

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



IDENTIFICACION DE RIESGOS EN PLANTAS DE  
POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD

TESIS

EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA  
ADMINISTRACION CON ESPECIALIDAD EN  
PRODUCCION Y CALIDAD

PRESENTA:  
ING. JOSE GASPAR SAN MARTIN LOPEZ

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L.

MARZO 2003

THE  
S  
M  
A  
L  
L  
C  
O  
M  
P  
O  
S  
I  
T  
I  
O  
N  
S  
O  
F  
T  
H  
E  
M  
O  
D  
E  
R  
N  
M  
O  
V  
I  
E  
S  
O  
F  
T  
H  
E  
C  
I  
N  
E  
M  
A  
T  
E  
M  
A  
T  
I  
C  
S  
O  
F  
T  
H  
E  
M  
O  
D  
E  
R  
N  
M  
O  
V  
I  
E  
S  
O  
F  
T  
H  
E  
C  
I  
N  
E  
M  
A  
T  
I  
C  
S

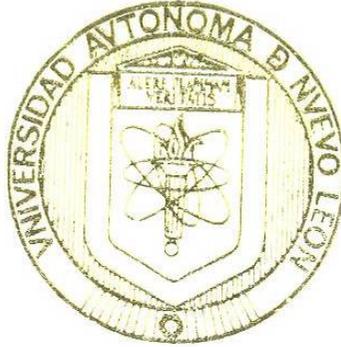
TM  
Z5853  
.M2  
FIME  
2003  
.S26

O  
O  
N



1020148465

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



IDENTIFICACION DE RIESGOS EN PLANTAS DE  
POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD

TESIS

EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA  
ADMINISTRACION CON ESPECIALIDAD EN  
PRODUCCION Y CALIDAD

PRESENTA:  
ING. JOSE GASPAR SAN MARTIN LOPEZ

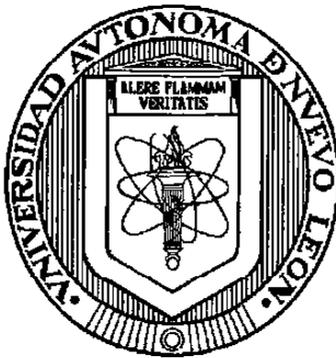
SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L.

MARZO 2003

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS EN PLANTAS DE POLIÉTFILO DE BAJA  
DENSIDAD

POR

ING. JOSE GASPAR SAN MARTIN LOPEZ

TESIS

EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA ADMINISTRACIÓN  
CON ESPECIALIDAD EN PRODUCCIÓN Y CALIDAD

SAN NICOLÁS DE LOS GARZA, N.L.

MARZO 2003

981 945

TM  
Z 5853  
.M2  
FIME  
2003  
.S26

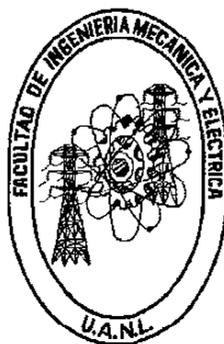


FONDO  
TESIS

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS EN PLANTAS DE POLIETILENO DE BAJA  
DENSIDAD

POR

ING. JOSE GASPAR SAN MARTIN LOPEZ

TESIS

EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA ADMINISTRACIÓN  
CON ESPECIALIDAD EN PRODUCCIÓN Y CALIDAD

SAN NICOLÁS DE LOS GARZA, N.L.

MARZO 2003

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO

Los miembros del comité de tesis recomendamos que la tesis "Identificación de riesgos en plantas de polietileno de baja densidad" realizada por el alumno Ing. José Gaspar San Martín López, matrícula 915582 sea aceptada para su defensa como opción al grado de Maestro en Ciencias de la Administración con Especialidad en Producción y Calidad.

El comité de tesis



Asesor

M.C. Alejandro Aguilar Meraz



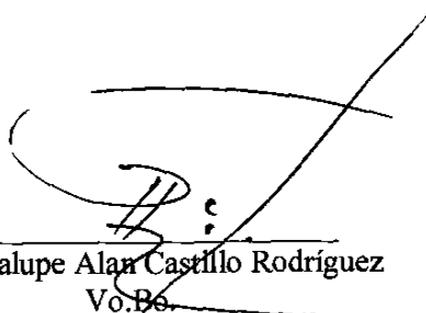
Coasesor

M.C. Oscar González González



Coasesor

M.C. Jesús Villarreal Lozano



Dr. Guadalupe Alan Castillo Rodríguez

Vo.Bo.

Subdirector de la División de Estudios de Post-grado

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N.L. MARZO 2003

# PROLOGO

La planta de polietileno de baja densidad es una instalación que por la naturaleza de su proceso incluye muchos puntos vulnerables a la presencia de riesgos de fuga, incendio, explosión y dispersión toxica, todo derivado de las cantidades de sustancias que manejan como materia prima en cada una de sus procesos, así como las condiciones de operación a las que opera.

Un accidente en sus equipos puede ocasionar consecuencias que no pasan de ser incidentes o hasta consecuencias que pueden provocar muertes a personal interno de las instalaciones y poblaciones aledañas, impacto ambiental muy serio y perdidas económicas elevadísimas.

Los eventos que se pueden presentar en la planta de polietileno de baja densidad pueden ir desde una fuga pequeña hasta una explosión y dispersión de gas toxico.

Los eventos de riesgos comunes en la planta de polietileno de baja densidad son aquellos que por las variaciones de las condiciones de operación en los equipos pueden dar origen a una alteración en el funcionamiento de los mismos y causar paros o producción de mala calidad, que se reflejan a un mas por el tiempo de operación que tienen la planta.

Las recomendaciones que se requieren aplicar en las áreas y plantas de la petroquímica, se enfocan principalmente en mantener, dar seguimientos a programas establecidos, reforzamiento de la comunicación entre personal interno y externo, en rehabilitaciones y en algunas implantaciones, para mantener la mitigación y reducción al mas mínimo el riesgo que se esta catalogando como aceptable.

## INDICE

Síntesis	1
1. Introducción	2
1.1 Descripción del problema a resolver	2
1.2 Objetivo de la tesis	3
1.3 Hipótesis	3
1.4 Límites de estudio	4
1.5 Justificación del trabajo	4
1.6 Metodología	5
1.7 Revisión bibliográfica	
2. Generalidades	9
2.1 Polimerización	9
2.1.1 Índice de fluidez	10
2.2 Mecanismo de reacción	10
2.2.1 Reacción de iniciación	10
2.2.2 Reacción de propagación	12
2.2.3 Reacción de terminación	13
2.3 Descripción del proceso	13
2.4 Sistema de enfriamiento	20
2.4.1 Operación del sistema de enfriamiento	20
3. Aspectos del medio natural y socioeconómico	24
3.1 Flora	24
3.2 Fauna	25
3.3 Suelo	27
3.4 Agua	27
3.5 Densidad demográfica	30
4. Identificación de riesgos en la planta de polietileno de baja densidad	31
4.1 Análisis What-if	31
4.2 Sección de llegada de etileno	33
4.3 Compresión primaria	34
4.4 Compresión secundaria	36
4.5 Polimerización	37
4.6 Sistema de enfriamiento	39
4.7 Separación de gas de alta presión	40
4.8 Separación de gas de baja presión	42
4.9 Extrusión y corte del producto	42
4.10 Compresor booster	43

5. Causas de accidentes en las secciones de la planta	45
5.1 Análisis de árbol de fallas	45
5.2 Símbolos lógicos	47
5.3 Causas de accidentes en las secciones la planta	49
5.3.1 Sección de llegada de etileno	49
5.3.2 Compresión primaria	52
5.3.3 Compresión secundaria	54
5.3.4 Polimerización	55
5.3.5 Sistema de enfriamiento	57
5.3.6 Separación de gas de alta presión	59
5.3.7 Separación de gas de baja presión	61
5.3.8 Extrusión y corte del producto	62
5.3.9 Compresor booster	63
6. Conclusiones y recomendaciones	65
6.1 Conclusiones	65
6.2 Recomendaciones	66
6.2.1 Seguridad industrial	66
6.2.2 Seguridad en procesos	67
6.2.3 Sistemas y equipos de respuesta	68
Anexo 1	69
Anexo 2	70
Anexo 3	73
Anexo 4	76
Bibliografía	80
Listado de tablas	82
Listado de diagramas	83
Glosario	84
Resumen autobiográfico	86

# SÍNTESIS

En el proceso de elaboración de polietileno de baja densidad existen secciones de riesgo ocasionados debido a las fugas de gas, a las altas presiones de gas y a la materia prima que se maneja, así como, causas de accidentes que se deben el personal que labora en la planta y otros factores. La materia prima que se maneja son peróxidos orgánicos que pueden ser susceptibles de descomposición explosiva sensibles a choque o a fricción. Todo el manejo de materia prima puede ocasionar un accidente de proporciones considerables debido a un mal manejo de equipo.

Debido a los factores de riesgo de la planta se realizó un análisis de riesgo y causas en cada una de las secciones de la planta de polietileno de baja densidad para determinar las secciones de mayor a menor riesgo y las causas o accidente. También se determinó la flora y la fauna que será afectada en caso de un siniestro, así como, también la ubicación de la planta, la temperatura promedio, los meses de lluvia, la velocidad de los vientos, el tipo de suelo y otros factores que serán afectados en un evento no deseado.

También se dieron las conclusiones y recomendaciones para un mejor funcionamiento de la planta, tanto para el equipo como para el personal que labora en ella.

# 1.INTRODUCCIÓN

## 1.1 Descripción del problema

El complejo ocupa un área de aproximadamente 60 hectáreas, en el laboran aproximadamente 1 400 trabajadores, las plantas que integran el complejo son cuatro:

- Planta de etileno
- Planta de polietileno de alta densidad .
- Servicios auxiliares
- Planta de polietileno de baja densidad

La planta de polietileno de baja densidad tiene una capacidad de producción de 65,000 toneladas por año de diferentes resinas de polietileno de baja densidad y su materia prima es el etileno (ver anexo 4). En la planta laboran 70 personas aproximadamente.

En el proceso de elaboración de polietileno de baja densidad existen secciones de riesgo debido a las diferentes presiones de gas y materia prima que se maneja, así como causas de accidentes por operaciones inseguras debido al personal que labora en la planta y a otros factores.

La materia prima que se maneja son peróxidos orgánicos (sustancias químicas) que pueden ser susceptibles de descomposición explosiva, arder rápidamente, sensibles a choque o fricción, causa daños a la vista. También se manejan líquidos inflamables estos líquidos despiden vapores inflamables. Todo este manejo de materia prima puede ocasionar un accidente de proporciones considerables debido a un mal manejo del equipo o fallas en el equipo y dañar no solo a los trabajadores de la planta sino también a personas que viven en los alrededores de ella.

## 1.2 Objetivo de la tesis

Determinar la identificación de riesgos en la planta de polietileno de baja densidad.

Definir las secciones de mayor a menor riesgo dentro de la planta de polietileno de baja densidad.

Determinar las causas de riesgo en cada una de las secciones de la planta de polietileno de baja densidad.

## 1.3 Hipótesis

Al hacer la identificación de riesgos se determinara que la sección de mayor riesgo se encuentra en la compresión secundaria del proceso.

## 1.4 Limites de estudio

Se identificarán las secciones de mayor a menor riesgo y las causas que ocasionaría un accidente por parte del personal de la planta y otros factores, así como, los costos que ocasionaría un paro de labores en la planta debido a un accidente ,en caso de un siniestro se determinara el medio natural que será afectada dentro y fuera del complejo, así como, también se mencionaran otros aspectos del medio natural.

## 1.5 Justificación del trabajo de tesis

En la planta de polietileno de baja densidad existen problemas de riesgo todas ellas que originan problemas de seguridad es por eso que al hacer la identificación de riesgos y causas de los accidentes en cada una de las secciones de la planta pueden ayudar a los responsables de las instalaciones a implantar las acciones necesarias que permitan prevenir y controlar la consecuencia que pudiera tener la ocurrencia de un efecto no deseado.

Algunos beneficios serán:

- Confiabilidad en los equipos e instalaciones.
- Reducción de riesgos hacia los trabajadores.
- Aumento de productividad del personal.
- Garantizar la continuidad de las operaciones

## 1.6 Metodología

1. Recopilación de información
  - a) Manuales de la planta
    - Estructura física
    - Funcionamiento
  - b) Evaluación de las evidencias de las personas
  - c) Inspección física
  
2. Realizar el análisis del problema
  - a) Identificación de riesgos
    - Utilización de método What-if
  - b) Análisis de costo
  - c) Análisis de causa
    - Utilización del método del análisis de fallos ( FTA )
      1. Deficiencias de ejecución
      2. Deficiencias de conocimiento
      3. Problemas del equipo
  
  - d) Aspectos del medio natural
  
3. Conclusiones y recomendaciones

Se determinara cual fue la sección de mayor riesgo dentro de la planta y el área que será afectada en caso de un siniestro, así como las pérdidas que se presentarían en la planta.

Se darán recomendaciones sobre las medidas de seguridad que se deben tomar en la planta.

## 1.7 Revisión bibliográfica

Los siguientes libros, manuales y páginas de Internet son los que se utilizaron para la realización de la tesis.

David A. Walker

Servicios en ecología aplicada S.A. De C.V.

JBF Asociados, Inc.

1992

Este manual se utilizo para realizar el análisis de riesgo y causas que ocasionarían el riesgo.

Dupont México

Principio de la mejora continua

Primera edición

2001

El manual de dupont se ocupo para realizar el análisis de árbol de fallas.

Estación meteorológica de Tuxpan, Veracruz

2002

Los datos otorgados por la estación meteorológica sirvieron para la obtención de las temperaturas, dirección y velocidad de los vientos, humedad relativa, precipitación promedio anual y las frecuencias de heladas, nortes, tormentas tropicales y huracanes de en la zona.

Petroquímica Escolin S.A. de C.V.

Curso sobre la implantación y seguimiento del sistema de administración integral

PASSO

1999

El manual del PASSO se ocupó para conocer acerca de la seguridad en la planta.

Petroquímica Escolin S.A de C.V.

Manual de inducción

2001

Este manual se ocupó para conocer el funcionamiento de la planta y la materia prima que se utiliza para producir el polietileno de baja densidad.

Petroquímica Escolin S.A. de C.V.

Manual de operación de la planta

1989

Se utilizó el manual de operación para explicar el funcionamiento de operación de la planta, así como para obtener el diagrama de la planta y el sistema de enfriamiento.

[www.pozarica.gob.mx](http://www.pozarica.gob.mx)

Esta dirección sirvió para conocer algunos datos geográficos.

[www.ayuntamiento.pozarica.gob.mx](http://www.ayuntamiento.pozarica.gob.mx)

La siguiente dirección se ocupó para conocer acerca de la hidrografía, clima, flora, fauna en la zona.

[www.desreg.ver.gob.mx/veracruz/mpios/30040a.html](http://www.desreg.ver.gob.mx/veracruz/mpios/30040a.html)

De esta dirección se obtuvieron datos de clima, uso de suelo, densidad demográfica, flora y fauna de la zona.

[www.semarnap.gob.mx/naturaleza/emergencias/incendios/pronocli-lp.html#tabla](http://www.semarnap.gob.mx/naturaleza/emergencias/incendios/pronocli-lp.html#tabla)

Se obtuvieron datos geográficos de la zona.

[www.elbalero.gob.mx/explora/html/veracruz/geografia.html](http://www.elbalero.gob.mx/explora/html/veracruz/geografia.html)

Se obtuvieron datos geográficos de la zona.

[www.angelfire.com/ca/raysalas/COATZINTLA.html](http://www.angelfire.com/ca/raysalas/COATZINTLA.html)

en esta dirección se obtuvieron datos sobre el tipo de suelo, flora y fauna de la zona.

## 2. GENERALIDADES

### 2.1 Polimerización

El producto plástico, conocido con el nombre de polietileno, fue obtenido por primera vez por la Imperial Chemical Industries ( I.C.I.). Este producto es básicamente un hidrocarburo de alto peso molecular cuya fórmula empírica corresponde a la fórmula  $(CH_2)_n$ ; en donde “ n” tiene un valor de 2 500 para un polímero típico. El proceso ICI, para la obtención de polietileno, utiliza como materia prima el etileno de alta pureza ( 99.5 % ). El cual es procesado a temperaturas moderadas ( 150-280°C ) y altas presiones ( 1 100-1 900 Kg/cm<sup>2</sup> ), en presencia de uno o más catalizadores, los que aportan los radicales libres para la polimerización.

La pureza del etileno (ver anexo 4), tiene particular importancia, dado que la presencia de sustancias extrañas puede alterar la estructura molecular del producto, a bien afectan sus propiedades físicas, disminuyendo la calidad.

En algunos casos, compuestos tales como hidrógeno, propano y propileno (ver anexo 3) se adicionan en forma controlada, con objeto de modificar la estructura de las moléculas, obteniéndose así productos de características especiales.

En general el polietileno obtenido en el proceso de alta presión, es una mezcla de polímeros, con cadenas de diferente longitud y distintos pesos moleculares; pues se ha observado que el polietileno formado por un amplia variedad de polímeros, posee mejores propiedades de flujo y mejora el acabado de las superficies moldeadas.

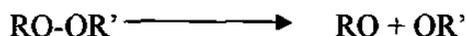
### 2.1.1 Índice de fluidez

La mayoría de las propiedades físicas y mecánicas del polietileno, están relacionadas con el índice de fluidez o M.F.I. ( Melt Flow Index ). Este se determina en el laboratorio por medio de una prueba muy sencilla y rápida de efectuar. Uno de los objetivos principales de la operación de la planta, consiste en mantener el MFI dentro de valores establecidos de antemano, para lo cual es necesario hacer ajustes en la presión del reactor y/o en el venteo de inertes.

## 2.2 Mecanismo de reacción

### 2.2.1 Reacción de iniciación

La reacción es iniciada por los radicales libres, generados por la descomposición térmica de ciertas clases de peróxidos orgánicos (ver anexo 2), denominados catalizadores.



Los radicales RO y OR' se descomponen produciendo radicales simples R y R', los cuales inician la reacción.

Existen diferentes tipos de catalizadores y cada uno de ellos posee un rango de temperaturas dentro del cual genera diferentes radicales libres para ser útil. A continuación se mencionan algunos de los más usados.

Codificación	Nombre Químico	Rango de Temperatura de utilización	Características
Catalizador A	Peroxido de Butilo Diterciario	De 235 a 280°C	Líquido, color pajapálido inflamable, pero no explosivo, de baja toxicidad. Se prepara y maneja a temperatura ambiente.
Catalizador B	Peróxido de Lauroilo	De 160 a 210°C	Polvo blanco, inflamable pero no explosivo. En solución fluye entre 40 y 50°C. A temperaturas superiores a 50°C se descompone en CO <sub>2</sub> y a temperaturas menores de 40°C la solución se solidifica.
Catalizador C	Perbenzoato tributílico	De 200 a 235°C	Líquido color pajapálido. No se inflama con facilidad. Se descompone vigorosamente. No es tóxico.
Catalizador K	Peróxido de Nonanoilo	De 165 a 200°C	Líquido incoloro altamente inflamable, pero no explosivo. No es tóxico. Se maneja a la temperatura ambiente.

TABLA 2.1 TIPOS DE CATALIZADORES

A las temperaturas de reacción la vida media de los catalizadores varía entre 1.0 y 0.05 segundos. En la operación de los procesos comerciales, la vida media depende del tiempo promedio de residencia de los reactantes dentro del reactor. Este tiempo, es del

orden de 35 segundos para una carga de 24 000 libras/hora, en un reactor de 250 litros de capacidad.

Si la vida media del catalizador es alta, respecto al tiempo de residencia, resultara que algo de catalizador abandonara el reactor sin descomponerse. Por otro lado, si la vida media es muy corta, la eficiencia del proceso de reacción puede ser muy baja.

### 2.2.2 Reacción de propagación

Los radicales libres R, son muy activos reaccionan rápidamente formando polímeros de cadenas largas, por adición sucesiva de moléculas de etileno.



Las altas presiones favorecen la reacción y consecuentemente a mayor presión se obtienen polímeros de mayor peso molecular, es decir, se obtendrán cadenas más largas. Las cadenas formadas son de orden de 1000 moléculas de etileno(ver anexo 4).

A presiones bajas o moderadas, solo se obtiene polímeros grasos o líquidos. Los polímeros comerciales requieren presiones superiores a 1 000 Kg/cm<sup>2</sup>, obteniéndose en esta forma productos con un peso molecular que varía de 10 000 y 50 000.

La reacción de propagación es menos sensitiva a la temperatura que a la reacción de iniciación, teniendo una alimentación satisfactoria de radicales libres, la propagación puede ser sostenida sin dificultad en un rango de 150 a 300°C.

### 2.2.3 Reacción de terminación

La velocidad de producción de radicales libres por el catalizador, es balanceada por la velocidad con que estos son absorbidos dentro del sistema. La terminación de la reacción se efectúa por la mutua saturación de dos cadenas de radicales, que se combinan según se ilustra en la siguiente ecuación:



En esta forma queda integrada la molécula de polietileno, cuyas propiedades dependerán del número de moléculas de etileno que hayan sido polimerizadas.

## 2.3 Descripción del proceso

La planta de polietileno de baja densidad del complejo petroquímico tiene una capacidad de diseño de 51,000 toneladas/año de diferentes resinas de polietileno de baja densidad. Fue diseñada bajo proceso de la Imperial Chemical Industries, construida por PEMEX e iniciando sus operaciones en Julio de 1971.

La planta consta de tres trenes o corrientes de reacción con equipo auxiliar, en donde cada una de ellas es capaz de operarse por separado con corrientes de etileno de composición diferente, para producir distintos tipos de productos y pueden arrancarse o pararse sin que afecten a las otras corrientes de producción de la planta.

La reacción de polimerización se lleva a cabo en un proceso continuo, en donde el etileno alimentado al reactor en un rango de presión de 1 100 a 2 000 Kg/cm<sup>2</sup>, se polimeriza en un proceso de radicales libres por la descomposición de peróxidos orgánicos. El etileno que no se convierte, se separa, se recircular, se enfría y se vuelve a comprimir.

Para un mejor entendimiento, la planta se puede subdividir en las siguientes secciones:

- a) Recibo de gas
  - b) Compresión primaria
  - c) Compresión secundaria
  - d) Polimerización
  - e) Enfriador de producto
  - f) Separación de gas de alta presión
  - g) Circulo de gas de retorno ( sistema de media presión )
  - h) Separación de gas a baja presión
  - i) Acumulador de gas a baja presión y compresión booster
  - j) Extrusión y corte de producto
- 
- a) Recibo de gas

El etileno fresco de carga, entra a la planta por una línea de 3 pulgadas de diámetro proveniente de la planta de etileno o de la estación de Cobos. El gas enviado con una presión de 20 Kg/cm<sup>2</sup> y 30°C, pasa a través de mediciones de temperatura, presión y flujo y es recibido en el acumulador de alta presión V-2; el cual tiene una capacidad de 510 pies<sup>3</sup>.

b) Compresión primaria

La función de la compresora primaria C-2, es la de extraer etileno del recipiente de almacenamiento V-2 a 20 Kg/cm<sup>2</sup> y enviarlo a una presión nominal de 300 Kg/cm<sup>2</sup> al recipiente de mezclado V-5 de presión intermedia. La compresora es una maquina de tres pasos, recíprocamente, motor eléctrico de velocidad variable. Succiona del V-2, pasa a través de un filtro F-2 y se comprime desde 20 a 60-120-300 kg/cm<sup>2</sup> ( en cada uno de los pasos ). La temperatura se controla mediante unos enfriadores instalados en cada paso ( E-3, 4, 5 ). El gas llega al recipiente mezclador V-5, donde se une con la corriente gas que no reacciona con el reactor.

c) Compresión secundaria

En esta etapa de compresión, el gas es elevado a la presión de reacción. El etileno proveniente del mezclador V-5 pasa a través del filtro F-4, llegando a la succión del compresor C-3 con una presión de 250 Kg/cm<sup>2</sup> y 40°C. La secundaria es una compresora recíprocamente de 2 pasos y 6 cilindros, motor eléctrico y velocidad constante. El primer paso trabaja de 280 a 900 Kg/cm<sup>2</sup> y de 40 a 85°C, el segundo paso de 860 hasta 2 000 Kg/cm<sup>2</sup> y de 40 a 65°C. La temperatura del gas se controla en cada paso, mediante enfriadores con agua instalada en las descargas de cada paso ( E-8/9 ). De las descargas de los enfriadores del segundo paso, el gas se envía como alimentación al reactor. Por otro lado, estas tres líneas de alimentación al reactor tienen "sendas" líneas de derivación por medio de una válvula ( HCV-1,2 y 3 ), que permite recircular que va del reactor hacia el tanque mezclador V-5; ya sea para mantener un flujo constante al reactor o para desviarlo en caso de una emergencia.

d) Polimerización

La reacción de polimerización se lleva a cabo en un reactor cilíndrico V-7, de 250 litros de capacidad en condiciones de hasta 2 000 Kg/cm<sup>2</sup> y de 300°C; el cual esta provisto de un agitador axial que cubre todo la longitud del recipiente.

El agitador es accionado por un motor, localizado en la parte interna superior del reactor y tiene una mampara en la parte central. El etileno fresco de carga entra al reactor en tres corrientes separadas. Los catalizadores A y B se inyectan continuamente por medio de tres bombas y de manera automática, controlando la reacción exotérmica en valores de temperatura preseleccionados.

La presión del reactor se controla por medio de una válvula automática de control PCV-4, instalada en la parte inferior del reactor, en donde el polietileno formado junto con el etileno sin reacción son abatidos a 300 Kg/cm<sup>2</sup> y 280 a 300°C.

El reactor esta provisto de cuatro termopares internos para medir la temperatura de reacción, de cuyas señales se controla la inyección del catalizador y por consiguiente la temperatura de reacción; en posición opuesta a ellos se encuentra una alimentación de etileno y/o catalizador.

e) Enfriador del producto

El enfriador de producto E-10 es cambiador de tubos concéntricos, el cual esta dividido en cuatro secciones que pueden trabajar independientemente, con el propósito

de aumentar o disminuir la superficie de transmisión de calor y controlar así la temperatura de la mezcla etileno-propileno (ver anexo 3 y 4). La temperatura de la mezcla puede ser controlada a 130°C para polímeros blandos y 260°C para polímeros duros.

Esta etapa del proceso tiene como función principal extraer calor a la mezcla de etileno-propileno, para controlar la temperatura en rangos apropiados con el fin de:

1.- Prevenir ( evitar o minimizar ) cualquier reacción de polimerización, que pueda ocurrir e los rangos de 300 kg/cm<sup>2</sup> y 280 °C; lo que daría origen a la formación excesiva de polímeros de bajo peso molecular ( polímeros grasos ), los cuales afectan las propiedades globales del producto final.

2.- Facilitar las subsecuentes operaciones de separación, extrusión y corte.

f) Separación de gas de alta presión

el producto después de enfriarse pasa al separador de gas de alta presión V – 8, donde la mayor parte del gas es separada del polímero.

El separador es de vasija cilíndrica con una capacidad de 270 litros, correspondientes a 500 libras de etileno a 300 kg/cm<sup>2</sup> y 250 °C, el cuerpo y líneas están provistas con chaquetas de vapor.

La mezcla de etileno-polietileno entra por el fondo de la vasija y el tubo que la conduce penetra aproximadamente a la mitad del recipiente. En el extremo del tubo se encuentra un deflector, con el cual choca la corriente liquido gaseosa, provocando que el

polietileno caiga al fondo de la vasija, en tanto que el etileno sale por el domo del recipiente, yendo a formar parte de la corriente de gas de retorno.

El polietileno que queda en el fondo, por diferencia de presión se envía al separador de baja presión V – 9, este flujo es controlado por la válvula de control de nivel LCV-1; con el propósito de mantener un sello de polímero en el fondo del V – 8 y evitar que el etileno pase directamente al V – 9, o provoque arrastres de polímero de gas de retorno.

g ) Circuito de gas de retorno ( sistemas de media presión )

El gas que sale por el domo del separador de alta presión V – 8, lleva una temperatura que puede ser superior a los 250 °C, dependiendo las condiciones en que este operando el enfriador de producto E – 10, puesto que ésta corriente se une en el tanque mezclador V – 5 con el etileno fresco descargado de la compresora primaria C – 2, es necesario enfriarla antes de efectuar la mezcla. En este circuito también se unen las corrientes de recirculación de gas de carga al reactor ( HCV ).

Para este propósito se utilizan 3 enfriadores de tubos concéntricos, en que se abate la temperatura del gas hasta los 40 °C.

Los enfriadores ( E – 7 ) están montados en forma vertical, los flujos se manejan en contracorriente, el gas entra por la parte superior y sale por la base y son manejado en serie.

El circuito de gas en los enfriadores, está provisto de un sistema de válvulas ( entrada/salida/brinco ) que permite alternar las operaciones de enfriamiento. Así mismo, cada enfriador tiene un separador ciclónico V – 4, donde se retiene el polímero

graso ( solidificado en el enfriamiento ) que se formo en el reactor, el cual es purgado a un recipiente ex profeso V – 3.

h ) Separación de gas a baja presión

La válvula LCV – 1 además de controlar el nivel en el separador de alta presión V – 8, abate la presión desde 300 hasta 1 kg/cm<sup>2</sup>, provocando que el gas o fluido se separe, parte por acción ciclónica y parte por gravedad. Todo esto se lleva acabo en el separador de baja presión, también llamado tolva de extrusión.

i ) Acumulador de gas a baja presión y compresor booster

Al acumulador de gas de baja presión V – 1, llegan las siguientes corrientes de gas de 1 kg/cm<sup>2</sup> :

1. Etileno proveniente del separador de baja presión V – 9.
2. Etileno separado durante las purgas de polímeros grasos en los ciclones V – 4, F – 4 y V – 5.
3. Etileno proveniente de las fugas de sellos en los cilindros de las compresoras primaria y secundaria C – 2 y C – 3 respectivamente.

Todo este etileno recuperado, es comprimido de 1 a 20 kg/cm<sup>2</sup> y enviado al acumulador de alta presión V – 2, uniéndose con el etileno fresco de carga; este paso se logra utilizando el compresor booster C – 1.

El compresor booster es de dos pasos, recíprocamente, motor eléctrico de velocidad variable y provisto de enfriadores en cada paso ( E – 1 y E – 2 ).

## j) Extrusión y corte del producto

El equipo de extrusión y corte es la parte final del proceso, es lugar donde se dará presentación final al polímero que se envía a silos para su ensacado y venta.

Los extrusores descargan a través de un plato circular con perforaciones, el polímero se pone en contacto con una corriente de agua y un sistema de cuchillas rotatorias; cortando y solidificando el polímero en pequeños gránulos.

El polímero cortado pasa a una centrífuga donde se elimina la humedad contenida en el polímero, de ahí cae a un alimentador estrella, el cual recibe una corriente de aire de un soplador que permite la transferencia del polímero hacia la parte superior de los silos de almacenamiento del producto donde se clasifica y se ensaca.

## 2.4 Sistema de enfriamiento

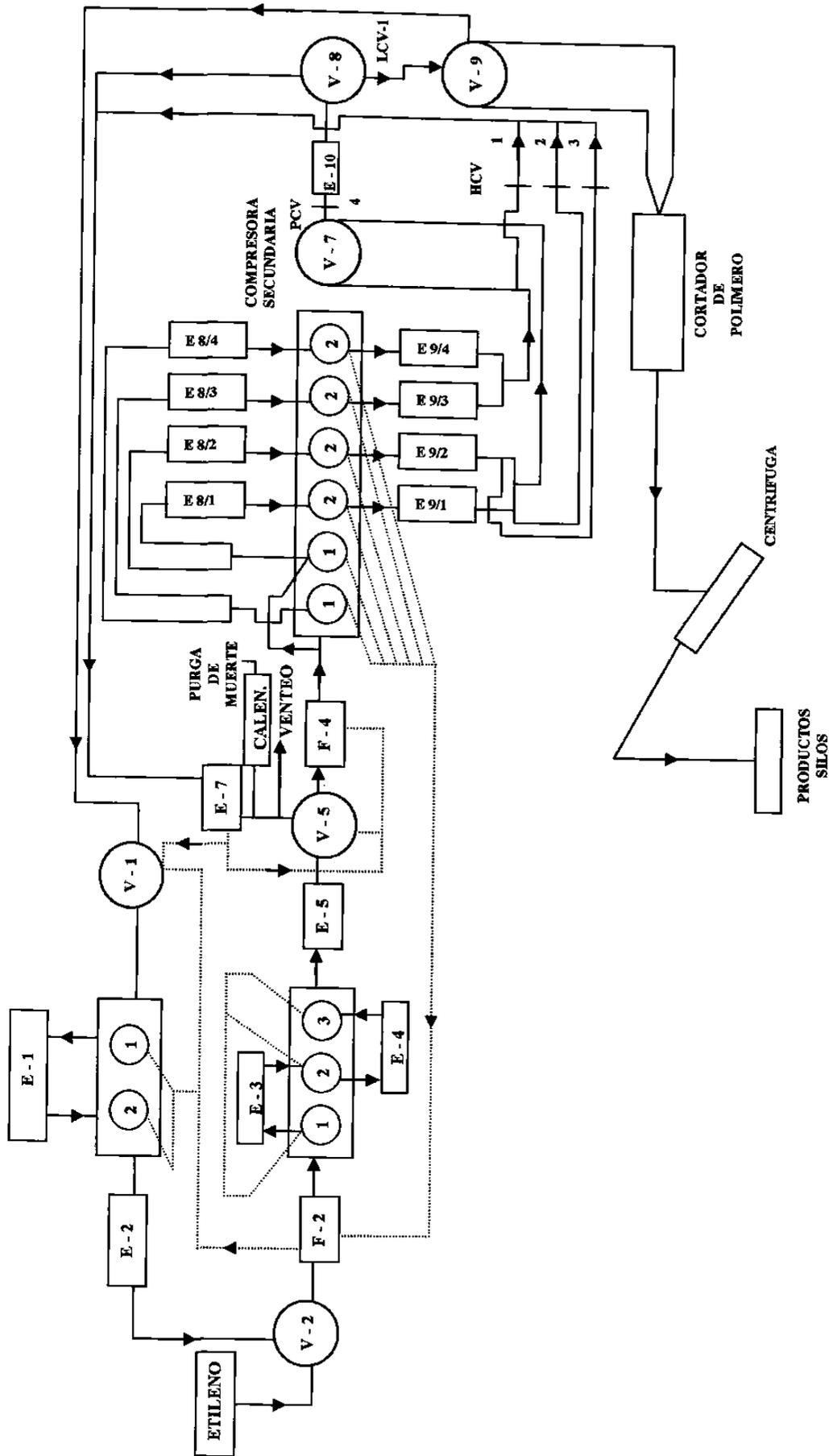
### 2.4.1. Operación del sistema de enfriamiento

Esta constituido por un enfriador de producto E-10, siendo su función principal el sistema de enfriamiento en cada una de las tres corrientes extraer el calor de la mezcla de etileno-polietileno que sale del reactor. El E-10 es un cambiador de calor de tubos concéntricos de alta presión de 180 pies de largo y 5/8 de pulgada de espesor, en donde el efluente del reactor circula por el interior de los tubos y por el exterior circula agua. Aunque en la elaboración de cierta clase de polímero ( bajos ) se utiliza vapor en lugar de agua, para no abatir demasiado la temperatura.

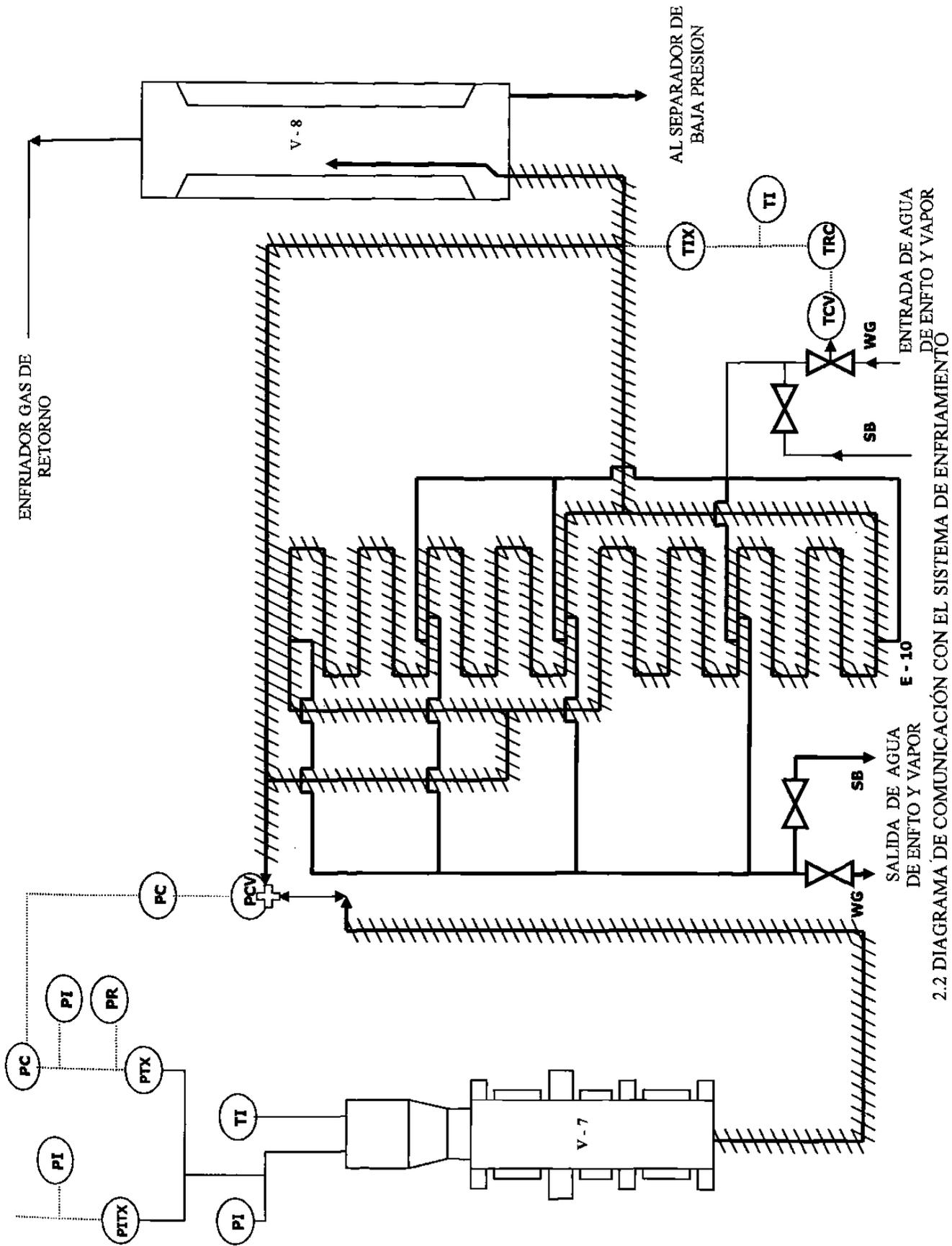
El calor recibido en los E-10 de cada una de las tres corrientes se extrae en un cambiador de tubo y coraza ( 40 E-11 ), en donde por el interior de los tubos fluye agua a una temperatura de 30 °C, mientras que por el lado de la coraza circula el agua caliente proveniente de los E-10 a una temperatura de entrada que va desde los 100-110 °C y a la salida a 60 °C.

Las encargadas de enviar el agua de enfriamiento a los E-10 son dos bombas centrífugas ( 40 p6-1/2 ) con una capacidad de bombeo de 425 GPM ( imperiales ).

En la succión de las bombas 40 P6 descarga una línea de agua proveniente de la torre de enfriamiento, la cual viene remplazando al sistema de nitró presurización, sin embargo es insuficiente para mantener el circuito de enfriamiento a la presión recomendada.



2.1 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PLANTA DE P. E. B. D.



2.2 DIAGRAMA DE COMUNICACIÓN CON EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

## 3. ASPECTOS DEL MEDIO NATURAL Y SOCIOECONÓMICO

### 3.1 FLORA

Los rasgos de distribución de la flora obedecen en gran medida a los rasgos climáticos de cada zona: En el área de estudio se presenta el clima Aw2 ( w ) que se define como un clima cálido húmedo y subhúmedo tropical con lluvias abundantes en verano y otoño, por lo que el tipo de vegetación más ampliamente difundido en la zona de estudio es el bosque tropical perennifolio, en algunas áreas se presenta el bosque tropical caducifolio, así como zonas de manglar y sabana.

De acuerdo a la carta de vegetación y uso actual de suelo, editada por INEGI, el tipo de vegetación predominante en la zona de estudio es la selva mediana subperennifolia, compuesta por bejucos, lianas y plantas epifitas, frecuentemente con árboles espinosos; así mismo por un gran número de especies vegetales que presentan una cobertura densa.

En la tabla 3.1 se presentan las especies de vegetación más comunes en la zona de estudio.

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO
Framboyan	Delonix	Otate	Bambusa vulgaris
Cocuite	Gliricida serpium	Higuera	Ficus cotinifolia
Encino o roble	Tabebuia rosea	Humo	Inca sp.
Pino de playa	Casuarina equisetifolia	tulipanes	Hibiscus rosa-sinensis
Cedro	Cedrela odorata	Guayaba	Psidium guajaba
Laurel de la india	Fycus benjamina	Coyol real	Acrocomia mexicana
Ceiba o pochota	Ceiba petandra	Platano	Musa paradisiaca
Chaca o palo mulato	Bursera simaruba	Comezuelo	Acacia cornigera
Guasima	Guazuma umbifolia	Chaya	Cnidocolus tubulosus
Almendo	Deodorata sp	Rompe plato	Ipomonea purpurea
Mango	Mangifera indica	Malva	Malachra alceifolia
Chico zapote	Manilkara zapote	Dormilona	Mimosa pudica
Hule	Castilla elastica	Ortiga	Psidium sartorianum
Palo de rosa	Tabebuia rosea	Prados	Paspalum pectinatum
Caoba	Swietenia macrofilia	Pasto japones	Pennisetum landestinum
Sauce	Salix chilensis	Zacate estrella	Cynodon lectostachyum
Capulin	Muntigia calabura	Zacate grama	Paspalum vaginatum
Bambu	Bambusa arundinaceae	Zacate pangola	Digitaria decumbens

TABLA 3.1 VEGETACION PREDOMINANTE EN LA REGION

### 3.2 Fauna

Dentro de las especies características de las zonas aledañas a la instalación se mencionan a los conejos (*Sylvilagus floridanus*), codornices comunes (*Colinus*

virginianus), tortolitas (*Zenaida macrocura*), cotorras (*Phyrsuara* sp). Sin embargo es importante mencionar que la población de las especies antes mencionadas ha disminuido

Considerablemente, por lo que en el área de estudio se presenten especies adaptables a distintos medios.

Podemos considerar que como se trata de un área urbana, las especies mas comunes son del tipo domestico y en menor cantidad las de origen silvestre como la muestra la tabla que se da a continuación:

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO
Coyote	<i>Canis latrans</i>	Paloma tortola	<i>Zenaida asiatica</i>
Nutria	<i>Lutra canadiensis</i>	Paloma mexicana	<i>Leptotila verreauxi</i>
Raton	<i>Mus musculus</i>	Garza blanca	<i>Casmedrodius albus</i>
Ardilla arborea	<i>Sciurus aurogaster</i>	Cenzontle	<i>Icterus sp</i>
Tlacuache	<i>Didelphys marsupiales</i>	Lechuza	<i>Tyto alba</i>
Conejo	<i>Sylvidanus floridanus</i>	Aguila	<i>Spizaetus sp</i>
Tuza	<i>Heterogeomis hispidus</i>	Cotorras	<i>Phyrrhuara sp</i>
Rata de campo	<i>Rattus rattus</i>	Martín pescador	<i>Ceryle torquata</i>
Armadillo	<i>Dasyus novemcliptus</i>	Pijuy	<i>Crotophaga sulcirrostris</i>
Mapache	<i>Procion lotor</i>	Primavera	<i>Turdus agari</i>
Zorrillo	<i>Memphitis macrocura</i>	Tordo o zanate	<i>Quiscalus mexicanus</i>
Pichichil	<i>Dedrocygna</i>	Gallareta	<i>Ana discoris</i>

	autumnales		
Paloma morada	<i>Columba flavirostis</i>	Paloma comun	<i>Columbus colimo</i>
Huilota o coquita	Zenaida	Primavera	<i>Tordus agari</i>

TABLA 3.2 ESPECIES DE FAUNA PREDOMINANTES EN LA REGION

### 3.3 Suelo

Los suelos mas comunes y predominantes en el municipio de Poza Rica, Ver., de acuerdo a la clasificación de la FAO-UNESCO (1970) modificada por la Dirección General de Geografía en el Territorio Nacional, las unidades de suelo que predominan en la zona de estudio son: Feozem, Vertisol, Regosol y Cambisol.

Feozem.- Se caracterizan por tener una capa superficial oscura, suave y rica en materia orgánica y nutritiva; Vertisol.- Son suelos auto-abonados ricos en arcilla, pueden ser: Eutricos, Dísticos, Calcicos y Dripticos; Regosol.- Son suelos delgados, se consideran poco desarrollados sobre materiales no consolidados; Cambisol.- Se caracteriza por ser un suelo poco desarrollado aun con las características del material que le da su origen, de color claro presentan cambios de estructura o consistencia debido a la intemperización.

### 3.4 Agua

El área de estudio donde se encuentra la petroquímica Escolia S.A de C.V. forma parte de la Provincia Fisiográfica de la Llanura Costera del Golfo Norte en la Sub-Provincia de la Llanuras y lomerios, y a su vez se ubica en la Cuenca Hidrológica RH-27 denominada Tuxpan-Nautla, en la cuenca (B) de la Región Ticolutla. Que ocupa la mayor parte de su área y sus corrientes drenan en dirección Este, es decir hacia el Golfo de México.

Entre los cuerpos de agua mas cercanos a la instalación de estudio, y considerados de importancia tenemos los siguientes:

Río Cazones: Se encuentra a 1 Km en dirección Oeste de la instalación.

Arroyo Cocineros: Localizado al Oeste de la instalación a una distancia de 50 m.

- Temperaturas promedio

Se contempla una temperatura promedio para Poza Rica, Veracruz de 23,5°C pero, tomando como base la estación meteorológica que comprende la primera región desde Matamoros Tamaulipas hasta punta delgada, Ver., podemos establecer las siguientes temperaturas promedio:

AÑO	MESES												
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Promedio
1996	17,3	19,3	19,4	22,5	26,8	28,0	28,1	27,9	28,5	26,0	22,6	20,6	23,9
1998	19,1	20,3	22,8	25,5	27,7	29,3	28,3	27,5	28,8	28,6	22,2	20,3	25,3
1999	19,7	22,1	24,0	26,5	28,8	29,1	27,7	28,3	26,6	23,2	21,5	18,8	24,6
2000	19,2	22,3	25,2	26,9	29,3	28,0	28,5	29,0	27,2	25,0	22,1	19,0	24,9
2001	19,0	19,5	23,5	26,8	27,6	28,0	28,5	28,9	26,8	24,8	22,2	20,6	40,6

TABLA 3.3 TEMPERATURAS PROMEDIO PREDOMINANTES EN LA REGION

- Dirección y velocidad del viento

Poza Rica, Ver., presenta poca influencia de huracanes, normalmente es afectado por vientos dominantes del norte que alcanzan sus máximos entre los meses de octubre a marzo, con vientos reinantes de 6,45 m/s y dominantes de 20,8 m/s.

- Humedad Relativa

Se tienen datos de acuerdo al servicio meteorológico del estado de Veracruz y con base a la estación Meteorológica 640 de Tuxpam, que los coeficientes de humedad relativa están entre el 80% y 86%, con una humedad absoluta promedio del 80,7%.

- Frecuencia de heladas, nevadas, nortes, tormentas tropicales y huracanes

Por sus características geográficas y topográficas, no son comunes las granizadas ni las heladas, aunque en la región que comprende la estación meteorológica 640 de Tuxpam se presentaron 10 en todo el año con una frecuencia de 1,8; podemos mencionar algunas lluvias torrenciales, que afectan mas de lo que benefician y normalmente se presentan entre los meses de mayo a octubre, además de fuertes nortes entre los meses de Noviembre a Marzo.

- Precipitación promedio anual ( en milímetros )

La precipitación promedio anual para Poza Rica, Veracruz es de 247,4 mm, según datos proporcionados por la Tercer Distrito de Desarrollo Rural (SAGAR) en Tuxpam, Ver. Se consideran los siguientes datos. Durante el periodo 1994 – 1998, se

registro una precipitación anual de 1 648,68mm, así misma la precipitación del año mas seco es de 785 mm en 1996 y 2 968,5 mm para el año 1999 como el mas lluvioso.

### 3.5 Densidad demográfica

La instalación se encuentra en una zona conurbana, por lo que se hace referencia de la población de los municipios de Poza Rica y Coatzintla, Ver. Los cuales cuentan con una población total de 1554,586 y 36,902 habitantes respectivamente.

## 4. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS EN LA PLANTA DE POLIETILENO.

### 4.1 Análisis what-if

#### Descripción

El análisis “ ¿ qué pasa si ? ” consiste en determinar las consecuencias no deseadas originadas por un evento. Este tipo de análisis no esta tan estructurado como los análisis HAZOP o FMECA. Es un método del que no existe tanta información como el resto ( es mas artesanal ) sin embargo los especialistas avanzados en la aplicación de esta técnica consideran que es una herramienta fácil de emplear y menos tediosas que las otras.

El método puede aplicarse para examinar posibles desviaciones en el diseño, construcción, operación o modificación de la planta.

El método utiliza la siguiente expresión:

¿ Qué pasa si ? p.e. se cierra manualmente la válvula A en vez de la B que sería la correcta ?.

la pregunta se divide en varias áreas de específicas de investigación ( normalmente en función de la consecuencia esperada ): electricidad/ instrumentación, incendio, seguridad personal cada área esta formada por dos o tres expertos de la misma.

## Objeto

Identifica posibles accidentes ( secuencias ) y por tanto identifican riesgos, consecuencias y posibles métodos/ formas de minimizarlos.

## Cuando

Puede usarse en plantas ya existentes, en el proceso de diseño en fases de arranque. Es especialmente útil para revisar cambios propuestos en una instalación.

## Resultados

Lista de escenarios de accidentes potenciales y formas de reducir las consecuencias de los mismos.

## Naturaleza de los resultados

Cualitativa. No existe ranking cuantitativo entre ellos.

## Información necesaria

Documentación detallada de la planta, los procesos, procedimientos de operación y a veces entrevistas con el personal de la planta.

## 4.2 Sección de llegada de etileno

¿ Qué pasa si aumenta la presión en la llegada del etileno ?

Inmediatamente actúa un dispositivo de seguridad calibrado a 24 kg/cm<sup>2</sup> el cual ya no permite que siga fluyendo el gas hacia el compresor primario.

¿ Que pasa si falla la válvula ?

Se generaría una ruptura en el recipiente, la cual ocasionaría una fuga de gas. En este caso si solo se descalibro la válvula se tiene que mandar a calibrar el tiempo que se tardan en calibrar la válvula es aproximadamente 3 horas.

La perdida de obtención de ingresos por descalibración de la válvula, tomando como base una producción de 55 ton/día, en condiciones normales de operación si la tonelada de polietileno tiene un costo de \$ 8,000 es de :

$$55 \text{ ton/día ( 1 día/ 24 horas) } = 2.3 \text{ ton/horas}$$

$$3 \text{ horas ( 2.3 ton/hora)( \$8,000/ton) = \$ 55,200}$$

¿ Qué pasa si aumenta el flujo en la llegada ?

No admite el gas porque va en proporción con la presión ( 20 – 24 kg/cm<sup>2</sup> a 40m<sup>3</sup> )

### 4.3 Compresión primaria

¿ Qué pasa si falla el ajuste automático de velocidad ?

a ) Si se desajusta disminuyendo su velocidad no pasa nada ya que no podría mezclar el gas con el de recirculación en el V-5 se pararía la producción 1 hora para su ajuste. Los trabajadores que se ocuparían para su ajuste sería un operario especialista.

La pérdida debido al paro de producción es de :

$$1 \text{ hora( 2.3 ton/hora )( \$ 8,000/ton ) = \$ 18,400}$$

b ) Si se desajusta incrementando su velocidad se incrementa la presión en la descarga del tercer paso represionando el V-5 ocasionando la ruptura del disco de ruptura a 450 kg/cm<sup>2</sup>. Se pararía la producción 4 horas , los trabajadores que se ocupan para el ajuste son 2 operarios y 2 ayudantes. El material que se ocupa para el ajuste es 1 disco de ruptura el cual tiene un costo de \$ 3,000.00.

La pérdida de obtención de ingresos por paro de la planta es de:

$$3 \text{ horas( 2.3 ton/hora)(\$ 8,000/ton) = \$ 73,600}$$

¿ Qué pasa si se bloquean las líneas de descarga en el compresor ?

Se incrementa la presión en la máquina ocasionando que los cilindros se fisuren provocando una fuga de gas considerable.

El tiempo de reparación depende del daño que sufra la máquina que va desde 1 mes hasta 2 años si se daña completamente la maquina.

Las pérdidas de ingresos de una de las tres corrientes sería:

$$30 \text{ días}( 55\text{ton/día } ) ( \$ 8,000/\text{ton } ) = \$ 13,200,000$$

$$730 \text{ días}( 55\text{ton/día } ) ( \$ 8,000/\text{ton } ) = \$ 321,200,000$$

La mano de obra que se ocuparía serían 4 operarios y 4 ayudantes. El material que se ocupa en la reparación son 4 cilindros, 4 pistones, flechas, etc. Teniendo un costo de \$ 400,000.

Si se daña completamente la máquina el costo sería de aproximadamente \$20,000,000 el costo hasta su instalación.

Cada 60 días se tiene un paro en la planta de 48 horas para mantenimiento, debido al desgaste de los rodamientos del reactor ( cambio ) y mantenimiento del compresor.

$$48 \text{ horas}(2.3 \text{ ton/hora } ) ( \$ 8,000/\text{ton } ) = \$ 883,200$$

La planta para su producción 6 veces al año. La pérdida de la planta cada año por paro de mantenimiento y cambio de rodamientos es de :

$$6( \$ 883,200 ) = \$ 5,299,200$$

#### 4.4 Compresión secundaria

¿ Qué pasa si se eleva la temperatura a más de 110 °C debido a las altas presiones de gas ?

Se deposita polímero residual en las paredes de los cilindros de la compresora así como en las líneas de descarga ocasionando una caída de presión por obstrucción en las líneas de descarga o cilindros de compresión.

¿ Qué pasa si se bloquean las líneas de descarga en la compresora ?

a ) Se incrementa la presión en la máquina ocasionando que los cilindros se fisuren provocando una fuga de gas considerable.

Tiempo de reparación depende del daño que sufra la maquina, si solo es ruptura de cilindros provocando fuga de gas sería de 1 semana. La mano de obra que se necesita para la reparación son 4 operarios especialistas y 4 ayudantes. El material que se ocupa en la reparación son 4 cilindros, 4 pistones, flechas, etc. El costo de reparación es de \$ 400,000.

Las perdidas de obtención de ingresos en una de las corrientes por fuga de gas sería de:

$$7 \text{ días} ( 55 \text{ ton/día} ) ( \$ 8,000/\text{ton} ) = \$ 3,080,000$$

b ) Si la fuga es con incendio el problema sería un daño total de la máquina, no teniendo reparación, el tiempo de entrega de una máquina sería de 2 años y aproximadamente de \$ 20,000,000 el costo hasta su instalación.

La pérdida de obtención de ingresos en una de las corrientes por daño total de la máquina sería de:

$$2 \text{ años} (365 \text{ días/año}) (55 \text{ ton/día}) (\$ 8,000/\text{ton}) = \$ 321,200,000$$

## 4.5 Polimerización

¿ Qué pasa si existe una fisura en el reactor ?

Puede ocasionar un fuga de gas etileno e incendio ya que trabaja en un rango de presión de 1100 – 1900 kg/cm<sup>2</sup> y a una temperatura de 150 a 280 °C.

¿ Qué pasa si se cierra la válvula de control cuando esta operando el reactor ?

Se incrementa la presión en el reactor hasta 1950 kg/cm<sup>2</sup> de presión rompiendo los dos discos de ruptura diseñados para actuar a esta presión ( situación que a ocurrido en numerosas ocasiones ).

El tiempo de reparación es de 16 horas. Los trabajadores que se ocupan para la reparación son 2 especialistas, 2 operarios de primera y 4 ayudantes, el costo del material a utilizar para la reparación es de \$ 6,000.

Las pérdidas de obtención de ingresos por para de la planta son:

$$16 \text{ horas} (2.3 \text{ ton/hora}) (\$ 8,000) = \$ 294,400$$

¿ Qué pasa si falla la válvula de control ?

Si al fallar la válvula abre totalmente la presión en el reactor disminuye no causando problemas.

La solución es el cambio de válvula de control, el tiempo de reparación es de 2 horas.

$$2 \text{ horas} (2.3 \text{ ton/hora}) (\$ 8,000) = \$ 36,800$$

Los trabajadores que se necesitan para instalar la válvula son operario de primera y ayudante.

¿ Qué pasa si existe una elevación en la temperatura ?

el peso molecular del polímero disminuye, y esto provocaría otras reacciones de descomposición del etileno.

La descomposición producida sería en carbono y metano, ó en carbono e hidrogeno, los cuales son fuertemente exotérmicos y pueden elevar su temperatura hasta una altura explosiva.

## 4.6 Sistema de enfriamiento

¿ Que pasa si no se controla la temperatura del polímero en el enfriador de producto E – 10 ?

La temperatura al polímero se le controla intercambiando calor con agua-vapor. Si el producto se calienta a lo máximo de la temperatura el vapor solo afectaría las propiedades del producto.

Si se enfría ( no inyección de vapor ) el polímero se solidificaría en el enfriador provocando obstrucción en el flujo del producto afectando la producción sin causar daños en el equipo.

Tiempo de reparación del equipo cuando no hay inyección de vapor es de 72 horas.

Las perdidas de ingresos en cada una de las corrientes cuando no hay inyección de vapor es de :

$$72 \text{ horas} ( 2.3 \text{ ton/hora} ) ( \$ 8,000 ) = \$ 1,324,800$$

Los trabajadores que se ocupan para la reparación del problema son 3 operarios y 3 ayudantes, no se requiere material para sustituir alguna pieza.

¿ Que pasa si la temperatura de los catalizadores es diferentes en el enfriador del producto ?

se provocan esfuerzos en el material como consecuencia de la vaporización del agua a baja presión ( fugas de agua caliente ).

Las altas temperaturas de estos derrames dan lugar a la contaminación de los efluentes originados por lo tanto un daño a la ecología.

## 4.7 Separación de gas de alta presión

¿ Qué pasa si existe una fisura en el recipiente V – 8 ?

..  
puede ocasionar una fuga considerable ya que el gas se mantiene a una presión de 280 – 300 kg/cm<sup>2</sup>.

El tiempo de reparación del tanque es de 1 semana.

Las pérdidas de ingresos debido al recipiente V – 8 es de:

$$7 \text{ días} ( 2.3 \text{ ton/día } ) ( \$ 8,000 ) = \$ 128,800$$

Los trabajadores que se ocupan para solucionar el problema son 6 tuberos y dos soldadores.

¿ Qué pasa si falla la válvula automática del soplador ( V – 9 tolva de producto ) ?

a ) Si se cierra totalmente bloquearía el flujo del producto ocasionando un reprocesamiento hacia atrás ocasionando la ruptura de los 2 discos de seguridad ( presión de ruptura a 500 kg/cm<sup>2</sup> ) del separador de alta presión V – 8 sin causar ningún daño al equipo, solo pérdidas de producción.

Tiempo de reparación son 8 horas. El personal que se ocupa para la reparación son 2 operarios y 2 ayudantes.

El material que se ocupa para la reparación son 2 discos de ruptura el cual tienen un costo de \$ 6,000.

B ) Si se descalibra la válvula abriendo totalmente causaría un incremento de presión en la tolva ( V - 9 ) ocasionando la ruptura del disco seguridad de 6 pulgadas de diámetro y 7 kg/cm<sup>2</sup> de presión de ruptura, de presionándose el sistema ocasionando para de planta sin causar daño al equipo.

El tiempo de paro de la planta sería de 2 horas. El personal que se ocupa para resolver el problema son 2 operarios y 2 ayudantes.

Las pérdidas de ingresos debido al paro de la planta serían de:

$$2 \text{ horas} ( 2,3 \text{ ton/hora } ) ( \$ 8,000 ) = \$ 36,800$$

El material que se ocupa para la reparación es un disco de ruptura el cual tiene un costo de \$ 2,000.

¿ Qué pasa si se sobrepasa el porcentaje de etileno ?

No provoca ninguna reacción por tanto no altera las condiciones de presión-temperatura.

## 4.8 Separador de gas de baja presión

¿ Qué pasa si falla el nivel de producto en la tolva ( V – 9 ) ?

Se represionaría ocasionando la ruptura del disco de seguridad diseñado para romperse a  $7 \text{ kg/cm}^2$  ocasionando el paro total de la planta.

El tiempo de para de la planta sería de 2 horas. El personal que se necesita para el problema son 2 operarios y 2 ayudantes.

Las perdidas de ingresos debido al paro de la planta serían de:

$$2\text{horas}( 2.3 \text{ ton/hora } ) ( \$ 8,000 ) = \$ 36,800$$

El material que se ocupa para la reparación es un disco de ruptura con un costo de \$ 2,000.

## 4.9 Extrusión y corte del producto

¿ Qué pasa si se para el motor eléctrico que mueve el transportador del extrusor ?

se pararía el transporte del producto ocasionando un nivel alto en la tolva ( V- 9 ) rompiendo el disco de ruptura, ocasionando daños en la perdida del producto ocasionando el paro de la planta.

El para de la planta es de 2 horas. El personal que se ocupara para resolver el problema son 2 operarios y 2 ayudantes.

Las perdidas de ingresos por paro de la planta sería de :

$$2 \text{ horas} (2.3 \text{ ton/hora}) ( \$ 8,000 ) = \$ 36,800$$

El material que se ocupa para resolver el problema es un disco de ruptura con un costo de \$ 2,000.

¿ Qué pasa si se para el motor que mueven las cuchillas que cortan el producto ?

Ocasionaría que el producto continuara fluyendo ocasionando obstrucción en las líneas de transporte, provocando un paro de producción.

El tiempo de reparación es de 2 horas. Y el personal que se ocupa para resolver el problema son 2 operarios y 2 ayudantes.

$$2 \text{ horas} (2.3 \text{ ton/hora}) ( \$ 8,000 ) = \$ 36,800$$

#### 4.10 Compresor booster

¿ Qué pasa si se bloquea la descarga del segundo pasa del compresor ?

Se incrementa la presión dentro de la máquina provocando una ruptura de los cilindros o líneas del proceso, esto puede ocasionar una fuga, esta fuga puede provocar

un incendio dañándose toda la máquina, el daño de esta maquina no provoca paro de producción ya que no influye en el proceso.

## 5. CAUSAS DE ACCIDENTES EN LAS SECCIONES DE LA PLANA.

### 5.1 Análisis de árbol de fallos ( FTA )

#### Descripción

El análisis de árbol de fallos ( o errores ) es una técnica deductiva que fija un particular suceso / accidente y a partir del mismo el análisis va identificando sus causas. El FTA por tanto es un análisis gráfico que representa las combinaciones de fallos de equipos / errores ,etc. que pueden dar como resultado el “ top event ”.

La potencia del método como herramienta cualitativa está en permitir el analista dar directrices de medidas preventivas para evitar el accidente.

## Objeto

Identificar combinaciones de fallos de equipo y errores humanos que pueden dar como resultado el accidente.

## Cuando

Se puede utilizar tanto en la etapa de diseño como de operación.

## Tipo de resultados

Relación de combinación de fallos / errores que se puede originar el accidente. Aunque el resultado es cualitativo presenta la posibilidad de utilizar como evaluación cuantitativa ( datos de tasas de fallos ).

## Información requerida

Se debe tener una descripción del sistema y conocimiento del fallo. Esta información puede obtenerse con un análisis de WHAT-IF, HAZOP y FMECA previos.

## Medios humanos

En general un analista será responsable de la construcción de un solo árbol de fallos complejos, es aconsejable la creación de un grupo asignado a cada miembro de una parte del mismo y la coordinación entre ellos a un experto en el tema.

Tiempo / costo

Depende de la complejidad del sistema. Para dar una idea, una unidad de proceso puede llevar un día para cada árbol de fallos. Para sistemas complejos semanas, incluso para un equipo de experiencia.

## 5.2 Símbolos lógicos FTA



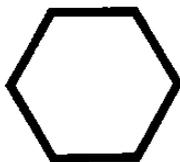
Puerta O:

A ocurre si ocurre B o C



Puerta Y:

A ocurre si ocurre B y C



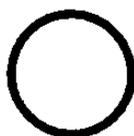
Puerta inhibid:

El problema se produce a la salida si se da un problema en la entrada y se satisface la condición de inhibición.



Puerta delay:

El suceso se produce en la salida cuando también se a dado un problema en la entrada y ha pasado el tiempo de demora especificado.



Suceso básico:

Fallo básico que no requiere más desarrollo.



Suceso intermedio:

Representa un error producto de la interrelación de otros errores anteriores a través de las puertas lógicas.



Suceso no desarrollado:

Bien por falta de información bien por consecuencias poco importantes.



Símbolo transferencia:

Paso a otro esquema.

### 5.3 Causas de accidentes en las secciones de la planta

#### 5.3.1 Sección de llegada de etileno

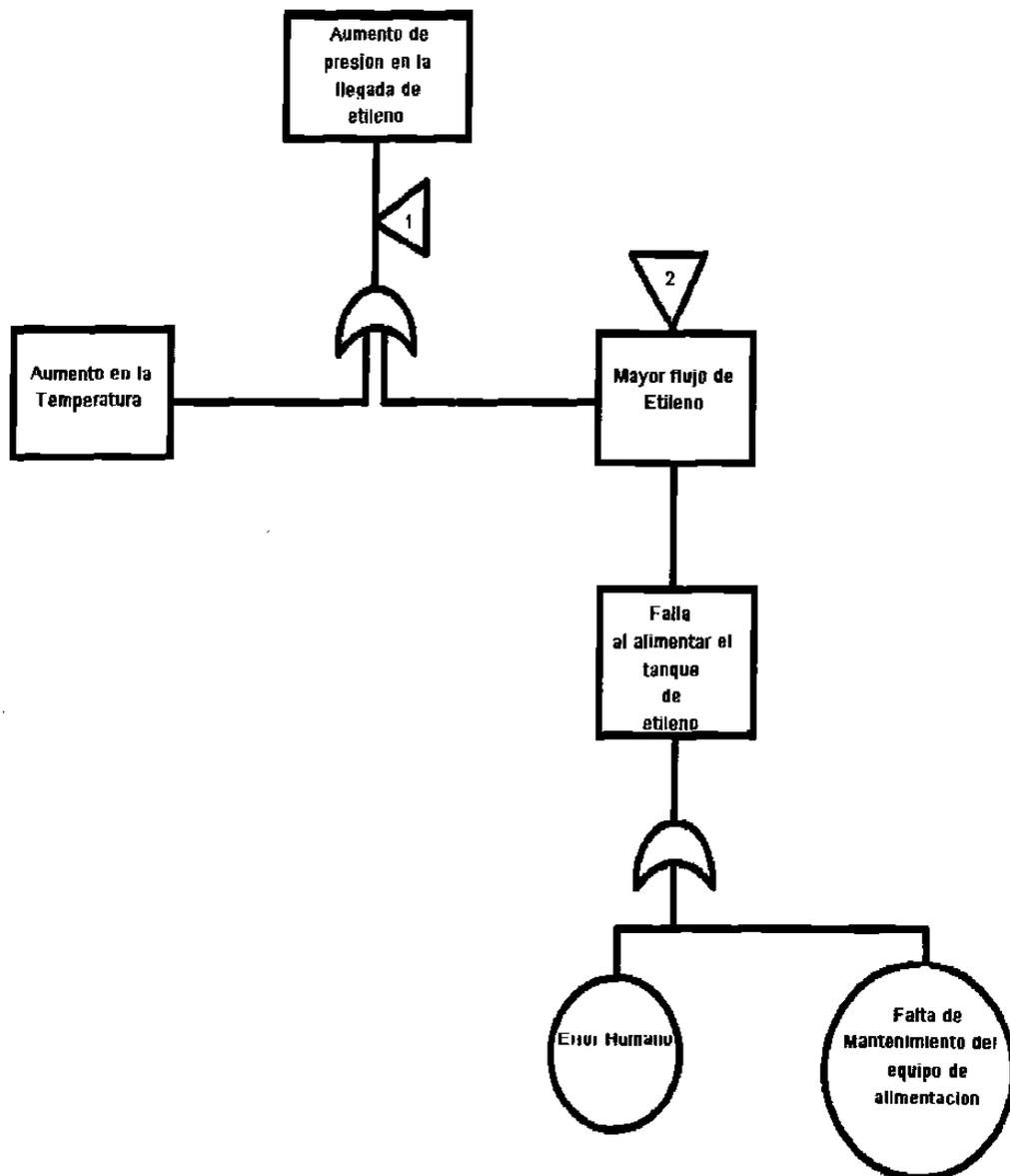


DIAGRAMA 5.1 AUMENTO DE PRESIÓN EN LA LLEGADA DE ETILENO

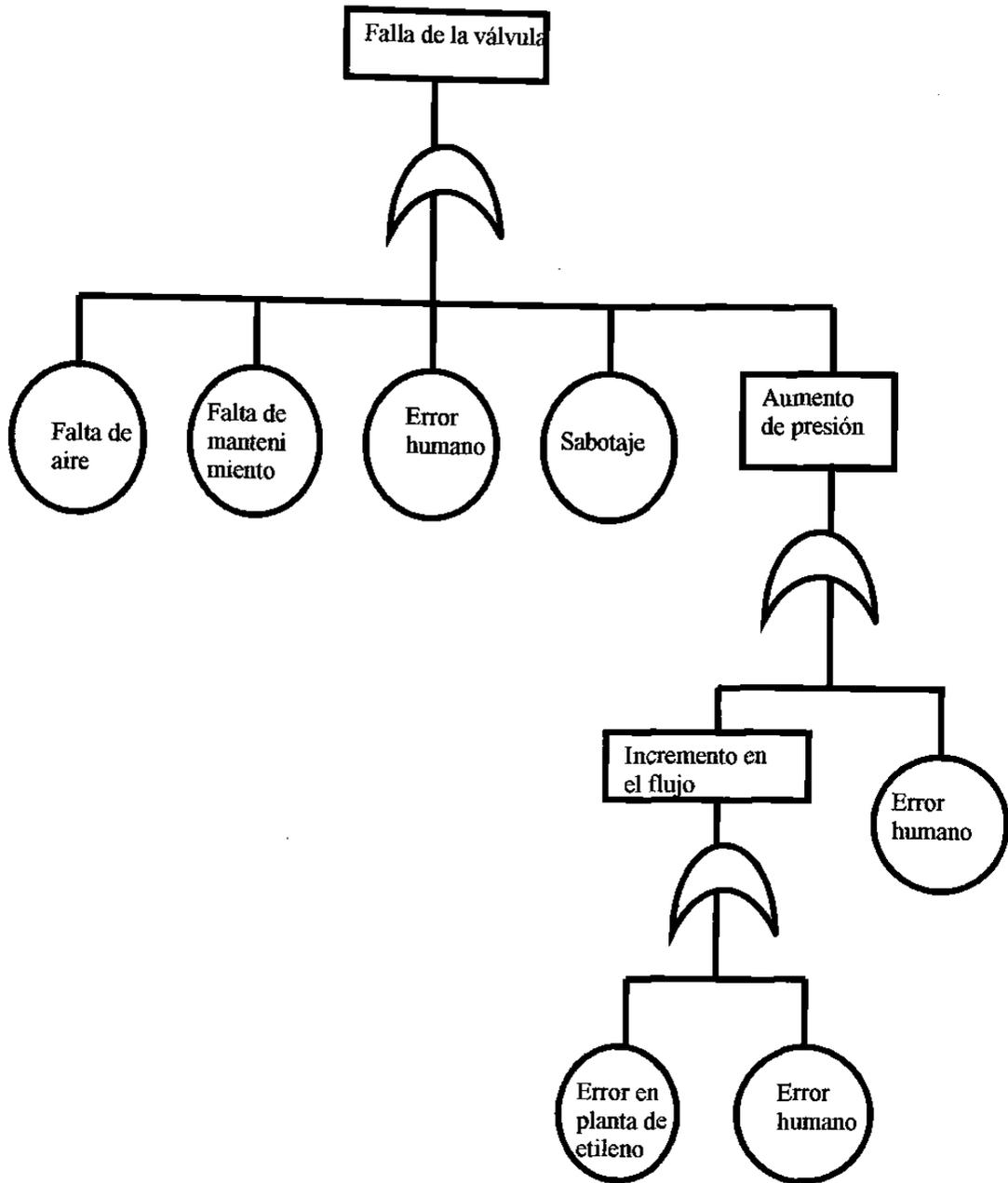


DIAGRAMA 5.2 FALLA DE LA VÁLVULA



DIAGRAMA 5.3 AUMENTO EN EL FLUJO

### 5.3.2 Compresión primaria

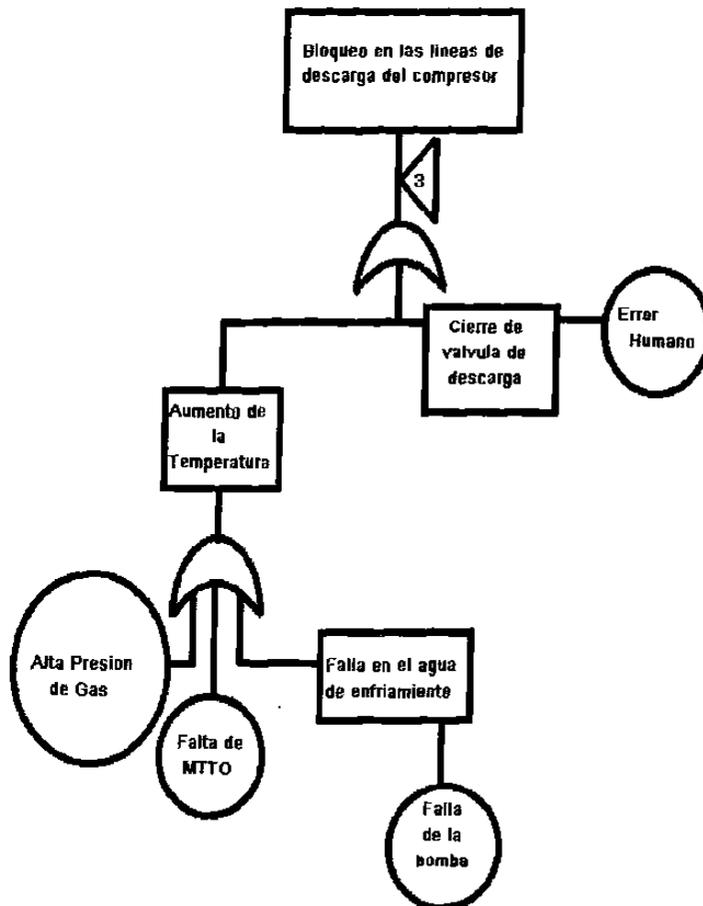


DIAGRAMA 5.4 BLOQUEO EN LAS LINEAS DE DESCARGA DEL COMPRESOR PRIMARIO

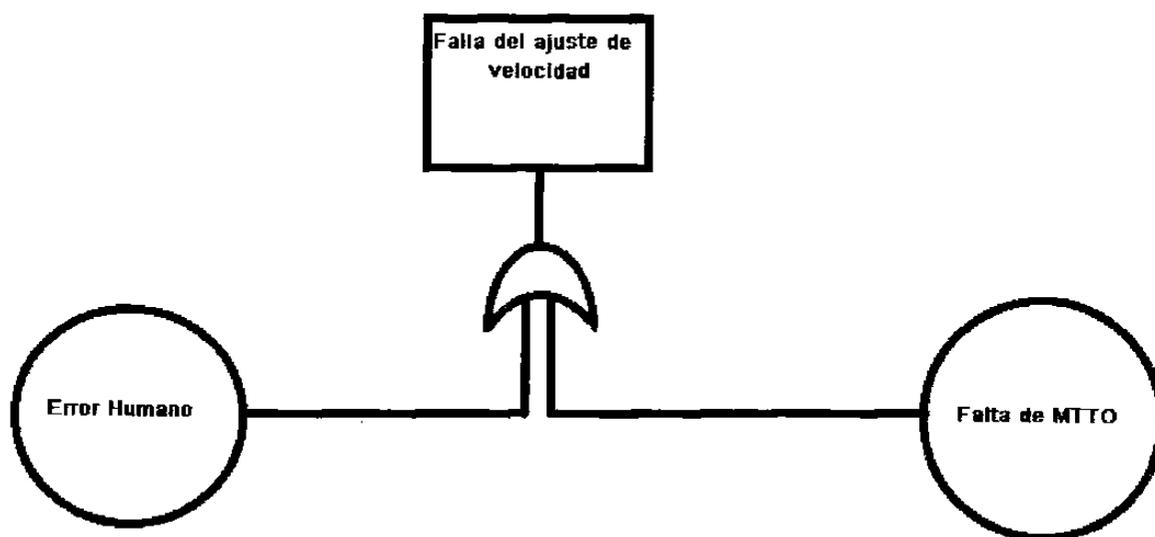


DIAGRAMA 5.5 FALLA DEL AJUSTE DE VELOCIDAD DEL COMPRESOR PRIMARIO

## 5.3.3 Compresión secundaria

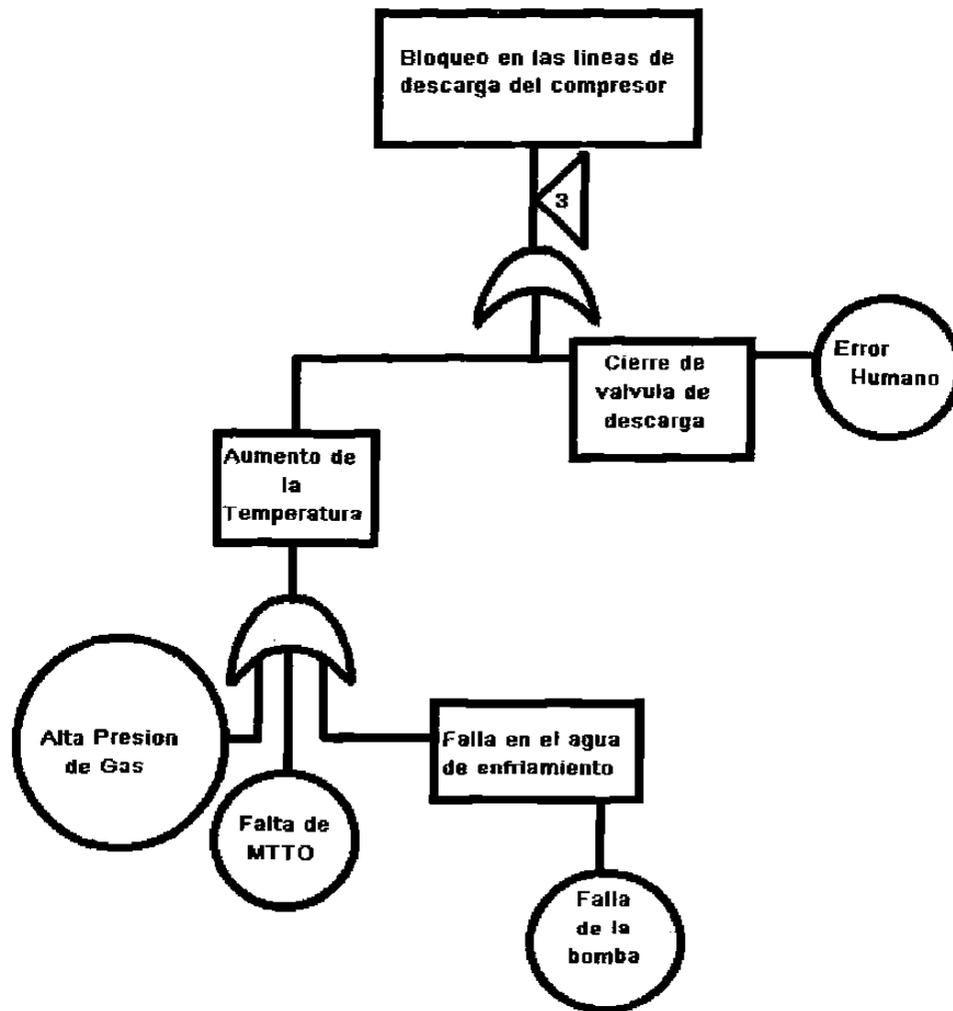


DIAGRAMA 5.6 BLOQUEO EN LAS LINEAS DE DESCARGA DEL COMPRESOR SECUNDARIO

### 5.3.4 Polimerización

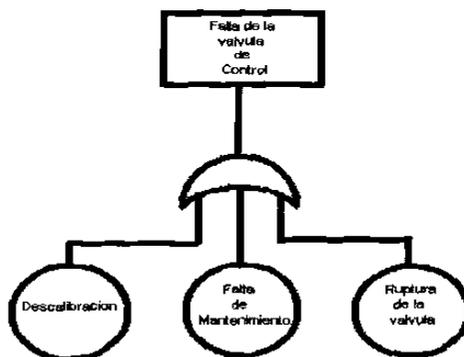


DIAGRAMA 5.7 FALLA DE LAS VÁLVULAS DE CONTROL

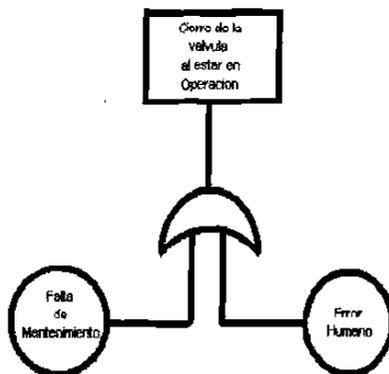


DIAGRAMA 5.8 CIERRE DE LA VÁLVULA AL ESTAR EN OPERACIÓN EL REACTOR

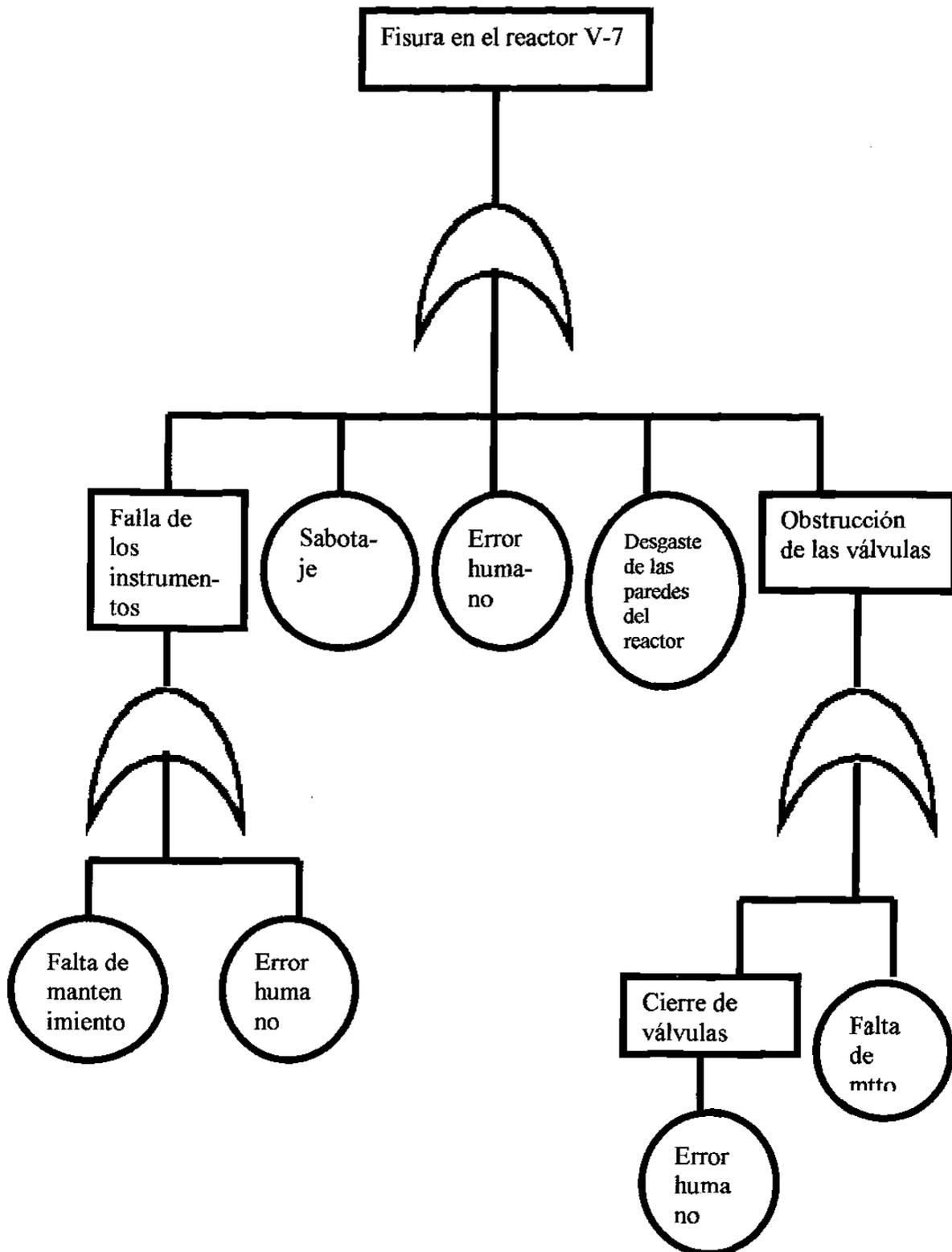


DIAGRAMA 5.9 FISURA EN EL REACTOR V -7

### 5.3.5 Sistema de enfriamiento

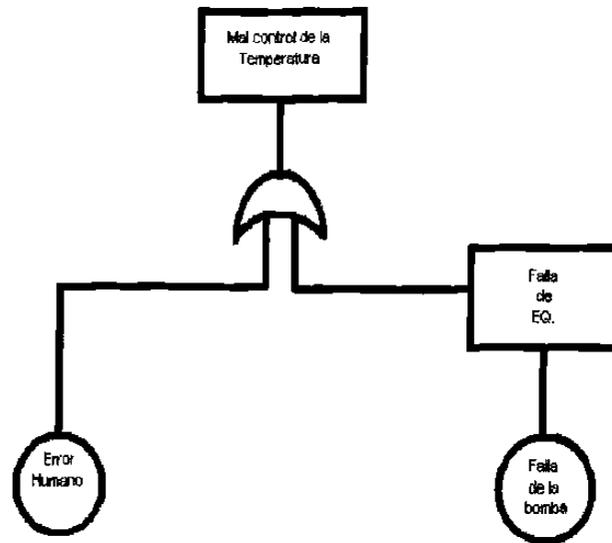


DIAGRAMA 5.10 MAL CONTROL DE LA TEMPERATURA EN EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

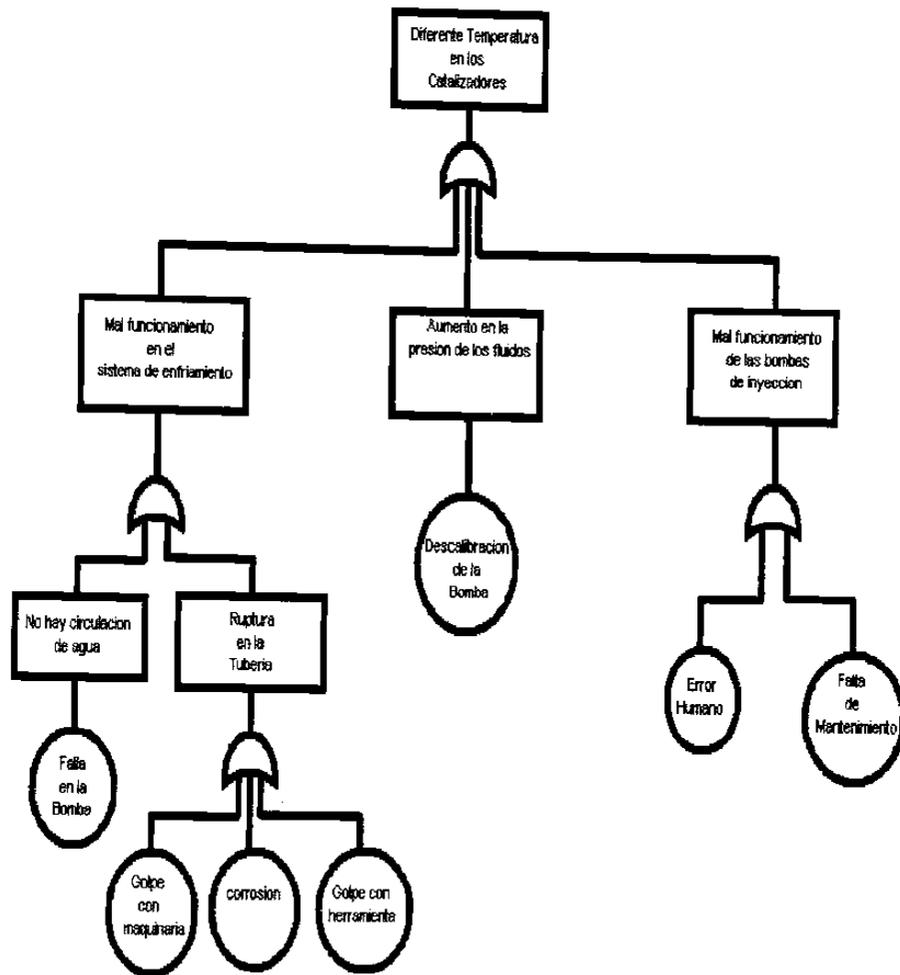


DIAGRAMA 5.11 DIFERENTE TEMPERATURA EN LOS CATALIZADORES

### 5.3.6 Separación de gas de alta presión

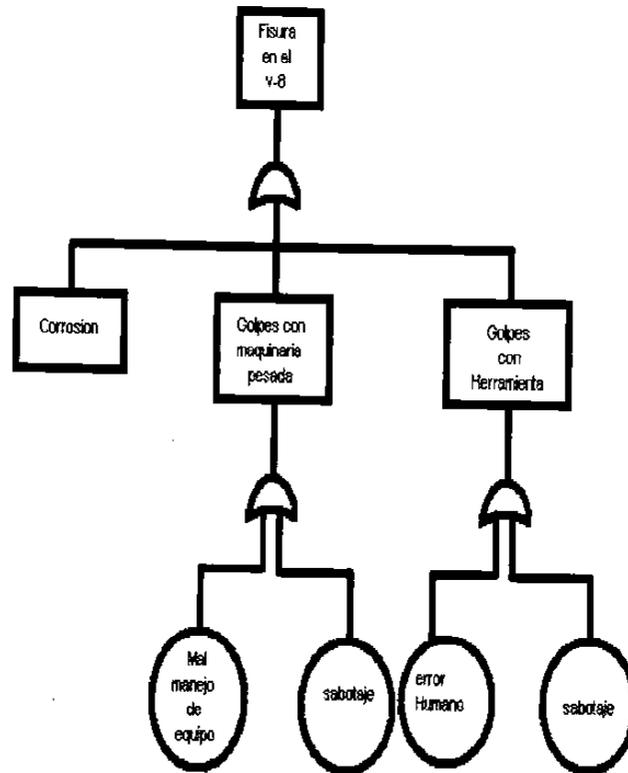


DIAGRAMA 5.12 FISURA EN EL V- 8

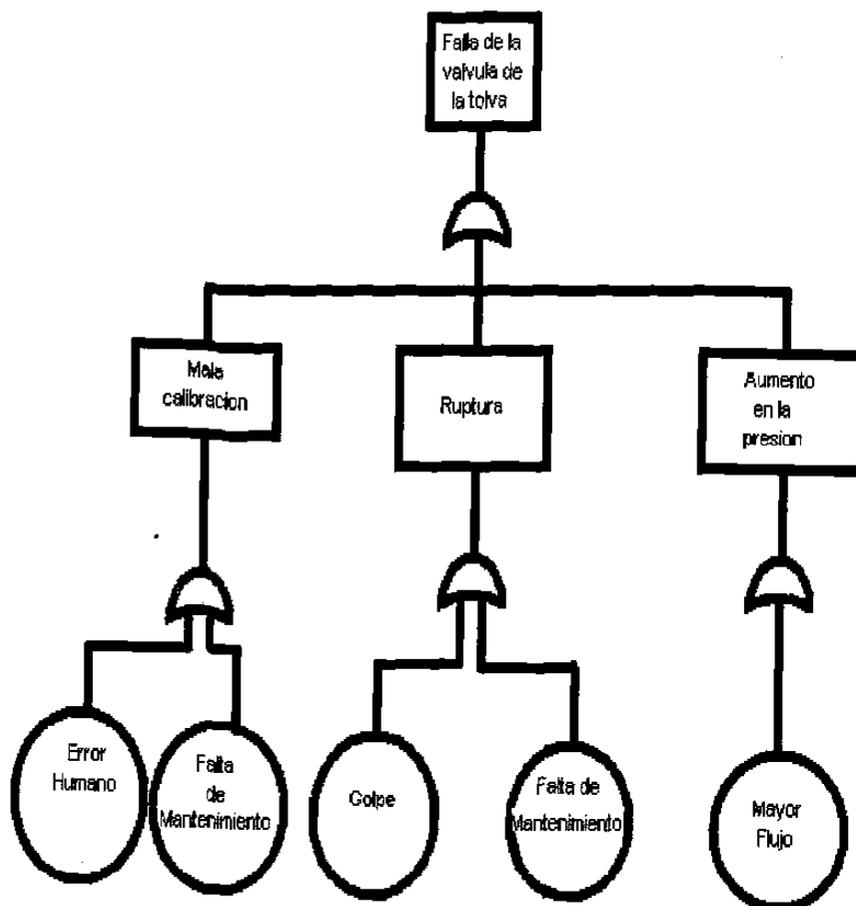


DIAGRAMA 5.13 FALLA DE LA VÁLVULA DE LA TOLVA

## 5.3.7 Separador de gas de baja presión

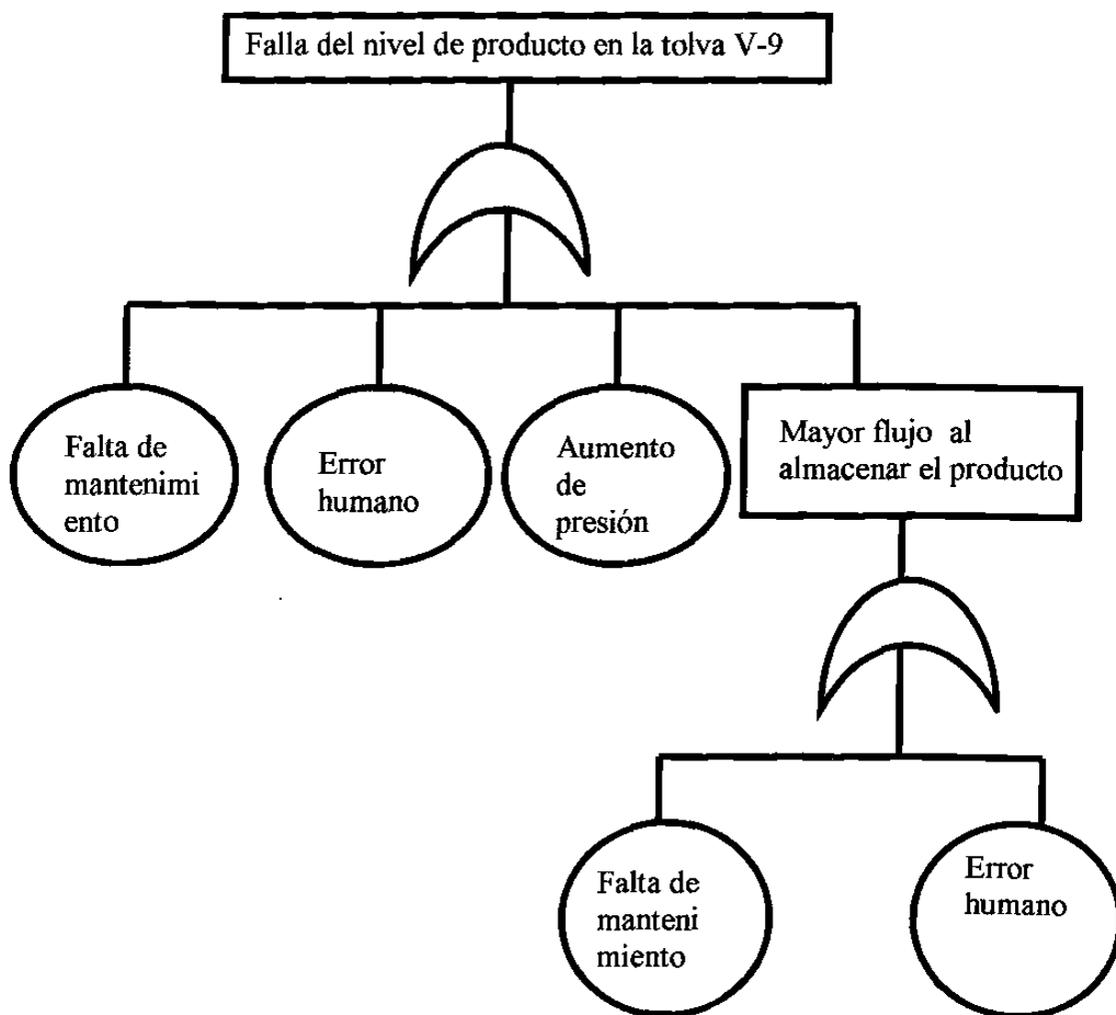


DIAGRAMA 5.14 FALLA EL NIVEL DE PRODUCTO EN LA TOLVA V - 9

### 5.3.8 Extrusión y corte del producto

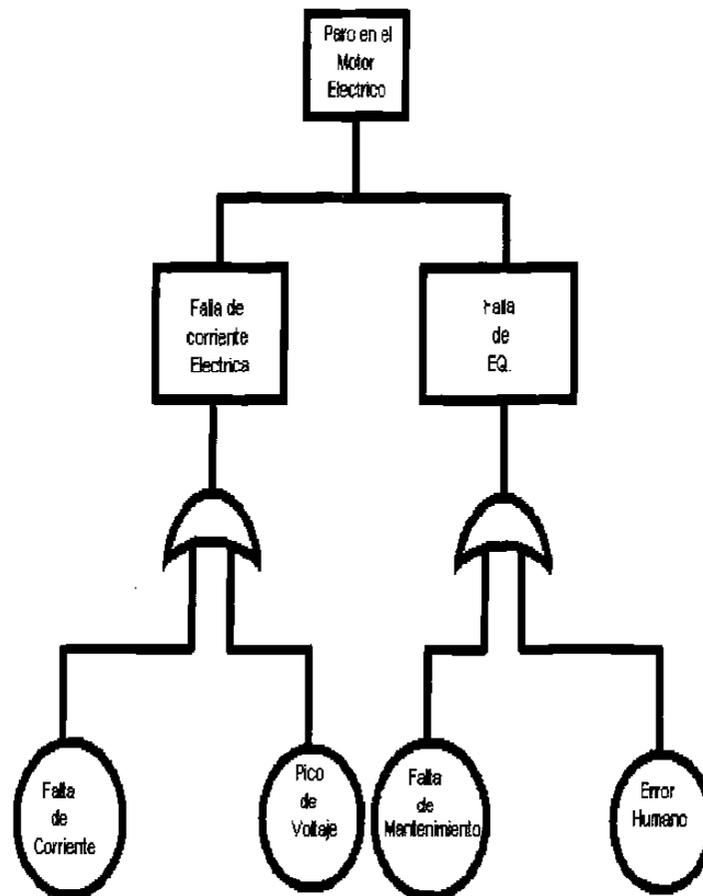


DIAGRAMA 5.15 PARO EN EL MOTOR ELECTRICO DE EXTRUSIÓN

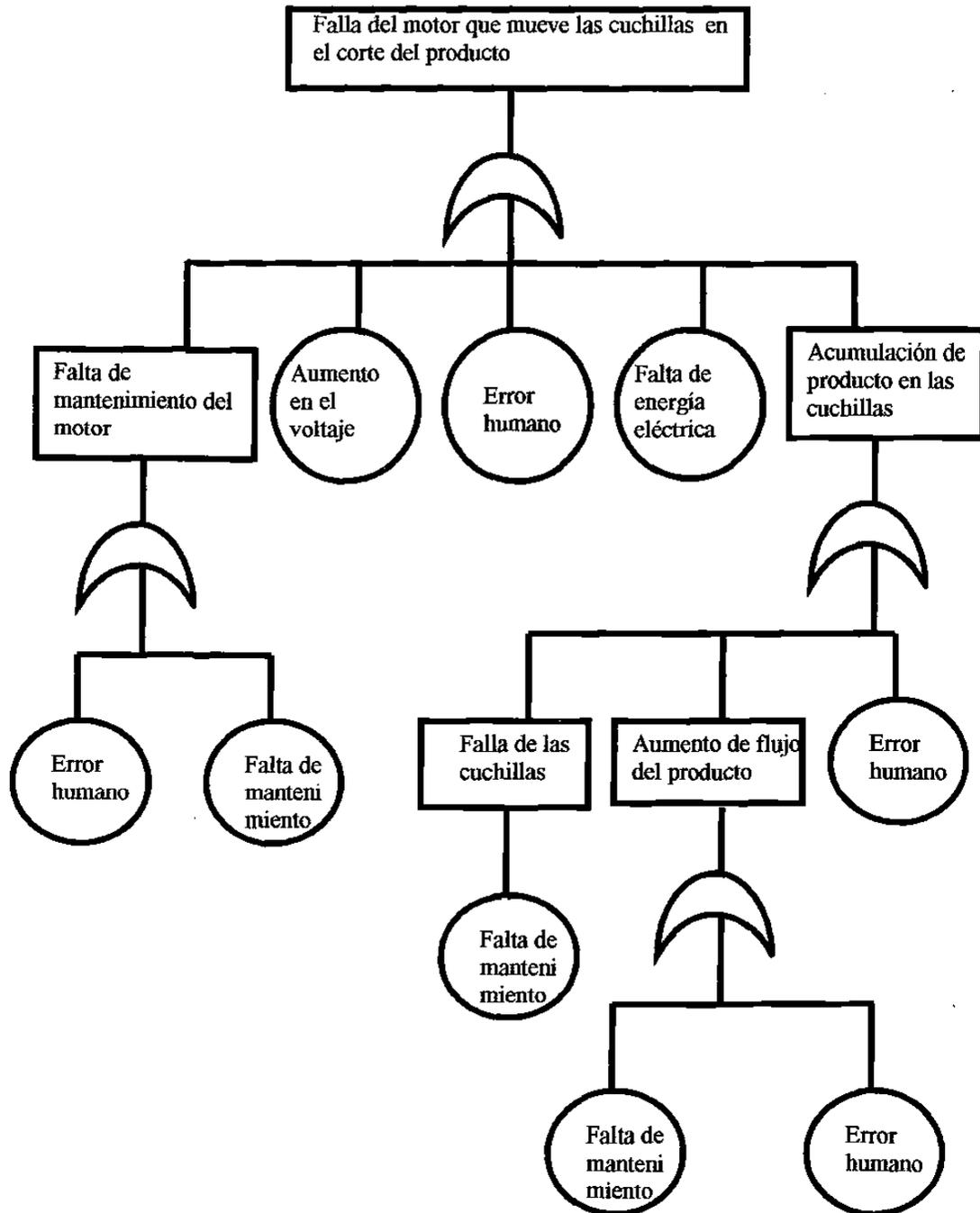


DIAGRAMA 5.16 FALLA DEL MOTOR EN EL CORTE DEL PRODUCTO

## 5.3.9 Compresor booster

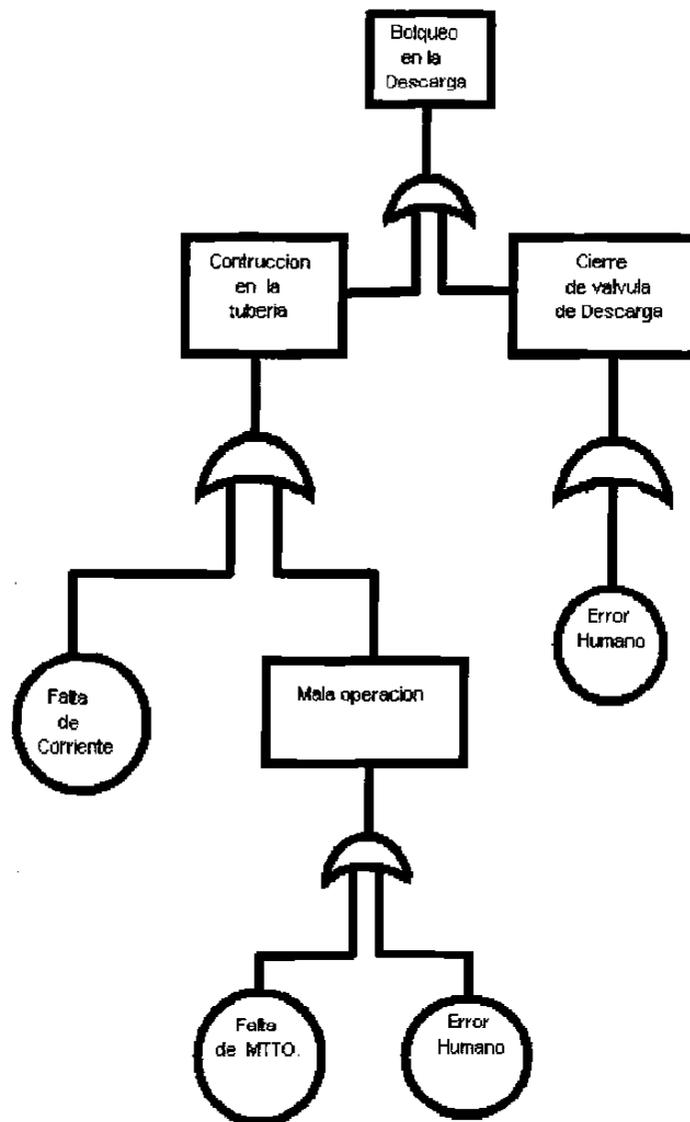


DIAGRAMA 5.17 BLOQUEO EN LA DESCARGA DEL COMPRESOR BOOSTER

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

Se realizo un análisis de riesgo en la planta de polietileno de baja densidad para determinar la identificación de riesgos y sus causas, así como, también se determinaron algunas pérdidas económicas en las secciones de la planta ocasionadas por algún accidente o incidente.

De acuerdo al análisis de riesgo se demostró que no existe un gran riesgo en la compresión secundaria del proceso debido a que si existe una explosión solo se daña el compresor y no ocasiona ningún daño físico a cualquier otra sección de la planta o del complejo, pero si ocasiona una gran perdida económica debido al tiempo de reparación

de la maquina, o daño total de la máquina ocasionado por una explosión en el compresor.

La sección de mayor riesgo estaría situada en la sección de polimerización ya que si existiera alguna fisura en el reactor podría ocasionar una fuga de etileno e incendio ya que se trabaja con altas presiones y elevadas temperaturas. Al aumentar la temperatura podría ocasionar una explosión debido a la descomposición del etileno que es la principal materia prima, en varios elementos químicos como carbono y metano o carbono e hidrógeno.

## 6.2 Recomendaciones

### 6.2.1 Seguridad industrial

Dar seguimiento en el área de operación, la aplicación de la inspección completa en equipos críticos de Equipos de protección personal y accesorios como: herramientas eléctricas y manuales, escaleras portátiles y andamios, manejo de gases comprimidos, guardas en bridas contra fugas, material para neutralizar derrames, equipos y botiquines de primeros auxilios y diques de contención de derrames.

Darle seguimiento a la supervisión que realizan los comités de seguridad, en el área de operación.

## 6.2.2 Seguridad en procesos

Llevar acabo la actualización del análisis de riesgo siempre que se realice la integración de nuevos procesos o modificación del mismo (administración del cambio).

Darle seguimiento al procedimiento que indica que cada que se realice una modificación en el diseño u operación de la instalación original se debe documentar tal actividad y procurar que tal escrito quede archivado por el área de seguridad industrial y protección ambiental (SIASPA), para tener el respaldo que confirme tal cambio.

Continuar con la difusión de los procedimientos de paro de emergencia que realiza el área operativa y de mantenimiento, donde se incluyen las propiedades y riesgos de los materiales y acciones de primeros auxilios, así como donde se especifican las desviaciones que puedan causar la emergencia y se describen las acciones para corregir la desviación y los sistemas de seguridad.

Continuar con el programa de entrenamiento de operadores, donde se encuentran incluidas las medidas de prevención para incidentes y accidentes, si como primeros auxilios.

Mantener en cada planta de la petroquímica, principalmente en el área de mantenimiento y operación, los programas de entrenamiento para personal huésped, como contratistas u otros.

Integrar al programa de mantenimiento, programas específicos para el mantenimiento de edificios y estructuras, que especifique las indicaciones de seguridad para la realización del trabajo.

### 6.2.3 Sistemas y equipos de respuesta

Instalar detectores de fugas de materiales riesgosos y detectores de fuego en las estaciones de carga y descarga en áreas de proceso.

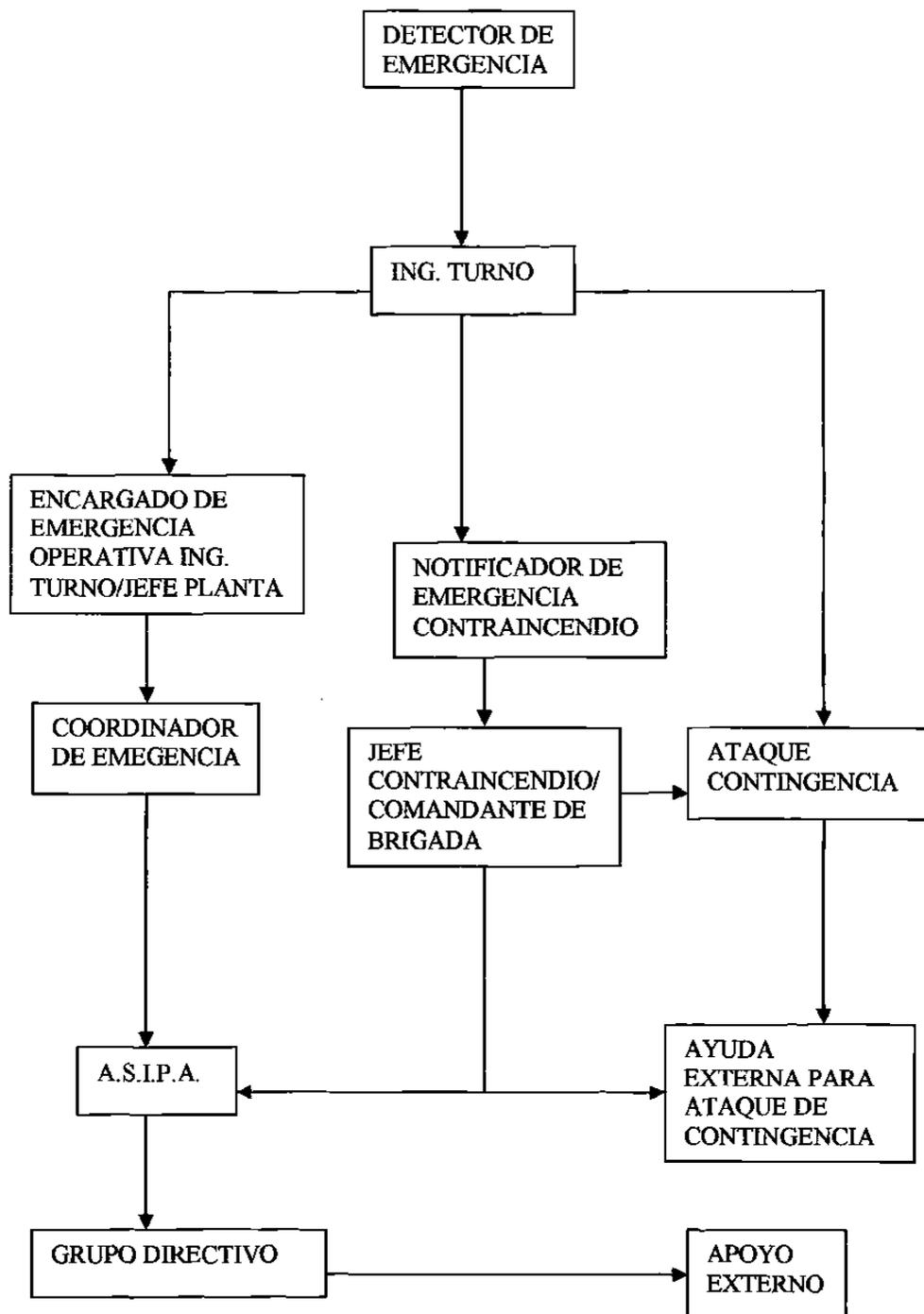
Mantener activadas y en buenas condiciones las regaderas de emergencia.

Continuar con la supervisión que se realiza a los extintores para verificar que tienen colocados la etiqueta que indica el registro de fechas de adquisición y su recarga.

Incluir en los botiquines de primeros auxilios indicaciones precisas para atender los contactos y/o exposiciones con materiales riesgosos.

## ANEXO 1

## UNIDAD DE RESPUESTA A EMERGENCIA (URE)



## ANEXO 2

### DATOS SOBRE LA SEGURIDAD EN EL MANEJO DE PEROXIDOS ORGANICOS

#### Peligros potenciales

##### **Incendio o explosión**

- Puede explotar por calor, choque, fricción o contaminación.
- Puede encender otros materiales combustibles.
- Puede incendiarse por calor, chispas o flamas.
- Puede arder rápidamente con el efecto de una bengala encendida.
- Los contenedores pueden explotar cuando se calientan.
- La fuga resultante del control puede crear incendio o peligro de explosión.

##### **A la salud**

- El fuego puede producir gases irritantes, corrosión y/o tóxicos.
- La ingestión o contacto con la sustancia, puede causar severas lesiones o quemaduras de piel y ojos.

##### **Seguridad publica**

- Aísle el área del derrame o fuga inmediatamente o por lo menos 25 a 50 metros a la redonda.
- Mantenga alejado el personal no autorizado.
- Permanezca en dirección del viento.
- Mantengase alejado de las áreas bajas.

**Ropa protectora**

- Use el equipo de aire autónomo de presión positiva.
- Use ropa protectora contra productos químicos.
- El traje para bomberos profesionales proporcionará solamente protección limitada.

**Evacuación**

- Considere la evacuación inicial de por lo menos 250 metros (derrame grande).
- Aisle a la redonda a 800 metros a la redonda; también, considere la evacuación inicial a la redonda a 800 metros (incendio).

**Respuesta de emergencia****Fuego**Incendios pequeños

- Polvos químicos secos, CO<sub>2</sub>, rocío de agua o espuma regular.

Incendios grandes

- Inunde el área de incendio con agua a distancia.
- No usar chorros rectos.
- Mueva los condensadores del área de fuego si lo puede hacer sin ningún riesgo.
- Combatir el incendio desde una distancia máxima o utilice soportes fijos para mangueras o chiflones reguladores.
- Enfríe los contenedores con chorros de agua hasta mucho después de que el fuego se haya extinguido.
- Siempre mantenerse alejado de los extremos de los tanques.

**Derrame o fuga**

- Eliminar todas las fuentes de ignición.
- Mantener los materiales combustibles lejos del material derramado.

- No tocar los contenedores dañados o el materia derramado, a menos que esté usando la ropa protectora adecuada.
- Detener la fuga, en caso de poder hacerlo sin riesgo.

### **Primeros auxilios**

- Mueva a la víctima a donde se respire aire fresco.
- Llamar a los servicios médicos de emergencia.
- Aplicar respiración artificial si la víctima no respira.
- Suministrar oxígeno si respira con dificultad.
- Quitar y aislar la ropa y el calzado contaminados.
- En caso de contacto con la sustancia, enjuagar inmediatamente la piel o los ojos con agua corriente por lo menos durante 20 minutos.
- Mantener a la víctima en reposo y con temperatura corporal normal.

## ANEXO 3

### DATOS SOBRE LA SEGURIDAD EN EL MANEJO DE HIDROGENO, PROPANO, PROPILENO Y ETANOL.

#### Peligros potenciales

##### **Incendio o explosión**

- Extremadamente inflamable.
- Se encenderá fácilmente por calor, chispa o flamas.
- Formará mezclas explosivas con el aire.
- Los vapores pueden viajar a una fuente de incendio y regresar en flamas.
- Los contenedores pueden explotar cuando se calientan.
- Los cilindros con rupturas pueden proyectarse.

##### **A la salud**

- Los vapores pueden causar mareos o asfixia sin advertencia.
- Algunos pueden ser irritantes si se inhalan en altas concentraciones.
- El fuego puede producir gases irritantes o tóxicos.

#### Seguridad publica

- Aísle el área del derrame o fuga inmediatamente o por lo menos 25 a 50 metros a la redonda.
- Mantenga alejado el personal no autorizado.
- Permanezca en dirección del viento.
- Mantengase alejado de las áreas bajas.

### **Ropa protectora**

- Use el equipo de aire autónomo de presión positiva.
- El traje para bomberos profesionales proporcionará solamente protección limitada.
- Use siempre ropa de protección térmica cuando maneje líquidos criogénicos o refrigerados.

### **Evacuación**

- Considere la evacuación inicial a favor del viento por lo menos 800 metros (derrame grande).
- Aisle a la redonda a 1600 metros también, considere la evacuación inicial a la redonda a 1600 metros (incendio).

### **Respuesta de emergencia**

#### **Fuego**

- No extinga un incendio de fuga de gas a menos que la fuga pueda ser detenida.

#### Incendios pequeños

- Polvos químicos secos o CO<sub>2</sub>.

#### Incendios grandes

- Use rocío de agua o niebla.
- Mueva los contenedores del área de fuego si lo puede hacer sin ningún riesgo.

#### Incendio que involucra tanques

- Combatir el incendio desde una distancia máxima o utilice soportes fijos para mangueras o chiflones reguladores.
- Enfríe los contenedores con chorros de agua hasta mucho después de que el fuego se haya extinguido.
- Siempre mantenerse alejado de los extremos de los tanques.
- No ponga agua directamente a la fuente de la fuga o mecanismos de seguridad; puede ocurrir congelamiento.

- Retírese inmediatamente si sale un sonido creciente de los mecanismos de seguridad de las ventilas, o si el tanque se empieza a decolorar.

### **Derrame de fuga**

- Eliminar todas las fuentes de ignición.
- Todo el equipo que se use durante el manejo del producto, deberá estar conectado eléctricamente a tierra.
- No tocar ni caminar sobre el material derramado.
- Detenga la fuga, en caso de poder hacerlo sin riesgo.
- Use rocío de agua para reducir los vapores; o desviar la nube de vapor a la deriva.
- Prevenga la expansión de vapores a través de las alcantarillas, sistemas de ventilación y áreas confinadas.
- Aisle el área hasta que el gas se haya dispersado.

**Precaución:** Cuando se esta en contacto con líquidos criogénicos/refrigerados, muchos materiales se vuelven quebradizos y es probable que se rompan sin ningún aviso.

### **Primeros auxilios**

- Mueva a la victima a donde se respire aire fresco.
- Llamar a los servicios médicos de emergencia.
- Aplicar respiración artificial si la victima no respira.
- Suministrar oxigeno si respira con dificultad.
- Quitar y aislar la ropa y el calzado contaminados.
- En caso de contacto con la substancia, enjuagar inmediatamente la piel o los ojos con agua corriente por lo menos durante 20 minutos.
- Mantener a la victima en reposo y con temperatura corporal normal.

## ANEXO 4

### DATOS SOBRE LA SEGURIDAD EN EL MANEJO DE ETILENO

#### Peligros potenciales

##### **Incendio o explosión**

- Extremadamente inflamable.
- Se encenderá fácilmente por calor, chispa o flamas.
- Formara mezclas explosivas con el aire.
- El silano puede encenderse espontáneamente al contacto con el aire.
- Algunos pueden polimerizarse explosivamente cuando se calientan o se involucran en un incendio.
- Los vapores de gas licuado son inicialmente mas pesados que el aire y se esparcen a través del piso.
- Los vapores pueden viajar a una fuente de incendio y regresar en flamas.
- Los contenedores pueden explotar cuando se calientan.
- Los cilindros con rupturas pueden proyectarse.

##### **A la salud**

- Los vapores pueden causar mareos o asfixia sin advertencia.
- Algunos pueden ser tóxicos si se inhala en altas concentraciones.
- El contacto con el gas o el gas licuado puede causar quemaduras, lesiones severas y/o quemaduras por congelación.
- El fuego puede producir gases irritantes o tóxicos.

## Seguridad pública

- Aisle el área del derrame o fuga inmediatamente a por lo menos 100 metros a la redonda.
- Mantener alejado el personal no autorizado.
- Permanezca en dirección del viento.
- Mantengase alejado de las áreas bajas.

## Ropa protectora

- Use el equipo de aire autónomo de presión positiva.
- El traje para bomberos profesional proporcionará solo protección limitada.

## Evacuación

- Considere la evacuación inicial a favor del viento de por lo menos 800 metros (derrame grande).
- Aisle a la redonda 1600 metros también, considere la evacuación inicial a la redonda a 1600 metros.

## Respuesta de emergencia

### Fuego

- No extinga un incendio de fuga de gas a menos que la fuga pueda ser detenida.

### Incendios pequeños

- Polvos químicos secos o CO<sub>2</sub>.

### Incendios grandes

- Use rocío de agua o niebla.
- Mueva los contenedores del área de fuego si lo puede hacer sin ningún riesgo.

### Incendio que involucra tanques

- Combatir el incendio desde una distancia máxima o utilice soportes fijos para mangueras o chiflones reguladores.
- Enfríe los contenedores con chorros de agua hasta mucho después de que el fuego se haya extinguido.
- Siempre mantenerse alejado de los extremos de los tanques.
- No ponga agua directamente a la fuente de la fuga o mecanismos de seguridad; puede ocurrir congelamiento.
- Retírese inmediatamente si sale un sonido creciente de los mecanismos de seguridad de las ventilas, o si el tanque se empieza a decolorar.

### **Derrame de fuga**

- Eliminar todas las fuentes de ignición.
- Todo el equipo que se use durante el manejo del producto, deberá estar conectado eléctricamente a tierra.
- Detenga la fuga en caso de poder hacerlo sin riesgo.
- No tocar ni caminar sobre el material derramado.
- No ponga agua directamente al derrame o fuente de la fuga.
- Use rocío de agua para reducir los vapores; o desviar la nube de vapor a la deriva.
- Si es posible, voltee los contenedores que presenten fugas para que escapen los gases en lugar del líquido.
- Prevenga la entrada hacia vías navegables, alcantarillas, sótanos o áreas confinadas.
- Aisle el área hasta que el gas se haya dispersado.

**Primeros auxilios**

- Mueva a la víctima a donde se respire aire fresco.
- Llamar a los servicios médicos de emergencia.
- Aplicar respiración artificial si la víctima no respira.
- Suministrar oxígeno si respira con dificultad.
- Quitar y aislar la ropa y el calzado contaminados.
- En caso de contacto con gas licuado, descongelar las partes con agua tibia.
- Mantener a la víctima en reposo y con temperatura corporal normal.

## BIBLIOGRAFÍA

Los siguientes libros, manuales y páginas de Internet son los que se utilizaron para la realización de la tesis.

David A. Walker

Servicios en ecología aplicada S.A. De C.V.

JBF Asociados, Inc.

1992

Dupont México

Principio de la mejora continua

Primera edición

2001

Estación meteorológica de Tuxpan, Veracruz

2002

Petroquímica Escolin S.A. de C.V.

Curso sobre la implantación y seguimiento del sistema de administración integral

PASSO

1999

Petroquímica Escolin S.A de C.V.

Manual de inducción

2001

Petroquímica Escolin S.A. de C.V.  
Manual de operación de la planta  
1999

[www.inegi.com](http://www.inegi.com)

[www.pozarica.gob.mx](http://www.pozarica.gob.mx)

[www.ayuntamiento.pozarica.gob.mx](http://www.ayuntamiento.pozarica.gob.mx)

[www.desreg.ver.gob.mx/veracruz/mpios/30040a.html](http://www.desreg.ver.gob.mx/veracruz/mpios/30040a.html)

[www.semarnap.gob.mx/naturaleza/emergencias/incendios/pronocli-lp.html#tabla](http://www.semarnap.gob.mx/naturaleza/emergencias/incendios/pronocli-lp.html#tabla)

[www.elbalero.gob.mx/explora/html/veracruz/geografia.html](http://www.elbalero.gob.mx/explora/html/veracruz/geografia.html)

[www.angelfire.com/ca/raysalas/COATZINTLA.html](http://www.angelfire.com/ca/raysalas/COATZINTLA.html)

## LISTADO DE TABLAS

2.1 Tipos de catalizadores	11
3.1 Vegetación predominante en la región	25
3.2 Especies de fauna predominante en la región	26
3.3 Temperaturas promedio predominantes en la región	28

## LISTADO DE DIAGRAMAS

Diagrama de la planta de polietileno de baja densidad	22
Diagrama de comunicación con el sistema de enfriamiento	23
Aumento de la presión en la llegada de etileno	49
Falla de la válvula	50
Aumento en el flujo	51
Bloqueo en las líneas del compresor primario	52
Falla del ajuste de velocidad	53
Bloqueo en las líneas de descarga del compresor secundario	54
Cierre de la válvula al estar en operación el reactor	55
Falla de la válvula de control	55
Fisura en el reactor V-7	56
Mal control de la temperatura	57
Diferente temperatura en los catalizadores	58
Fisura en el V-8	59
Falla de la válvula de la tolva	60
Falla del nivel de producto en la tolva V-9	61
Paro en el motor eléctrico	62
Falla en el motor que mueve a las cuchillas de corte del producto	63
Bloqueo en la descarga del compresor booster	64

## GLOSARIO

**Accidente:** Secuencia inesperada de eventos que va acompañada de consecuencias indeseables.

**Casi-accidente:** secuencia inesperada de eventos que podía haber resultado en consecuencias indeseables pero no lo hizo.

**Catalizador:** Es una sustancia que sin estar permanentemente involucrada en la reacción incrementa la velocidad con la que una transformación química se aproxima al equilibrio.

**Etileno:** Es el miembro mas simple de los alquenos. Es un gas incoloro y con un olor agradable.

**Hidrocarburo:** Es un compuesto de carbono que esta constituido únicamente por carbono y hidrógeno.

**Incidente:** Secuencia inesperada de eventos con potencial de acarrear con consecuencias indeseables.

**PASSO:** Protección ambiental, seguridad y salud ocupacional.

**Peróxidos orgánicos:** Sustancias químicas térmicamente inestables que pueden sufrir una descomposición exotérmica auto acelerada además puede ser susceptible de descomposición explosiva, arder rápidamente, sensible a choque o fricciones y causar daños a la vista.

**Polietileno:** Es un polímero. Es el plástico mas popular.

**Polimerización:** Es una de las reacciones mas comunes y útiles para la obtención de polímeros.

**Propileno:** Subproducto de la producción de etileno en procesos petroquímicos. Se usa en la producción de polipropileno, copolímeros y oxido de propileno.

**Reacción exotérmica:** Cuando el sistema da energía al medio que lo rodea, el sistema pierde energía para que se produzca la reacción, se dice que el sistema cede o libera calor.

**Riesgo:** Incertidumbre de la ocurrencia de un suceso con efectos negativos y de la magnitud de dichos efectos.

**Riesgo de trabajo:** Se define como los accidentes y enfermedades a que están expuestos los trabajadores en ejercicio o con motivo del trabajo.

**SIASPA:** Sistema integral de administración, seguridad y protección ambiental.

**Sustancias peligrosas:** Es aquella que presenta un alto riesgo para la salud por tener las características o propiedades de ser corrosiva, irritante, tóxica, radiactiva, inflamable, explosiva y otra que pueda causar daño a la salud.

## AUTOBIOGRAFÍA

Ing. José Gaspar San Martín López

Candidato para el grado de:

**Maestro en Ciencias de la Administración con especialidad en producción y calidad**

Tesis:

**Identificación de riesgos en plantas de polietileno de baja densidad**

Campo de estudio: Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

Datos personales: Nació en la ciudad de Poza Rica de Hidalgo, Veracruz el día 22 de Septiembre de 1976.

Hijo de: Gaspar San Martín Espinosa y Maria de la Luz López Sosa

Estudios: Egresado de la Universidad Autónoma de Nuevo León de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica en Enero del año 2000 de la carrera de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones.

Experiencia laboral: En seguridad Industrial en el Complejo Petroquímico Escolín S.A. de C.V., además como maestro en la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

