que se detalle todas las condiciones y/o acciones de operatividad que se realiza dentro de la empresa, para reducir y/o eliminar todos los riesgos que se puedan suscitar dentro de la operación.

5.3.1. Seguimiento de instrucciones de operación

Cada una de las áreas debe tener el manual, tanto de operación de la maquinaria como de la formulación del producto específico, es necesario que el jefe de área lo tenga siempre a la mano para cualquier eventualidad que se pueda suscitar, y a la vez de que cada uno de los operarios del área estén familiarizados con el mismo.

CONCLUSIONES

1. Las desviaciones encontradas dentro del estudio de análisis y evaluación de riesgos, que son las que ocasionan un riesgo dentro de la planta son: mezclado, carga de sólidos, recirculación en los reactores, transporte y carga de sólidos, mezcla y homogenizado en reactores, mezcla y agitación.
2. Todas las áreas, tanto de producción de líquido como producción de sólidos, tienen riesgo de incendios, esto se da por la acumulación de polvos dentro de la planta, principalmente en el área de producción sólidos, donde el material que se maneja puede generar bastante polvo, por lo que existe un riesgo alto de incendio, y las 2 condiciones para que el riesgo sea más alto son: acumulación de polvos y/o fuentes de ignición cercanas. Dentro de las fuentes de ignición están las fallas en el equipo eléctrico, uso incontrolable de sustancias inflamables y falla del operario como fumar dentro de las áreas de producción y falta de capacitación del operario.
3. Las palabras guías implementadas dentro del estudio *HAZOP* para la planta de procesamiento agroquímico están: no, más, menos, sobrellenado, fuego, explosión, rebalse, fuentes de ignición.
4. Las causas de riesgos operacionales que se deben minimizar al 100% para que estas no sean de alto impacto para la industria son: falla de operario (no conoce o no entiende las instrucciones de manejo de sustancias y de formulación del producto), saturación de polvos, falla bombas, filtros, válvulas, ventiladores, motores, succionadores, molinos,

reactores, mezcladores y demás equipos dentro de la planta, por acumulación de sólidos dentro de los reactores / mezcladores, fugas.

5. El proceso que tiene más riesgo operacional que pueda afectar al producto es el mezclado, ya que si no se lleva un control del tiempo o de los parámetros que influyen en el mismo, puede llegar a comprometer las especificaciones técnicas del producto. Otro es la carga de sólidos, y en esto se enfoca más en el operario, por lo que es importante tenerlos bien capacitados para que no sean ellos los que comprometan al producto. Otro aspecto a tomar en cuenta es tener bien identificada la materia prima a utilizar, ya que si no está bien identificada cualquier operario la puede confundir y comprometer de esta manera las especificaciones técnicas del producto.

6. Todas y cada una de las desviaciones encontradas, ocasionan un gran riesgo al personal. El transporte y carga de sólidos es la desviación más peligrosa para el personal, ya que los operarios están en contacto directo con la materia prima, y si no está bien identificada o si los operarios no tienen el equipo de protección personal adecuada, puede provocar un riesgo muy grave al personal.

7. Dentro de las medidas de prevención que se van a implementar para mitigar y/o eliminar los riesgos operacionales, están: Chequear periódicamente el funcionamiento de todos los equipos dentro de la planta, dándole mantenimiento a todas las máquinas. Monitorear la cantidad de producto que se deposita dentro de las tolvas, tener cuidado con el depósito de los sólidos, etiquetar adecuadamente la materia prima, limpiar bien las tolvas, los mezcladores y reactores antes de descargar otro material.

RECOMENDACIONES

1. La metodología *HAZOP* es más efectiva cuando se empieza a analizar antes que la planta sea construida, en este caso la planta ya estaba construida, es necesario que todas las personas que operan en la planta sepan sobre los riesgos a los que están sometidos.
2. Algo muy importante es tener bien capacitados a los operarios, ya que son ellos los que están en contacto directo con la materia prima y con la formulación del producto, ellos tienen que estar enterados que tienen que utilizar todos los equipo de protección personal, necesarios para cuidar su salud.
3. Es importante que tengan su área de trabajo bien limpia, para prevenir cualquier clase de explosión o fuego dentro de las áreas por la acumulación de polvo o por derrame de producto. Tienen que estar conscientes que no deben fumar, comer o beber dentro del área del trabajo ya que no sólo comprometen su salud, sino que también a la planta. Se deben señalar las áreas de trabajo y establecer el Decreto de No Fumar Número 74-2009.
4. Se recomienda que periódicamente se haga un chequeo por toda la planta, para ver posibles fugas en las tuberías, bombas tapadas, lectores de presión y/o temperatura que estén funcionando correctamente, que los reactores estén en buen estado, etc., que toda la maquinaria esté funcionando correctamente y tomar las medidas correctivas necesarias para reparar inmediatamente lo que esté averiado, para prevenir los riesgos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Flores, Juan R. **Identificación y Evaluación de Riesgo HAZOP.**
2. Freedman, Pablo. **HAZOP como metodología de análisis de riesgos.** TECNA. S.A.
3. Gutiérrez, Edgar V. **Ingeniería de Riesgos en la prevención de Accidentes.** Guayaquil, Ecuador Noviembre 2004.
4. Kletz, Trevor. **HAZOP and HAZAN, Identifying and Assessing Process Industry Hazards.** 4th. Edition, Taylor & Francis, Londres 1999.
5. Lees, Frank P. **Loss Prevention in the Process Industries.** 1995.
6. Nota técnica de prevención N°. 238. **Los análisis de peligros y de operabilidad en las instalaciones de proceso.** INSHT, 1989.
7. Dirección General de Protección Civil. Guía Técnica. **Métodos cualitativos para el análisis de riesgos.** México, 1994.

APÉNDICE

Tabla VIII. Formato de registro de limpieza y desinfección de equipo.

Área: _____ Fecha: _____

Producto a fabricar:

Equipo utilizado	SI	NO	Desinfectante	Responsable
Utensilios necesarios				
Área de manufactura				
Pisos				
Paredes				
Puertas				
Techo				
Mesas de trabajo				

Observaciones:

Autoriza

Tabla IX. Formato de registro del uso de instalaciones y equipo.

Fecha	Equipo	Sucio	Limpio	Ultimo producto manufacturado	Responsable de la limpieza
	Área de trabajo:				
	Piso				
	Paredes				
	Techo				
	Puertas				
	Mesa de trabajo				

Observaciones:

Supervisor

Tabla X. Formato de registro y control de vestimenta de trabajo e higiene personal.

Área de trabajo:

Producto a manufacturar:

Fecha	Equipo	SI	NO
	Mascarilla		
	Guantes		
	Casco		
	Lentes		
	Gabacha		
	Pantalón		
	Zapatos adecuados		
	Mascarilla completa de cara		
	Factores de higiene personal		
	Desinfección de manos y antebrazo		
	Aspecto físico del personal		

Observaciones:

Supervisor

Tabla XI. Formato de registro de programa de Mantenimiento de Maquinaria.

Área de trabajo:

Responsable:

Fecha de inicio: _____ **Fecha de finalización:** _____

Maquinaria y/o equipo	Tipo de mantenimiento	Actividades de mantenimiento	Próxima fecha de mantenimiento

Observaciones:

Supervisor