

50521  
42



**Universidad Nacional Autónoma  
De México**

Facultad de Estudios Superiores Zaragoza

**INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO TÉRMICO  
PARA LA DESTRUCCIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS  
ORGANICOS EN MÉXICO**

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO QUIMICO  
P R E S E N T A:  
JUAN MARTINEZ AVILA

ASESOR DE TESIS: I.Q. JUAN ANTONIO DAVILA GORDILLO

JILOTEPEC, EDO DE MÉXICO

2003

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

A



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# **TESIS CON FALLA DE ORIGEN**

# PAGINACIÓN DISCONTINUA

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



**FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES ZARAGOZA**

**JEFATURA DE LA CARRERA  
DE INGENIERIA QUIMICA**

**OFICIO: FESZ/JCIQ/046/03**

**ASUNTO: Asignación de Jurado**

**ALUMNO: MARTÍNEZ AVILA JUAN**  
**P r e s e n t e .**

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

<b>Presidente:</b>	<b>I.Q. Eduardo Vázquez Zamora</b>
<b>Vocal:</b>	<b>I.Q. Juan Antonio Dávila Gordillo</b>
<b>Secretario:</b>	<b>M. en C. Andrés Aquino Canchola</b>
<b>Suplente:</b>	<b>I.Q. Julio Félix Martínez Reyes</b>
<b>Suplente:</b>	<b>I.Q. Juan Carlos Prieto López</b>

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

**A T E N T A M E N T E**  
**“POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU”**  
México, D. F., 10 de Abril de 2003

**EL JEFE DE LA CARRERA**

**M. en C. ANDRÉS AQUINO CANCHOLA**



**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



## INDICE GENERAL

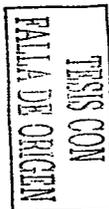
### Página

1.1	<b>INTRODUCCIÓN</b>	1-1
	<b>PRINCIPALES FUENTES GENERADORAS DE RESIDUOS PELIGROSOS EN MÉXICO</b>	
1.1.1.	<b>OPERACIONES Y PROCESOS UNITARIOS Y CLASIFICACION DE RESIDUOS POR SU ESTADO FÍSICO</b>	1-4
1.1.1.1.	Absorción	1-5
1.1.1.2.	Adsorción	1-5
1.1.1.3.	Centrifugación	1-5
1.1.1.4.	Condensación	1-7
1.1.1.5.	Cristalización	1-8
1.1.1.6.	Decantación.	1-9
1.1.1.7.	Decapado	1-9
1.1.1.8.	Destilación	1-10
1.1.1.9.	Electrodeposición	1-11
1.1.1.10.	Evaporación	1-12
1.1.1.11.	Extracción	1-12
1.1.1.12.	Filtración	1-14
1.1.1.13.	Flotación	1-14
1.1.1.14.	Fundición	1-15
1.1.1.15.	Intercambio iónico	1-15
1.1.1.16.	Molienda	1-16
1.1.1.17.	Prensado	1-16
1.1.1.18.	Reacción	1-17
1.1.1.19.	Secado	1-18
1.1.1.20.	Sedimentación	1-19
1.1.1.21.	Teñido	1-19
1.1.1.22.	Tratamiento de aguas	1-20
1.2	<b>MANEJO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS EN MÉXICO</b>	1-21
1.2.1.	Infraestructura existente	1-22
1.2.2.	Limitaciones y Obstáculos Institucionales	1-25
1.3.	Sitios contaminados y pasivos ambientales por residuos peligrosos	1-26
1.3.1.	Sitios identificados de disposición inadecuada de residuos peligrosos	1-26

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

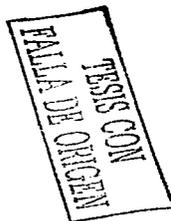


<b>2.0</b>	<b>ASPECTOS JURIDICOS Y NORMATIVOS</b>	<b>2-1</b>
2.1.	Gestión para la regulación de Licencias y Permisos.	2-2
2.2.	Normatividad para el manejo de los residuos peligrosos.	2-3
2.3.	Estándares, códigos de diseño de los equipos	2-12
<b>3.0</b>	<b>DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO</b>	<b>3-1</b>
3.1.	Ubicación de la planta	3-1
3.2.	PROCESO	3-3
3.2.1.	descripción detallada del proceso para incinerar residuos peligrosos	3-3
3.2.2.	<b>SISTEMA DE ALIMENTACION</b>	<b>3-3</b>
3.2.2.1.	Manejo de los residuos del área de almacenamiento a la zona de incineración.	3-3
3.2.2.2.	Residuos sólidos industriales y lodos no bombeables.	3-6
3.2.2.3.	Residuos líquidos industriales	3-6
3.2.2.4.	Residuos acuosos industriales	3-6
3.2.2.5.	Residuos de Recortes de Perforación y/o tierras contaminadas	3-6
3.2.3.	<b>SISTEMA DE COMBUSTIÓN</b>	<b>3-6</b>
3.2.3.1.	Horno Rotatorio a Contracorriente (cámara de combustión primaria).	3-6
3.2.3.2.	Cámara de Combustión Secundaria (CCS).	3-7
3.2.3.3.	Sistema de Alivio para Emergencias (SAE)	3-7
3.2.3.4.	Sistemas de combustible	3-8
3.2.4.	<b>SISTEMA DE LAVADO DE GASES</b>	<b>3-8</b>
3.2.5.	<b>SISTEMA DE GENERACION DE CENIZAS O TIERRAS TERMOTRATADAS</b>	<b>3-8</b>
3.2.5.1.	Manejo de Cenizas o Tierras Termotratadas.	3-11
3.3.	<b>ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO</b>	<b>3-14</b>
3.3.1.	Cuarto de control.	3-15
3.3.2.	Instrumentación.	3-15
3.3.3.	Especificaciones de los principales elementos del sistema de instrumentación.	3-16
3.4.	<b>MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS DENTRO DEL ALMACÉN</b>	<b>3-17</b>
3.4.1.	Envase y embalaje de residuos peligrosos	3-17
3.4.2.	Mercado y Etiquetado de Recipientes	3-18
3.4.3.	Estiba y desestiba de materiales	3-19
3.4.4.	Prevención de derrames.	3-20
3.4.5.	Ventilación	3-21
3.5.	<b>SUSTANCIAS INVOLUCRADAS EN EL PROCESO</b>	<b>3-22</b>
3.5.1.	Componentes Riesgosos.	3-23
3.5.1.1.	Inventario de residuos, descripción y caracterización	3-23
3.5.2.	<b>RIESGO PARA LA SALUD.</b>	<b>3-24</b>
3.5.2.1.	<b>COMPUESTOS DE ARSÉNICO.</b>	<b>3-24</b>
3.5.2.2.	<b>PLAGUICIDAS CLORADOS.</b>	<b>3-25</b>





3.5.2.3.	<b>BIFENILOS POLICLORADOS (PCBs), TERFENILOS POLICLORINADOS Y DIOXINAS.</b>	<b>3-26</b>
3.5.2.4.	<b>N-HEXANO.</b>	<b>3-27</b>
3.5.2.5.	<b>HIDROCARBUROS AROMÁTICOS (BENCENO, XILENO, TOLUENO Y FENOL)</b>	<b>3-28</b>
3.5.2.6.	<b>METALES PESADOS (Iodos).</b>	<b>3-30</b>
3.5.2.7.	<b>DERIVADOS HALOGENADOS DE LOS HIDROCARBUROS ALIFÁTICOS.</b>	<b>3-33</b>
3.5.2.8.	<b>ALDEHIDOS ALIFATICOS SATURADOS.</b>	<b>3-34</b>
3.5.2.9.	<b>PEROXIDOS ORGANICOS.</b>	<b>3-36</b>
3.5.2.10.	<b>G.L.P. (Hidrocarburos Alifáticos Saturados)</b>	<b>3-38</b>
3.5.3.	<b>Productos de la combustión.</b>	<b>3-39</b>
3.5.3.1.	<b>En el proceso:</b>	<b>3-39</b>
3.5.3.2.	<b>En el almacén:</b>	<b>3-39</b>
3.5.3.3.	<b>Inflamabilidad.</b>	<b>3-40</b>
3.5.4.	<b>Datos de reactividad.</b>	<b>3-41</b>
3.5.4.1.	<b>Estabilidad de las sustancias.</b>	<b>3-41</b>
3.5.4.2.	<b>Condiciones a evitar.</b>	<b>3-41</b>
3.5.4.3.	<b>Incompatibilidad. (sustancias a evitar).</b>	<b>3-42</b>
3.6.	<b>CINÉTICA DE LAS REACCIONES EN EL PROCESO</b>	<b>3-43</b>
3.6.1.	<b>Reacción térmica del suelo</b>	<b>3-44</b>
3.6.2.	<b>REACCIONES A TEMPERATURA BAJA</b>	<b>3-45</b>
3.6.3.	<b>Reacciones a temperatura intermedia</b>	<b>3-45</b>
3.6.4.	<b>Reacciones a Temperatura Alta</b>	<b>3-46</b>
3.7.	<b>ARREGLO GENERAL DE LA PLANTA</b>	<b>3-47</b>
3.7.1.	<b>Diseño civil y estructural</b>	<b>3-48</b>
3.7.2.	<b>Torre de Alimentación</b>	<b>3-48</b>
3.7.3.	<b>Chimenea ESTÉR.</b>	<b>3-48</b>
3.7.4.	<b>Escalera de torre de cenizas.</b>	<b>3-48</b>
3.7.5.	<b>Estructura del enfriador de ceniza.</b>	<b>3-48</b>
3.7.6.	<b>Chimenea del FRP</b>	<b>3-48</b>
3.7.7.	<b>Sistemas redundantes de servicios.</b>	<b>3-48</b>
4.0	<b>ETAPA DE CONSTRUCCION E INSTALACION DE LA UNIDAD</b>	<b>4-1</b>
4.1	<b>Tramites</b>	<b>4-1</b>
4.2.	<b>Ingeniería.</b>	<b>4-1</b>
4.2.1	<b>Etapa de preparación del sitio y construcción.</b>	<b>4-1</b>
4.2.2.	<b>Equipo utilizado (transporte).</b>	<b>4-2</b>
4.2.3	<b>Materiales.</b>	<b>4-3</b>
4.2.4.	<b>Obras provisionales y servicios de apoyo.</b>	<b>4-3</b>
4.2.4.1.	<b>Electricidad.</b>	<b>4-3</b>
4.2.4.2.	<b>Combustible.</b>	<b>4-4</b>
4.2.4.3.	<b>Agua.</b>	<b>4-4</b>
4.2.4.4.	<b>Consumo de servicios</b>	<b>4-5</b>





4.2.4.5.	Residuos generados.	4-5
4.3.	Personal utilizado.	4-6
4.4	Almacenamiento.	4-8
4.4.1	Dimensiones de los Edificios de Almacenamiento.	4-9
4.4.1.1	Edificio para residuos industriales peligrosos.	4-9
4.4.1.2.	Area de Tanques de almacenamiento de residuos líquidos industriales.	4-9
4.4.1.3.	Edificio de almacenamiento de cenizas.	4-9
4.4.1.4	Edificio para recortes de perforación.	4-9
4.4.1.5	Edificio de almacenamiento de tierras temotrataadas.	4-10
4.4.1.6	Lineamientos generales de almacenamiento.	4-10
4.5.	Características clave en el diseño y operación de la instalación del sistema.	4-11
4.5.1.	Recepción de residuos y procedimientos de manejo.	4-11
4.5.2.	Salud y Seguridad Ocupacional.	4-11
4.5.3.	Construcción.	4-12
4.5.4.	Laboratorio Analítico	4-12
4.6.	relleno sanitario	4-13
5.0	<b>EVALUACION DE RIESGOS.</b>	5-1
5.1.	Identificación de Riesgos.	5-1
5.2	Simulación de Riesgo.	5-2
5.2.1	Modelación de consecuencias por fugas y derrames del Sistema de Tratamiento Térmico, proyecto a instalar en Jilotepec, Estado de México	5-2
5.2.1.1	Fuga de gas natural en tubería de alimentación al quemador principal.	5-3
5.2.1.2	Fuga de gas LP en tubería de alimentación al quemador del SSE.	5-4
5.2.1.3	Fuga de residuos líquidos clorados.	5-5
5.2.1.4	Fuga instantánea del contenido de una pipa de 10,000 L.	5-6
5.2.1.5	Fuga por manguera de pipa en operación de descarga.	5-7
5.2.1.6	Fuga de residuos clorados en tubería de alimentación al quemador.	5-7
5.2.1.7	Fuga por manguera de pipa en operación de descarga.	5-8
6.0	Emisión de ácido Clorhídrico por chimenea del SSE	6-1
	<b>RESULTADOS</b>	
	<b>CONCLUSIONES</b>	

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## INDICE DE ANEXOS ( UTT )

**ANEXO No. 1** : ORGANIGRAMA DE OPERACIONES

**ANEXO No. 2** :

**CONTENIDO:**

Arreglo de distribución de equipos e instalación  
Diagrama de Flujo del UTT ( Esquemático)

**ANEXO No. 3** : DIAGRAMAS Y PLANOS

**CONTENIDO:**

	Croquis de Ubicación de la Planta.
D-10-10-001	Diagrama de Flujo del Proceso Sistema de Alimentación de Sólidos
D-10-10-002	Diagrama de Flujo del Proceso Sistema de Alimentación de Sedimentos y Desechos Acuosos
D-10-10-003	Diagrama de Flujo del Proceso Sistema de Preparación de Sólidos y Tambores
D-10-10-003	Sistema de Alimentación Diagrama de Flujo del Proceso
D-25-10-001	Sistema de Alimentación de Combustible del Quemador Diagrama de Flujo del Proceso Chimenea del Ester
D-20-10-001	Diagrama de Flujo del Proceso Horno Rotatorio
D-40-10-001	Diagrama de Flujo del Proceso Cámara de Combustión Secundaria



## **INTRODUCCION**

El propósito central del presente trabajo es compatibilizar las estrategias en los tratamientos y la gestión en materia de manejo de residuos peligrosos con criterios de eficiencia y competitividad industrial.

La etapa inicial del trabajo la integran los inventarios de generación de residuos a partir de información estadística, donde se configura su distribución por región, tipo de residuo y rama industrial.

El proyecto parte de un análisis sobre la problemática de sus residuos en la industria en México, donde se describen las principales operaciones unitarias que utiliza la industria para procesar sus insumos, con un enfoque que nos permite entender la lógica de generación de residuos de manera integrada a los procesos industriales. Para cada operación como puede ser la absorción centrifugación, condensación, decajado, cristalización, etc.

Se presenta un marco sobre los aspectos jurídico-normativos que configuran el marco regulatorio vigente y los procedimientos que deben cumplirse para obtener la autorización y operación para otorgar servicio de manejo de residuos peligrosos.

Se hace un análisis detallado de cada una de las partes que conforman el sistema de tratamiento térmico en los que destacan el sistema de alimentación, el sistema de combustión, el sistema de lavado de gases y de desfogue.

la instalación de la planta de Tratamiento térmico para residuos industriales peligrosos y tierras contaminadas, cuyo tratamiento consiste en la destrucción térmica de éstos a través de un horno rotatorio, una cámara de combustión secundaria, un sistema de lavado y limpieza de gases, un precipitador electrostático, un filtro de carbón activado y una chimenea, con una eficiencia de destrucción superior al 99.99 %, se concluye que su puesta en operación no generará impactos negativos al ambiente.

El tratamiento térmico para los residuos industriales peligrosos es un proceso que produce cenizas inertes y emisiones a la atmósfera que cumplirán con la normatividad vigente.

El proyecto de la instalación de la planta se llevará a cabo en JILOTEPEC estado de México. Referente a esto se da un desglose general de las etapas de la instalación, la cual contará con áreas de recepción, almacenamiento temporal, oficinas, estacionamiento, laboratorio, etc

Con base a estos preceptos, el presente proyecto aporta una serie de elementos que invitan a la discusión y a la reflexión sobre aspectos de suma importancia relacionados con los residuos peligrosos.



## CAPITULO PRIMERO

### 1.1 PRINCIPALES FUENTES GENERADORAS DE RESIDUOS PELIGROSOS EN MÉXICO

Se calcula que la generación promedio de residuos peligrosos en el país es de 8 millones de toneladas anuales, de esta cantidad solo el 26 % recibe el tratamiento requerido y por la falta de infraestructura necesaria y adecuada el resto, invariablemente, observa una disposición clandestina notoriamente inadecuada, los cuales son colocados en los traspatios de las industrias, basureros improvisados, en ríos, arroyos, mares y cuerpos de agua subterráneos, pero sobre todo en las redes de alcantarillado público, ya que un porcentaje aproximado al 90 % de los residuos peligrosos presentan o adoptan estados líquidos y semilíquidos, o bien se mezclan con las descargas de aguas residuales.

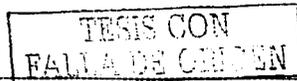
Investigaciones recientes realizadas por el programa Universitario del Medio Ambiente, mencionan que existe una generación de 14,500 toneladas al día de residuos peligrosos en el país y que para transportar esa cantidad se requiere de 200 mil cajas de trailer cada mes, lo que equivale a una caravana de 356 kilómetros de larga, que es casi la distancia entre el Distrito Federal y Acapulco.

En la ciudad de México anualmente se generan entre 2 y 3 millones de toneladas de residuos peligrosos que si se metieran en tambos de 200 litros y se apilaran en una torre, esta alcanzaría una altura de 20 kilómetros, es decir cuatro veces la altura del Popocatepetl.

Para darse una idea de la gran problemática a la que nos enfrentamos analicemos este caso: una cubeta de 4 litros de pintura, puede contaminar hasta 1 millón de litros de agua potable al filtrarse hacia las capas internas del subsuelo. La gasolina puede contaminar aún tres veces más que la pintura.

Resulta conveniente mencionar a que se le considera residuo peligroso, a las sustancias que tienen o poseen características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables y/o biológico-infecciosas; CRETIB. Igualmente pueden ser identificados por su estado físico, su composición química, o su descripción genérica.

La naturaleza de estos residuos industriales peligrosos depende del tipo de industria que los genere; incluso dos empresas que fabrican el mismo producto pueden generar residuos diferentes tanto cualitativamente como cuantitativamente, dependiendo del tipo de proceso que utilicen. Su gran diversidad y heterogeneidad dificulta el establecimiento de criterios claros de clasificación y por tanto su manejo.





En nuestro país destacan por su generación de residuos peligrosos, el D.F. y el Estado de México, con 1,839 miles de ton/año y 1,415 miles de ton/año respectivamente. Otros estados importantes por su generación de residuos, son Nuevo León con 800 miles de ton/año y Jalisco con 600 miles de ton/año.

Ver tabla No. 1

### Generación de residuos peligrosos por entidad federativa

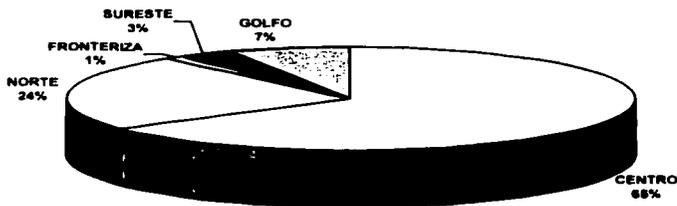
Tabla No. 1		
Estado	Generación Residuos Peligros (miles toneladas/año)	Porcentaje
Aguascalientes	65	0.61
Baja California	160	2.00
Baja California Sur	10	0.13
Campeche	12	0.15
Coahuila	300	3.74
Colima	15	0.19
Chapas	60	0.75
Chihuahua	210	2.62
Distrito Federal	1,839	22.98
Durango	80	1.00
Estado de México	1,415	17.66
Guerrero	260	3.25
Guerrero	28	0.35
Hidalgo	135	1.68
Jalisco	600	7.50
Michoacán	120	1.50
Morelos	110	1.37
Nayarit	40	0.50
Nuevo León	800	10.00
Oaxaca	70	0.87
Puebla	245	3.06
Querétaro	178	2.23
Quintana Roo	8	0.10
San Luis Potosí	180	2.25
Sinaloa	80	1.00
Sonora	145	1.81
Tlaxcala	50	0.63
Tamaulipas	150	1.87
Tlaxcala	60	0.75
Veracruz	475	5.93
Yucatán	80	1.00
Zacatecas	20	0.25
<b>total</b>	<b>8,880</b>	<b>100.00</b>

INFORMACION PROPORCIONADA POR SEMARNAT

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



**CLASIFICACION DEL TERRITORIO NACIONAL POR REGION EN GENERACION DE RESIDUOS PELIGROSOS.**



**FRONTERIZA:** Principales áreas industriales ubicadas en la franja colindante con los Estados Unidos de América.

**NORETE:** Baja California Sur, Baja California, Chihuahua, Coahuila, Sonora, Nuevo León, Durango, Nayarit, San Luis Potosí, Sinaloa, Zacatecas, Aguas Calientes, Colima, y Jalisco.

**CENTRO:** Guanajuato, Michoacán, Morelos, Puebla, Querétaro, Estado de México, Tlaxcala, Hidalgo y el Distrito Federal.

**GOLFO:** Tamaulipas, Veracruz y Tabasco.

**SURESTE:** Campeche, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Yucatán y Quintana Roo.

TESIS CON  
FALLA DE OMICEN



### **1.1.1. OPERACIONES Y PROCESOS UNITARIOS Y CLASIFICACION DE RESIDUOS POR SU ESTADO FISICO**

La industria comprende múltiples actividades propias de cada rama particular y debe entenderse como un sistema complejo de procesos, que al operar utiliza innumerables materias primas y genera, en consecuencia una gran variedad de residuos.

Como ya se mencionó, durante los procesos industriales se tienen salidas intermedias en forma de residuos antes de obtener un producto final con valor de mercado positivo. Las fuentes principales de estos residuos están en los procesos de separación, transformación y purificación que deben aplicarse a las corrientes de materiales.

Cualquier proceso de transformación, separación o purificación puede ser dividido en lo que la ingeniería denomina operaciones unitarias, muchas de ellas han sido estudiadas extensamente y están claramente definidas y descritas en la literatura técnica. Tales operaciones unitarias se insertan en diferentes procesos industriales manteniendo sus principios básicos, aunque varíe en cada proceso su dinámica y la corriente de materiales.

La caracterización de las operaciones unitarias permite entender la lógica de generación de residuos de manera integrada a los procesos industriales. A continuación se listan las principales operaciones y procesos unitarios y se describe el tipo de residuos que se generan.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



### 1.1.1.1. Absorción

Es una operación unitaria ampliamente utilizada en la industria química para la purificación de corrientes gaseosas, en la absorción, uno o varios de los gases presentes en una corriente gaseosa se disuelven en un líquido llamado absorbente. En la operación inversa, un gas disuelto en un líquido se remueve de éste poniendo la corriente en contacto con un gas inerte. Esta operación se llama desorción.

Los equipos mas empleados son torres cilíndricas que pueden ser:

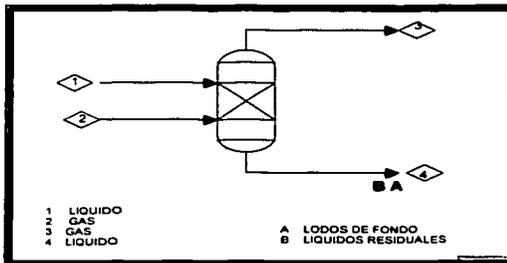
- de relleno o empacadas
- de etapas

las torres de relleno son columnas cilíndricas verticales, las cuales están rellenas con pequeñas piezas llamadas empaques. Estas piezas sirven para aumentar el área de contacto entre la fase gaseosa y la líquida, lo cual facilita la absorción.

Las torres de etapas son columnas cilíndricas que contienen en su interior una serie de platos perforados o con campanas de burbujeo que permiten el contacto íntimo de las fases líquidas y gaseosas.

Los residuos que se generan en esta operación unitaria, son lodos que se sedimentan en el fondo de las torres en el paso del tiempo, al igual que líquidos con componentes absorbidos. Ver figura 1.1

figura No. 1.1



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



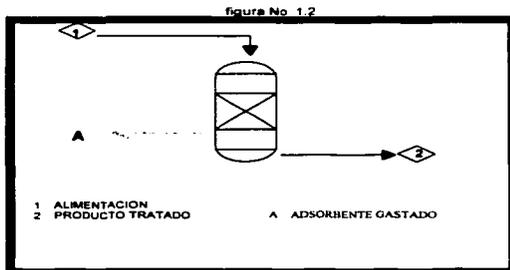
### 1.1.1.2. Adsorción

Es una operación de transferencia de masa. Comprende el contacto de líquidos o gases con sólidos donde hay una separación de componentes de una mezcla líquida o gaseosa por adherencia a la superficie del sólido, es decir se explota la capacidad de ciertos sólidos para hacer que sustancias específicas de una solución se concentren en su superficie.

Los equipos empleados en operaciones continuas son torres empacadas o con lecho fijo, en donde ocurre el contacto de la mezcla de líquidos con el adsorbente en el lecho, a través de mallas que impiden el paso de partículas del sólido adsorbente.

Los residuos en esta operación se encuentran generalmente en el fondo de los tanques como lodos de adsorbente gastado y contaminado.

Ver figura No. 1.2



### 1.1.1.3. Centrifugación

En esta operación se utiliza la fuerza centrífuga para separar los líquidos de los sólidos. Esencialmente se trata de una filtración por gravedad en donde la fuerza que actúa sobre el líquido se incrementa enormemente utilizando la fuerza centrífuga. También puede aplicarse para efectuar la separación de líquidos inmiscibles.

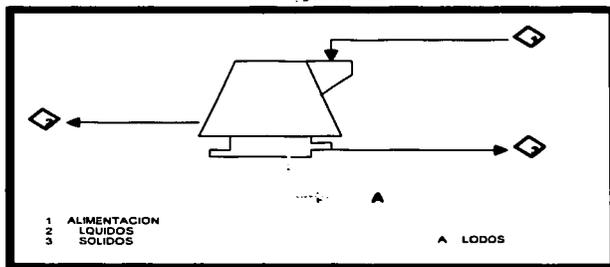
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



La operación se efectúa en equipos llamados centrifugas, las cuales por ser muy semejantes a los filtros, generan los mismos residuos que, dependiendo del constituyente deseado, pueden ser sólidos o líquidos residuales.

Ver figura 1.3

figura No. 1.3



#### 1.1.1.4. Condensación

La condensación es la operación por la cual se hace pasar una sustancia en forma de vapor, al estado líquido por medio de la transferencia de calor.

La operación se realiza en recipientes de forma cilíndrica o cónica, llamados condensadores, que son simples cambiadores de calor, por los cuales fluyen otras sustancias con mayor temperatura que absorberán energía del fluido caliente. Los residuos se pueden generar de las purgas de los cambiadores de calor y de la limpieza de éstos, dando como resultado líquidos residuales.

Ver figura 1.4

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

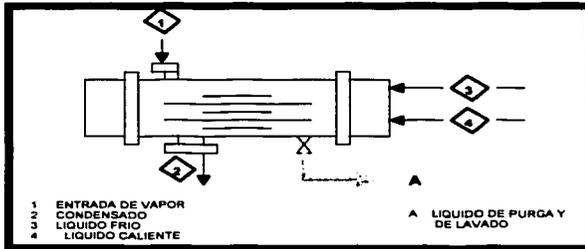


figura No. 1.4

### 1.1.1.5. Cristalización

La cristalización es una operación que consiste en obtener sólidos en forma cristalina a partir de una solución líquida saturada. El amplio uso de los materiales en forma de cristales está basado en el hecho de que un cristal que se ha formado a partir de una solución es puro en sí mismo, lo que es la base de un método práctico de obtención de sustancias químicas puras, las cuales, además se pueden almacenar y empaquetar de manera satisfactoria. Los aparatos usados en esta operación se llaman cristalizadores. El principal objetivo de un cristalizador es, primero, crear una solución sobresaturada, y luego fomentar la creación y el crecimiento de los cristales. Las aguas madres del proceso y los líquidos residuales originados durante la limpieza de los equipos son los residuos que se generan de esta operación.

Ver figura 1.5

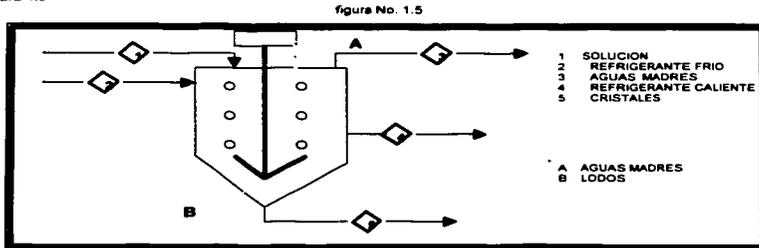


figura No. 1.5

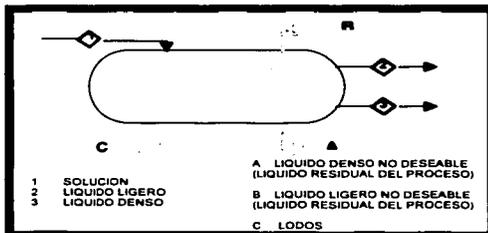
TESIS CON  
 TALLA DE ORIGEN



### 1.1.1.6. Decantación.

La decantación es una operación para separar líquidos de diferentes densidades, el proceso se lleva a cabo cuando los líquidos a separar reposan un lapso de tiempo para que se formen las dos fases; más denso y el ligero. Los residuos se generan cuando se da mantenimiento al equipo, así como cuando alguno de los dos líquidos se desecha por no ser primordial en el proceso junto con sólidos suspendidos que sedimentan como lodos en el fondo del equipo al paso del tiempo. Ver figura 1.6

figura No. 1.6

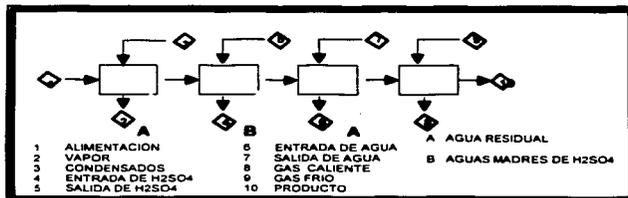


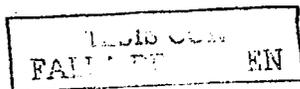
### 1.1.1.7. Decapado

El decapado es la operación que tiene por objeto eliminar la capa incrustante de óxidos u otros materiales de las superficies metálicas. Consiste en un baño de ácido sulfúrico diluido de las materias a tratar, seguida de un baño de vapor, otro de ácido sulfúrico y por último de otro baño de agua para llegar a un secado.

Los residuos generados en esta operación son líquidos residuales que contienen ácidos sulfúrico y otras sustancias, sólidos disueltos así como lodos del proceso. Ver figura 1.7

figura No. 1.7





### 1.1.1.6. Destilación

La destilación es un proceso de separación que consiste en eliminar uno o más de los componentes de una mezcla volátil por medio de la transferencia simultánea de calor y masa. Para llevar a cabo la operación se aprovecha la diferencia de volatilidad de los constituyentes de la mezcla, separando o fraccionando éstos en función de su temperatura de ebullición. Se usa para concentrar mezclas alcohólicas y separar aceites esenciales así como componentes de mezclas líquidas que se desean purificar.

En la industria actual hay cuatro tipos de destilación. Destilación por arrastre de vapor, destilación diferencial, destilación instantánea o flash y la destilación fraccionada.

En la destilación por arrastre de vapor se emplea vapor vivo para provocar el arrastre de sustancia volátil que se desea concentrar, esta sustancia debe ser insoluble en agua. Por este medio se abate la temperatura de ebullición y así, aquellos compuestos que pudieran descomponerse si se les llevara a su temperatura de ebullición, se logran separar con éxito. Se usa principalmente para obtener esencias aromáticas.

En la destilación diferencial la mezcla se hace hervir y el vapor generado se separa del líquido, condensándolo tan rápidamente como se genera. Los aparatos usados para este fin reciben el nombre de alambiques.

La destilación instantánea (flash), implica la evaporación de una fracción del líquido, generalmente por calentamiento a alta presión, manteniendo al vapor y al líquido el tiempo necesario para que el vapor alcance el equilibrio con el líquido, separando ambos finalmente.

La destilación fraccionada es el método más empleado actualmente para separar los componentes de una mezcla líquida. Incluye el retorno de una parte del vapor condensado al equipo, de tal manera que el líquido que se regresa esta en contacto íntimo a contracorriente con los vapores que se dirigen al condensador, también es llamada rectificación. Este tipo de destilación es continua y permite manipular grandes cantidades de materiales y el reflujo hace posible alcanzar purezas elevadas en los productos destilados.

Los equipos empleados en este tipo de destilación son torres o cilindros metálicos por los que pasan vapores y los líquidos generados. Dentro de estas columnas se encuentran platos con perforaciones o empaques de cerámica para un mayor contacto líquido-vapor.

Los residuos en esta operación se localizan como sedimentos o lodos y en algunos casos breas en el fondo de las torres o tanques de destilación, como cabezas líquidas o gaseosas en lo alto de las torres y como colas líquidas en la parte baja de estas.

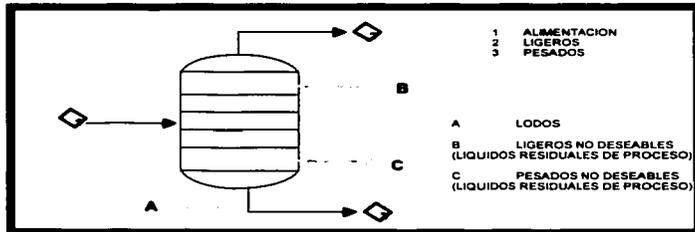
Ver figura 1.6



# TESIS CON FALLA DE ORIGEN



figura No. 1.8

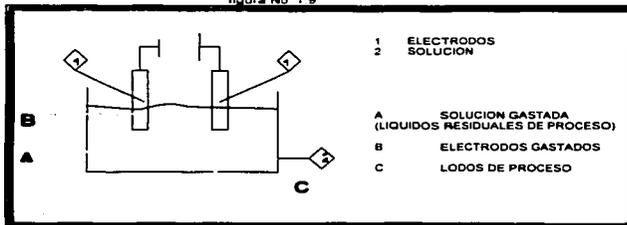


### 1.1.1.9. Electrodeposición

Esta operación se utiliza para concentrar los iones metálicos de una solución de manera sencilla. Se emplea un potencial suficientemente catódico para ocasionar la reducción de todos los metales de interés. Entonces se deja que la corriente fluya durante un tiempo prolongado, con agitación, para asegurar que el proceso sea cuantitativamente completo. Esto constituye un procedimiento exhaustivo, descrito a veces como estequiométrico. Se requiere un cátodo relativamente grande, ya que de otro modo el tiempo de electrólisis sería excesivo.

Es ampliamente usado en la industria metalmeccánica para recubrir metales (cromado, galvanizado, etc.). Los residuos generados en esta operación son las soluciones gastadas, los lodos que se sedimentan en las cubas de reacción electrolítica y los electrodos gastados. Ver figura 1.9

figura No 1.9



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



### 1.1.1.10. Evaporación

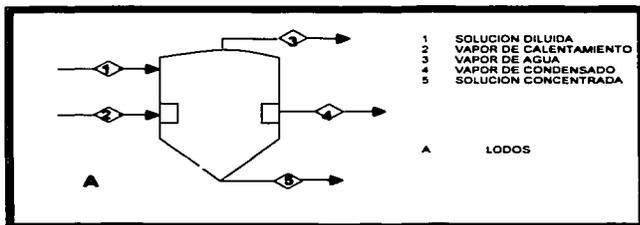
En esta operación es necesario dar calor a la disolución para que llegue a su temperatura de ebullición, y proporcionar el calor suficiente para que se evapore la disolución. Como medio de calentamiento se puede utilizar el vapor de agua, aunque también pueden utilizarse gases de combustión. En la evaporación la disolución concentrada es el producto final deseado.

En la mayor parte de los evaporadores, el vapor pasa por el interior de tubos metálicos, mientras que la disolución pasa por el lado de la coraza sin que se mezclen las dos corrientes.

Los posibles residuos generados en esta operación unitaria, están localizados en las purgas de limpieza y en líquidos residuales al momento de limpiarlos.

Ver figura 1.10

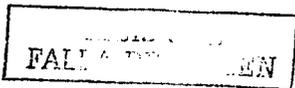
figura No. 1.10



### 1.1.1.11. Extracción

Existen dos tipos de extracción; la extracción líquido-sólido y la extracción líquido-líquido, las dos usadas en la industria.

La primera consiste en tratar un sólido por dos o más sustancias con disolvente que disuelva preferentemente uno de los dos sólidos, que recibe el nombre del soluto. La operación recibe también el nombre de lixiviación, nombre más empleado al disolver y extraer sustancias inorgánicas en la industria minera. Otro nombre empleado es el de percolación, en este caso, la extracción se hace con un disolvente caliente o a su punto de ebullición. La extracción sólido-líquido puede ser una operación a régimen permanente o intermitente, según los volúmenes que se manejen.



Se emplea para extraer minerales solubles en la industria minera, también en la industria alimentaria, farmacéutica y en la industria de esencias y perfumes. Los equipos utilizados reciben el nombre de extractores, lixiviadores o percoladores.

El equipo más sencillo consiste en un tanque agitador y luego un sedimentador. En el caso general, se agrega disolvente e exceso para evitar que la solución se sature y no pueda extraerse más soluto.

Los residuos en esta operación son los lodos acumulados en el fondo del extractor que contienen sólidos y disolventes.

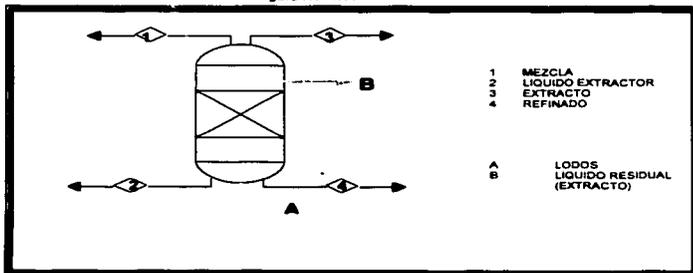
La extracción líquido-líquido es una operación que consiste en poner una mezcla líquida en contacto con un segundo líquido miscible, que selectivamente extrae uno o más de los componentes de la mezcla. Se emplea en la refinación de aceites lubricantes y de disolventes, en la extracción de productos que contienen azufre y en la obtención de ceras parafínicas.

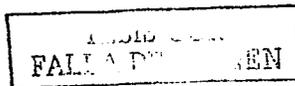
El líquido que se emplea para extraer parte de la mezcla debe ser insoluble para los componentes primordiales. Después de poner en contacto el disolvente y la mezcla se obtienen dos fases líquidas que reciben los nombres de extracto y refinado.

Los lodos y líquidos residuales acumulados en el fondo del decantador o de la torre son los residuos del proceso.

Ver figura 1.11

figura No. 1.11

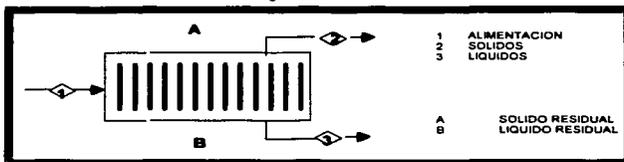




### 1.1.1.12. Filtración

Definimos filtración como la separación de sólidos de un líquido y se efectúa haciendo pasar el líquido a través de un medio poroso. Los sólidos quedan detenidos en la superficie del medio filtrante en forma de torta. El medio filtrante deberá seleccionarse en primer término por su capacidad para retener los sólidos sin obstrucción y sin derrame de partículas al iniciar la filtración. Los residuos generados por esta operación unitaria dependen del producto deseado; así, se generan sólidos o líquidos residuales. Ver figura. 1.12

figura No. 1.12



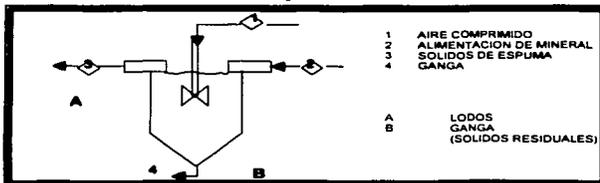
### 1.1.1.13. Flotación

Es un medio muy importante para la concentración de los minerales, particularmente sulfuros. Una suspensión en agua del mineral molido se va agitando en tanto se hace pasar aire a través de la mezcla. Se pueden agregar algunas sustancias químicas de tal manera que se formen espumas o burbujas de aire. Las partículas del mineral que se desea, quedan unidas a las burbujas de aire, flotando posteriormente con la espuma la cual se separa en la superficie. Al mismo tiempo, la ganga se sedimenta en el fondo del tanque.

Los residuos se encuentran en la ganga, estos están presentes como sólidos residuales, surfactantes, aceites y otros productos químicos.

Ver figura. 1.13

figura No. 1.13



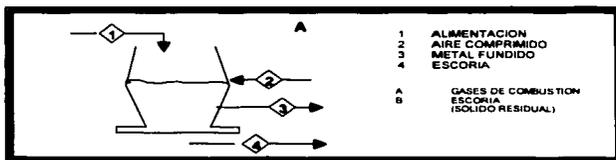


### 1.1.1.14. Fundición

La fundición es el proceso de fusión en el cual los materiales que se forman conforme se suceden las reacciones químicas, se separan en dos o más capas. La fundición con frecuencia lleva implícita una etapa previa de tostación en el mismo horno. Dos de las capas más importantes que se forman en la fundición son el metal fundido y el material de desecho. El primero puede estar formado casi en su totalidad por un único metal o puede ser una disolución de dos o más metales.

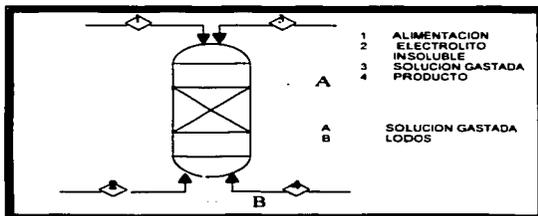
Los residuos generados por esta operación son las escorias que se descargan por la parte inferior del horno y las arenas y tierras de moldeo, así como los polvos de los separadores electrostáticos. Los gases tienen alto contenido de CO, CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>. La escoria contiene otros minerales, así como carbón, caliza, etc. Ver figura. 1.14

figura No. 1.14



### 1.1.1.15. Intercambio iónico

Las operaciones de intercambio iónico son básicamente reacciones químicas de sustitución entre un electrolito en solución y un electrolito insoluble con el cual se pone en contacto la solución. El mecanismo de estas reacciones y las técnicas utilizadas para lograrlas son tan parecidos A los de adsorción que, para la mayoría de los fines, el intercambio ionico puede considerarse simplemente como un caso especial de la adsorción. El residuo principal son las soluciones agotadas y lodos que se sedimentan. Ver figura. 1.15



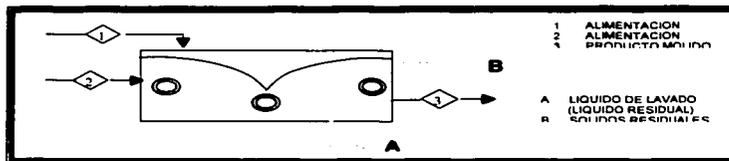


### 1.1.1.16. Molienda

Los términos trituración y molienda normalmente están asociados con el significado de subdividir, en mayor o menor cuantía, pero ninguno de los dos términos se utiliza sólo con un significado preciso, aunque, en general, moler significa una mayor subdivisión. Los residuos generados son los mismos sólidos que se esparcen por algún motivo e el lugar donde se lleve a cabo esta operación. Así también, en el momento de su limpieza se generan lodos por el lavado de los equipos.

Ver figura. 1.16

figura No. 1.16

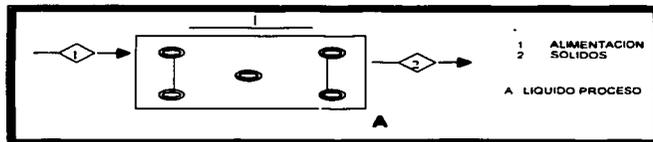


### 1.1.1.17. Prensado

El prensado o exprimido es la separación de líquidos de un sistema de dos fases de sólidos -líquidos mediante la compresión, en condiciones que permiten que el líquido escape al mismo tiempo que se retiene el sólido entre las superficies de compresión. El prensado se distingue de la filtración en que la presión se aplica mediante el movimiento de las paredes de retención en lugar de usar bombeo del material a un espacio fijo.

El prensado tiene la misma finalidad que la filtración: separar fases líquidas y sólidas de una mezcla mecánica de las dos. En el exprimido la mezcla no se puede bombear ya que el material a veces es completamente sólido. También se usa en lugar de la filtración cuando se desea una extracción del líquido más completa en la torta. E esta operación unitaria se generan líquidos residuales como consecuencia de que el producto deseado es el sólido prensado. Ver figura. 1.17

figura No. 1.17



# FALLA DE EQUIPO



## 1.1.1.18. Reacción

La reacción química es una operación que interviene en casi todos los procesos químicos. Los equipos empleados en esta operación son los llamados reactores, que son recipientes de metal donde se mezclan los reactivos para que reaccionen químicamente y se obtenga el producto deseado diferente químicamente a los componentes alimentados.

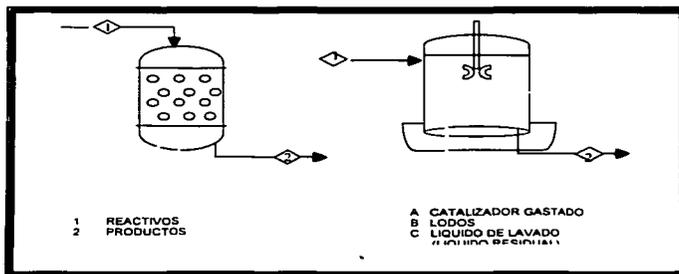
Los reactores pueden contener en su interior otras materias químicas llamadas catalizadores, que tiene la función de acelerar o retardar las reacciones que se efectúan dependiendo del proceso que se esté llevando a cabo, en este caso los equipos se llaman reactores catalíticos, los catalizadores no intervienen químicamente en la reacción.

Las reacciones químicas, dependiendo de la alimentación y en dado caso del catalizador, se efectúan en reactores homogéneos y heterogéneos, y estos pueden estar agitados o encaquetados para controlar la temperatura de reacción. Así las materias primas que son alimentadas pueden estar en fase gaseosa o líquida.

Esta operación unitaria es una de las que más genera desechos o residuos; en el caso de los reactores catalíticos, un residuo peligroso es el catalizador gastado, así como también sedimentos y lodos dentro de los reactores que purgan; cuando el equipo entra a mantenimiento y limpieza se generan líquidos residuales con alto contenido de sustancias no deseadas.

Ver figura 1.18

figura No. 1.18





### 1.1.1.19. Secado

Esta operación unitaria tiene como objeto eliminar la humedad residual que contienen los productos sólidos, para hacerlos así más aceptables para su comercialización o su empleo posterior. Incluso se utiliza para separar los sólidos de una disolución por medio del secado por atomización.

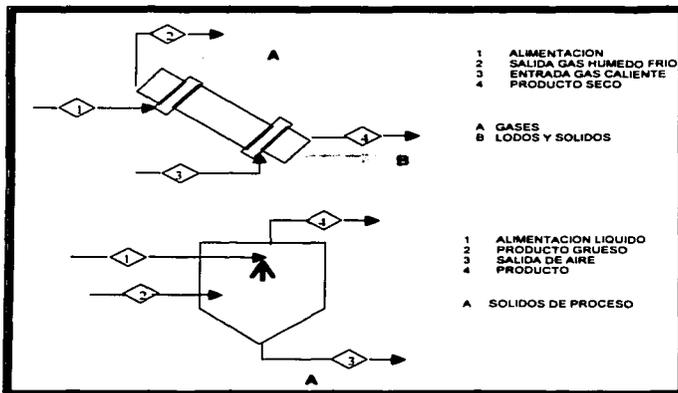
En el caso del secado de sólidos, se utilizan generalmente secadores rotatorios por los cuales pasa a contracorriente aire caliente humidificándose y enfriándose a través del equipo.

El equipo empleado es el secador de charolas; el material húmedo es colocado en bandejas o charolas de una cierta área, se le pasa aire caliente por encima con lo cual a un determinado tiempo el material es secado al grado deseado.

Dependiendo del proceso que se esté realizando y del producto que se desee, los residuos generados pueden ser sólidos o líquidos residuales en el caso del secado por atomización, o sólidos y lodos en el caso de otro tipo de secadores.

Ver figura. 1-19

figura No. 1-19





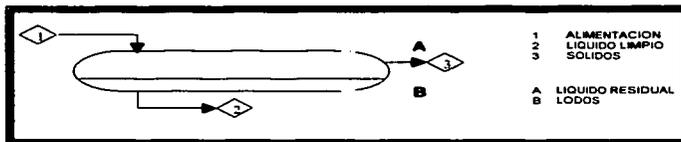
### 1.1.1.20. Sedimentación

La sedimentación implica el asentamiento por gravedad de las partículas sólidas suspendidas en un líquido. Pueden dividirse en dos clases: sedimentación de materiales arenosos y sedimentación de limos.

Por lo general el término de sedimentación supone la eliminación de la mayor parte del líquido o el agua del limo después de éste. Así mismo, dependiendo del proceso que se esté llevando a cabo y del producto deseado se generarán sólidos residuales como son los sedimentos o líquidos residuales en el caso que el sedimento sea primordial en el proceso.

Ver figura 1.20

figura No. 1.20

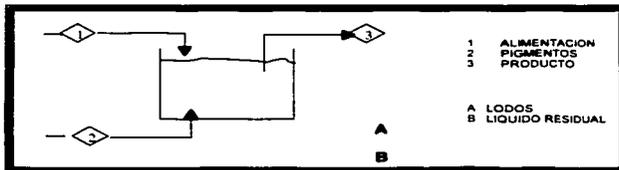


### 1.1.1.21. Teñido

En el proceso de teñido, los colorantes básicos deben ser retenidos por el grupo carboxilo, los colorantes ácidos por el grupo amino y constituir así una formación de laca relativamente sencilla. La agitación es necesaria para conseguir una penetración uniforme. Además de los mecanismos para mover el líquido, las máquinas de teñido deben de estar provistas de medios de calefacción para que el proceso se efectúe a altas temperaturas.

Este proceso tiene como residuos, líquidos residuales y lodos que sedimentan e el fondo de los tanques.

Ver figura 1.21





### 1.1.1.22. Tratamiento de aguas

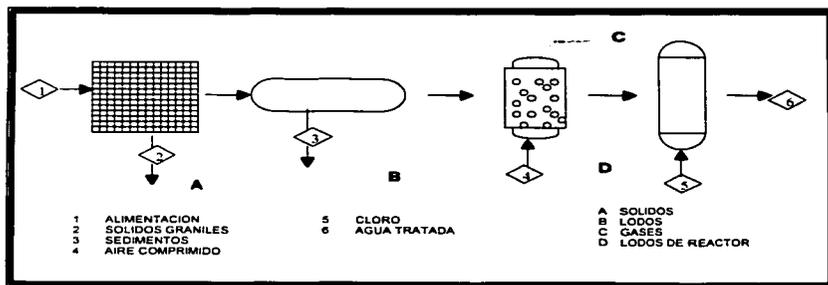
El tratamiento primario consiste en hacer pasar las aguas por una pantalla que filtra los sólidos y desperdicios de gran tamaño. Después pasan a tanques de sedimentación en donde los sólidos que se encuentran en suspensión son eliminados. Si el agua no recibe tratamiento secundario pasa a un tratamiento a base de cloro antes de ser reintegrada en el sistema de aguas naturales. El tratamiento secundario separa aproximadamente un 60 % de los sólidos suspendidos y un 35 % de la DBO.

El tratamiento secundario se basa en la descomposición aeróbica de los materiales orgánicos. El tipo más común de tratamiento secundario se conoce como método de lodos activados. En este método los desperdicios que se obtienen del tratamiento primario pasan a través de un tanque de aireación en donde el aire sopla a través de estos materiales; esta aireación provoca un crecimiento rápido de bacterias aeróbicas que se alimentan de desperdicios orgánicos en el agua. Las bacterias forman una masa que es el lodo activado, el líquido se descarga después de haber sido clorado y los lodos retenidos y regresados al tanque de aireación. Después del tratamiento secundario, se han eliminado 90 % de los sólidos suspendidos y un 90 % del DBO.

Cuando se termina el tratamiento secundario, el agua puede llevar sustancias como sales de fósforo y nitrógeno que promueven el crecimiento de algas, además puede haber sustancias que no se pueden expulsar por el tratamiento secundario, como metales pesados y otros productos químicos, esto lleva a su eliminación con el tratamiento terciario. Los residuos correspondientes son los lodos en las diferentes etapas de tratamiento de agua.

Ver figura 1.22

figura No. 1.22





## **1.2 MANEJO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS EN MÉXICO**

Es indudable que la problemática ambiental que se enfrenta en la actualidad en materia de residuos peligrosos tiene su origen en diversos factores, dentro de los cuales las limitantes derivadas de un desarrollo institucional no acorde a la situación actual, quizás sea uno de los más importantes. Es por esto que para formular e instrumentar cualquier programa que pretenda atender problemas ambientales, se requiere del conocimiento claro y preciso de las condicionantes asociadas a los organismos e instituciones que tienen alguna injerencia en la gestión social y económica, plantean retos muy específicos para el manejo de los residuos peligrosos.

La capacidad de manejo adecuado de los residuos peligrosos en México es sumamente limitada; de hecho, solo una muy pequeña proporción del total generado es transportado, reciclado, destruido o confinado en condiciones técnicas y ambientales satisfactorias. Las razones son muchas, pero la mayor parte de ellas tienen que ver con ciertas condiciones institucionales que han impedido el desarrollo de sistemas de manejo, mercados, esquemas de concertación, información y regulación. En términos generales conviene enumerar algunas de ellas.

- Opinión pública desinformada
- Incentivos insuficientes para la reducción y manejo adecuado de residuos industriales
- Normatividad incompleta
- Bajo control de calidad ambiental en micro, pequeña y mediana industria
- Inexistencia de iniciativas conjuntas para el manejo de residuos industriales
- Altos costos en la concertación entre la industria y las tres instancias de gobierno
- Mercado poco desarrollado
- Procedimientos administrativos excesivamente largos y costosos
- Incertidumbre social
- Falta de información
- Inspección y vigilancia insuficiente

A estas condiciones generales se añaden algunas características de la micro y pequeña industria, que han complicado y obstaculizado todavía más la creación de arreglos institucionales que favorezcan un manejo ambientalmente seguro de los residuos peligrosos. Entre estas se puede citar:

Un desarrollo incipiente de la cultura industrial que dificulta el control en los procesos de generación de residuos, ya sea por parte del personal involucrado en la industria o por parte de los usuarios y consumidores. Este problema se presenta desde los niveles gerenciales hasta los de operarios, y se expresa en limitaciones al control de calidad, que en muchos casos, determinan gran parte de los impactos ambientales.



Una gran cantidad de industrias operan a nivel artesanal, por que los sistemas de administración y control de procesos son empíricos y basados principalmente en experiencias locales. No se cuenta con suficiente capacitación tecnológica y administrativa, ni con capital e información sobre los avances en materia ambiental. En ocasiones cuando interviene la autoridad ambiental, los procesos se dispersan en unidades domesticas más pequeñas perdiéndose toda posibilidad de control sobre ellos. Además, los cambios súbitos en las políticas económicas, ambientales y fiscales, propician contradicciones conceptuales con estas pequeñas unidades productivas, debido a su transformación depende de cambios culturales que presentan dinámicas distintas a las de la política pública.

Las actividades artesanales están cambiando sus procesos tradicionales a procesos semindustriales; por ejemplo, es más fácil decapar metales con ácidos que utilizando el pulido manual, limpiar con disolventes que con agua y jabón, o, quemar sustancias tóxicas sin ningún control como combustible alterno, lo que magnifica los impactos de la pequeña industria.

La carencia de infraestructura necesaria para el manejo adecuado e integral de los residuos peligrosos y las controversias suscitadas por las iniciativas de ubicación de las mismas, acentúan la inquietud de la población, enrareciendo el clima de concertación necesaria para la solución adecuada de esta problemática.

Hasta ahora se ha presentado una oposición casi generalizada de comunidades locales a aceptar instalaciones para el manejo de residuos peligrosos, frecuentemente, la población se entera del establecimiento de una instalación para el manejo de residuos peligrosos cuando el proyecto ya se encuentra en etapa de autorización. Se ha carecido de un proceso de proponer - anunciar - negociar - autorizar - instalar, o reconsiderar el aplazamiento geográfico y la naturaleza tecnológica de algún proyecto, en el que en cada paso se contemple la participación de los gobiernos locales, universidades, organismos no gubernamentales y miembros de la comunidad. Un aspecto importante en la autorización y negociación del proyecto, son los beneficios compensatorios para la comunidad, tales como carreteras, servicios públicos, empleos, entre otros, especialmente en áreas de amortiguamiento.

### **1.2.1. Infraestructura existente**

Como se mencionó antes, la infraestructura existente en México para el control de los residuos industriales peligrosos es muy limitada y sólo representa una capacidad de manejo de una cuarta parte del total de la generación anual, lo que propicia la proliferación de prácticas ineficientes de gran impacto ambiental.

Esta carencia de infraestructura para el control de residuos peligrosos, así como la falta de marco regulatorio claro, preciso y acorde a las peculiaridades de nuestro país, son factores que terminan por acentuar aún más la inquietud y demanda social de la población hacia sus instituciones e instancias gubernamentales.



A continuación se presenta un cuadro con la capacidad instalada para el manejo de residuos peligrosos, conforme a los diferentes métodos de tratamiento, y su evolución de 1990 a 1997; el cual fue obtenido a partir de información oficial, reportada por el Instituto Nacional de Ecología y el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e informática.

**Instalaciones para Manejo de Residuos Peligrosos en México**

Año	Capacidad de Manejo	Número y tipo de Instalación								
		CPU	CP	IRP	RM	RA	RS	RE	TIR	RFC
1990	270 M Ton/Año	3	4	2	6	4	7	0	0	0
1994	880 M Ton/Año	2	1	2	5	11	12	3	12	3
1997	2,0800 M Ton/Año	2	2	5	11	15	20	6	16	5

CPU: Confinamiento público  
RM: Reciclaje de metales  
RE: Rehuso energético

CP: Confinamiento privado  
RA: Reciclaje de aceites  
TIR: Tratamiento en situ

IRP: Incineración  
RS: Reciclaje de solventes  
RFC: Reciclaje y formulación de combustibles alternos



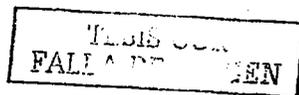
La siguiente tabla, compara los requerimientos de mercado con la capacidad instalada para el manejo de residuos peligrosos; con datos oficiales para 1997 del Instituto Nacional de Ecología.

<i>Tipo de actividad</i>	<i>Requerimientos de Mercado (m Ton/Año)</i>	<i>Capacidad instalada</i>
<b>Reciclaje</b>		
• Preparación combustibles alternos	450	300
• Solventes	900	100
• Aceites	700	80
• Escorias, residuales y polvos metálicos	500	200
<b>Rehuso</b>		
• Combustibles alternos	150	100
• Tambores	2.5 millones de piezas	1.4 millones de piezas
<b>Tratamiento</b>		
• Residuos peligrosos in situ	(1)	450
• Aceites contaminados con BPC's	45	5
• Ácidos, sales y bases	500	0
• Líquidos residuales con metales Pesados, cianuros y otros tóxicos agudos	1,000	0
<b>Incineración</b>		
• Sustancias tóxicas	1,300	60
• Materiales inertes	500	
<b>Disposición final</b>		
• Confinamientos públicos	2,500	600
• Confinamientos privados	(*)	(*)

(1) Se estima un inventario de pasivos ambientales industriales cercano a los 10 millones de toneladas.

(\*) No se cuenta con información fidedigna.

Fuente: AMCRESPAC, 1998 cifras en miles de toneladas al año.





### **1.2.2. Limitaciones y Obstáculos Institucionales**

Además de la baja de cobertura de la infraestructura nacional, existen otros puntos que definen la problemática social, política y ambiental, referente al manejo de los residuos peligrosos en nuestro país, y que se enuncian a continuación:

- Opinión pública desinformada
- Normatividad incompleta
- Incentivos insuficientes para la reducción y manejo adecuado de residuos industriales
- Bajo control de calidad ambiental en micro, pequeña y mediana industria
- Inexistencia de iniciativa conjunta para el manejo de residuos industriales
- Altos costos en la concertación entre la industria y las tres instancias del gobierno
- Mercados poco desarrollados
- Procedimientos administrativos excesivamente largos y costosos
- Incertidumbre social
- Inspecciones y vigilancia insuficiente.

La carencia de la infraestructura necesaria para el manejo adecuado e integral de los residuos peligrosos y las controversias suscitadas por las iniciativas de ubicación de las mismas, acentúan la inquietud de la población, enrareciendo el clima de concertación necesaria para la solución adecuada de esta problemática.



### **1.3. Sitios contaminados y pasivos ambientales por residuos peligrosos**

Durante décadas de desarrollo industrial se han acumulado pasivos muy importantes que se manifiestan en sitios y áreas en donde se han depositado residuos peligrosos sin ningún tipo de control. Estos sitios proliferan en el territorio nacional y, desafortunadamente no han recibido la atención que merecen de la sociedad y de la opinión pública. No puede omitirse una consideración sobre cierta contradicción en las reacciones de la opinión pública, que llega a manifestarse con intensidad en contra de algunos proyectos de manejo controlado de residuos peligrosos, y que paradójicamente, tal vez por falta de información, permanece pasiva ante una disposición altamente riesgosa en sitios incluso muy cercanos a zonas habitacionales.

No obstante la falta de información precisa sobre los sitios afectados, es posible integrar un balance o inventario preliminar al respecto, tomando en cuenta criterios de vulnerabilidad o riesgo por razones de exposición de la población, afectación a ecosistemas sensibles y daño probable a acuíferos importantes para las zonas urbanas.

Para ello se han definido tres grandes tipologías de sitios con alta concentración de residuos peligrosos acumulados sin los sistemas de control necesarios:

- a) sitios identificados de disposición inadecuada de residuos peligrosos;
- b) Áreas e instalaciones industriales potencialmente contaminadas por pasivos ambientales derivados de la acumulación inapropiada de residuos peligrosos.
- c) Rellenos sanitarios o tiraderos de residuos sólidos urbanos o municipales, ubicados en zonas de vulnerabilidad geohidrológica y donde probable y presumiblemente se depositan o han depositado residuos peligrosos sin ningún tipo de control.

#### **1.3.1. Sitios identificados de disposición inadecuada de residuos peligrosos**

Desde el inicio del proceso de industrialización en México, la industria minera, química básica, petroquímica y de refinación del petróleo, han generado cantidades muy grandes, pero muy difíciles de cuantificar, de residuos peligrosos. En muchos casos éstos han sido depositados abiertamente en el suelo. Esto ha planteado importantes riesgos a la población o bien generado riesgos de contaminación de acuíferos por la lixiviación de contaminantes.



**Relación de sitios afectados por disposición inadecuada de residuos peligrosos**

<b>Municipio o Delegación</b>	<b>Estado</b>	<b>Tipo de Contaminante</b>
Azcapotzalco	Distrito federal	Hidrocarburos, metales pesados y BPC's
Tijuana	Baja California	Plomo (Pb).
Saltillo	Coahuila	Diesel
Ecatepec	México	Solventes
Tultitlán	México	Ácido Fosfórico, hexametáfosfato, tripofosfato, carbonato de sodio
San Francisco del Rincón	Guanajuato	Cromo (Cr).
Salamanca	Guanajuato	Agroquímicos y azufre contaminado con agroquímico
Tula	Hidalgo	Catalizadores gastados (metales pesados)
Guadalajara	Jalisco	Hidrocarburos
Santa Catarina	Nuevo León	Combustible
San Luis Potosí	San Luis Potosí	Plomo (Pb) y arsénico (As)
Coatzacoalcos	Veracruz	Plomo (Pb)
Coatzacoalcos	Veracruz	Azufre líquido, aceites, solventes y lodos con cromo
Tultitlán	México	Cromo (Cr)
Miguel Hidalgo	Distrito Federal	Hidrocarburos totales del petróleo, solventes y metales pesados.
Ecatepec	México	Hidrocarburos totales del petróleo y metales pesados.
Coatzacoalcos	Veracruz	Plomo (Pb)
Progreso	Yucatán	Gasolina y diesel
Cumobabi	Sonora	Plomo y cadmio
San Luis Potosí	San Luis Potosí	Plomo
Monterrey	Nuevo León	Plomo

Fuente: dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Peligrosas, INE.



## **CAPITULO SEGUNDO**

### **2. ASPECTOS JURIDICOS Y NORMATIVOS**

La normatividad y el marco jurídico constituyen en general instrumentos de regulación estratégicos para adecuar conductas productivas, minimizar o evitar riesgos operativos y ambientales, inducir el manejo adecuado de los residuos y ofrecer certidumbre a la inversión en la infraestructura y los bienes de capital necesarios.

La expedición de normas es uno de los pilares de la política ecológica, y se constituye como un esfuerzo regulatorio para adecuar las conductas de agentes económicos a los objetivos sociales de la calidad humana.

A raíz de la publicación de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización en 1992, se modernizó y perfeccionó el esquema normativo de México, en la medida en que el diseño y expedición de normas ha quedado sujeto necesariamente a la realización de estudios técnicos y de análisis de costo/beneficio. El procedimiento incluye la participación de diferentes interesados y representantes de sectores de actividad económica, a través del Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección al Ambiental. El Comité cuenta con el Subcomité de materiales y residuos sólidos y peligrosos.

Las NOM son un instrumento muy poderoso, no sólo por su capacidad de controlar los procesos productivos, sino particularmente por su capacidad de inducir cambios de conducta e internalizar costos ambientales, lo que las convierte en un mecanismo que promueve cambios tecnológicos y genera un mercado importante.

Las normas definen el mercado, tanto que dimensionan las áreas de servicios de manejo de residuos peligrosos abiertas a la actividad empresarial. De esta manera el volumen de residuos considerados como peligrosos queda acotado en la clasificación preestablecida en la normatividad respectiva. De igual manera, los criterios y condiciones limitantes que se dictan para la operación de sistemas de tratamiento, recidaje, combustión y confinamiento, determinan las tecnologías que dominarán el mercado.



### **2.1. Gestión para la regulación de Licencias y Permisos.**

Las principales licencias y permisos requeridos para la instalación de la unidad de tratamiento térmico en el parque industrial de Jilotepec, para la construcción y operación se mencionan a continuación:

- Permiso de descarga de aguas residuales
- Permisos del Instituto Nacional de Ecología
- Licencia de uso de suelo
- Licencia sanitaria.
- Licencia de construcción.
- Constancia de zonificación
- Visto bueno de seguridad y operación

Las dependencias a las cuales se recurre para la obtención de los permisos son:

El Instituto Nacional de Ecología " I N E " .

Secretaria de Energia

Comisión Nacional del Agua " C N A "

Toda la gestión se lleva a cabo en las dependencias regionales y estatales donde se realizará el proyecto.



## **2.2. Normatividad para el manejo de los residuos peligrosos.**

Enseguida se hace una descripción detallada del marco regulatorio sobre el manejo de los residuos peligrosos partiendo de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la cual fue publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 28 de enero de 1988, y sus modificaciones el 13 de diciembre de 1996. La citada Ley se encuentra dividida en seis Títulos y está compuesta por 204 Artículos, más 4 Artículos transitorios.

El Título Cuarto, Capítulo VI, trata lo relativo a materiales y residuos peligrosos (artículos del 150 al 153).

La definición de **residuo peligroso** se encuentra en el artículo 3° fracción XXXII, del Título Primero, Capítulo I, que a la letra dice así: **"todos aquellos residuos en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, tóxicas, venenosas, reactivas, explosivas, inflamables, biológico-infecciosas, representan un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente."**

En el *Título I, Capítulo II, Artículo 5°* de la LGEEPA se establecen como facultades de la federación las siguientes:

Fracción V.- La expedición de las Normas Oficiales Mexicanas.

Fracción VI.- "La regulación y el control de las actividades consideradas como altamente riesgosas y de la generación, manejo y disposición final de materiales y residuos peligrosos para el ambiente y los ecosistemas, así como la preservación de los residuos naturales, de conformidad con esta Ley, otros ordenamientos aplicables y sus disposiciones reglamentarias".

El Capítulo VI del Título cuarto, esta dedicado exclusivamente a los residuos peligrosos, como se indica a continuación:

El Artículo 150 establece que el manejo de los materiales y residuos peligrosos se debe de hacer de acuerdo a la Ley, su Reglamento y las Normas Oficiales Mexicanas que expida la SEMARNAT. Así mismo, establece que la regulación de esos materiales y residuos peligrosos, incluirá según corresponda, su uso, recolección, almacenamiento, transporte, rehúso, reciclaje, tratamiento y disposición final.

El Artículo 151 determina que el manejo y disposición final de los residuos peligrosos corresponde a quien los genere, aun cuando se contraten los servicios de manejo y disposición final de los residuos peligrosos con empresas autorizadas por la Secretaría, caso en el que la responsabilidad es compartida. Así mismo se establece que las personas que manejen residuos peligrosos deben de hacerlo del conocimiento de la SEMARNAT.

El Artículo 151 Bis, establece que se requiere autorización previa de la SEMARNAT para operar e instalar sistemas que involucren cualquier tipo de manejo de residuos peligrosos.



incluyendo aquellos destinados para la recolección, almacenamiento, transporte, reuso, reciclaje, tratamiento, incineración y/o disposición final.

El Artículo 152 establece que la SEMARNAT proveerá programas tendientes a prevenir y reducir la generación de residuos peligrosos así, como estimular su rehuso y reciclaje.

El Artículo 152-Bis dice que cuando la generación de residuos peligrosos produzca contaminación del suelo, los responsables de las operaciones deberán llevar a cabo las acciones necesarias para recuperar y restablecer las condiciones del mismo.

Finalmente, el Artículo 153 menciona que la importación o exportación de materiales o residuos peligrosos se sujetará a las restricciones que establezca el Ejecutivo Federal, de conformidad con lo dispuesto en la Ley de Comercio Exterior. En todo caso deberán observarse las siguientes disposiciones:

- I. Corresponderá a la Secretaría el control y la vigilancia ecológica de los materiales o residuos peligrosos importados o a exportarse, aplicando las medidas de seguridad que correspondan, sin perjuicio de lo que sobre este particular prevé la Ley Aduanera;
- II. Únicamente podrá autorizarse la importación de materiales o residuos peligrosos para su tratamiento, reciclaje o rehuso, cuando su utilización sea conforme a las leyes, reglamentos, normas oficiales mexicanas y demás disposiciones vigentes;
- III. No podrá autorizarse la importación de materiales o residuos peligrosos cuyo único objeto sea su disposición final o simple depósito, almacenamiento o confinamiento en el territorio nacional o en las zonas donde la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, o cuando su uso o fabricación no esté permitido en el país en que se hubiere elaborado;
- IV. No podrá autorizarse el tránsito por territorio nacional de materiales peligrosos que no satisfagan las especificaciones de uso o consumo conforme a las que fueron elaborados, o cuya elaboración, uso o consumo se encuentren prohibidos o restringidos en el país al que estuvieren destinados; ni podrá autorizarse el tránsito de tales materiales o residuos peligrosos, cuando provengan del extranjero para ser destinados a un tercer país;
- V. El otorgamiento de autorizaciones para la exportación de materiales o residuos peligrosos quedará sujeto a que exista consentimiento expreso del país receptor;



VI. Los materiales y residuos peligrosos generados en los procesos de producción, transformación, elaboración o reparación en los que se haya utilizado materia prima introducida al país bajo el régimen de importación temporal, inclusive los regulados en el artículo 85 de la Ley Aduanera, deberán ser retornados al país de procedencia dentro del plazo que para tal efecto determine la Secretaría;

VII. El otorgamiento de autorizaciones por parte de la Secretaría para la importación o exportación de materiales o residuos peligrosos quedará sujeto a que se garantice debidamente el cumplimiento de lo que establezca la presente Ley y las demás disposiciones aplicables así como la reparación de los daños y perjuicios que pudieran causarse tanto en el territorio nacional como en el extranjero;

Asimismo, la exportación de residuos peligrosos deberá negarse cuando se contemple su reimportación al territorio nacional, no exista consentimiento expreso del país del país receptor; el país de destino exija reciprocidad, o implique un incumplimiento de los compromisos asumidos por México en los Tratados y Convenciones Internacionales en materia, y

VIII. En adición a lo que establezcan otras disposiciones aplicables, podrán revocarse las autorizaciones que se hubieren otorgado para la importación o exportación de materiales y residuos peligrosos, sin perjuicio de la imposición de la sanción o sanciones que corresponda en los siguientes casos:

- a) Cuando por causas supervenientes, se compruebe que los materiales o residuos peligrosos autorizados constituyen mayor riesgo para el equilibrio ecológico que el que se tuvo en cuenta para el otorgamiento de la autorización correspondiente;
- b) Cuando la operación de importación o exportación no cumplan los requisitos fijados en la guía ecológica que expida la Secretaría;
- c) Cuando los materiales o residuos peligrosos ya no posean los atributos o características conforme a los cuales fueron autorizados; y
- d) Cuando se determine que la autorización fue transferida a una persona distinta a la que solicitó la autorización, o cuando la solicitud correspondiente contenga datos falsos, o presentados de manera que se oculte información necesaria para la correcta apreciación de la solicitud.



Por otra parte, con relación al Reglamento de la LGEEPA en materia de Residuos Peligrosos, el artículo 8° establece que el generador de residuos peligrosos deberá:

- I. Inscribirse en el Registro que para tal efecto establezca la SEMARNAT,
- II. Llevar una bitácora mensual sobre la generación de sus residuos peligrosos;
- III. Dar a los residuos peligrosos el manejo previsto en el Reglamento y en las normas técnicas ecológicas correspondientes, actualmente normas oficiales mexicanas;
- IV. Manejar separadamente los residuos peligrosos que sean incompatibles en los términos de las normas técnicas ecológicas correspondientes, actualmente normas oficiales mexicanas;
- V. Envasar sus residuos peligrosos, en recipientes que reúnan las condiciones de seguridad previstas en el Reglamento y en las normas técnicas ecológicas correspondientes, actualmente normas oficiales mexicanas;
- VI. Identificar sus residuos peligrosos, con las indicaciones previstas en el Reglamento y en las normas técnicas ecológicas correspondientes, actualmente normas oficiales mexicanas;
- VII. Almacenar sus residuos peligrosos en condiciones de seguridad previstas en el Reglamento y en las normas técnicas ecológicas correspondientes, actualmente normas oficiales mexicanas;
- VIII. Transportar sus residuos peligrosos en los vehículos que determine la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y bajo las condiciones previstas en el Reglamento y en las normas técnicas ecológicas correspondientes, actualmente normas oficiales mexicanas;
- IX. Dar a los residuos peligrosos el tratamiento que corresponda de acuerdo con lo dispuesto en el Reglamento y en las normas técnicas ecológicas correspondientes, actualmente normas oficiales mexicanas;
- X. Dar a los residuos peligrosos la disposición final que corresponda de acuerdo con los métodos previstos en el Reglamento y en las normas técnicas ecológicas correspondientes, actualmente normas oficiales mexicanas;
- XI. Remitir a la SEMARNAT, en el formato que ésta determine, un informe semestral sobre los movimientos que hubiere efectuado con sus residuos peligrosos durante dicho periodo, y
- XII. Las demás previstas en el Reglamento y en otras disposiciones aplicables.



En el artículo 12 del Reglamento mencionado con anterioridad, se establece que las personas autorizadas por parte de la SEMARNAT para instalar y operar sistemas de recolección, almacenamiento, transporte, alojamiento, rehúso, tratamiento, reciclaje, incineración y disposición final deberán presentar, previo al inicio de sus operaciones, lo siguiente:

- I. Un programa de capacitación del personal responsable del manejo de residuos peligrosos y del equipo relacionado con éste;
- II. Documentación que acredite al responsable técnico, y
- III. Un programa para atención a contingencias.

*Con relación a las Normas Oficiales Mexicanas para el manejo de residuos peligrosos, se tiene lo siguiente:*

- **NOM-052-ECOL-1993**, que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente (antes NOM-CRP-001-ECOL/93). Es importante citar que esta NOM fue revisada y aprobada por el Subcomité para Residuos Peligrosos Municipales, Peligrosos y Sustancias Químicas, para ser presentada ante el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental, con el fin de que sea publicada en el Diario Oficial de la Federación.
- **NOM-053-ECOL-1993**, que establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente (antes NOM-CRP-002-ECOL/93).
- **NOM-054-ECOL-1993**, que establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-93.
- **NOM-055-ECOL-1993**, que establece los requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de residuos peligrosos, excepto los radiactivos (antes NOM-CRP-004-ECOL/93). Dicha Norma será sustituida por el actual Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-055-ECOL-1996, que establece los requisitos que deben reunir los sitios que se destinarán al establecimiento de confinamientos controlados y Centros Integrales para el Manejo de Residuos Industriales Peligrosos. Se está en espera, de que este proyecto de Normas sea publicado como tal en el Diario Oficial de la Federación.
- **NOM-056-ECOL-1993**, que establece los requisitos para el diseño y construcción de las obras complementarias de un confinamiento controlado de residuos peligrosos (antes NOM-CRP-005-ECOL/93). Es importante citar que esta NOM actualmente se encuentra



en revisión en proceso de integración, en la cual también se incluirán las Normas NOM-057 y 058-ECOL-1993.

- **NOM-057-ECOL-1993**, que establece los requisitos que deben de observarse en el diseño, construcción y operación de celdas de un confinamiento controlado para residuos peligrosos (antes NOM-CRP-006-ECOL/93). Se debe mencionar que esta NOM, en la actualidad se encuentra en revisión y en proceso de incluirse dentro de NOM-056-ECOL-1993.
- **NOM-058-ECOL-1993**, que establece los requisitos para la operación de un confinamiento controlado de residuos peligrosos (antes NOM-CRP-007-ECOL/93). Conviene mencionar que esta NOM, en la actualidad se encuentra en revisión y en vías de incluirse dentro de NOM-056-ECOL-1993.
- **NOM-067-ECOL-1995**, que establece los requisitos para la separación, envasado, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos peligrosos biológico-infecciosos que se generan en establecimientos que prestan atención médica.
- *Otras Normas Oficiales Mexicanas aprobadas por el comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental y publicadas en el Diario Oficial de la Federación, que son complementarias a las Normas Oficiales Mexicanas, específicas para el manejo de residuos peligrosos.*
- **NOM-001-ECOL-1996**, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.
- **NOM-007-ECOL-1996**, de la emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono, óxido de nitrógeno, partículas suspendidas totales y opacidad de humo, provenientes del escape de motores nuevos, que usan diesel como combustible y que utilizarán para la propulsión de vehículos automotores, con peso bruto vehicular mayor de 3,857 kilogramos.
- **NOM-008-ECOL-1996**, de la opacidad de humo, provenientes del escape de vehículos automotores en circulación, que usan diesel como combustible.



- **Las principales Normas Oficiales Mexicanas aprobadas para el manejo de residuos peligrosos, en etapas de elaboración y/o modificación, son las siguientes:**
- **Norma Oficial Mexicana NOM-090-ECOL-1994**, que establece los requisitos para la ubicación, diseño, construcción y operación de presas de jales.
- **Norma Oficial Mexicana** para el manejo y aprovechamiento de solventes residuales. Está por instalarse el grupo de trabajo que desarrollará el proyecto en Norma.
- **Proyecto de Norma Oficial Mexicana** que regula las instalaciones destinadas al tratamiento térmico de materiales y residuos peligrosos, provenientes de cualquier actividad y sus emisiones al ambiente. El grupo de trabajo que fue creado para formular este proyecto de Norma, presentó a fines de diciembre de 1997, la versión final del proyecto de Norma ante el Subcomité para Residuos Municipales, Peligrosos y Sustancias Químicas, quien lo aprobó, determinando que fuera presentado ante el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la protección al Ambiente, para solicitar su publicación en el Diario Oficial de la Federación.
- **Proyecto de Norma Oficial Mexicana** que establece las técnicas de muestreo y el manejo de las muestras para su análisis, con el objeto de determinar su peligrosidad.
- **Norma Oficial Mexicana** que establece los procedimientos para la restauración de sitios contaminados y la limpieza de sistemas de saneamiento contaminados.
- **Proyecto de Norma Oficial Mexicana** que establece los requisitos para el manejo y disposición de lodos provenientes de plantas de tratamiento.
- **NOM-101-ECOL-1996, Norma Oficial Mexicana** que establece los requisitos y especificaciones para el manejo de lubricantes usados.
- **Norma Oficial Mexicana** que establece los requerimientos generales para el manejo de bifenilos policlorados.



- *La Secretaría de Comunicaciones y Transportes ha publicado una serie de Normas Oficiales Mexicanas, relacionadas con el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos.*
- **NOM-002-SCT2-1994.** Listados de las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados.
- **NOM-003-SCT2-1994.** Características de las etiquetas de envases y embalajes destinadas al transporte de materiales y residuos peligrosos.
- **NOM-004-SCT2-1994.** Sistema de identificación de unidades destinadas al transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos.
- **NOM-005-SCT2-1994.** Información de emergencia para el transporte terrestre de sustancias, materiales y residuos peligrosos.
- **NOM-006-SCT2-1994.** Aspectos básicos para la revisión ocular diaria de la unidad destinada al autotransporte terrestre de materiales y residuos peligrosos.
- **NOM-007-SCT2-1994.** Mercado de envases y embalaje destinados al transporte de sustancias y residuos peligrosos.
- **NOM-009-SCT2-1994.** Compatibilidad para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos de la clase 1, explosivos.
- **NOM-010-SCT2-1994.** Disposiciones de compatibilidad y segregación para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.
- **NOM-011-SCT2-1994.** Condiciones para el transporte de las sustancias, materiales y residuos peligrosos en cantidades limitadas.
- **NOM-012-SCT2-1994.** Sobre el peso y dimensiones máximas que deben cumplir los vehículos de auto-transporte que transitan en los caminos y puentes de jurisdicción federal.
- **NOM-018-SCT2-1994.** Disposiciones para la carga, acondicionamiento y descarga de materiales y residuos peligrosos en unidades de arrastre ferroviario.
- **NOM-019-SCT2-1994.** Disposiciones generales para la limpieza y control de remanentes de sustancias y residuos peligrosos en las unidades que transporten materiales y residuos peligrosos.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



- **NOM-021-SCT2-1994.** Disposiciones generales para transportar otro tipo de bienes diferentes a las sustancias, materiales y residuos peligrosos en unidades destinadas al traslado de materiales y residuos peligrosos.
- **NOM-023-SCT2-1994.** Información técnica que debe contener la placa que portarán los autotanques, recipientes metálicos intermedios para granel y envases de capacidad mayor a 450lts. que transportan materiales y residuos peligrosos.
- **NOM-024-SCT2-1994.** Especificaciones para la construcción y reconstrucción, así como los métodos de prueba de los envases y embalajes de las sustancias, materiales y residuos peligrosos.
- **NOM-025-SCT2-1994.** Disposiciones especiales para las sustancias, materiales y residuos peligrosos de la clase 1, explosivos.
- **NOM-027-SCT2-1994.** Disposiciones generales para el envase, embalaje y transporte de las sustancias, materiales y residuos peligrosos de la división 5.2, peróxidos orgánicos.
- **NOM-028-SCT2-1994.** Disposiciones especiales para los materiales y residuos peligrosos de la clase 3, líquidos inflamables transportados.
- **NOM-043-SCT2-1995.** Documento de embarque de sustancias, materiales y residuos peligrosos.
- **NOM-EM-008-SCT2-1995.** Disposiciones para efectuar la inspección de equipo de arrastre ferroviario asignado al transporte de materiales y residuos peligrosos.
- **NOM-EM-020-SCT2-1995.** Requerimientos generales para el diseño y construcción de autotanques destinados al transporte de materiales y residuos peligrosos, especificaciones STC 306, STC 307 Y STC 312.



### 2.3. Estándares, códigos de diseño de los equipos

Toda la instalación de la planta ( Equipos, líneas e instrumentación) fue sujeta a códigos y estándares de diseño bajo los más estrictos requerimientos demandados para su operación.

Tabla No. 2.3  
**CÓDIGOS Y ESTÁNDARES.**

ISA	Instrument Society of America
ANSI	American National Standard Institute
ASME	American Society of Mechanical Engineering
ASTM	American Society of Testing and Material
AWS	American Welding Society
ISA	Instrument Society of America
DOT	Department of Transportation
NACE	National Association of Corrosion Engineers
NEC	National Electrical Code
NFPA	National Fire Protection Association
OSHA	Occupation Safety and Health Administration
UL	Underwriters Laboratories
FM	Fabricas Mutualistas
ISO	International Standard Organization
EPA	Environmental Protection Agency

Los componentes críticos del sistema han sido diseñados para cumplir con los estándares sísmicos más exigentes.

#### **Torre de Alimentación**

Diseñada para cargas por ANSI A58.1, 1982. Zona sísmica 0, Exposición C, categoría III.

#### **Chimenea ESTER.**

Basada en carga de viento de 110 millas/hora, zona sísmica IV, con Código ANSI A58.1-1982, Exposición 0.

#### **Escalera de torre de cenizas.**

Construida con Código ANSI A 58.1-1982, Zona sísmica 0, exposición C, Categoría III carga de viento, 90 millas/hora

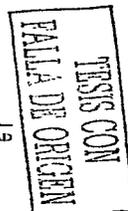
#### **Estructura del enfriador de ceniza.**

Calculado para zona sísmica 0, carga de viento 110 millas/hora, modificada para zona sísmica II y carga de viento de 70 millas/hora

#### **Chimenea del FRP**

Diseñada con Código ANSI A58.1-1982, exposición C, zona sísmica UBC IV

Sistema de enfriamiento. Calculada para carga de viento de 110 millas/hora, Código ANSI A58.1-1982, zona sísmica IIA.





## CAPITULO TERCERO

### 3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO

#### 3.1 UBICACIÓN DE LA PLANTA

La planta está ubicada en la porción Norte del Estado de México; específicamente en el Parque Industrial del municipio de Jilotepec que colinda con los siguientes municipios: Soyaniuilpan de Juárez, Polotitlán, Aculco, Timilpan, Chapa de Mota y Villa del Carbón, Municipio que cubre una superficie global de 2,125.97 km<sup>2</sup> y una altura media de 2,450 m.s.n.m. La principal vía de acceso al municipio es la carretera de cuota México Querétaro, a lo largo de la cual se encuentran zonas industriales de comercio y habitacionales, con relativa homogeneidad.

El Parque Industrial es propiedad de una empresa Descentralizada del Gobierno del Estado de México, FIDEPAR, y ha venido operando como un Parque Industrial autorizado para maquila e industria en general, en los términos de la legislación estatal vigente en materia de desarrollo urbano y además se encuentra inscrito en el correspondiente catálogo de Nacional Financiera.

La planicie geográfica donde se encuentra el predio de interés para la instalación de la planta de tratamiento térmico, se ubica dentro de las coordenadas 99° 31' 30" de longitud oeste y su latitud norte es 19° 58' 43", a una altura de 2 250 msnm.

El área mínima requerida para la instalación de la planta es de 4 has, por lo que se eligió la adquisición del predio con 44,443.10 m<sup>2</sup> (4.44 has).

La cabecera Municipal de Jilotepec de Molina, municipio donde se ubica el parque industrial cuenta con la infraestructura urbana correspondiente a una ciudad media del estado, con pavimentación de tipo asfáltico y adoquinado en sus avenidas y calles, complementadas con las correspondientes guarniciones y banquetas. También cuenta con los servicios de agua potable, alcantarillado y drenaje, así como suministro de energía eléctrica y teléfono. En cuanto a la urbanización específica del Parque, cuenta con vialidades pavimentadas con asfalto, y las líneas para conectarse a las tomas de agua, faltando por instalar la red de gas natural y líneas telefónicas.

El acceso principal al parque industrial, está constituido por la vialidad denominada carretera Soyaniuilpan, que entronca a menos de un km. con el acceso al centro urbano de Jilotepec conformado por una vía de 4 carriles, 2 por sentido de circulación hasta el entronque con la carretera No 57, o autopista México Querétaro. Existe un acceso alternativo mediante la carretera panamericana, que permite la conexión con las Ciudades de Atlacomulco y Toluca por la autopista Toluca Atlacomulco, a través de la carretera local Jilotepec-Ixtlahuaca.



Para la selección del sitio se realizaron estudios climatológicos, geológicos e hidrológicos, así como de viabilidad técnico económica considerando diferentes alternativas en los estados de México, Hidalgo, Tlaxcala y Querétaro. En el Estado de México se preseleccionaron, Atlacomulco, Jilotepec, Toluca y en Hidalgo Tula. En el caso de Jilotepec, se presentan ventajas comparativas con los demás, tales como profundidad de los mantos freáticos ( aprox. 100 m.), así como las posibilidades de comunicación por ferrocarril (estación Polotitlán) con todo el país y en particular con el mercado demandante del servicio en el centro y sur del país. por lo que se eligió el sitio actualmente propuesto.

NOTA: Ver anexo No. 2

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## **3.2 PROCESO**

### **3.2.1. descripción detallada del proceso para incinerar residuos peligrosos**

El sistema de tratamiento térmico, se basa en cuatro etapas de proceso con la capacidad de destruir residuos: líquidos, sólidos, lodos y recortes de perforación (tierras contaminadas con hidrocarburos).

Tiene una capacidad anual de proceso de 30,000 toneladas de residuos industriales incluidas todas sus fases y una capacidad anual de 100,000 toneladas de recortes de perforación o tierras contaminadas.

Dicho sistema incluye las siguientes partes:

- Sistema de alimentación de residuos industriales o recortes de perforación
- Sistema de combustión
- Sistema de lavado de gases
- Sistema de cenizas o tierras termotratada.

### **3.2.2. SISTEMA DE ALIMENTACION**

#### **3.2.2.1. Manejo de los residuos del área de almacenamiento a la zona de incineración.**

Los residuos industriales serán recibidos en tres fases en las instalaciones de la planta: líquidos, sólidos y lodos. Los tres tipos de residuos serán recibidos en embarques a granel y en tambores.

Los líquidos recibidos en carros tanque serán bombeados directamente hacia el tanque de almacenamiento respectivo. Las categorías de residuos líquidos incluyen:

1. PCBs y PCEs
2. Residuos acuosos
3. Solventes misceláneos, aceites, etc., referidos como "aceites residuales".

Hay dos tanques de almacenamiento para cada categoría de residuo líquido. Estos 6 tanques serán localizados en un área de contención diseñada para retener cualquier derrame u otra descarga de residuos líquidos.

Hay un tanque de alimentación para cada categoría de residuo. Los aceites residuales y los residuos PCB/PCE pueden ser alimentados desde los tanques de alimentación al quemador principal del horno rotatorio o a través de uno o más de los cinco quemadores de residuo líquido montados en la SCC.



Los residuos acuosos son alimentados de su respectivo tanque de alimentación a la boquilla montada en el horno rotatorio y/o a las cuatro boquillas montadas en la SCC.

La alimentación de cada corriente de residuo es monitoreada y controlada, automática o manualmente. Los flujos de combustión de los residuos líquidos en los quemadores principales del horno y la SCC se ajustan automáticamente para controlar la temperatura en cada cámara de combustión.

Los tambores que se reciben en las instalaciones son retirados de los carros de entrega en la estación de descarga usando equipo de carga frontal. El contenido de los tambores se inspecciona visualmente, se clasifican y se almacenan en base a la compatibilidad química, ya sean residuos sólidos, líquidos o lodos. Los líquidos que se reciben en tambores se muestrean y se bombean a un tanque de transferencia de residuo.

Hay tres tanques de transferencia para líquidos, uno para cada categoría de residuos líquidos. El contenido de los tanques de transferencia se bombea directamente al tanque de almacenamiento específico en el área de tanques.

Los residuos sólidos a granel y los lodos residuales no bombeables se envían al edificio de manejo para la alimentación (EMA). El EMA tiene las siguientes características importantes:

- Tres áreas de fosas; una para recibir los sólidos a granel, una para recibir lodos no bombeables y otra para almacenar los residuos preparados para alimentar al horno rotatorio.
- El aire de combustión para el sistema de tratamiento térmico es enviado desde el EMA. Un sistema de extracción de tiro forzado diseñado para atrapar los polvos y humos de las operaciones de manejo de residuos para la alimentación consistirá de ductos colectores de polvo, un filtro de partículas, un filtro de carbón activado y un ventilador de aire.
- El sistema de ventilación extraerá continuamente el aire del EMA para controlar la calidad del ambiente laboral.

El contenido de tambores que consiste de sólidos térmicamente tratables, será triturado y mezclado con otros materiales sólidos en la fosa de alimentación. Los tambores vacíos serán descontaminados o triturados hasta el tamaño especificado para el tratamiento térmico.

La reducción de tamaño será hasta 5.1 cm (2 pulgadas) o menor. Los residuos sólidos triturados y mezclados serán transferidos de las fosas de reducción de sólidos por medio de una serie de mecanismos hasta la tolva de alimentación del horno rotatorio. El sistema de alimentación de sólidos entre el AME y la TTU está completamente cerrado y mantenido bajo una ligera presión negativa.

Dos categorías de lodos serán tratados en la TTU; los bombeables y no bombeables. Los lodos bombeables se recibirán a granel en carros tanque o en tambores. Los lodos bombeables a granel serán enviados directamente del carro a un tanque de almacenamiento de lodos. Estos lodos serán bombeados al tanque de alimentación de lodos, de donde serán alimentados a un



extremo del horno rotatorio por medio de una bomba. Los lodos bombeables que se reciban en tambores serán vaciados de la misma forma que los líquidos que llegan en tambores, y transferidos al tanque de almacenamiento de lodos.

Los lodos no bombeables también serán recibidos a granel en carros o en tambores, los cuales serán descargados directamente en las fosas de lodos del FHB. Los lodos serán mezclados con otros residuos sólidos, para ponerlos en consistencia de ser alimentados al horno rotatorio mediante el sistema de alimentación de sólidos. ( Ver Diagrama de Flujo de Proceso ( DFP, anexo No.3).

### **3.2.2.2. Residuos sólidos industriales y lodos no bombeables.**

El seguimiento para la preparación y alimentación de los residuos sólidos industriales y lodos no bombeables será el siguiente:

Se hace una mezcla de los residuos sólidos y los lodos no bombeables, la cual se transporta de las celdas de almacenamiento a la tolva de alimentación por medio de un cargador frontal, donde se llevará a cabo la retención y eliminación de metales presentes en la mezcla.

De la tolva, la mezcla es enviada a la trituradora para la reducción de tamaño. La reducción de tamaño será hasta 5.1 cm (2 pulgadas) o menor. Los residuos sólidos triturados y mezclados, seguido de esto pasan a la banda transportadora para ser transferidos a la tolva de alimentación de horno rotatorio, donde es pesado y regulada la alimentación al sistema por medio de un sistema de control. El sistema de alimentación de sólidos entre el FHB y la TTU está completamente cerrado y mantenido bajo una ligera presión negativa.

La tolva de alimentación del horno rotatorio incluye un mecanismo de válvulas que proporcionan un sello mecánico entre el sistema de alimentación de sólidos y el horno rotatorio. Este arreglo de válvulas retarda la infiltración de aire al horno rotatorio, permitiendo mejor control de la presión de la cámara de combustión. La alimentación de la corriente de recorte es monitoreada y controlada, automática o manualmente en cada cámara de combustión.

### **3.2.2.3. Residuos líquidos industriales**

Los aceites residuales y los residuos PCB/PCE son bombeados desde los tanques de almacenamiento hacia las corrientes de alimentación del quemador principal del horno rotatorio a través de uno o de los cinco quemadores de residuo líquido montados en la SCC.

### **3.2.2.4. Residuos acuosos industriales**



Los residuos acuosos son bombeados de su respectivo tanque de almacenamiento hacia la boquilla de alimentación montada en el horno rotatorio y/o a las cuatro boquillas montadas en la Cámara de Combustión Secundaria (CCS).

### **3.2.2.5. Residuos de Recortes de Perforación y/o tierras contaminadas**

El seguimiento para la preparación y alimentación de los recortes de perforación y/o tierras contaminadas será el siguiente:

Se transportarán los recortes o tierras de las celdas de almacenamiento a la tolva de alimentación por medio de un cargador frontal, para la retención y eliminación de metales, materiales como arbustos, troncos, tierra compactada, etc.

De la tolva, el recorte generado es enviado a la trituradora para la reducción de tamaño de los recortes, seguido de esto pasan a la banda transportadora para ser transferidos a la tolva de alimentación del horno rotatorio, donde es pesado y regulada la alimentación al sistema, por medio de un sistema de control.

La tolva de alimentación del horno rotatorio incluye un mecanismo de válvulas que proporcionan un sello mecánico entre el sistema de alimentación de sólidos y el horno rotatorio. Este arreglo de válvulas retarda la infiltración de aire al horno rotatorio, permitiendo mejor control de la presión de la cámara de combustión. La alimentación de la corriente de recorte es monitoreada y controlada, automática o manualmente en cada cámara de combustión. La alimentación de cada corriente de residuo en cualquiera de sus fases, es monitoreada y controlada, automática o manualmente. Los flujos de combustión de los residuos líquidos en los quemadores principales del horno y la CCS se ajustan automáticamente para controlar la temperatura en cada cámara de combustión.

## **3.2.3. SISTEMA DE COMBUSTIÓN**

### **3.2.3.1. Horno Rotatorio a Contracorriente (cámara de combustión primaria).**

La cámara de combustión primaria es un horno rotatorio a contracorriente. En el cual pueden quemarse los residuos industriales y recortes de perforación a una temperatura de 800°C y 677°C respectivamente. Los residuos industriales o recortes de perforación antes de entrar al horno son dispuestos en una tolva cerrada de alimentación, y de allí son enviados al horno rotatorio, siendo alimentados continuamente.

Los residuos industriales o recortes de perforación entran al horno rotatorio en el extremo de la descarga del gas de combustión y pasan lentamente a través del horno rotatorio por una combinación de la rotación y la pendiente suave del horno. Las cenizas o las tierras termotratadas son descargadas del extremo del quemador del horno y cae en una banda transportadora para



llevar el material a un recipiente de donde se envía al molino de torta, en el cuál se tritura a un tamaño homogéneo de partícula, con adición de agua para enfriar en forma simultánea.

El horno rotatorio en contracorriente, usa un controlador de aire y direccionador de flama, integrados para mantener un proceso de combustión balanceado y eficiente.

### **3.2.3.2. Cámara de Combustión Secundaria (CCS).**

La CCS proporciona una temperatura alta, que opera en un rango de (927°C - 1200 °C), con un tiempo de residencia (mayor de 2 a 3 segundos) y un mezclado turbulento para la destrucción térmica de cualquier constituyente orgánico que podría estar presente en los gases provenientes del horno rotatorio. También se queman residuos líquidos en la CCS por medio de uno o más quemadores de residuos líquidos.

La CCS consiste de un cuerpo cilíndrico vertical de acero, protegida con material refractario. El proceso de combustión de gases se realiza de la parte superior hacia la parte inferior de la cámara, la superficie interna de la CCS está cubierta con material refractario resistente al ácido y altas temperaturas. La sección superior de la CCS es una cámara de quemado y combustión diseñada especialmente para completar la combustión de los gases que provienen del horno rotatorio por medio de 5 diferentes quemadores, el quemador principal montado en la parte superior y 4 quemadores de pistola montados en las partes laterales de la cámara.

### **3.2.3.3. Sistema de Alivio para Emergencias (SAE)**

Para proporcionar el manejo seguro de residuos industriales peligrosos o recortes de perforación que están presentes en el horno rotatorio durante el mal funcionamiento o condición de emergencia, la TTU está equipada con un sistema de alivio de emergencias para protección ambiental (SAE). El SAE es un sistema de seguridad de protección diseñado para suministrar un medio para venteo de los gases de combustión durante una emergencia en forma segura y controlada.

Si ocurre un evento como una falla de energía, deben ventearse los gases residuales del horno rotatorio. La alimentación de residuos se interrumpe automáticamente y los gases del horno rotatorio son enviados al SAE, donde un sistema de combustión de gas de respaldo, trata térmicamente los gases de relevo antes de ser liberados a la atmósfera. El SAE opera todo el tiempo que estén presentes residuos en el horno rotatorio.

El SAE cambia a un estado de funcionamiento del piloto listo para operar, cuando el proceso reanuda las condiciones normales de operación después de que las causas que iniciaron la activación del SAE hayan sido corregidas, o cuando los residuos que provienen del horno rotatorio hayan sido destruidos.



#### **3.2.3.4. Sistemas de combustible**

Se usa como combustible el gas natural, el cual tendrá una acometida de este servicio teniendo flujo continuo para abastecer dos puntos principales de la planta de incineración, el horno rotatorio y la cámara de combustión secundaria CCS, pasando por una caseta intermedia de recepción y regulación. Se cuenta con un tanque de almacenamiento de gas L.P. con una capacidad de 5,000 lts para abastecer al sistema de control de seguridad (SCS).

El gas natural es suministrado de una tubería de distribución local y es llevado al sitio por medio de tubos de alimentación, todas las líneas de gas son subterráneas, a excepción de la estación de medición y después de la entrada de la línea de alimentación a los límites de batería de la TTU.

El gas natural se suministra al horno y a la CCS a través de una línea de suministro para cada equipo. Cada línea se divide en ramales que van hacia los sistemas de quemadores principal y auxiliares. Cada ramal está provisto con monitores, controles, circuitos de protección (interlocks) y dispositivos de seguridad independientes, requeridos por la "National Fire Protection Agency" (NFPA), de los Estados Unidos. En caso de un evento SAE, el quemador de este equipo operará con gas propano, independiente de la TTU.



### 3.2.4. SISTEMA DE LAVADO DE GASES

En el sistema de lavado de los gases (SLG) de combustión de la CCS estos son enfriados adiabáticamente a saturación y tratados para remover partículas y gases ácidos. Un ventilador de tiro inducido mantiene un vacío en toda la TTU y proporciona la fuerza motriz para el sistema de lavado. Los principales equipos que componen el SLG incluyen:

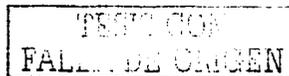
- Sistema de enfriamiento adiabático
- Lavador de gases con boquillas en serie (Hydro-Sonic Tandem Nozzle Scrubber)
  - Acondicionador de gas
  - Unidad Hydro-1
  - Unidad Hydro-2
  - Separador de aspas
  - Sistema de reciclado de agua
- Precipitador electrostático húmedo (WESP)
- Ventilador de tiro inducido (ID)
- Adsorbedor de carbón activado
- Chimenea.

El enfriador adiabático sirve para disminuir la temperatura del gas de salida de la CCS para protección de los dispositivos del SLG corriente abajo y como una cámara de contacto para remoción de partículas y gases ácidos. El gas enfriado adiabáticamente y saturado es conducido del enfriador al acondicionador de gas. El acondicionador de gas sirve para proporcionar un contacto más íntimo entre las fases gaseosa y líquida. Esto es realizado conforme la mezcla gas-líquido pasa a través de un banco de paletas internas del acondicionador de gas. Hay una remoción adicional de partículas y gas ácido en esta etapa.

La corriente de gas saturado sale del acondicionador de gas y entra a la primera de dos boquillas subsónicas unidad Hydro-1 diseñadas como Venturis especiales para alta eficiencia de remoción de partículas y gases ácidos.

Aproximadamente el 40% de la solución del lavador inyectada en la unidad Hydro-1 entra en la corriente de gas y es llevada a través de un tubo de mezclado hacia la unidad Hydro-2. En el tubo de mezclado se logra la remoción de partículas sub-micra y gases ácidos. La corriente de gas que entra al Hydro-2 tiene un tratamiento adicional similar.

Después de salir del lavador Hydro-2 la corriente fluye a través de un segundo tubo de mezclado y entra entonces al separador de aspas. El separador de aspas está diseñado para remover agua atomizada con partículas y gases ácidos antes de entrar al WESP.





En el WESP, los gases de combustión pasan a través de platos perforados cuya función es distribuir el flujo a lo largo de la sección transversal de la torre. Los gases fluyen hacia arriba a través de tubos conectados eléctricamente llamados electrodos colectores.

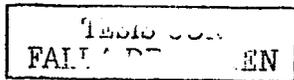
Un electrodo ionizador, que mantiene un alto potencial negativo, es montado concéntricamente en cada electrodo colector. La alta diferencia de voltaje entre el ionizador y el electrodo colector produce un intenso campo electromagnético llamado la corona. Las partículas que pasan a través de la corona son cargadas negativamente, y son atraídas al electrodo colector. Las partículas que alcanzan la pared del colector son capturadas en una película de agua y drenadas hacia el cárcamo del WESP.

El ventilador de ID proporciona la suficiente fuerza motriz sobre la corriente de gas para mantener un vacío (presión negativa) en el horno rotatorio y la CCS, así como para proporcionar la diferencia de presión a través del sistema de lavado de gas.

El absorbedor de carbón es usado como una unidad de limpieza para remover cualquier dioxina remanente en la corriente de gas. El sistema adsorbedor de carbón está compuesto de dos camas de carbón conectadas en serie.

El gas que sale del adsorbedor de carbón es conducido hacia la chimenea. El gas de la chimenea reciclado se usa para mantener una velocidad de flujo de gas constante a través del lavador Hydro-Sonic para mantener la diferencia de presión deseada. Los gases limpios se descargan a la atmósfera de una chimenea de 30 metros de altura.

(Ver Diagramas de Flujo de Proceso, anexo No. 3).





### **3.2.5. SISTEMA DE GENERACION DE CENIZAS O TIERRAS TERMO TRATADAS**

#### **3.2.5.1. Manejo de Cenizas o Tierras Termotrataadas.**

Las cenizas o tierras termotrataadas son descargadas directamente del horno rotatorio sobre una banda transportadora que transfiere el residuo al enfriador. El transportador es cerrado y opera bajo un vacío en el rango de 24.88 a 124.4 Pa (0.1 a 0.5 pulgadas de c.a.). El transportador es de tipo continuo, metálico, diseñado para llevar cenizas o tierras en una pendiente de 45 grados. En el punto de descarga del horno rotatorio el transportador es horizontal y después se inclina para elevar las cenizas o tierras hasta la descarga del enfriador, en donde son enfriadas con agua. Las cenizas o tierras tratadas frías se descargan en el transportador por medio de dos válvulas operadas neumáticamente en un contenedor receptor de tierras tratadas. El vapor generado en el proceso de enfriamiento es colectado y recirculado al horno.

Las cenizas o tierras termotrataadas serán transferidas a través de bandas transportadoras hacia un almacén, para su almacenamiento temporal, subsecuente de esto se procederá a realizar el análisis CRETIB (NOM-052-ECOL-1993, NOM-053-ECOL Y NOM-054-ECOL-1993) para las tierras termotrataadas se realizará por lotes de 1000 toneladas métricas para verificar que no presentan características de peligrosidad, y una vez que los resultados obtenidos en el laboratorio con acreditamiento SINALP, indiquen que no está considerada como residuo peligroso, se procederá a disponer de él de una manera acorde.

En caso de que alguno presentara peligrosidad por metales pesados, esta ceniza o tierra termotrataada será enviada a confinamiento controlado, siguiendo los procedimientos estipulados por el INE. En este caso también se procederá al llenado de la bitácora correspondiente, al llenado del Manifiesto de entrega, transporte y recepción de residuos peligrosos, a través de una empresa de transportes debidamente autorizada por las autoridades correspondientes.

( Ver Diagramas de Flujo de Proceso, anexo No. 3 ).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



### 3.3 ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO

Relación de los equipos, instrumentos y maquinaria empleada para el tratamiento térmico de los residuos peligrosos, indicando las características generales de cada uno de ellos.

#### Características Generales de los Equipos

Continuación Tabla No. 3.3.

Equipo	Dimensiones	Material de Construcción	Temperatura de Operación	Presión de Operación	Flujo o Capacidad
Horno rotatorio	$D_{ext}=4.15$ m $D_{int}=3.7$ m $L=22.5$ m $t=1.9$ cm (3/4") l de aislante refractario=22.9 cm $A_{transversal}=10.5$ m <sup>2</sup> $V=240$ m <sup>3</sup>	Acero al carbón recubierta de ladrillo refractario resistente a ácido	800 (para residuos industriales)  677 (para recortes de perforación)	vacio -1" columna	Máxima 41.7 Ton/h
Cámara de Combustión Secundaria (C C S)	$D_{ext}=3.7$ m $D_{int}=3.2$ m $L=11.6$ m $t=0.95$ cm (3/8") l de aislante refractario=17.8 a 22.9 cm $A_{transversal} q=8$ m <sup>2</sup> $A_{transversal}=8.4$ m <sup>2</sup> $V=82.1$ m <sup>3</sup>	Acero al carbón recubierto de cerámica refractaria resistente al ácido	940	vacio	146,475 Am <sup>3</sup> /h $Q_{ref}=2.02$ a 3 s
Sistema auxiliar de Emergencia (S A E)	$D_{ext}=2.15$ m $D_{int}=3.2$ m $L=30.5$ m $t=0.95$ cm (3/8")	Acero al carbón aislado con módulos de fibra cerámica para alta temperatura	780 a los 60 s 1000 a los 3 min.	Atmosférica, genera vacio inmediato 0.5" a 0.8" columna de agua en el horno	Desfogue de los gases del horno rotatorio

TECIS CON  
FALLA DE EQUIPO EN



### Características Generales de los Equipos

Continuación Tabla No. 3.3.

Equipo	Dimensiones	Material de Construcción	Temperatura de Operación (°C)	Presión de Operación	Flujo o Capacidad
Enfriador adiabático	D=3.5 m L=4.88 m fondo cónico	Fibra de vidrio reforzada recubierta de ladrillo refractario resistente a	83.3 gas de salida	vacío	2271 l/min flujo de recirculación
Acondicionador de gas	L=2.13 m t= 0.95 cm (3/8") A transversal=1.68 m <sup>2</sup>	Fibra de vidrio reforzado		vacío	189.3 l/min Solución de recirculación
Hydro-1 Hydro-2	t=0.95 cm (3/8")	Acero al carbón o Ashland Chemicals Hetron <sup>®</sup> Serie 980		Vacío	H-1: 1136 a 1514 l/min H-2: 568 a 946 l/min los dos flujos de recirculación
Separador de aspas	t= 0.95 cm (3/8")	Acero al carbón o Ashland Chemicals Hetron <sup>®</sup> Serie 980			5 gpm
Ventilador de tiro inducido	Ventilador centrifugo modelo RB1216	Hastelloy C-276 o equivalente	gas de entrada = 85	induce un tiro de 13.84 kPa	gas de entrada 76,455 A m <sup>3</sup> /h

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

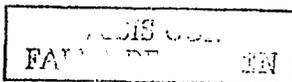


**Características Generales de los Equipos**

Continuación Tabla No. 3.3.

Equipo	Dimensiones	Material de Construcción	Temperatura de Operación (°C)	Presión de Operación	Flujo o Capacidad
Adsorbedor de carbón	Longitud= 15.24 m ancho= 4.27 m altura= 4.11 m	Acero inoxidable 304, contiene 2 unidades en serie, empacada cada una con carbón virgen		16 pulgadas manométricas	
Chimenea	altura= 30 m t= 0.95 cm (3/8")	Acero al carbón o Ashland Chemicals Hetron <sup>®</sup> Serie 980			38,300 acfm CO <sub>2</sub> 11.7 % O <sub>2</sub> 6.7 % No. ppm
WESP	base cuadrada de 3.84 m de lado altura= 6.86 m Área de colección total 9.95 m <sup>2</sup> /1000 A m <sup>2</sup> /h t= 0.34 cm (0.135")	tanto la coraza como los electrodos de colección y de descarga son de acero inoxidable 316-L			

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



**Eficiencia de destrucción de los residuos que pueden alcanzar el sistema, tiempo de residencia de los mismos y los límites de residencia que genera el equipo.**

Tabla No. 3.3.1

EQUIPO	TEMPERATURA DE OPERACION (°C)	TIEMPO DE RESIDENCIA (Seg.)	EFICIENCIA DEL EQUIPO (%)	EFICIENCIA DE DESTRUCCION (%)
HORNO ROTATORIO (1)	800°C	2 a 3 seg.	99.9999	99.9999
CAMARA SECUNDARIA (1)	1200°C	2 a 3 seg.	99.9999	99.9999
HORNO ROTATORIO (2)	677°C	2 a 3 seg.	99.9999	99.9999
CAMARA SECUNDARIA (2)	1200°C	2 a 3 seg.	99.9999	99.9999

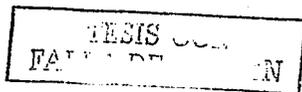
- (1) Residuos Industriales Peligrosos  
(2) Recortes de Perforación o tierras Contaminadas

### 3.3.1. Cuarto de control.

El cuarto de control es una construcción de un piso de 12 ft x 20 ft., móvil, diseñada utilizando paneles metálicos interconectados tanto en techo como en muros, con muros exteriores de aluminio, formado por estructuras metálicas, con piso de madera con dos capas de 3/4" de triplay, comprendiendo puertas de acceso y puerta de emergencia con ventanas de visión exterior, incluyendo sistemas de control de temperatura, detectores de humo y sistema para emergencia.

### 3.3.2. Instrumentación.

Para tener un registro adecuado de las variables del proceso, se cuenta con un amplio sistema de detección y despliegue de los valores, los sistemas de instrumentación forman parte de los sistemas de control. Los sistemas de instrumentación están formados por un elemento primario



de medición. Si el valor se va a leer en tablero local o en el cuarto de control, es necesario contar con un transformador de señal, que envíe ésta al tablero respectivo.

Los ciclos de medición y control emplean instrumentos de acuerdo a la variable que se trate. Los instrumentos no serán diseñados, solamente se seleccionarán los más adecuados de acuerdo a las características del equipo o líneas donde serán instalados.

Todos los procesos de control son efectuados por el controlador lógico programable (PLC), garantizando las prácticas más avanzadas en la industria. La interfase hombre-máquina permite una visualización lógica e interacción con todos los instrumentos.

### **3.3.3. Especificaciones de los principales elementos del sistema de instrumentación.**

Los instrumentos que empleados son principalmente para temperatura, presión, flujo, pH y concentraciones de gases. Las características de cada uno dependen del rango de medición y de la precisión del instrumento. también se emplearán instrumentos de medición en los siguientes casos:

- temperatura de los gases de salida de la SCC
- temperatura de los gases de salida del enfriador adiabático
- flujo de recirculación del enfriador adiabático
- flujo de recirculación del acondicionador de gas
- flujo de recirculación del líquido en la unidad Hydro-1
- flujo de recirculación del líquido en la unidad Hydro-2
- pH del cárcamo de la unidad Hydro-2
- diferencia de presiones del GCS
- voltaje en el precipitador electrostático húmedo
- nivel de oxígeno en los gases de la chimenea
- nivel de CO en los gases de la chimenea
- flujo de gases en la chimenea
- vibración del ventilador de tiro inducido

(Ver sección de anexos, anexo No. 4, correspondiente a diagramas y planos del proyecto). (DTI'S).



### **3.4. MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS DENTRO DEL ALMACÉN**

#### **3.4.1. Envase y embalaje de residuos peligrosos**

Para el almacenamiento y transporte de residuos peligrosos, se deberá envasarlos de acuerdo con su estado físico, con sus características de peligrosidad, y tomando en consideración su incompatibilidad con otros residuos en su caso, en envases:

- Cuyas dimensiones, formas y materiales reúnan las condiciones de seguridad previstas en las normas técnica ecológicas correspondientes, necesarias para evitar que durante el almacenamiento, operaciones de carga y descarga y transporte, no sufran ninguna pérdida o escape y eviten la exposición de los operarios al residuos, y
- Identificados, en los términos de las normas técnicas ecológicas correspondiente, con el nombre y características del residuo.
- Se tendrá cuidado al seleccionar el tipo de envase que contendrá a cada tipo de residuo. Es decir, cuando los envases se encuentren en contacto con sustancias peligrosas deberán ser resistentes a toda acción química o de otra índole por parte de los residuos, impidiendo que los materiales con que el recipiente fue elaborado puedan reaccionar con el residuo, formando productos potencialmente peligrosos o debilitando apreciablemente los envases.
- Durante el llenado de los envases con residuos líquidos se deberá tener cuidado en no llenarlos hasta su capacidad máxima nominal, lo recomendable es llenarlos hasta un máximo del noventa por ciento. Esto con la finalidad de evitar que los contenedores sufran deformaciones que pueden ocasionar fugas o derrames, a causa de una expansión del líquido originada por la exposición a altas temperaturas durante su transporte, manejo o almacenamiento.
- Los residuos incompatibles nunca deberán ser almacenados en un mismo recipiente, así mismo ningún recipiente exterior deberá contener dos recipientes que tengan almacenados residuos peligrosos catalogados como incompatibles.
- Se tendrá especial cuidado en no almacenar un residuo en un contenedor que fuese utilizado para almacenar un residuo diferente sin antes haberlo limpiado adecuadamente.
- Los recipientes utilizados para contener sustancias tóxicas, solas o mezcladas, no podrán utilizarse posteriormente para contener productos destinados al consumo humano.
- Todo envase vacío y sin limpiar haya utilizado para el almacenamiento de residuos peligrosos se considera residuo peligroso, por lo que deberá evaluarse su limpieza, para determinar su posible reutilización o bien su disposición final.



Existen muchos tipos de recipientes que pueden utilizarse, dependiendo de la naturaleza de los residuos que serán almacenados, entre los que se tienen: Tambores, Jerricales, Cilindros, Barriles, Cajas o Botes de diferentes materiales, etc.

Si un contenedor presentara fugas, derrames o se rompe íntegramente, el contenido debe ser transferido a un contenedor con buenas condiciones, mediante la utilización de mecanismos que permitan reducir al mínimo derrames durante la operación de trasvase.

### **3.4.2. Marcado y Etiquetado de Recipientes**

La correcta identificación de recipientes que contienen residuos peligrosos tienen como objetivo el proporcionar al personal responsable el manejo de estos, la información necesaria para resguardar su seguridad y reducir los riesgos de contaminación.

Las características principales que tendrán las etiquetas son:

- Tamaño: 100 mm x 100 mm, en forma de rombo (salvo cuando las dimensiones del envase no lo permitan). A 5 mm de los bordes debe colocarse una línea que sirve para enmarcar la figura.
- Cuando la etiqueta indique riesgo primario, deberá contener el símbolo o símbolos que se indican en la NOM-114-STPS y el número de la clase o división correspondiente, utilizando los colores para el frente y el fondo que ahí mismo se señalan.
- Cuando la etiqueta indique riesgo secundario, seguirá las mismas convenciones, omitiendo únicamente el número de la clase o división. De existir uno o varios riesgos secundarios, deberá colocarse una etiqueta por cada riesgo identificado.
- La etiqueta debe colocarse en un lugar visible del envase y el color debe contrastar con la etiqueta.
- Cuando el envase o embalaje contenga materiales con diferentes riesgos asociados, deberán colocarse etiquetas correspondientes a todos los riesgos primarios y secundarios que apliquen.
- Las etiquetas no deben cubrir las marcas de los envases y embalajes. Las etiquetas deben colocarse en las dos caras visibles del envase o embalaje.

Cuando en el almacén temporal de residuos peligrosos se tienen recipientes, los cuales se van llenando paulatinamente de acuerdo a la captación de residuos, es recomendable establecer un sistema de etiquetado interno.

La etiqueta deberá contener la siguiente información:



- Número de contenedor
- Número común del residuo
- La peligrosidad del residuo
- El departamento, proceso o manufactura que genera el residuo.
- Fecha de inicio de llenado.
- Leyenda que diga "EN PROCESO DE LLENADO".

### **3.4.3. Estiba y desestiba de materiales**

Durante las operaciones de estiba y desestiba de los recipientes que contienen residuos peligrosos dentro del almacén se incrementa el riesgo de derrames o infiltraciones de los contenedores.

Estos problemas pueden reducirse si se cumple con las condiciones básicas que deben guardar las áreas de almacenamiento establecidas en la normatividad oficial mexicana aplicable, los cuales se citan a continuación:

Contar con pasillos lo suficientemente amplios, que permitan el tránsito de montacargas mecánicas, electrónicas o manuales, así como el movimiento de los grupos de seguridad y bomberos en casos de emergencia: (RFHS y MAT.)

La NOM-006-STPS/93, establece las condiciones de seguridad e higiene para la estiba y desestiba de materiales en los centros de trabajo.

Los espacios destinados para estiba y desestiba deben de:

- tener limitadas sus áreas para diferenciarlas de las de tránsito. Las cuales podrán ser por muros, cercas o franjas pintadas en el piso;
- tener señalada la altura máxima de estabilidad de la estiba;
- estar ubicados en el lugar que técnicamente se determine seguro con el volumen que permita el manejo y rotación de los materiales;
- permitir en el área de tránsito la libre circulación del personal y vehículos, así como la fácil maniobrabilidad, para la estiba y desestiba;
- permitir el libre acceso al equipo contraincendio y/o su funcionamiento;
- deberán estar señaladas las áreas, y/o materiales peligrosos en función de sus riesgos;

Para determinar la altura segura de las estibas se deben tomar en cuenta la resistencia mecánica a los esfuerzos, forma y dimensión de los materiales, y en su caso, de los envases o empaques, así como su colocación y los arreglos para apilarlos.

La capacidad de almacenamiento de las áreas destinadas a ello, deberán determinarse técnicamente, tomando en cuenta, como mínimo las siguientes características de la estiba: Altura, Volumen, Peso, Material almacenado y Centro de gravedad del recipiente.



La altura de las estibas de barriles o tambores, cufetas, tubos de gran diámetro, rollos de papel y otros objetos de forma similar, pueden llegar al límite natural que permita el ancho de la base de cada estiba, apilándolos sobre su costado y sujetando la camada inferior por sus cuatro extremos.

La altura máxima de las estibas de cajas o envases de cartón deben relacionarse con la resistencia mecánica a los esfuerzos de las mismas y de ser posible indicar en ellas la cantidad máxima que puedan apilarse.

Los espacios destinados para la estiba y desestiba, no deben obstaculizar el sistema de iluminación, interferir con la ventilación natural o artificial del lugar que proporcione aire fresco y limpio constantemente o la técnicamente determinada para cada caso.

#### **3.4.4. Prevención de derrames.**

Se diseñarán las áreas de almacenamiento de tal forma que estas puedan contener, canalizar y colear derrames, fugas y precipitaciones, utilizando para su construcción materiales que sean resistentes a toda acción química o de otra índole por parte de los residuos.

El Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente en materia de residuos peligrosos, establece que las áreas de almacenamiento deben reunir como mínimo las siguientes restricciones, la cuáles tienen por objeto reducir los riesgos por derrames o fugas de los materiales almacenados:

- Contar con muros de contención y fosas de retención para la captación de los residuos o de los lixiviados (Art. 15).
- Los pisos deberán con trincheras o canaletas que conduzcan los derrames a las fosas de retención, con capacidad para contener una quinta parte de lo almacenado, (Art. 15).
- En las áreas de almacenamiento cerradas no deben existir conexiones con drenajes en el piso, válvulas de drenaje, juntas de expansión, albañales, o cualquier otro tipo de apertura que pudieran permitir que los fluidos escurran fuera del área protegida. (Art. 16).
- En las áreas de almacenamiento abiertas, los pisos deben ser lisos y de material impermeable en la zona donde se guarden los residuos y de material antiderrapante en los pasillos. Estos deben ser resistentes a los residuos peligrosos almacenados, (Art. 17).

Además de las restricciones anteriores se tomarán en cuenta las siguientes recomendaciones:

- En las áreas de almacenamiento se contará con materiales absorbentes para el control de derrames o fugas. Los absorbentes más comúnmente utilizados incluyen: Calcinados de arcilla, aserrín, hojuelas hechas de arcilla y paja, almohadillas de absorbentes sintéticos, etc.



- Se contará con barriles de cabezal abierto para depositar los materiales absorbentes saturados y cualquier otro residuo derramado.
- Los contenedores se instalarán sobre plataformas que impidan la corrosión en la base de éstos, ocasionada por remanentes de derrames o fugas, o por la acumulación de agua entre éstos y el piso del almacén.

#### **3.4.5. Ventilación**

Se contará con una adecuada ventilación en las áreas de almacenamiento cerradas, para evitar que se generen atmósferas explosivas y / o tóxicas y se proporcionará protección adicional a los individuos no involucrados directamente con los residuos, cuando algún contenedor sufra algún daño.

Cuando se tienen almacenados líquidos y vapores inflamables más pesados que el aire es necesario mantener una adecuada ventilación natural o forzada para evitar acumulación de vapores peligrosos. En los casos de ventilación forzada el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos establece que se debe tener una capacidad de recepción de por lo menos seis cambios de aire por hora (Art. 16).

En el caso donde se presenten vapores orgánicos y vapores ácidos, por ejemplo ácidos sulfúrico, crómico y clorhídrico, etc., un extractor de media fase, es recomendable, ya que provee una adecuada protección.

Adicionalmente se deberán observar los requisitos para los sistemas de ventilación establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM - 016 - STPS - 1993, relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo:

- En los centros de trabajo donde se produzcan, manejen o almacenen sustancias combustibles, inflamables o explosivas, se contará con un sistema de ventilación que evite la presencia de atmósferas explosivas o inflamables considerando los límites de inflamabilidad y explosividad de las sustancias. Además de lo dispuesto en las NOM - 002, 005, 006 y 008 - STPS:
- En los centros de trabajo donde se produzcan, manejen o almacenen sustancia irritantes, corrosivas o tóxicas se deberá disponer de sistemas de ventilación para evitar riesgos de incendio, intoxicación o explosión, además de lo dispuesto en el inciso anterior y en las NOM - 009 y 010 - STPS.
- Los sistemas dispositivos o equipos de ventilación artificial que se utilicen para controlar atmósferas inflamables o explosivas, no deberán contribuir por sí mismos a la posibilidad de incendio o explosión por efecto de su funcionamiento.

TESIS CON  
FALLA DE CUBIEN



### 3.5 SUSTANCIAS INVOLUCRADAS EN EL PROCESO

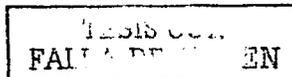
El proyecto, objeto de este estudio, consiste en la instalación de una planta para la transformación mediante oxidación térmica de alta temperatura de residuos Industriales tales como : Líquidos, BPC's., catalizadores gastados, lodos de pintura, botellas usadas de plaguicidas, desechos de C.H.C., lodos de refinería y otros desechos sólidos.

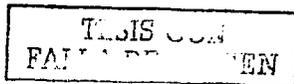
Los principales componentes que se encuentran presentes en los recortes de perforación y tierras contaminadas con hidrocarburos, se dan sobre la base de pruebas de laboratorio realizadas en laboratorios especializados, como el GALBRANITH LABORATORIES, INC. KNOXVILLE, USA.

La siguiente tabla muestra la composición promedio de los componentes:

Tabla No 35

Componentes	Materiales	Contenido (% PF) %
Lodos de Emulsión Inversa (20%)		
-	Diesel	21.49
-	Agua	10.96
-	CaCl <sub>2</sub>	5.53
-	BaSO <sub>4</sub>	55.26
-	Ca(OH) <sub>2</sub>	0.50
-	Asfalto	2.95
-	Arcilla ( Bentonita )	1.50
-	Sulfato de alquibenzilo	1.60
-	Arcilla Ornanoflica	0.16
		<b>Total: 99.96</b>
Recortes y/o tierras (80%)		
-	Arcilla	80.00
-	Roca Calcárea	20.00
		<b>Total: 100.00</b>





### 3.5.1. Componentes Riesgosos.

#### 3.5.1.1. Inventario de residuos, descripción y caracterización

La información que se presenta en la tabla se copió a partir de diferentes fuentes y juicios de ingeniería y se aplicó la experiencia operativa, para llenar lagunas de datos.

#### Fuentes de Residuos "Primarios" Adoptados para la base del Diseño

Tabla No. 3.5.1.1.

Tipo de desecho genérico	Principales generadores	Tenencias disponibles estimadas	Cap. del diseño Ton/año	Costo actual de disposición Dólares/US/Ton	observaciones
Líquidos BPC	CFE, PEMEX, METRO, FNM,	Inventario 10,000 (conc.)	Hasta 3,000	Almacenar o exportar (hasta 5,000)	Se espera una elasticidad de abasto hacia arriba. Materiales contaminados con BPC con precios europeos y de Estados Unidos
Catalizadores gastados	PEMEX (ProcesoTexaco)	Anual mayor 6,000	Hasta 6,000	Almacenamiento temporal a PEMEX	Contrato de carga base a largo plazo. Niveles significativos de Ni. Va se añadirán otros desechos sólidos
Lodos de pintura	Ford, General Motors, Chrysler, VW, Nissan	Anual mayor 5,000	Se incrementa hasta 5,000	Relieno sanitario 500	Se incluyen modificaciones al sistema. Difíciles de procesar. Alto contenido de metales tóxicos
Botellas usadas de plaguicidas	Hoechst, Ciba Geigy, Bayer Dupont, etc	Anual 3,000	Hasta 3,000	300	Altos costos de operación de la planta. Difíciles de reciclar y de forma irregular. Se estima un inventario de 70,000 ton.
Desechos de CHC	PEMEX	Anual Mayor 3,000	Hasta 3,000	Incineración en EU/Europa. Almacenamiento temporal	Contiene Cr, Hg, Cd, Pb. Se estima un inventario de 10,000 ton.
Lodos de refinería (a)	PEMEX	Anual 50,000	Hasta 9,500	150	Volumen de base de carga para el incinerador. Precio agresivo- "empaquetado" inventario existente muy grande
Otros desechos sólidos (b)	Proveedores varios	Anual +300,000	Hasta 2,500	Almacenamiento o relleno sanitario 300	Los ejemplos incluyen Resinas, fibras, plásticos, basura, alquitranes, tierras contaminadas, etc
Total de la base de diseño	**	**	Hasta 27,000	**	**



### 3.6.2. RIESGO PARA LA SALUD.

#### 3.6.2.1. COMPUESTOS DE ARSÉNICO.

**Niveles Máximos Permisibles de Concentración de los  
Contaminantes Para Exposición Laboral.**  
(sólidos, líquidos y gaseosos)

Contaminante:	CPT		CCT	
Arsénico (soluble como As)	-	0.2 mg/m <sup>3</sup>	15 ppm	21 mg/m <sup>3</sup>
Arsina	0.05 ppm	0.2 mg/m <sup>3</sup>	-	-
Arseniato de calcio (como Ca)	-	1 mg/m <sup>3</sup>	-	-
Arseniato de plomo (como Pb)	-	0.15mg/m <sup>3</sup>	-	-
Trióxido de arsénico (producción)	-	0.5mg/m <sup>3</sup>	-	-

Se indican 3 diferentes categorías de concentración, de la NOM-010-STPS-1993 (Tabla I), Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se produzcan, almacenen o manejen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral.

CPT: Concentración Ponderada en el Tiempo (8 horas de exposición)

CCT: Concentración Ponderada para Exposición de Corto Tiempo.

P: Concentración Pico

#### Afectación Directa al Ser Humano

Tabla No. 3.5.2.1.

Tipo de Residuo	Ingestión accidental	Contacto ojos	Contacto piel	Absorción.	Inhalación	Toxicidad	Daño cancerígeno
Arsénico.	Fácilmente absorbido por el tracto digestivo	Conjuntivitis y epifora con edema de párpados	Dermatitis irritativas	Intoxicación crónica	Hay presencia de conga faringitis, producen úlceras dolorosas.	Las polineuritis periféricas pueden constituir el único sintoma de intoxicación	Puede desarrollarse por absorción prolongada o bien por contacto cutáneo.



### 3.5.2.2. PLAGUICIDAS CLORADOS.

Se trata de compuestos orgánicos de estructura muy diversa, en los que se han incorporado átomos de cloro por sustitución. Son poco solubles en agua y muy solubles en lípidos y sus disolventes.

**Niveles Máximos Permisibles de Concentración de los  
Contaminantes Para Exposición Laboral.**  
(sólidos, líquidos y gaseosos)

Contaminante:	CPT	CCT
Clordano (piel)	0.5 mg/m <sup>3</sup>	2 mg/m <sup>3</sup>
Heptacloro (piel)	0.5 mg/m <sup>3</sup>	2 mg/m <sup>3</sup>
Endrin (piel).	0.1 mg/m <sup>3</sup>	0.3 mg/m <sup>3</sup>
Aldrin.	0.25 mg/m <sup>3</sup>	0.75 mg/m <sup>3</sup>
Dieldrin (piel)	0.25 mg/m <sup>3</sup>	0.75 mg/m <sup>3</sup>
DDT (dicloro-difenil-tricloroetano)	1 mg/m <sup>3</sup>	3 mg/m <sup>3</sup>

CPT: Concentración Ponderada en el Tiempo (8 horas de exposición)

CCT: Concentración Ponderada para Exposición de Corto Tiempo.

P: Concentración Pico

### Afectación Directa al Ser Humano

Tema No 3522

Tipo de Residuo	Ingestión accidental	Contacto ojos	Contacto piel	Absorción.	Inhalación	Toxicidad	Daño cancerígeno
<b>Plaguicidas clorados.</b>	Nauseas, vómitos y gastritis.	Puede causar irritación de la mucosa conjuntival y /o edema palpebral	Pueden causar irritación y/o edema moderado de la piel	Acumulación en el tejido adiposo y en órganos ricos en lípidos, sistema nervioso, hígado, riñón y otros	Rinitis, faringitis, hasta bronquitis	Su mecanismo de acción toxicológica se debe a la inhibición de las ATPasas del Sistema Nervioso Central	En humanos no hay información.



### 3.6.2.3. BIFENILOS POLICLORADOS (PCBs), TERFENILOS POLICLORINADOS Y DIOXINAS.

Son compuestos difenilos con uno o más átomos de cloro en el lugar de átomos de hidrógeno, siendo los más comunes los de tres y cinco átomos de cloro. Se encuentran en estado líquido color pajoso, con olor típico de los compuestos aromáticos clorados.

#### Niveles Máximos Permisibles de Concentración de los Contaminantes Para Exposición Laboral. (sólidos, líquidos y gaseosos)

Contaminante:	CPT		CCT
Bifenilos Policlorados	para 42% Cl 10.0 mg/ m <sup>3</sup> P  para 54% Cl 5.0 mg/ m <sup>3</sup> P	1.0 µg/m <sup>3</sup>	para 42% Cl 2 mg/ m <sup>3</sup>  para 54% Cl 1 mg/ m <sup>3</sup>
Dioxina (Normas recomendadas por NIOSH, no se encontraron)	-	-	-

Se indican 3 diferentes categorías de concentración, punto 4.3.3, de la NOM-010-STPS-1993 (Tabla I). Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se produzcan, almacenen o manejen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral.

CPT: Concentración Ponderada en el Tiempo (8 horas de exposición)  
CCT: Concentración Ponderada para Exposición de Corto Tiempo  
P: Concentración Pico.

#### Afectación Directa al Ser Humano

Tabla No. 3.5.2.3

Tipo de Residuo	Ingestión accidental	Contacto ojos	Contacto piel	Absorción.	Inhalación	Toxicidad	Daño cancerígeno
Bifenilos Policlorados.	Puede causar: náusea, vómito, dolor abdominal y funcionamiento anormal del hígado hasta cirrosis	Edema palpebral, queratoconjuntivitis	erupciones cutáneas, cloracné, pérdida de pelo	Las vías de ingreso al organismo son por inhalación de vapores, absorción percutánea del líquido, ingestión y contacto con la piel y los ojos	En el caso de exposición única a dosis altas se presenta irritación nasal, hasta bronquitis	La irritación en los ojos, bronquitis, dermatitis, fatiga, mareos, náuseas, vómitos y alteraciones del sistema nervioso	No hay estudios adecuados que confirmen o descarten la carcinogénesis en humanos.

# TESIS CON FALTA DE CUBRIR



### 3.5.2.4. N-HEXANO.

Es un hidrocarburo alifático saturado (alcano). Los isómeros que suele contener la mezcla son: el 2-metilpentano, el 3-metilpentano, 2-3 dimetilbutano y el 2-2 dimetilbutano. El término "hexano técnico" en el uso comercial denota una mezcla en la que existe no solamente n-hexano y sus isómeros, sino otros hidrocarburos alifáticos con cinco o siete átomos de carbono (pentano, heptano y sus isómeros).

#### Niveles Máximos Permisibles de Concentración de los Contaminantes Para Exposición Laboral. (sólidos, líquidos y gaseosos)

Contaminante:	CPT		CCT	
N-hexano	100 ppm	360 mg/m <sup>3</sup>	-	-
Y otros isómeros	500 ppm	1,800 mg/m <sup>3</sup>	1000 ppm	3,600 mg/m <sup>3</sup>

Se indican 3 diferentes categorías de concentración, punto 4.3.3, de la NOM-010-STPS-1993 (Tabla I). Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se produzcan, almacenen o manejen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral

CPT: Concentración Ponderada en el Tiempo (8 horas de exposición)

CCT: Concentración Ponderada para Exposición de Corto Tiempo.

P: Concentración Pico

#### Afectación Directa al Ser Humano

Tabla No. 3.5.2.4

Tipo de Residuo	Ingestión accidental	Contacto ojos	Contacto piel	Absorción.	Inhalación	Toxicidad	Daño cancerígeno
N-hexano.	Puede causar depresión del Sistema Nervioso Central y otros síntomas de intoxicación sistémica	Puede causar ligero enrojecimiento de la mucosa conjuntival. A concentraciones de exposición mayores, se puede presentar blefarokonjuntivitis	El contacto con el n-hexano con la piel y las mucosas produce los tipos de irritación comunes a todos los solventes de grasas, a saber: eritema, edema, vesículas e hiperestesia.	Alteraciones de la función visual o de la memoria	Paso desde los pulmones a la sangre de una fracción de n-hexano inhalado entre 5, hasta 15%	La toxicidad se incrementa con la serie hexano, ciclohexano, ciclohexano-benceno.	No ofrece grado de riesgo cancerígeno, teratogénico y/o genético



### 3.6.2.6. HIDROCARBUROS AROMÁTICOS (BENCENO, XILENO, TOLUENO Y FENOL)

Poseen las propiedades especiales asociadas con el núcleo o anillo del benceno, en el cual hay seis grupos hidroxilo unidos a cada uno de los vértices de un hexágono. Su toxicidad se incrementa a lo largo de las series alcanos, alquenos, aromáticos en los cuales se adicionan sustituyentes alquilo lo que tiende a aumentar su toxicidad.

**Niveles Máximos Permisibles de Concentración de los Contaminantes Para Exposición Laboral.**  
(sólidos, líquidos y gaseosos)

Contaminante:	CPT		CCT	
Benceno.	10 ppm *A <sub>2</sub>	14 mg/m <sup>3</sup> A <sub>2</sub>	15 ppm A <sub>2</sub>	21 mg/m <sup>3</sup> A <sub>2</sub>
Xileno (o-m, p-isómeros, piel)	100 ppm	435 mg/m <sup>3</sup>	150 ppm	655mg/m <sup>3</sup>
Tolueno.	100 ppm	375 mg/m <sup>3</sup>	150 ppm	560mg/m <sup>3</sup>
Fenol (piel).	5 ppm	19 mg/m <sup>3</sup>	10 ppm	38 mg/m <sup>3</sup>

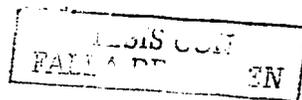
Se indican 3 diferentes categorías de concentración, punto 4.3.3, de la NOM-010-STPS-1993 (Tabla 1), Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se produzcan, almacenen o manejen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral.

**CPT:** Concentración Ponderada en el Tiempo (8 horas de exposición).

**CCT:** Concentración Ponderada para Exposición de Corto Tiempo.

**P:** Concentración Pico.

\*Apéndice A.2. Que forma parte de la Tabla 1. Cancerígenos potenciales para el hombre, basados en evidencias epidemiológicas limitadas





### Afectación Directa al Ser Humano

Tabla No. 352.5.

Tipo de Residuo	Ingestión accidental	Contacto ojos	Contacto piel	Absorción.	Inhalación	Toxicidad	Daño cancerígeno
Hidrocarburos Aromáticos.	puede causar depresión del Sistema Nervioso Central y otros síntomas de intoxicación sistémica	Puede causar ligero enrojecimiento de la mucosa conjuntival	Hay absorción a través de la superficie de la piel y mucosas produciéndose irritación común a todos los solventes de grasas, a saber: eritema, edema, vesículas e hiperestesia.	Puede penetrar en el organismo por dos vías: por inhalación o a través de la piel. Se deposita en órganos ricos en lípidos y en tejido adiposo, y se fija en el tejido celular subcutáneo.	Los síntomas respiratorios, debidos a una intoxicación aguda comprenden odinofagia, tos seca, posteriormente se agrega disnea y cianosis transitoria, finalmente pueden presentarse signos de insuficiencia respiratoria como aleteo nasal y retracciones intercostales y supraesternal.	Se indican los grados de toxicidad en la tabla anterior	La inducción de cánceres por carcinógenos químicos no es un fenómeno inmediato ya que por lo general ocurre después de un periodo de latencia prolongado.

TESIS CON  
FAJ... EN



### 3.6.2.6. METALES PESADOS (todas).

\*Existe una relación entre ciertos tipos de procesos y desechos industriales (todos que contienen una mezcla de metales tóxicos) en las siguientes industrias:

- Productos químicos y afines.
- Metales primarios.
- Productos metálicos fabricados.
- Maquinaria (excepto eléctrica).
- Maquinaria eléctrica y electrónica.
- Equipo de transporte.

\*Fuente: De Koning Henk et al. Desechos peligrosos y salud en América Latina, Editado por Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), 1984, p.p. 3-5

**Niveles Máximos Permisibles de Concentración de los  
Contaminantes Para Exposición Laboral.**  
(sólidos, líquidos y gaseosos)

Contaminante:	CPT		CCT	
Cadmio, polvos, sales (como Cd)	-	0.05 mg/m <sup>3</sup> P	-	0.2 mg/m <sup>3</sup>
Cromato de zinc (como Cr)	-	0.05 mg/m <sup>3</sup> A-2	-	-
Mercurio (todas sus formas excepto: alquilo como Hg) (vapor)	-	0.05 mg/m <sup>3</sup>	-	-
Plomo polvos inorgánicos, humos y polvos (como Pb)	-	0.15 mg/m <sup>3</sup>	-	0.45 mg/m <sup>3</sup>
Tetraetilo de plomo (como Pb) (piel)	-	0.1 mg/m <sup>3</sup>	-	0.3 mg/m <sup>3</sup>

TESIS COM  
FALLA DE  
EN



### Afectación Directa al Ser Humano

Tabla No. 352.6

Tipo de Residuo	Ingestión accidental	Contacto ojos	Contacto piel	Absorción.	Inhalación	Toxicidad	Efecto cancerígeno
<b>Cadmio.</b>	nausea, vómito, salivación, estomatitis, trastornos gastrointestinales, colitis membranosa.	Irritación conjuntival y/o edema palpebral.	El ingreso por piel no está comprobado, puede provocar dermatitis.	El cadmio absorbido es transportado por la sangre a los riñones e hígado, órganos blanco del (cerca del 50%)	Rinitis, insuficiencia respiratoria, bronquitis hasta neumonía, edema de pulmón	intoxicación aguda por cadmio provoca trastornos renales albuminuria, hasta anuria, anemia, hepatitis, hasta la necrosis hepática	El cadmio produce anomalías en el desarrollo del feto: bajo peso al nacer, aborto espontáneo y/o muerte neonatal (Buffer et al., 1985). Doll y Peto (1981) indican que el cadmio puede causar cáncer en la próstata a personas expuestas a este metal
<b>Cromo.</b>	Se presentan complicaciones graves de irritación y ulcera gastrointestinal y hepatitis. Erosión y coloración amarillenta de los dientes	Los ojos expuestos a compuestos de cromo presentan conjuntivitis, lagrimeo y dolor.	Las lesiones se presentan en las partes expuestas, principalmente la piel de manos y antebrazos, úlceras en la base de las uñas y las articulaciones	Los compuestos hexavalentes son más fácilmente absorbidos que los compuestos de cromo trivalente	Rinitis, rinoftia, dolor nasal, hemorragia nasal, ulceración hasta erosión del tabique nasal Laringitis, bronquitis, neumonía y disnea	El Cr <sup>VI</sup> es la forma más tóxica.	Las sales de cromo son reconocidos cancerígenos de pulmón, cavidad nasal y seno paranasal.

LIBRO DE  
FALLAS DE  
EN



### Afectación Directa al Ser Humano

Continuación: Tabla No. 3526

Tipo de Residuo	Ingestión accidental	Contacto ojos	Contacto piel	Absorción.	Inhalación	Toxicidad	Daño cancerígeno
<b>Mercurio.</b>	Se presenta quemaduras en las mucosas de boca, faringe, esófago, estómago, dolor intenso, vómito, diarrea	Ulceraación de conjuntivas y córneas, visión en túnel, hasta ceguera	se puede presentar quemaduras, dermatitis y/o reacción alérgica.	El cuerpo tiende a acumular mercurio en el pelo, riñón y cerebro; en menor proporción en hígado, glándulas salivales, testículos e intestinos	Se presenta: rinitis, faringitis, tos, disnea y dolor en el tórax	causa entumecimiento de los dedos, labios y lengua; dificultad para hablar, falta de coordinación y sordera. Al acumularse este compuesto daña el hígado, riñón (túbulos y nefronas) y el intestino delgado	Cáncer y trastornos perinatales
<b>Piomo.</b>	Se puede presentar náuseas, vómitos, dolor abdominal, estomatitis. Los efectos sugados son: trastornos gastrointestinales y dolor abdominal	Los ojos expuestos a compuestos de plomo pueden presentar conjuntivitis, lagrimeo y dolor.	La cutánea es solamente importante con el plomo tetra-etico que se absorbe a través de la piel intacta. Los compuestos inorgánicos y el plomo metálico no se absorben por este vía.	Este metal se deposita en la médula ósea, en los huesos, el cerebro y nervios periféricos	El mayor daño de la exposición pulmonar proviene de la inhalación de partículas respirables muy pequeñas de óxidos de plomo, así como natrios, fosfatos y sulfatos de plomo.	Causa anemia Sistema Nervioso Central, los síntomas incluyen cansancio, torpeza, irritabilidad y pérdida de la memoria. El sujeto puede experimentar ataxia, dolores de cabeza y temblores musculares Sistema Nervioso Periférico. los síntomas incluyen parestias, parálisis. Daños irreversibles a los riñones, nefritis crónica	En ratones se reporta: bajo grado de teratogenicidad, las crías amamantadas por madres alimentadas con plomo tuvieron cambios neuroológicos y crecimiento deficiente.

Trabaja con  
FALLA DE... EN



### 3.5.2.7. DERIVADOS HALOGENADOS DE LOS HIDROCARBUROS ALIFÁTICOS.

Son compuestos que resultan de sustituir en ellos uno o más hidrógenos por el halógeno. Generalmente su toxicidad es proporcional al número de átomos de halógeno que contienen, aunque existen excepciones.

#### Niveles Máximos Permisibles de Concentración de los Contaminantes Para Exposición Laboral. (sólidos, líquidos y gaseosos)

Contaminante:	CPT		CCT	
Tricloroetileno	100 ppm	535 mg/m <sup>3</sup>	200 ppm	1080 mg/m <sup>3</sup>

Se indican 3 diferentes categorías de concentración, punto 4 3 3, de la NOM-010-STPS-1993 (Tabla I), Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se produzcan, almacenen o manejen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral.

CPT: Concentración Ponderada en el Tiempo (8 horas de exposición).

CCT: Concentración Ponderada para Exposición de Corto Tiempo.

P: Concentración Pico.

#### Afectación Directa al Ser Humano

Tabla No. 3.5.2.7.

Tipo de Residuo	Ingestión accidental	Contacto ojos	Contacto piel	Absorción.	Inhalación	Toxicidad	Daño cancerígeno
Tricloroetileno.	Los síntomas digestivos son náuseas, vómitos y anorexia. Se puede presentar daño hepático, hasta cirrosis en el caso de exposición continua a dosis altas.	Conjuntivitis, lagrimeo y dolor.	Se puede presentar como efectos subagudos: dermatitis y/o reacción alérgica.	Se elimina por vía urinaria bajo la forma de diversos metabolitos, como son el tricloroetanol y el ácido tricloroacético.	Se puede presentar como efectos subagudos: rinitis, faringitis y bronquitis.	Se presentan alteraciones neurológicas en forma de: neuritis del trigémino, pérdida del gusto. Neuritis óptica bilateral, cefaleas, vértigos, impotencia sexual e infertilidad.	Se ha reportado cáncer hepático en ratones. En humanos no hay información.

TESIS  
FACULTAD DE CIENCIAS  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



### 3.5.2.9. ALDEHIDOS ALIFATICOS SATURADOS.

#### FORMALDEHIDO Y ACETALDEHIDO.

El empleo del formaldehído en la industria está muy extendido para la fabricación de plásticos, principalmente en la confección de derivados de urea-formaldehído y fenol-formaldehído. También es disolvente de resinas y lacas.

La utilización industrial del acetaldehído ha adquirido una gran expansión. Más de la mitad de su producción mundial se destina a la síntesis de ácido acético. Al mismo tiempo es el eslabón intermediario de una extensa gama de productos orgánicos importantes por sus aplicaciones industriales. Se emplea industrialmente como acelerador de la vulcanización del caucho y antioxidante.

***Niveles Máximos Permisibles de Concentración de los  
Contaminantes Para Exposición Laboral.***  
(sólidos, líquidos y gaseosos)

Contaminante:	CPT		CCT	
Formaldehído	2 ppm P	3 mg/m <sup>3</sup> P	-	-
Acetaldehído	100 ppm	180 mg/m <sup>3</sup>	150 ppm	270 mg/m <sup>3</sup>

Se indican 3 diferentes categorías de concentración, punto 4.3.3, de la NOM-010-STPS-1993 (Tabla I). Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se produzcan, almacenen o manejen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral.

CPT: Concentración Ponderada en el Tiempo (8 horas de exposición).  
CCT: Concentración Ponderada para Exposición de Corto Tiempo.  
P: Concentración Pico



### Afectación Directa al Ser Humano

Tabla No 3.5.28

Tipo de Residuo	Ingestión accidental	Contacto ojos	Contacto piel	Absorción.	Inhalación	Toxicidad	Daño cancerígeno
Formaldehído / Acetaldehído.	Es un irritante local poderoso, por lo que puede provocar destrucción de la mucosa oral, esofágica y gástrica	La mucosa conjuntival resulta afectada por la gran acción irritativa resultando de la presencia de lagrimeo y quemosis. Hay inflamación de los párpados	La dermatosis de tipo alérgico se localiza principalmente en la cara, cuello y superficies de flexión de los brazos. En las manos, también aparecen lesiones similiares agregándose lesiones eccematosas, con vesículas, fisuras, y ulceraciones. Las uñas se vuelven de color pardo, blandas y necróticas, con inflamación de los surcos ungueales y supuración de la matriz ungueal.	En general, sufren transformaciones de despolimerización y oxidación a sus correspondientes ácidos, y estas transformaciones metabólicas se producen principalmente en el hígado. Muchos de ellos se ligán con el ácido glucorónico	Se presenta importante irritación de la mucosa nasal, rinorrea, prurito, estornudos, faringitis, sensación de urencia traqueal y tos, hasta la bronquitis química.	Irritación primaria de la piel y mucosas. Sensibilización. Anestesia orgánicas (lesiones hepáticas, renales y del sistema nervioso central)	No ofrece grado de riesgo cancerígeno, teratogénico y/o genético, asociado con la exposición.

(tomado de Anderson Elizabeth L., Directora de la Oficina de Evaluación Ambiental y Salud de la EPA, "Metodología para la Clasificar el grado de riesgos asociados con la exposición a cancerígenos y otras sustancias químicas tóxicas", Editor, Organización Panamericana de la Salud, 1984).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



### 3.5.2.9. PEROXIDOS ORGANICOS.

Los peróxido orgánicos son compuestos que contienen carbono y uno o más enlaces peróxido, - O -, en su molécula.

La principal utilidad de los peróxidos orgánicos en la industria es como iniciadores para reacciones de polimerización de radicales libres, de monómeros para obtener polímeros termoplásticos, para resinas de poliéster termoendurecibles y para elastómeros de doble enlace y polietileno.

**Niveles Máximos Permisibles de Concentración de los  
Contaminantes Para Exposición Laboral.**  
(sólidos, líquidos y gaseosos)

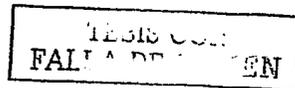
Contaminante:	CPT		CCT	
Peróxido de benzoilo	-	5 mg/m <sup>3</sup>	-	-
Peróxido de hidrógeno	1 ppm	1.5 mg/m <sup>3</sup>	2 ppm	3 mg/m <sup>3</sup>
Peróxido de Metil-etil-cetona	0.2 ppm	1.5 mg/m <sup>3</sup>	-	-

Se indican 3 diferentes categorías de concentración, punto 4.3.3, de la NOM-010-STPS-1993 (Tabla I), Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se produzcan, almacenen o manejen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral.

CPT: Concentración Ponderada en el Tiempo (8 horas de exposición).

CCT: Concentración Ponderada para Exposición de Corto Tiempo.

P: Concentración Pico.





**Afectación Directa al Ser Humano**  
Tabla No. 3529.

<b>Tipo de Residuo</b>	<b>Ingestión accidental</b>	<b>Contacto ojos</b>	<b>Contacto piel</b>	<b>Absorción.</b>	<b>Inhalación</b>	<b>Toxicidad</b>	<b>Daño cancerígeno</b>
<b>Peróxidos Orgánicos.</b>	Si se ingieren en cantidad suficiente pueden causar graves lesiones de quemaduras de la mucosa oral, esofágica y gastrointestinal, hasta la muerte.	Las salpicaduras en los ojos pueden causar conjuntivitis, epifora, hasta edema palpebral. En algunos casos se corre el riesgo de ceguera.	El principal efecto tóxico es la irritación cutánea provocando dermatitis, hasta lesiones secundarias (vesículas, prurito, fisuras y ulceración), debido al contacto prolongado. Se puede desarrollar dermatitis alérgica de contacto.	La vía principal de absorción es la inhalatoria y la segunda vía cutánea cuando se exponen las manos y antebrazos a dichas sustancias.	Algunos vapores de peróxidos orgánicos son irritantes y de en caso de que se inhalen grandes concentraciones pueden provocar: rinitis, faringitis, bronquitis química, hasta edema de pulmón.	Puede causar cefalalgias, intoxicación similar al alcohol, en el caso de exposición a hidroperóxidos, los peroxiacidos y, sobre todo, el peróxido de metil-etil-cetona son mucho más potentes.	No ofrece grado de riesgo cancerígeno, teratogénico y/o genético.

(tomado de Anderson Elizabeth L., Directora de la Oficina de Evaluación Ambiental y Salud de la EPA, "Metodología para la Clasificar el grado de riesgo asociados con la exposición a cancerígenos y otras sustancias químicas tóxicas", Editor, Organización Panamericana de la Salud, 1984).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



### 3.5.2.10. G.L.P. (Hidrocarburos Alifáticos Saturados)

Son una mezcla compleja de hidrocarburos saturados (parafinas o alcanos). La fórmula general es  $C_n H_{2n+2}$ . Los dos primeros miembros, es decir, el metano y el etano, son "inertes" desde el punto de vista farmacológico, el resto de la serie es clasificada como asfixiantes simples (propano, n-butano y n-pentano).

#### Niveles Máximos Permisibles de Concentración de los Contaminantes Para Exposición Laboral. (sólidos, líquidos y gaseosos)

Contaminante:	CPT		CCT	
Gas Licuado de Petróleo	1,000 ppm	1,800 mg/m <sup>3</sup>	1,250 ppm	2,250 mg/m <sup>3</sup>

#### Afectación Directa al Ser Humano

Tabla No 35.2.10

Tipo de Residuo	Ingestión accidental	Contacto ojos	Contacto piel	Absorción.	Inhalación	Toxicidad	Daño cancerígeno
Gas Licuado de Petróleo.	Debido a su estado físico no aplica.	Puede causar ligero enrojecimiento de la mucosa conjuntival.	Pueden causar ligera irritación y/o edema moderado de la piel	Los elementos gaseosos de esta serie son simples asfixiantes al desplazar el oxígeno del aire y, por lo tanto, son causantes de asfixias oxiprivas	En las vías respiratorias altas puede causar irritación nasal, faringitis y/o laringitis	Se indican los grados de toxicidad en la tabla anterior	No ofrece grado de riesgo cancerígeno, teratogénico y/o genético

\*Tomado de Anderson Elizabeth L., Directora de la Oficina de Evaluación Ambiental y Salud de la EPA, "Metodología para la Clasificación del grado de riesgo asociados con la exposición a cancerígenos y otras sustancias químicas tóxicas", Editor, Organización Panamericana de la Salud, 1984).



### 3.5.3. Productos de la combustión.

#### 3.5.3.1. En el proceso:

$\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , cenizas,  $\text{HCl}_{(g)}$ , y óxidos metálicos en forma de gases.

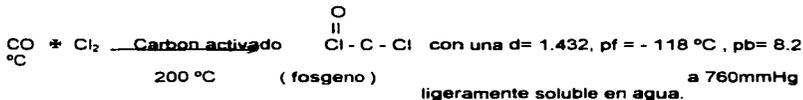
#### 3.5.3.2. En el almacén:

En esta área se recomienda tener mucho cuidado ya que en caso de un incendio no controlado, se pudieran generar diversos productos de combustión que pudieran ser tóxicos para la salud; Se ha encontrado por bibliografía que existen 75 diferentes isómeros de dioxinas ( dibensodioxinas ) y furanos ( dibesofuranos ), de las cuales la tetra cloro-dibenso-dioxina ( TCDD ) es la más conocida, debido al accidente de Seveso. Esta comprobado que las dioxinas tienen efectos altamente tóxicos; que son carcinogénicos y teratogénicos; que se pueden absorber por la piel, las vías respiratorias o ingerir con la alimentación.

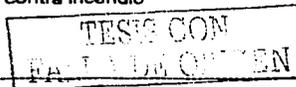
De acuerdo a lo reportado por W. Sandermann, Ber. 90 690, (1957); M.Tomita et al. Yakugaku Zasshi 79, 186 ( 1959 ). C.A 53, 13152d (1959). Las dioxinas se obtienen a partir de:



Por otro lado es posible de que se genere fosgeno (  $\text{COCl}_2$  ) que es un gas muy tóxico manufacturado por la reacción entre monóxido de carbono y cloro.



El fosgeno en presencia de agua nos da bióxido de carbono más cloruro de hidrogeno. Es por esto que se recomienda tener mucho cuidado en el almacén en función de carcamos de recolección, pisos con impermeabilizantes , sistemas contra incendio





### 3.5.3.3. Inflamabilidad.

#### Características de inflamabilidad de algunas sustancias

Tabla No. 3533

NOMBRE DEL COMPUESTO	LÍMITE SUPERIOR DE DEFLAMABILIDAD, (%)	LÍMITE SUPERIOR DE DEFLAMABILIDAD, (%)
CLORURO DE METILENO	3.2	8.1
DICLORO ETANO (1,2)	16	6.2
TRICLORO TRI FLUORO ETANO	**	**
TRICLORO ETILENO	10.5	8.0
1,1,1 TRI CLORO ETANO	12.5	7.5
ALCOHOL ISO - PROPILICO	12	2.0
FENOL	8.6	1.8
ÁCIDO ACRILICO	8.02	2.4
ESTIRENO	6.6	6.9
FORMALDEHIDO	---	---
CLORURO DE POLOVINILO	---	---
OXIDO DE PLOMO - como plomo	no aplica	no aplica
OXIDO DE CADMIO	no aplica	no aplica
OXIDO DE TALIO - como talio	no aplica	no aplica
OXIDO DE BERILIO - como berilio	no aplica	no aplica
OXIDO DE CROMO	no aplica	no aplica
OXIDO DE ARSENICO - como arsénico inorgánico	no aplica	no aplica
OXIDO DE MERCURIO - como mercurio	no aplica	no aplica
BPCs	no aplica	no aplica
ISOPENTANO	7.6	1.4
PENTANO	7.8	1.5
HEXANOS	---	---
HEXANO	7.5	1.1
BENZAL	---	---
2,4 DIMETIL PENTANO	---	---
CICLOHEXANO	---	---
2,3 DIMETIL PENTANO	8	1.3
2,2,3 - TRIMETIL BUTANO	---	---
3,3 DIMETIL PENTANO	---	---
SULFURO DE DIMETILO	---	---
CLORDANO	no aplica	no aplica
HEPTACLORO	no aplica	no aplica
ENDRIN	no aplica	no aplica
ALDRIN	no aplica	no aplica
DIELDRIN	no aplica	no aplica
DICLORO - DIFENIL - TRICLORO - ETANO (DDT)	no aplica	no aplica
GAS LP	9.5 (como propano) 8.5 (como butano)	2.1 (como propano) 1.9 (como butano)
CLORURO DE HIDROGENO	no aplica	no aplica

TESIS COMPLETADA  
FALLA EN



### **3.5.4. Datos de reactividad.**

Las características de reactividad de cada material por sí solo no se tendrán específicamente ya que forman parte de mezclas.

Se dan propiedades químicas de sustancias más comunes que serán componentes de los residuos industriales. ( ver tabla de propiedades físicas ).

#### **3.5.4.1. Estabilidad de las sustancias.**

Los residuos industriales que serán recibidos para tratamiento térmico, son mezclas de sustancias, dichas mezclas estarán estabilizadas previamente, por lo que serán estables al llegar a las instalaciones de la planta.

#### **3.5.4.2. Condiciones a evitar.**

Por las características de los materiales, las condiciones a evitar son altas temperaturas en el área de almacenamiento, tener materiales incompatibles cercanos, ya que si se produjera algún derrame o fuga hubiera una reacción espontánea y exotérmica, que generaría problemas de condiciones severas.

Otra condición a evitar es el contacto con agua de origen pluvial, pues pudiera darse el caso de tener una fuga o derrame de materiales que reaccionan violentamente al contacto con el agua liberando energía, y por esta causa se genera otro evento.

Lo anterior son las condiciones más generales a evitar, algunas otras dependerán de las características, ya muy específicas, de cada una de las sustancias involucradas.

#### **3.5.4.3. Incompatibilidad, (sustancias a evitar).**

Como dentro del área de almacenamiento se tendrán materiales incompatibles, por las características propias de los materiales, se tomarán en cuenta esas propiedades para poder almacenarlos debidamente y evitar problemas de reacciones espontáneas y exotérmicas en caso de haber alguna fuga o derrame.

Todos los materiales serán almacenados considerando sus propiedades de reactividad e incompatibilidad para lo cual se hará uso de las hojas de seguridad que cada residuo tenga.

La norma oficial mexicana que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos es la NOM-054-ECOL-1993.

El procedimiento para determinar si un residuo es o no peligroso lo establece la norma NOM-052-ECOL-1993.

TESIS CON  
FALLA DE CISEEN



### Incompatibilidad

Tabla No 3543

NOMBRE DEL COMPONENTE REBUSCO	INCOMPATIBLES
CLORURO DE METILENO	OXIDANTES FUERTES
DICLORO ETANO	OXIDANTES Y ALCALIS FUERTES
TRI CLORO TRI FLUORO ETANO	ACIDOS MINERALES OXIDANTES Y NO OXIDANTES, AMINAS DIAZO Y AZO, COMBUSTIBLES Y CIANUROS
TRICLORO ETILENO	ALCALIS FUERTES
1,1,1, TRI CLORO ETANO	ALCALIS Y OXIDANTES FUERTES
ALCOHOL ISO - PROPILICO	OXIDANTES FUERTES, CLORO Y OXIDO DE ETILENO
FENOL	OXIDANTES FUERTES Y ACIDOS
ACIDO ACRILICO	OXIDANTES, AMINAS Y ALCALIS
ESTIRENO	OXIDANTES, PEROXIDOS Y LA CATALISIS DE POLIMEROS DE VINILO
FORMALDEHIDO	ALCALIS Y OXIDANTES FUERTES Y FENOLES
CLORURO DE POLOVINILO	ACIDOS MINERALES MERCAPTANOS Y SULFUROS ORGANICOS, METALES
OXIDO DE PLOMO - como plomo	OXIDANTES FUERTES, PEROXIDOS DE HIDROGENO
OXIDO DE CADMIO	NO APLICA
OXIDO DE TALCO - como talco	
OXIDO DE BERILIO - como berilio	
OXIDO DE CROMO	HIDROCARBUROS CLORADOS, ACIDOS Y SUSTANCIAS CAUSTICAS
OXIDO DE ARSENICO - como arsenico inorganico	COMBUSTIBLES Y SUSTANCIAS OXIDABLES COMO MATERIA ORGANICA Y PLASTICOS
OXIDO DE MERCURIO - como mercurio	OXIDANTES FUERTES, E HIDROGENO GAS
BPCs	ACETILENO, AMONIACO, COBRE LITO
ISOPENTANO	OXIDANTES FUERTES
PENTANO	OXIDANTES FUERTES
HEXANO	OXIDANTES FUERTES
BENZAL	OXIDANTES FUERTES FLUORUROS Y PERCLORADOS
2,4 DIMETIL PENTANO	OXIDANTES FUERTES
CICLOHEXANO	OXIDANTES FUERTES
2,2 DIMETIL PENTANO	OXIDANTES FUERTES
2,2,3 - TRIMETIL BUTANO	OXIDANTES FUERTES
3,3 DIMETIL PENTANO	OXIDANTES FUERTES
SULFURO DE DIMETILO	OXIDANTES FUERTES
CLORDANO	
HEPTAFLORO	OXIDANTES FUERTES Y ALCALIS
ENDRIN	ACRIDO, CRINA
ALDRIN	OXIDANTES FUERTES Y ACIDOS FUERTES
DIELDRIN	ACIDOS MINERALES Y AGENTES OXIDANTES
DICLORO - DIFENIL - TRICLORO - ETANO (DDT)	OXIDANTES FUERTES, ACIDOS FUERTES Y FENOLES
GAS L.P	OXIDANTES FUERTES Y ALCALIS
CLORURO DE HIDROGENO	OXIDANTES FUERTES Y OXIDO DE CLORO
	NITROXIDOS, AMINAS Y ALCALIS

LEISIS OCA  
FALLA DE EN



### 3.6 CINÉTICA DE LAS REACCIONES EN EL PROCESO

Tomando en cuenta los residuos que entran al sistema de tratamiento térmico, se pueden englobar en los siguientes grupos:

- Hidrocarburos
- Hidrocarburos clorados
- Compuestos orgánicos
- Compuestos orgánicos con metales

Las reacciones que se llevan a cabo en condiciones normales (condiciones óptimas para la reacción) darán como productos de combustión bióxido de carbono, agua, cloruro de hidrógeno y óxidos metálicos, esencialmente. Considerando una combustión completa. Básicamente las reacciones serían:

Hidrocarburos o materia orgánica +  $O_2 = CO_2 + H_2O + \text{calor}$

Hidrocarburos clorados +  $O_2 = CO_2 + H_2O + HCl + \text{calor}$

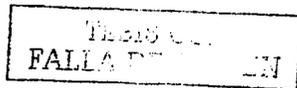
Materia orgánica con metales +  $O_2 = CO_2 + H_2O + \text{óxidos metálicos} + \text{calor}$

En el caso de residuos acuosos no habrá desprendimiento de energía, al contrario será necesaria para evaporar el agua y hacer reaccionar los materiales presentes en ella, que puede ser cualquiera de los mencionados anteriormente.

Cuando se traten lodos, al principio se consumirá una parte de la energía del combustible para secar los sólidos y posteriormente se llevará a cabo la reacción de combustión. El tipo de reacción que se realice dependerá de la composición y origen del lodo, pues si se trata de un lodo biológico sin metales presentes será la primera reacción, si contiene metales será la tercera reacción.

Para el caso de suelos contaminados, en caso de que se llegaran a presentar, las reacciones serán las mismas, con la adición de formación de cenizas de materiales con puntos de fusión o de evaporación muy elevados, arriba de  $1200^\circ C$ .

Si las condiciones a las que se lleva a cabo el tratamiento térmico no son las normales, entonces se presentará la formación de compuestos que no es muy deseable que se produzcan, como es el CO, orgánicos volátiles, etc.





La presencia de estos compuestos será muy variada y dependerá del grado de desviación de la variable que se haya modificado. Entre las variables más importantes a controlar para evitar la producción de estos compuestos son:

**Temperatura.** La cual debe ser por arriba de 1000 °C (cámara de combustión secundaria) para reducir al máximo la formación de dioxinas. Y las pocas que se lleguen a formar serán removidas eficientemente en el Sistema de Lavado de Gases.

**Relación aire combustible.** El aire debe ser introducido a las cámaras de combustión de acuerdo a las relaciones que se hayan especificado, ya que si no está en exceso suficiente habrá una combustión incompleta con la consecuente producción de CO. Pero tampoco debe ser demasiado el exceso de aire, porque reduciría la temperatura interna de las cámaras de combustión.

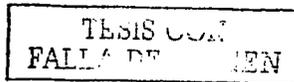
En esencia las reacciones se limitan a las presentadas anteriormente, y las posibles anomalías a falta de aire, un exceso muy grande o temperatura por debajo de la requerida. Debido a las características de monitoreo y del sistema de control es muy poco probable la presencia de estos casos. Y si se llegan a presentar se cuenta con los sistemas de paro de alimentación de residuos y en caso de que sea necesario la activación del Sistema de Alivio de Emergencia.

### **3.6.1. Reacción térmica del suelo**

Las partículas arcillosas del suelo están compuestas por diferentes minerales, incluso en aquellos suelos aparentemente uniformes. Un suelo determinado está compuesto por una mezcla de minerales lo cual, aunado a la variabilidad en el tamaño de partícula, es la causa de las respuestas variables frente a diversos factores externos tal como la temperatura.

En general, las sustituciones químicas, y la variabilidad cristalográfica y dimensional de las partículas del suelo son la causa de la complejidad en el comportamiento de este recurso natural sometido a diferentes factores. De esta manera, para elucidar la naturaleza de las alteraciones termogénicas del suelo que pueden modificar su comportamiento físico y químico natural, es necesario y conveniente considerar en primera instancia, las modificaciones de los materiales más simples o monominerálicos.

En la siguiente tabla se muestran las reacciones térmicas y la temperatura aproximada en la cual acontecen, aunque en la práctica no es tan fácil diferenciar tales categorías.





### Categorías de las reacciones térmicas

Tabla No. 3.6.1.

Categoría	Alteración Característica
Reacciones a temperatura baja (< 400 °C)	Pérdida del agua molecular
Reacciones a temperatura intermedia (400 - 750 °C)	Deshidroxilación y formación de fases casi - estables. También pueden presentarse procesos de oxidación
Reacciones a temperatura alta (> 750 °C)	Acontecen procesos de recristalización que involucran la formación de nuevas fases. Las reacciones de las anteriores categorías se presentan concurrentemente.

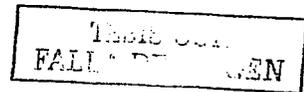
#### 3.6.2. Reacciones a temperatura baja

Las reacciones térmicas involucradas en esta categoría se relacionan principalmente con la remoción del agua superficial e intercapa. En los tipos de minerales 2:1 la remoción del agua causa el colapso y la disminución del espaciamento.

#### 3.6.3. Reacciones a temperatura intermedia

Las reacciones térmicas involucradas dependen del tamaño, forma y empacamiento de las partículas microcristalinas. El mecanismo de deshidroxilación está modulado principalmente por la temperatura y la presión de vapor.

La evaporación del agua contenida en las arcillas minerales constituye el factor que controla las reacciones de deshidroxilación. El proceso de deshidroxilación está relacionado con la migración protones; el mecanismo de transferencia de electrones involucrado se denomina mecanismo heterogéneo:



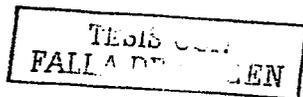


#### **3.6.4. Reacciones a Temperatura Alta**

Temperaturas mayores de 750 a 800 °C se asocian con las reacciones topotácticas, esto es, el material producido tiene importantes y, usualmente, simples relaciones cristalográficas con el material parental.

Las temperaturas altas causan una reorganización de cationes dentro de una red aluminosilicatada en donde se localizan aniones de oxígeno, presentándose en muchas reacciones la liberación de silicio el cual aparece como cristobalita, como cuarzo o, cuando no es directamente observable, como una fase, cristalina o amorfa, que balancea la ecuación química.

CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, cenizas, HCl (g), y óxidos metálicos en forma de gases.

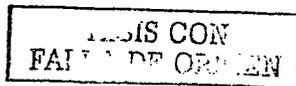




### 3.7. ARREGLO GENERAL DE LA PLANTA

El arreglo que tendrá la planta es el siguiente, en la parte central del predio se instalará el área de proceso (considerando como punto de referencia) la cual cuenta con:

- > Banda de alimentación de residuos sólidos
- > Homo rotatorio
- > Banda transportadora de cenizas calientes
- > Enfriador de cenizas
- > Banda transportadora de cenizas frías
- > Cámara de combustión de emergencia
- > Cámara de combustión secundaria
- > Enfriador adiabático por contacto
- > Sistema de lavado de gases
- > Precipitador electrostático húmedo
- > Ventilador de tiro inducido
- > Filtro de carbón activado
- > Chimenea y sistema de monitoreo de gas
- > Cuarto de control
- > Casa de fuerza
- > Compresor y tanque de aire
- > Tanques de agua de proceso
- > Tanques de sosa cáustica
- > Tanques alimentadores de residuos líquidos
- > Tratamiento de agua de proceso
- > Tanque alimentador de lodos



Al costado derecho del área de proceso se localiza el área de almacenamiento la cual cuenta con:

- > Almacén de recortes de perforación
- > Almacén de residuos industriales
- > Tanques de almacenamiento de residuos líquidos
- > Almacén de tierras termostradas
- > Almacén de cenizas
- > Laboratorios
- > Báscula de camiones



Al costado izquierdo del área de proceso se localiza la zona administrativa de la planta, la cual cuenta con:

Centro de visitas  
Oficinas  
Área de estacionamiento de visitas  
Edificio de mantenimiento y facilidades de la planta  
Sistema de agua potable  
Tanques de S.C.I.  
Bombas de S.C.I.

En el plano de distribución de planta, se aprecia claramente la distribución de los diversos equipos de proceso, los cuales se dan sus especificaciones en el punto 3.3. de este apartado

Ver sección de anexos, anexo No. 2

### **3.7.1. Diseño civil y estructural**

Los componentes críticos del sistema han sido diseñados para cumplir con los estándares sísmicos más exigentes.

### **3.7.2. Torre de Alimentación**

Diseñada para cargas por ANSI A58.1, 1982. Zona sísmica 0, Exposición C, categoría III.

### **3.7.3. Chimenea ESTER.**

Basada en carga de viento de 110 millas/hora, zona sísmica IV, con Código ANSI A58.1-1982, Exposición 0.

### **3.7.4. Escalera de torre de cenizas.**

Construida con Código ANSI A 58.1-1982, Zona sísmica 0, exposición C, Categoría III carga de viento, 90 millas/hora

### **3.7.5. Estructura del enfriador de ceniza.**

Calculado para zona sísmica 0, carga de viento 110 millas/hora, modificada para zona sísmica II y carga de viento de 70 millas/hora

### **3.7.6. Chimenea del FRP**

Diseñada con Código ANSI A58.1-1982, exposición C, zona sísmica UBC IV  
Sistema de enfriamiento. Calculada para carga de viento de 110 millas/hora, Código ANSI A58.1-1982, zona sísmica IIA.



### **3.7.7. Sistemas redundantes de servicios.**

Los sistemas de soporte y redundancia de la Unidad de Tratamiento se incorporan con el objeto de incrementar la confiabilidad y proporcionar una operación continua y segura del sistema. Estos componentes incluyen:

- Generador diesel de emergencia.
- Suministro permanente de energía.
- Sistemas duales de monitoreo.
- Sistema redundante de control computarizado y equipos.
- Mecanismos duales de monitoreo de temperatura
- Bombas redundantes independientes
- Monitores de nivel redundantes independientes
- Sistemas redundantes de aire de instrumentos.

El generador diesel de emergencia está diseñado para suministrar energía a los equipos críticos de proceso en caso de falla de corriente para garantizar un paro ordenado del proceso en caso de falla.

El sistema de soporte eléctrico mediante baterías está diseñado para garantizar la continuidad de suministro eléctrico al sistema de control para protección del personal y prevenir daños al equipo.

El sistema de monitoreo de emisiones de la planta, ha sido construido con la tecnología más avanzada, para garantizar la operación segura del sistema Térmico.

El equipamiento del cuarto de control ha sido diseñado para incrementar la seguridad, incluyendo redundancia en el sistema de cómputo, capaz de controlar los puntos críticos del sistema.

Los mecanismos de control de temperatura, están compuestos por sistemas redundantes en el horno rotatorio y el CCS.

Las bombas críticas cuentan siempre con una de redundancia para garantizar que no exista falla por descompostura o mantenimiento.

Los monitores de nivel son igualmente redundantes y están diseñados para garantizar la estabilidad de los niveles de flujo para evitar descompensaciones bruscas del sistema. El aire de instrumentos tiene un sistema redundante operado con diesel para evitar fallas en el sistema.



## CAPITULO CUARTO

### **4. ETAPA DE CONSTRUCCION E INSTALACION DE LA UNIDAD**

#### **4.1. Tramites**

los tramites requeridos para la etapa de construcción e instalación de la unidad, esta relacionado principalmente al permiso de construcción, licencia de uso de suelo y permiso de descarga de aguas residuales. Los cuales son gestionados en las dependencias estatales y municipales del sitio del proyecto.

#### **4.2. Ingeniería.**

##### **4.2.1 Etapa de preparación del sitio y construcción.**

Dentro de los principales atractivos y bondades del sistema de tratamiento térmico, se tienen conceptos, tanto de ingeniería y construcción, que son suigéneris en este proyecto específico. Por ejemplo, no se van a construir reactores, generadores térmicos, ni dispositivos involucrados en el proceso general. Todo ello vendrá transportado desde su sitio de origen para ser montados conforme a las especificaciones ya indicadas en el presente trabajo. Con estos miramientos, el concepto convencional de construcción de una planta industrial es modificado substancialmente, pues se trata de una tecnología ágil y moderna que no tendrá otras etapas constructivas más que el ensamblaje y el tendido de líneas de conducción de materiales transformados, sistemas líquidos para tratamiento y gases controlados en su calidad, contenido y calidad. Además con la utilización de estos materiales preconstruídos y concretos premezclados se minimiza la formación de polvos y que con el riego frecuente del terreno de trabajo, evitará en gran medida el arrastre eólico de partículas que puedan afectar a los vecinos del parque industrial.

De lo anterior, afirmamos que la preparación del sitio se reduce a la nivelación del terreno, al relleno del orden de 175 metros cúbicos, que corresponden a la parte sur del terreno seleccionado, con ello se persigue un control de acotamiento, lo cual propicia las condiciones de tránsito, transporte y mecánica de fluidos dentro del sistema de operación y mantenimiento.

Se pretende conservar la linealidad Norte-Sur y Poniente-Noroniente con las arboladas existentes de eucaliptos, pirules y topezanes los cuales han sido introducidos al lugar y de acuerdo al plan de reforestación y empastizado, habrán de sustituirse y mejorarse con casuanas en la mayor parte, para utilizarlas como cortinas rompeviento de acuerdo a la geometría resultante en la distribución de planta, así como para evitar la erosión del terreno por no contar con cubierta vegetal. Adicionalmente, la construcción de edificaciones será mínima y el terreno será removido únicamente para la cimentación de edificaciones, edificios, dispositivos de tratamiento, soportes de tubería y reactores.



El terminado de cubierta, para tránsito será impermeabilizado y asfaltado según corresponda para cumplir las especificaciones normativas de construcción, los otros sitios previstos para recepción, almacenamiento selectivo y tránsito de los materiales a proceso cumplirá las especificaciones para el manejo de residuos peligrosos.

En las áreas donde no exista riesgo de que se presenten derrames de residuos, se utilizarán materiales permeables (adoquín, adocreto, empedrado o adopasto), para contribuir a la mitigación del impacto negativo por la eliminación de la infiltración de agua hacia los mantos freáticos, causado por la cancelación de áreas de vegetación.

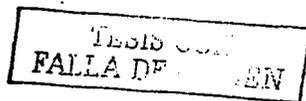
Para evitar el fecalismo al aire libre durante la etapa de construcción serán instaladas las letrinas portátiles necesarias, considerando una letrina por cada 15 trabajadores. Así mismo, se establecerá un procedimiento rutinario de recolección de residuos sólidos, productos de la construcción, en el sitio del proyecto, a realizarse al final de la jornada laboral, para evitar la formación de un tiradero a cielo abierto.

#### **4.2.2. Equipo utilizado (transporte).**

Dado que el proceso constructivo de la obra civil de esta planta es típico, el tipo de maquinaria y equipo a ser utilizado es el convencional.

Tabla No. 4.2.2

<b>Equipo Mayor</b>	<b>Equipo Menor</b>
1 camión cisterna para agua tratada	2 Vibradores eléctricos
1 Motoconformadora	2 Vibradores de gasolina
4 Camiones torthon	2 Compactadores
1 Rodillo liso	2 Compactadores tipo bailarinas
1 Compactador pata de cabra	2 Equipos de oxicorte
2 Camiones de volteo	2 Soldadoras eléctricas
2 Camionetas de estacas	





#### **4.2.3. Materiales.**

En cuanto al tipo de materiales que se utilizarán en la construcción serán principalmente concreto en pisos y losa, los muros serán de paneles de concreto y los techos de panel metálico. Los exteriores serán recubiertos con asfalto, exceptuando las áreas verdes. Los concretos se adquirirán premezclados y el asfalto preparado para aplicación. El uso de materiales precontruidos y de los premezclados son con el objeto de minimizar la formación de polvos y que las partículas que arrastre el viento afecte a los vecinos.

Los volúmenes aproximados de materiales serán como sigue: concreto 18,872 m<sup>3</sup>, asfalto 2,550 m<sup>3</sup>; panel de lámina 3,000 m<sup>2</sup>. Los techos tendrán soporte estructural, cabe mencionar que el proyecto exige que todas las superficies en contacto con los residuos industriales deberán contar con un tratamiento que las haga inafectables, instalando por debajo de cimentaciones, pisos y pavimentos una membrana plástica que garantice la impermeabilidad.

Los vehículos que transporten materiales y residuos de construcción circularán con lonas u otros implementos que eviten la dispersión de las partículas de los materiales. Para disminuir las emisiones de humos, gases, y ruido en la zona, se supervisará que hayan cumplido con la verificación de contaminantes, además de una revisión física para que circulen con el escape cerrado y en adecuadas condiciones de afinación.

#### **4.2.4. Obras provisionales y servicios de apoyo.**

El Parque Industrial Jilotepec y la Empresa Constructora deberán construir con materiales convencionales, comúnmente utilizados en la región los almacenes, sitios para descanso y alimentación de los trabajadores y habitaciones para los veladores. Las oficinas de campo serán casas móviles o trailers. Ningún trabajador pernoctará en la construcción; los servicios sanitarios se compondrán en la primera parte del proyecto de letrinas móviles y hasta que sea terminado el drenaje al sistema sanitario.

Una vez concluida la etapa de construcción, la empresa contratada para la realización de la obra será encargada tanto de la limpieza general de la obra como del desmantelamiento de las instalaciones provisionales.

##### **4.2.4.1. Electricidad.**

En las primeras etapas del proyecto, la energía requerida es substancialmente la utilizable en alumbrado. En esta etapa se realizará un contrato de obra con la Comisión Federal de Electricidad, y se iniciará simultáneamente la construcción de la subestación, de manera que esté en operación antes de la instalación de los equipos de proceso. En los casos arriba señalados se contará con corriente trifásica a 440 v.



Las áreas de servicios de la planta, al igual que la maquinaria serán impulsados por energía eléctrica. El servicio lo suministra la Comisión Federal de Electricidad a una tensión de 13 - 23 KVA, entregado a la subestación para que la empresa lo transforme a 440 volts .

#### **4.2.4.2. Combustible.**

Durante la etapa de construcción se utilizarán Gasolina y Diesel principalmente, con el fin exclusivo de abastecer de combustibles a las unidades de transporte que se operen durante esta etapa.

#### **4.2.4.3. Agua.**

El agua requerida durante la construcción será mínima, dado que los procesos más demandantes como la fabricación del concreto no se realizarán en el sitio. Sin embargo, en la fase de compactación del terreno deberán utilizarse aproximadamente 500 m<sup>3</sup> durante el proceso constructivo, como es el procedimiento habitual de las constructoras locales, se llevará agua cruda en pipas, proveniente del pozo ubicado en el propio parque industrial.

Esta operación tiene un costo convenido. El agua para uso humano y servicios domésticos será abastecida mediante la toma domiciliaria que se derivará de la obra de toma propuesta y autorizada de conformidad con los términos del contrato con FIDEPAR.

El agua requerida tanto por el proceso como por los servicios será dotada por el propio parque industrial. Es preciso hacer notar que el agua para suministro del parque industrial proviene de un pozo ubicado 100 m. al sur del frente del parque y es propiedad de OCEC. El gasto de agua de proceso, se calcula en 40m<sup>3</sup>/hr, con un gasto aproximado a los 10 lps. Las instalaciones del pozo, indican conexiones de 4". además cabe recalcar que Jilotepec cuenta con un Distrito de Riego del mismo nombre y el estudio realizado por el Gobierno del Estado de México, denominado "Estudio Geohidrológico y Geofísico para Fuentes de Abastecimiento de Jilotepec de Abasolo, México " 1 demuestran la posibilidad de dotación hasta de 80 lps, existiendo la posibilidad de adquirir derechos de pozo por parte de CNA.

Para los servicios sanitarios se ha calculado una dotación de 230 lts/hab-día y una reserva de aproximadamente 500 m<sup>3</sup> para combate de incendios.



#### 4.2.4.4. Consumo de servicios

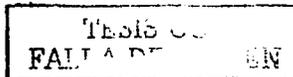
Los cálculos de capacidad de rendimiento que se han hecho para cada flujo (sólido, líquido y lodos), han permitido que se calcule el manejo de materiales y el equipo para limpieza de gas. El consumo de servicios públicos para la operación de este equipo se han calculado como sigue:

Tabla No. 4.2.4

<b>Abasto de servicios públicos</b>	<b>Consumo típico</b>	<b>Notas</b>
Gas natural/propano	10-20 m <sup>3</sup> /ton. desecho	Varía en proporción inversa al contenido térmico del desecho
Aceite combustible	± 0.02 m <sup>3</sup> /ton. desecho	Varía en proporción inversa al contenido térmico del desecho; se puede remplazar con residuos líquidos
Electricidad	± 2.0 MW de carga conectada	La procesadora de metales y el ventilador ID tiene los motores más grandes
Purga de nitrógeno	Intermitente	Purga de seguridad para el horno/CCS para protección de la planta y del personal
Agua procesada	Hasta 1.1 M <sup>3</sup> por minuto	Se reducirá por medio de la optimización del diseño y reciclado

#### 4.2.4.5. Residuos generados.

Los residuos que se generarán durante la etapa de construcción, conocidos como cascajo, serán eliminados del sitio en camiones de la empresa constructora y depositados en el parque industrial, donde se requieran rellenos. En cuanto a los residuos generados por los trabajadores (300 g / h-día), serán transportados y dispuestos por los procedimientos que el municipio tiene instrumentados para este efecto.





#### 4.3 Personal utilizado.

En la etapa de construcción y debido a que una parte corresponde a la instalación de los equipos de producción, la cantidad y calificaciones del personal utilizado en la obra variarán grandemente. En las primeras etapas serán principalmente albañiles, sin embargo a partir del techado serán trabajadores especializados, al igual que para la construcción de los exteriores, instalaciones eléctricas, y sobretodo del montaje de los equipos de proceso. Se considera que en total el empleo temporal generado por la obra incluye más de 80 trabajadores de la construcción, en un tiempo total de instalación de aproximadamente 18 meses.

Para la selección, contratación y entrenamiento del personal durante las diferentes etapas de construcción, será llevada a cabo por la empresa subcontratada, la cual resulte ganadora para su ejecución.

Tabla No 4.3

<b>Personal Administrativo</b>	
<b>Personal</b>	<b>Cantidad</b>
Administrador de obra	1
Contador	1
Jefe de Personal	1
Jefe de Almacén	2
Jefe de compras	1
Jefe de acarreos	3
Auxiliar contable	2
Auxiliar de almacén	3
Secretaria	1

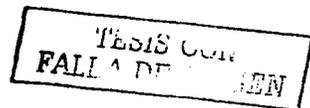
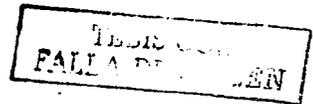




Tabla No. 4.3.1

<b>Personal de Obra</b>	
<b>Personal</b>	<b>Cantidad</b>
Cabo	3
Oficial albañil	5
Oficial electricista.	5
Peón	30
Oficial tubero	3
Cabo general	2
Ayudante de albañil	15
Carpintero de obra negra	5
Soldador	5
Operador de equipo.	7
Otros	Por requerimiento

- La planta objeto de este estudio será una alternativa de empleo local. Para la operación de la misma se requerirá de personal con diversos niveles de conocimientos y aptitudes. El personal será contratado en la zona, tanto para ocupar los puestos de supervisión como para las áreas operativas. Sin embargo, en virtud de los niveles de especialización requeridos para su operación el personal directivo y de ingeniería será contratado en el mercado regional.  
Ver anexo No.1





#### **4.4 ALMACENAMIENTO**

La planta contará con un área o edificio de almacenamiento para cada tipo de residuo, esto es, un edificio de almacenamiento para residuos industriales en tambores, un área de tanques de almacenamiento para residuos líquidos industriales, un edificio de almacenamiento de recortes de perforación, las instalaciones a excepción del área de tanques de almacenamiento estará totalmente techada con su respectiva celda de material impermeable y geomembrana de polietileno y su respectivo sistema de red de lixiviados.

Los edificios de almacenamiento tanto para los residuos industriales peligrosos y los recortes de perforación, estarán separadas de las áreas de servicios, centro de visita y oficinas.

Los edificios de almacenamiento y área de tanques de almacenamiento, serán construidos con materiales y dispositivos que tiendan a minimizar y eliminar posibles eventos de riesgo, como podrían ser emisiones, fugas, incendio, explosión e inundación.

Los edificios de almacenamiento para los residuos estarán completamente techadas con lamina de asbesto, y estructura de acero con muros de block concreto.

- Cada edificio contará con una celda de almacenamiento, que tendrá una superficie en la parte inferior de relleno compactado y en la parte superior. Entre las dos capas se instalará una geomembrana impermeable y contará con una red de drenaje de lixiviados, para un mejor control.

Se contará con una adecuado sistema de ventilación en los edificios de almacenamiento para evitar que se generen atmósferas explosivas y/o tóxicas. Se cumplirá con los requisitos establecidos como se indica en la NOM-016-STPS-1993, relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo. Así como, con lo dispuesto en las NOM-002, 005, 006 y 008-STPS-1993, que se refiere a los centros de trabajo donde se produzcan, manejen o almacenen sustancias combustibles, inflamables o explosivas.

Los edificios de almacenamiento contarán con instalaciones eléctricas a prueba de explosión, de acuerdo a lo establecido en la NOM-001-SEMP/94, relativa a las instalaciones destinadas al suministro y uso de energía eléctrica.



#### **4.4.1 DIMENSIONES DE LOS EDIFICIOS DE ALMACENAMIENTO.**

##### **4.4.1.1 Edificio para residuos industriales peligrosos**

El edificio de recepción de residuos industriales, tiene las siguientes dimensiones 30 m. de ancho por 60 m. de largo, teniendo un área total de 1800 m<sup>2</sup>, incluye cuatro áreas de trabajo, almacén de tambores, almacén de sólidos y lodos a granel, de 400 m<sup>2</sup>, con una altura de los muros del almacén de 14 m.

Las dimensiones de la celda para los residuos industriales es de 20 m. de ancho por 20 m. de largo, la cual nos da un área de disposición de la celda para recortes de perforación de 400 m<sup>2</sup>.

La celda tendrá una altura de 2 m. un metro inferior partiendo del nivel del suelo y un metro hacia la parte superior.

##### **4.4.1.2. Area de Tanques de almacenamiento de residuos líquidos industriales**

Esta sección contará con 6 tanques de almacenamiento de residuos líquidos con una capacidad de 80,000 litros cada uno, se almacenaran aceites, solventes y aceites clorados, los tanques contarán con todos los dispositivos de seguridad, cada tanque contará con su dique de contención de acuerdo a la compatibilidad del residuo.

Toda el área de tanques estará cercada con un dique de contención de 20 m. x 30 m. para mayor control y seguridad en caso de algún perance.

##### **4.4.1.3. Edificio de almacenamiento de cenizas**

El edificio para el almacenamiento temporal y manejo de cenizas inertes será de 18 m. x 30 m. con un área de 540 m<sup>2</sup> y maniobras de carga de camiones.

##### **4.4.1.4 Edificio para recortes de perforación**

Las dimensiones del almacén serán de 40 m. de ancho por 60 m. de largo, la cual nos da un área de almacenamiento total para recortes de perforación de 2,400 m<sup>2</sup> con una altura de los muros del almacén de 14 m.

La capacidad del edificio para los recortes de perforación es de 6 mil toneladas

Las dimensiones de la celda es de 30 m. de ancho por 45 m. de largo, la cual nos da un área de disposición de la celda para recortes de perforación de 1,350 m<sup>2</sup>.



La celda tendrá una altura de 2 m. un metro inferior partiendo del nivel del suelo y un metro hacia la parte superior.

Nota: ver plano distribución de Área, anexo No. 3

#### **4.4.1.5 Edificio de almacenamiento de tierras termotratadas**

El edificio para el almacenamiento temporal y manejo de las tierras termotratadas será de 18 m. x 30 m. con un área de 540 m<sup>2</sup> y maniobras de carga de camiones. El almacén tendrá una capacidad de 5,000 toneladas.

#### **4.4.1.6 Lineamientos generales de almacenamiento**

Los lineamientos generales que cumplirán las áreas de almacenamiento son:

- Contar con buena ventilación.
- Tener pisos de material impermeable sin fisuras.
- Tener sellado en uniones y esquinas.
- Tener un reborde perimetral para evitar dispersión de los derrames fuera de la zona de almacenamiento, con capacidad para contener el volumen total de los recipientes resguardados.
- Debajo del equipo eléctrico se deberán colocar charolas con amplitud suficiente para efectuar operaciones de limpieza e inspección.
- No habrá ductos de drenaje pluvial en el interior de la zona de almacenamiento.
- El acceso se restringe mediante cerca con cerradura y señalamientos.
- Habrá en el interior de la zona de almacenamiento al menos un tambor con material absorbente con los utensilios para su aplicación.

Se tendrá una bitácora en la cual estará la lista de todos los materiales químicos que se encuentran en el área.

Las hojas de seguridad estarán en un lugar accesible al personal del área para encontrar rápidamente la información en caso de alguna emergencia; así como los manuales de procedimiento para su correcto manejo.

Además de cumplir las condiciones enunciadas en el Reglamento de la L.G.E.E.P.A en Materia de Residuos Peligrosos, Capítulo III Del Manejo de Residuos Peligros, Art.15 con los apartados del I al VII.

Además de cumplir las condiciones enunciadas en el Reglamento de la L.G.E.E.P.A en Materia de Residuos Peligrosos, Capítulo III Del Manejo de Residuos Peligros, Art.15 con los apartados del I al VII.



#### **4.5. Características clave en el diseño y operación de la instalación del sistema**

##### **4.5.1. Recepción de residuos y procedimientos de manejo**

- Aceptación de embarques "menores a una carga de camión" para su análisis, manejo y almacenamiento
- Muestreo y análisis de embarque de residuos para un "tiempo de rotación rápido" en el sitio
- Preparación y mantenimiento de los manifiestos/documentación ambiental
- Clasificación y consolidación de contenedores pequeños individuales en lotes más grandes
- Separación, consolidación y almacenamiento por compatibilidad de residuos- antes y después del análisis
- Acumulación y almacenamiento de líquidos en tambores
- Almacenamiento y mezcla de residuos líquidos compatibles en el sitio
- Manejo de tambores vacíos, incluyendo:
  - lavado y reciclado o lavado y prensado para su venta como chatarra ( reciclaje)
  - Prensado para su disposición como desecho peligroso en relleno sanitario
  - Prensado y cortado para tratamiento térmico
- Acumulación y/o reempaque de residuos sólidos en tambores o contenedores para:
  - Disposición en relleno sanitario – con o sin cortar
  - Tratamiento físico/químico
  - Tratamiento térmico o reciclado

##### **4.5.2. Salud y Seguridad Ocupacional**

Capacitación de los empleados para cumplir con los requerimientos mas importantes del gobierno, por ejemplo:

- Manejo de materiales peligrosos y control de derrames
- Control de incendios
- Descontaminación
- Primeros auxilios y equipo de protección personal (EPP)
- Registros
- Monitoreo e inspección médica
- Monitoreo del personal para protección respiratoria y exposición a productos químicos
- Altas normas para el mantenimiento, higiene y limpieza de las áreas de trabajo
- Almacenamiento y mezcla de residuos líquidos compatibles en el sitio



#### **4.5.3. Construcción**

- Contención doble del área de materiales peligrosos con concreto y recubrimientos
- Orillas y paredes de contención para control de derrames
- Áreas de almacenamiento separadas para materiales no compatibles
- Control de emisiones fugitivas para desechos orgánicos y polvo
- Sistemas de ventilación para muestreo y reempaque
- Equipo de bandas transportadoras y montacargas para el manejo seguro de los materiales
- Contención de agua de lavado contaminada
- Sistemas rociadores portátiles y fijos para control de incendio
- Protección contra incendio instantánea a base de CO<sub>2</sub> para el sistema de corte
- Paneles de liberación de presión y protectores para el área de la cortadora
- Regaderas de seguridad y equipo de descontaminación
- Normas eléctricas para polvo y vapores orgánicos
- Aislamiento/amortiguación de ruido de las compresoras y el sistema de corte para protección de oídos
- Rutas de flujo de tráfico y procedimientos de seguridad

#### **4.5.4. Laboratorio Analítico**

El diseño del sitio del laboratorio de análisis se determinará en relación con la selección de los residuos y el diseño total de la instalación. Se proporcionarán todas las instalaciones de laboratorio para asegurar una definición precisa de los requerimientos de muestreo y análisis del proyecto

#### **4.6. relleno sanitario**

se construirá un relleno sanitario comercial a base de celdas múltiples para la recepción y disposición de los residuos industriales y peligrosos que no puedan pasar por tratamiento térmico, inicialmente, se construirá un confinamiento en el sitio para asegurar la disposición segura desde el punto de vista ambiental de las cenizas del sistema. Una vez que se inicié la fase del relleno sanitario comercial, las cenizas se enviarán a este relleno sanitario y se cerrará el confinamiento en el sitio.



## CAPITULO QUINTO

### **5. EVALUACION DE RIESGOS:**

A continuación se describirán la identificación y la evaluación de los riesgos más importantes identificados en el Sistema de Tratamiento Térmico de Residuos Peligrosos, así como sus posibles causas, consecuencias y las acciones requeridas para eliminar o disminuir sus efectos no deseables.

En este caso se consideró útil por la facilidad de manejo y por el nivel de información utilizar el método de análisis denominado *What if? o Qué pasa si?*, ya que permite identificar de forma sencilla como ocurren las fallas, identificar su origen, investigar su impacto y definir las medidas de prevención pertinentes.

#### **5.1 Identificación de Riesgos**

La identificación de riesgos se llevó a cabo considerando que la Unidad de Tratamiento Térmico ha sido evaluada como segura y eficiente en sus diferentes etapas, de acuerdo al Estudio de Evaluación de Riesgo realizado para la EPA, en noviembre de 1995, para una planta similar, para el proceso de tratamiento térmico de suelo contaminado de "Times Beach, Superfund", lugar cercano a la ciudad de Eureka, Missouri, E.U. Concluyendo que la UTT operó consistentemente en el total cumplimiento de la normatividad requerida por la EPA.

Los puntos críticos determinados se identificaron en las áreas de recepción, almacenamiento de residuos industriales peligrosos, en las instalaciones de abastecimiento de combustible y alimentación de residuos industriales peligrosos del sistema.

En las áreas de recepción y almacenamiento se identificaron los riesgos, ya que en éstas no es posible automatizar más las operaciones y es necesaria la participación de operaciones manuales y mecánicas, lo cual genera la posibilidad de riesgos por errores humanos, pudiéndose originar eventos no deseables. Por lo cual se han definido como puntos críticos, la operación de recepción de residuos líquidos y se han desarrollado dos modelos de simulación de fuga del contenido de una pipa, analizando la toxicidad, explosividad e incendio, así como las consecuencias propias de estos eventos, que han servido de base para la evaluación de riesgo por el método mencionado anteriormente.



## **5.2 Simulación de Riesgo**

La metodología utilizada para la evaluación de riesgos, desarrollando el método ¿Qué pasa si?, nos permitió determinar los principales riesgos críticos en el sistema y que combinado con la modelación matemática de consecuencias nos permitió identificar, las variables críticas, los efectos y consecuencias, las medidas de seguridad preestablecidas, así como las acciones recomendadas para asegurar la confiabilidad del sistema, comprobada ya en Estados Unidos desde noviembre de 1991. A continuación se presenta un resumen de los modelos de simulación desarrollados en base a los criterios de modelación de consecuencias fuera del sitio del Programa de Administración de Riesgos de EPA, mayo de 1996.

### **5.2.1 Modelación de consecuencias por fugas y derrames del Sistema de Tratamiento Térmico, proyecto a instalar en Jilotepec, Estado de México.**

La modelación de consecuencias por fuga y derrame se ha desarrollado con el paquete de modelos matemáticos del PHAST Professional (Process Hazard Analysis Software Tools) versión 5.01 de DNV Technica. La modelación de emisión por chimenea se ha hecho utilizando la ecuación gaussiana para una emisión instantánea ( puff ).

Criterio modelación de consecuencias.

Se adoptan los criterios de la Guía para Modelación de Consecuencias fuera del Sitio, del Programa de Administración de Riesgos, EPA, Mayo 1996 ( 1 ).

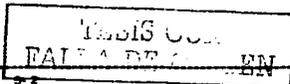
El Programa de Administración de Riesgos de la EPA requiere a los responsables de operación de procesos de riesgo a evaluar las consecuencias por fugas y derrames, siguiendo los criterios presentados para definir los escenarios de un caso peor y un caso alternativo.

#### **Caso peor.**

La guía establece que la cantidad fugada es la mayor que puede ocurrir de un tanque o línea de proceso, tomando en cuenta controles administrativos. Son procedimientos que limitan la cantidad de una substancia que pueda ser almacenada o procesada en un recipiente o tubería a cualquier tiempo. En una tubería, la cantidad es la que se libera en 10 minutos. La fuga es considerada que ocurre a nivel de piso por definición.

#### **Caso alternativo.**

La cantidad fugada es la máxima que puede ocurrir tomando en cuenta sistemas de mitigación activos como: interlocks, sistemas automáticos de paro, dispositivos de alivio de presión, quemadores elevados, sistemas de aislamiento de emergencia y sistemas de diluivo, tanto como los de mitigación pasivos (contención secundaria). La fuga es considerada a la altura en que ocurre.





Lugar donde se instalará la planta de incineración, Jilotepec, Edo. de México.  
Temperatura media 20 C.  
Presión barométrica 0.75 bar.

#### ***5.2.1.1 Fuga de gas natural en tubería de alimentación al quemador principal.***

##### **Caso Peor.**

Se rompe la tubería originando una fuga por la sección transversal total. La fuga dura 10 minutos.

El gas se recibe en la caseta a 7 bar. Existe una válvula reguladora que reduce la presión a 1 bar en la tubería desde la caseta al Horno Rotatorio. Cerca del quemador hay otra válvula que reduce la presión a la requerida por el quemador. La fuga ocurre en el tramo de tubería a 1 bar. Tubería: Acero al Carbón, Diámetro nominal 6 pulgadas, Cédula 40. Diam. interior 15.41 cm.

Las concentraciones de interés son las de los límites inferior y superior de flamabilidad y las consecuencias de interés son las de incendio y explosión.

La definición de un caso alternativo permite la consideración de controles activos. Existen interlocks en el sistema y dispositivos a falla segura según estándares de la NFPA, de manera que la cantidad emitida sería mínima por lo que no es significativo correr este caso.

##### **Resultados.**

Fuga de gas natural. Caso peor.-

Incendio tipo soplete.

El nivel de radiación punto final de  $5 \text{ kW/m}^2$  es a 49 metros desde el origen del incendio.

Flamazo.

El alcance máximo de un flamazo es 25.6 m.

Explosión.

El punto de afectación a 0.5 psig criterio del INE alcanza un radio de 72.6 m

El punto final de 1 psig criterio de la EPA alcanza un radio de 54.2 m



### **5.2.1.2 Fuga de gas LP en tubería de alimentación al quemador del SSE.**

Caso peor.

Se rompe la tubería originando una fuga por la sección transversal total. La fuga dura 10 minutos.

Existe un tanque de gas LP. El gas está almacenado a 7 bar. Una válvula reguladora reduce la presión a 1.5 bar en la tubería hasta el SSE, una segunda válvula reguladora reduce la presión a la requerida por el quemador cerca de éste. La fuga ocurre en el tramo de tubería a presión de 1.5 bar.

Tubería: Acero al Carbón, Diámetro nominal 6 pulgadas, Cédula 40. Diam. interior 15.41 cm.

Las concentraciones de interés son las de los límites inferior y superior de flamabilidad y las consecuencias de interés son las de incendio y explosión.

La definición de un caso alternativo permite la consideración de controles activos. Existen interlocks en el sistema y dispositivos a falla segura según estándares de la NFPA, de manera que la cantidad emitida sería mínima por lo que no es significativo correr este caso.

#### **Resultados.**

- Fuga de Gas LP. Caso peor.-

Incendio tipo soplete.

El nivel de radiación al punto final de  $5 \text{ kW/m}^2$  es a 73.2 m desde el origen del incendio.

Flamazo.

El alcance máximo de un flamazo es 41.8 m.

Explosión.

El punto de afectación a 0.5 psig criterio del INE alcanza un radio de 118 m

El punto final de 1 psig criterio de la EPA alcanza un radio de 88 m

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



### 5.2.1.3 Fuga de residuos líquidos clorados.

Con base en los residuos de disolventes generados en México, como sigue ( 2 ):

Residuos	Cantidad Ton/año
Cloruro de Metilo	7500
Dicloroetano	4000
Triclorofluoroetano	70
Tricloroetileno	1500
1, 1, 1, Tricloroetano	1300
Alcohol Isopropilico	54000

y tomando en consideración que se reciban en mezcla con aceites gastados, se modelará una mezcla de aceites y solventes como sigue:

Mezclas	% peso
Aceite Mineral ( C-10 )	40
1, 1, 1, 2 Tetracloroetano	7.3
Cloruro de Metilo	6.2
Tricloroetileno	2.0
Alcohol Isopropilico	37.8
Clorobenceno	6.7

Se ha adicionado el Clorobenceno para contar con un componente de esta familia en la mezcla.

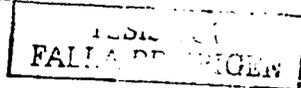
Escenario 1.- Fuga instantánea del contenido de una pipa de 10,000 L.  
Según criterio de la guía, el espesor del charco del derrame es 1 cm.

Escenario 2.- Fuga por manguera de pipa en operación de descarga.  
Fuga del contenido total de una pipa de 10,000 L., en operación de descarga. La fuga ocurre por la tubería flexible que es de 2 pulgadas de diámetro ( Diam. interior 5 cm ). No existe dique. Según criterio de la guía, el espesor del charco del derrame es 1 cm.

Escenario 3.- Fuga de residuos clorados en tubería de alimentación al quemador.  
Se rompe la tubería de alimentación al quemador de líquidos en el Horno Rotatorio, originando una fuga por la sección transversal total. La fuga dura 10 minutos. La fuga ocurre en un punto de la tubería donde la presión es 3 bar.

Tubería: Acero al Carbón, Diámetro nominal 4 pulgadas , Cédula 40. Diam. interior 10.2 cm.

Las consecuencias de interés son por toxicidad, por incendio y por explosión.





Concentraciones de interés de los residuos industriales de alimentación, tipo del horno .

	de	IDLH		ERPG2		STEL	
		ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/L
Cloruro de Metilo	2000	4200	390	820	100	210	
Tricloroetileno	1000	5460			100	540	
1,1,1,2 Tetracloroetano	100	700			nd	nd	
Alcohol Isopropilico	2000	2500			500	1230	
Clorobenceno	1000	4680			nd	nd	

El Tetracloroetano es el componente tóxico más importante de la mezcla.

#### 5.2.1.4 Fuga instantánea del contenido de una pipa de 10,000 L.

Este escenario corresponde al caso catastrófico. Se forma un charco cuyo diámetro máximo alcanza 32.9 m.

Toxicidad.

El componente de la mezcla más importante desde el punto de vista de toxicidad es el Tetracloroetano con un IDLH de 100 ppm. Esta concentración alcanza un radio de 209.4 m.

A 50 m la concentración es 2256 ppm.

Bola de fuego ( BLEVE ).

En caso de un escenario de Bola de fuego ( Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion), la radiación de punto final de 5 kW/m<sup>2</sup> alcanza 75.4 m.

Incendio de charco.

La radiación de 5 kW/m<sup>2</sup> alcanza un radio de 94.5 m.

Flamazo.

El alcance máximo del flamazo es 144.7 m

Explosión.

La presión de 0.5 psig alcanza un radio de 149.1 m para el caso de explosión con ignición inmediata.

Si no existe la ignición inmediata, la nube puede viajar hasta que encuentra un punto de ignición aún dentro de los límites de explosividad. La presión de 0.5 psig para este caso se encuentra a un radio de 314.7 m.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



#### **5.2.1.5 Fuga por manguera de pipa en operación de descarga.**

El charco formado alcanza un diámetro de 25.2 m.

##### **Toxicidad.**

La concentración IDLH de 100 ppm alcanza una distancia de 218.9 m.  
A 50 m la concentración es de 716.7 ppm.

##### **Incendio de charco.**

La radiación de 5 kW/m<sup>2</sup> alcanza un radio de 75.4 m

##### **Flamazo.**

El flamazo puede alcanzar una distancia máxima de 132.4 m

##### **Explosión.**

No hay explosión por ignición inmediata. El radio de afectación por explosión tardía es de 276.7 m para 0.5 psig.

#### **5.2.1.6 Fuga de residuos clorados en tubería de alimentación al quemador.**

El charco formado alcanza un diámetro máximo de 17.42 m

##### **Toxicidad.**

La concentración IDLH de 100 ppm alcanza un radio de 227.3 m.  
A 50 m la concentración para el Tetracloroetano es 1188 ppm.

##### **Incendio de charco.**

El radio de afectación a 5 KW/m<sup>2</sup> es de 54.34 m.

##### **Flamazo.**

El alcance máximo de un flamazo es 105.5 m.

##### **Explosión.**

Los modelos predicen que no habrá una explosión inmediata. Para la explosión tardía el punto de afectación a 0.5 psig criterio del INE alcanza un radio de 231 m.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



### **5.2.1.7 Emisión de Acido Clorhídrico por chimenea del SSE**

En un paro automático se cortan inmediatamente todas las alimentaciones de residuos, sin embargo la cantidad de gases contenidos en el Horno Rotatorio al momento del paro es conducida al SSE. El quemador del SSE se enciende automáticamente y destruye los compuestos orgánicos remanentes con una eficiencia de 99.5 %. El Acido Clorhídrico generado en la destrucción de los orgánicos clorados no es afectado y la cantidad total es emitida en forma casi instantánea por la chimenea del SSE.

Se modela el caso crítico en que se está alimentando la mezcla de residuos clorados a la capacidad plena del Horno Rotatorio.

Considerando una alimentación de residuos clorados de 41.7 ton/h y un tiempo de residencia de 6 segundos a las condiciones de operación del Horno, resulta una emisión de HCl de 10.19 kg casi instantánea por la chimenea del SSE.

Se establece una concentración STEL/Ceiling, máximo permitido en el lugar de trabajo en un periodo de 15 minutos, según la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), como base de comparación en la evaluación de esta emisión. Esta concentración es de 7.5 mg/m<sup>3</sup>.

Se utilizó la Ecuación Gaussiana para una emisión instantánea (puff). Se cubrieron las estabilidades atmosféricas: inestable, neutral y muy estable, con lo cual se cubre todo el espectro de patrones de dispersión.

#### **Resultados.**

Para la atmósfera inestable el valor STEL/Ceiling de 7.5 mg/m<sup>3</sup> se excede a nivel de piso en un radio de 550 m. La concentración máxima ocurre a 200 m y es de 28.4 mg/m<sup>3</sup>.

Para la atmósfera neutra, el valor STEL/Ceiling no se excede en ningún punto. La concentración máxima a nivel de piso es 4.1 mg/m<sup>3</sup> y ocurre a 1 km.

Para la atmósfera muy estable las concentraciones son muy bajas a nivel de piso. La concentración máxima ocurre a 4 km y es menos de 1 nanogramo/m<sup>3</sup>.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## CAPITULO SEXTO

### 6. RESULTADOS

Como resultado del proyecto para la instalación de la planta de Tratamiento Térmico de los Residuos peligrosos y tierras contaminadas con hidrocarburos se concluye lo siguiente:

- Dada la creciente industria nacional, se requiere contar con infraestructura adecuada para la destrucción de residuos peligrosos y el saneamiento de tierras impactadas con hidrocarburos, para obtener así un desarrollo sustentable que permita cerrar el círculo industrial sin afectar al ecosistema.
- El tratamiento térmico para los residuos industriales peligrosos es un proceso que produce cenizas inertes y emisiones a la atmósfera que cumplirán con la normatividad vigente.
- El tratamiento térmico para los recortes de perforación y tierras contaminadas con hidrocarburos (residuos peligrosos) es un proceso que produce tierras termotratadas inertes y emisiones a la atmósfera que cumplirán con la normatividad vigente.
- De acuerdo al diseño de la planta para el tratamiento térmico de los residuos industriales peligrosos y tierras contaminadas con hidrocarburos, el proceso tiene una eficiencia mayor del 99.99%, lo que permite que la concentración de posibles contaminantes esté por debajo de los límites permisibles, por lo que no habrá problemas de contaminación ambiental.

La destrucción térmica es un proceso que ha sido utilizado en los países desarrollados para el tratamiento de recortes de perforación y tierras contaminadas con hidrocarburos; en el caso específico de Estados Unidos de Norteamérica, International Technology tiene el proceso autorizado por la EPA, incluyendo tierras contaminadas con materiales de mayor toxicidad como las dioxinas.

La instalación de la planta de Tratamiento térmico para residuos industriales peligrosos y tierras contaminadas, cuyo tratamiento consiste en la destrucción térmica de éstos a través de un horno rotatorio, una cámara de combustión secundaria, un sistema de lavado y limpieza de gases, un precipitador electrostático, un filtro de carbón activado y una chimenea, con una eficiencia de destrucción superior al 99.99 %, se concluye que su puesta en operación no generará impactos negativos al ambiente.

TESIS CON  
FALTA DE ORIGEN



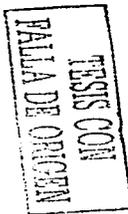
## CONCLUSIONES

Considerando la situación actual de México en cuanto a la generación de residuos peligrosos se refiere, más de 8 millones de ton. son generados anualmente y menos del 25% son tratados adecuadamente. Dentro de este 25%, se incluyen actividades de reciclaje, aprovechamiento energético, estabilización y confinamiento. Actualmente no existe en México infraestructura para la destrucción térmica de residuos peligrosos por lo que éstos, en el mejor de los casos, se disponen inadecuadamente en confinamientos controlados y en la mayoría de los casos, se depositan ilegalmente en cañadas, cuerpos de agua y tiraderos clandestinos.

Con respecto a las nuevas áreas de recepción, almacenamiento de residuos líquidos y a granel de la planta, la cual estará instalada dentro de un parque industrial, cuyas características de acuerdo con el Plan de Desarrollo del Estado de México, cumplirán con todos los requerimientos que exigen (materiales y dispositivos) las autoridades normativas. Se concluye que no habrá cambios significativos, debido a que todos los trabajos de construcción para almacenamiento, se llevarán a cabo dentro de las instalaciones de esta. Se ha encontrado que se generarán, durante la construcción e instalación de la planta de tratamiento de residuos peligrosos y tierras contaminadas un mayor número de impactos positivos que negativos, lo que comprueba que adicionar el servicio es favorable en todos los aspectos, ambiental, económica y socialmente.

Es importante resaltar la incorporación del Sistema de Seguridad de Emergencia (SSE) o sistema de alivio de emergencias ambientalmente seguro, con una eficiencia de destrucción del 99.5%, lo cual garantiza la destrucción de los gases contaminantes que pudieran estar presentes durante emergencias, contingencias, fallas de corriente y/o eventos no previstos. De esta manera se está garantizando el cumplimiento de las especificaciones técnicas y la limpieza de las emisiones a la atmósfera, manteniéndose por debajo de los niveles máximos permisibles. Con esto se concluye que no se generarán tampoco impactos negativos por la emisión de gases a la atmósfera, en cuestiones de emergencia.

De conformidad con el plan nacional de desarrollo para el período 1995-2000 y del programa para la minimización y el manejo integral de los residuos industriales en México 1995-2000, la planta de Tratamiento Térmico de 34,500 ton/año para incineración de residuos peligrosos (autorizada por el INE para su instalación, mediante oficio No. D O O DGOE/IA.-06467) será capaz de manejar, adicionalmente, 100,000 ton/año para el tratamiento térmico de recortes de perforación y/o tierras contaminadas, ya que se tiene actualmente una capacidad ociosa en el horno rotatorio. Esto se debe a que la capacidad de la planta está en función del poder calorífico por hora de los residuos tratados, por lo cual los residuos líquidos que poseen alta capacidad calorífica, como son los askareles, aceites gastados, etc., tienen influencia en la capacidad de la cámara de combustión secundaria (SCC) y no así en el horno rotatorio, que es donde se desorben los contaminantes presentes en residuos sólidos, como lo son los recortes de perforación y/o tierras contaminadas, con un poder calorífico muy bajo (presentan solamente un 8% de hidrocarburos en promedio, según PEMEX Exploración y Producción).





Lo anteriormente descrito permitirá incorporar a nuestro país dentro de las estrategias planteadas para la reducción de los residuos industriales y peligrosos, proporcionando una oferta real de tratamiento de 134,500 ton/año, significando una participación importante aunque pequeña con relación al volumen total generado de residuos peligrosos en el país y con una metodología y tecnología plenamente probadas, capaces de eliminar de manera ambientalmente segura los residuos peligrosos.

Finalmente cabe mencionar, que la instalación de la planta de Tratamiento Térmico objeto de este estudio, significa una inversión de capital, que además por su ubicación territorial se enmarca en el programa de modernización de la industria nacional así como el de competitividad en el comercio exterior, que es uno de los pilares de la modernización de México. Asimismo, aparte de la inversión directa, se propiciará el incremento de la planta productiva y el empleo, al favorecer la incorporación de la mano de obra local o de la inmigrante a regiones menos privilegiadas del territorio nacional.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## **BIBLIOGRAFIA**

### **NIOSH POCKET TO CHEMICAL HAZARDS**

U.S DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES  
PUBLICATION No. 96-116

### **PROGRAMA PARA EL MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS INDUSTRIALES PELIGROSOS 1996-2000**

PRIMERA EDICIÓN: SEPTIEMBRE DE 1996, INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA -SEMARNAT

### **LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE**

DECIMO TERCERA EDICIÓN ACTUALIZADA  
EDITORIAL PORRUA

### **IMPROVEMENTS TO MICHAELISOFEN INCINERACIÓN SYSTEM** IT CORPORATION FEBRUARY 1997

### **DESIGN, CONSTRUCTION, AND OPERATION OF HAZARDOUS AND NON-HAZARDOUS WASTE SURFACE IMPOUNDMENTS**

ROBERT P. HARTLEY, CONCINNATI, OH 45230  
EPA PURCHASE ORDER No. 45230

### **MANUAL FOR PREVENTING SPILLS OF HAZARDOUS SUBSTANCES AT FIXED FACILITIES**

KATHLEEN S. ROOS, PATRICIA A. SCOFIELD, ROBERT W. MELVILD.  
HEMISPHERE PUBLISHING CORPORATION

**RISK MANAGEMENT PROGRAM** ( Clean Air Act, Section 112(r) ).  
Offsite Consequence Analysis Guidance, May 24, 1996.

### **RESIDUOS PELIGROSOS; LEGISLACIÓN, REGLAMENTACIÓN, NORMATIZACIÓN Y MOVIMIENTO TRANSFRONTERIZO.**

Emiko Miyasako Kobashi, Secretaria de Desarrollo Social, en: La Situación Ambiental en México .  
Octavio Rivera Serrano y Guadalupe Ponciano  
Rodríguez, editores, Programa Universitario del Medio Ambiente, 1996.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

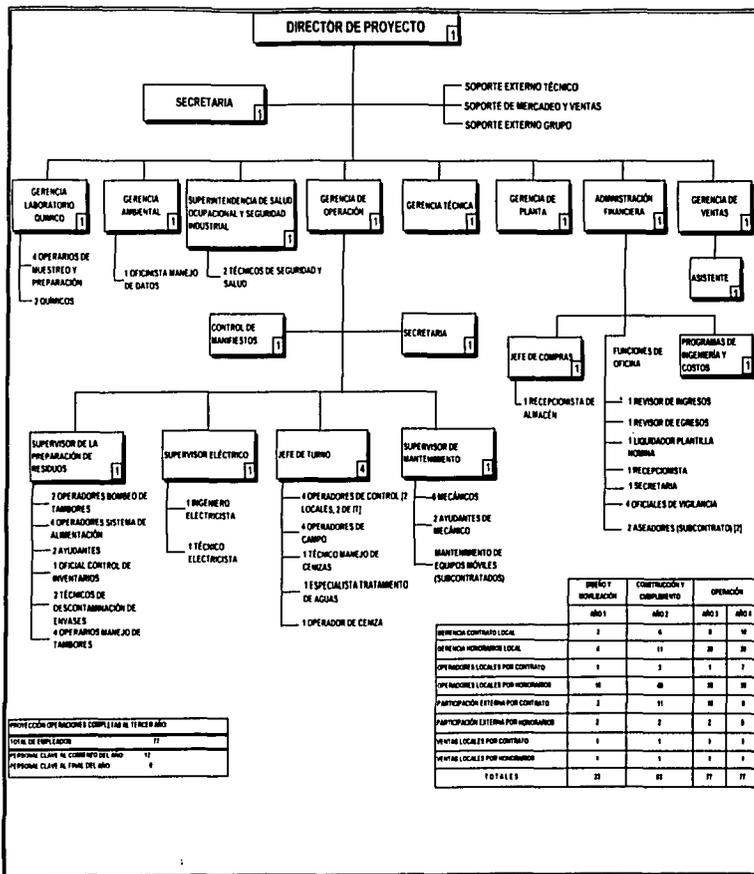


## **ANEXO No. 1**

# **ORGANIGRAMA DE OPERACIONES**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**TESIS CON  
FALLA DE COPIAR**



**CONTROL AMBIENTAL: emisiones del UTT<sup>R</sup> en comparación con las normas del INE.**

El UTT<sup>R</sup> cumplirá con todas las normas del INE propuestas para "límites máximos de emisión permisibles para disposición atmosférica de chimeneas de las plantas de cemento que realicen tratamiento de residuos".

Contaminante	Emisiones <sup>(1)</sup> típicas de HTTS <sup>R</sup>	Zona importante límite del INE (mg/M <sup>3</sup> )	Zona importante (unidades US)
Partículas	< 0.02 gr/dscf	42	0.02 gr/dscf
Monóxido de carbono (CO)	< 20 ppm	60	52 ppm
Oxidos de azufre (como SO <sub>2</sub> )	< 50 ppm	140	54 ppm
Oxidos de nitrógeno (como NO <sub>2</sub> )	< 200 ppm	705	375 ppm
Cloruro de hidrógeno (como HC)	< 10 ppm	15	10 ppm
Hidrocarburos totales (HC <sub>T</sub> )	< 10 ppm	70	107 ppm
Fluoruro de hidrógeno (como HF)	10 ppm	2.8	10 ppm
Dioxinas y furanos	< 0.1 ng/M <sup>3</sup> T.E.Q. @ 12% O <sub>2</sub>	0.1 ng/M <sup>3</sup> T.E.Q.	
Cadmio y sus compuestos	< 0.14	0.14	
Mercurio y sus compuestos			
Arsénico y sus compuestos	< 0.5 mg/M <sup>3</sup> (individualmente)	0.5 mg/M <sup>3</sup> (individualmente)	
Cobalto y sus compuestos	(Nota 2)	(Nota 2)	
Selenio y sus compuestos			
Níquel y sus compuestos			
Manganeso y sus compuestos			
Estaño y sus compuestos			
Piomo y sus compuestos	< 0.5 mg/M <sup>3</sup> (individualmente)	0.5 mg/M <sup>3</sup> (individualmente)	
Cromo y sus compuestos	(Nota 2)	(Nota 2)	
Cobre y sus compuestos			
Zinc y sus compuestos			

NOTA: Se hace referencia a todos los valores bajo condiciones normales, según se definen como 1 atmósfera, 25 ° C y 7% de oxígeno.

1. El UTT<sup>R</sup> estará equipado con un sistema de limpieza de gas que incluye la neutralización de gas ácido y un precipitador electrostático húmedo.
2. Se requerirá un control muy preciso del contenido de metales en la alimentación de residuos para asegurar el cumplimiento con los criterios del INE.

7

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



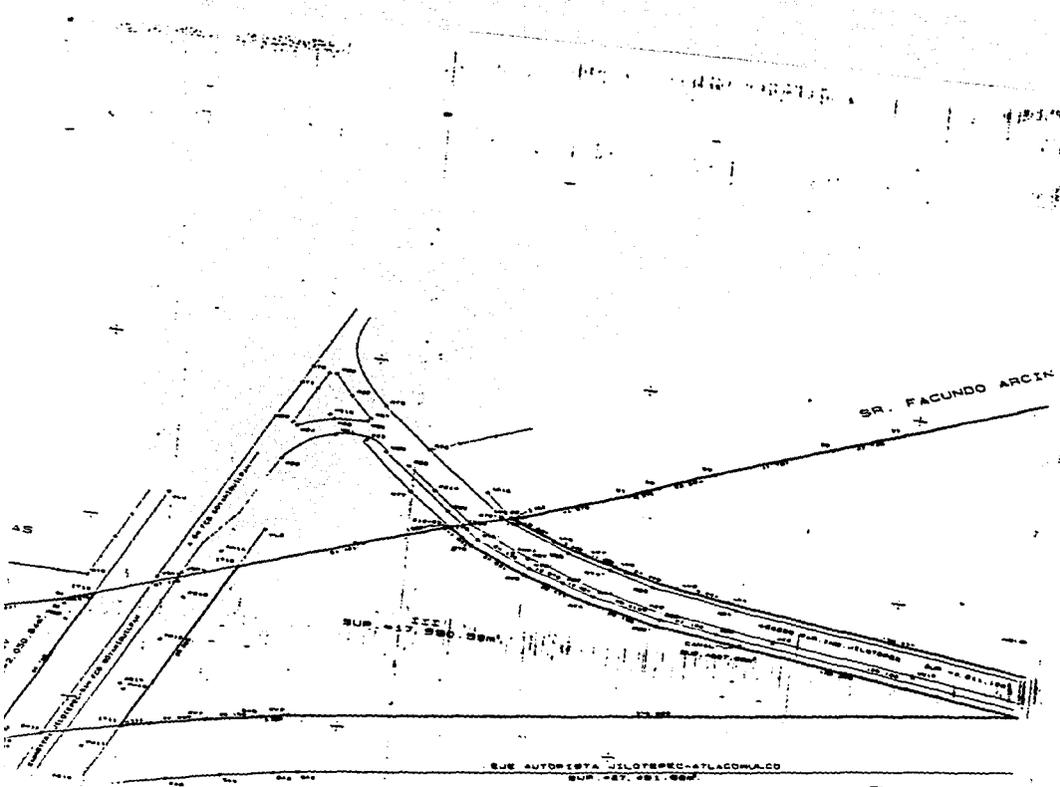
## **ANEXO No. 2**

**CONTENIDO:**

**Arreglo de distribución de equipos e instalación**

**Diagrama de Flujo del UTT ( Esquemático)**

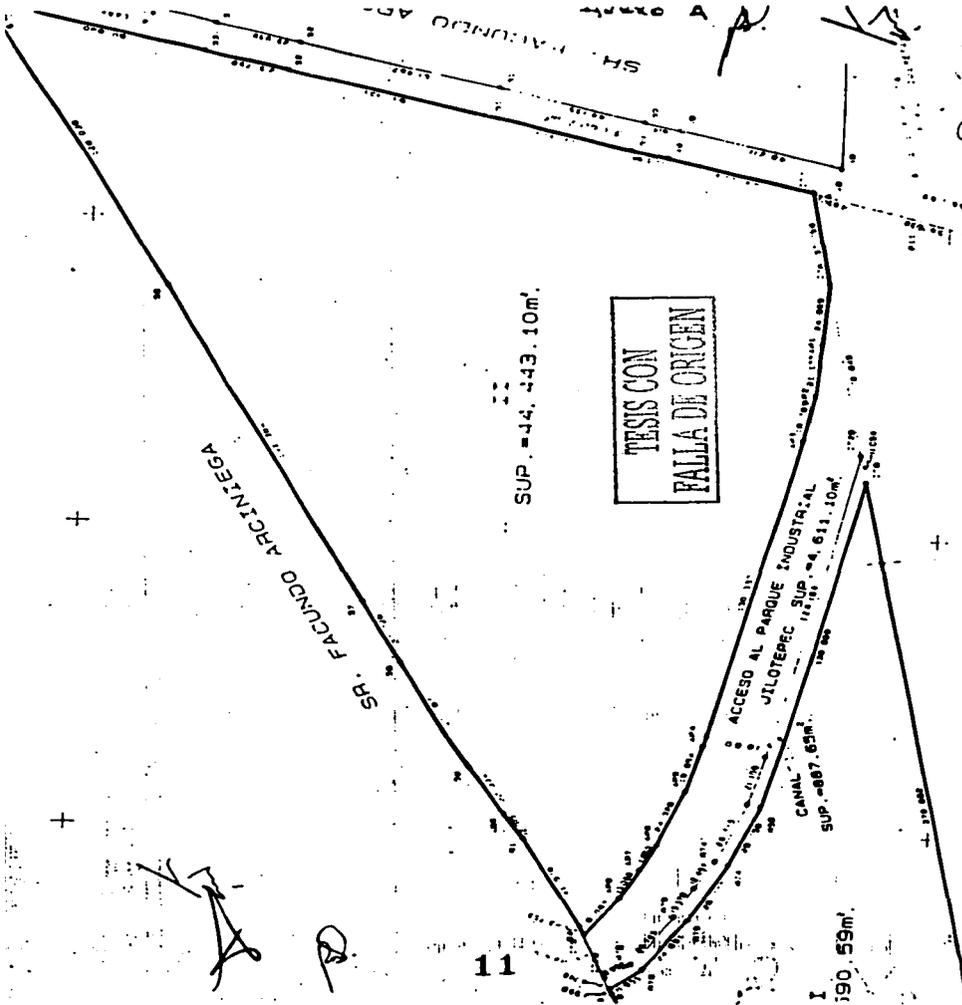




Handwritten signature and the number '17'.

Handwritten mark resembling a stylized 'X' or a cross.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



SR. FACUNDO ARCINIEGA

SUP. = 44,443.10m<sup>2</sup>

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

ACCESO AL PARQUE INDUSTRIAL  
JILOTEPEC SUP. = 4,611.10m<sup>2</sup>

CANAL  
SUP. = 887.85m<sup>2</sup>

190.59m<sup>2</sup>

11

JILOTEPEC-ATLACOMULCO

Handwritten signature and initials at the top right.

Handwritten signature at the bottom left.

Handwritten signature at the bottom center.

Handwritten letters 'A' and 'P' at the top.





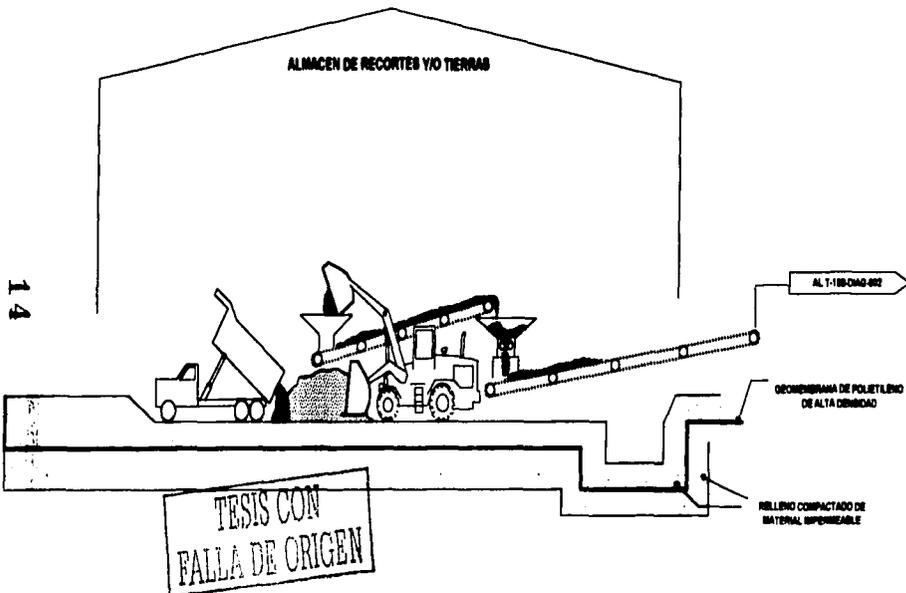
**ANEXO No. 3**

**DIAGRAMAS Y PLANOS**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

DIAGRAMA DE PROCESO PARA EL SISTEMA DE ALIMENTACION DE RECORTES DE PERFORACION  
Y/O TIERRAS CONTAMINADAS CON HIDROCARBUROS A LA TOLVA

ALMACEN DE RECORTES Y/O TIERRAS



PROYECTO

INSTALACION DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO TERMICO PARA LA DESTRUCCION  
DE RESIDUOS PELIGROSOS ORGANICOS EN MEXICO  
JILOTEPEC, ESTADO DE MEXICO

PREPARADOR POR

JUAN MARTINEZ AVILA

LUGAR

JILOTEPEC, ESTADO DE MEXICO

AREA 10

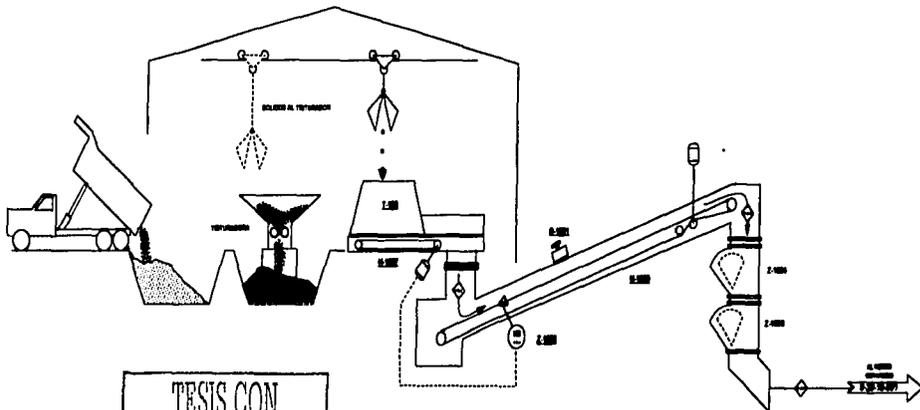
DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO

SISTEMA DE ALIMENTACION

DIAGRAMA DE PROCESO PARA EL SISTEMA DE ALIMENTACION DE SOLIDOS DE LA UNIDAD

1	TOLVA DE ALIMENTACION
2	ALIMENTADOR DE FLUJO MASICO
3	SEPARADOR MAGNETICO
4	BANDA PESADORA
5	BANDA TRANSPORTADORA
6	VALVULA DE SELLO
7	VALVULA DE SELLO

ALMACEN DE SOLIDOS A GRANEL



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

15



PROYECTO

INSTALACION DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO TERMICO PARA LA DESTRUCCION DE RESIDUOS PELIGROSOS ORGANICOS EN MEXICO, JILOTEPEC, ESTADO DE MEXICO

PREPARADOR POR

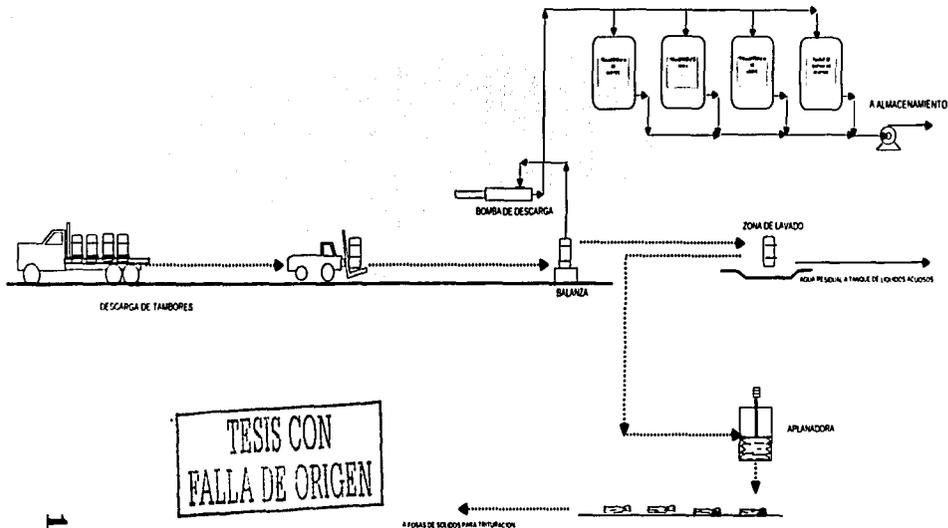
JUAN MARTINEZ AVILA

LUGAR

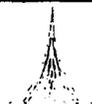
MEXICO D.F.

AREA 10

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO  
SISTEMA DE ALIMENTACION



16



PROYECTO

"INSTALACION DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO TERMICO PARA LA DESTRUCCION DE RESIDUOS PELIGROSOS ORGANICOS EN MEXICO"  
JILOTEPEC, ESTADO DE MEXICO

PREPARADOR POR

JUAN MARTINEZ AVILA

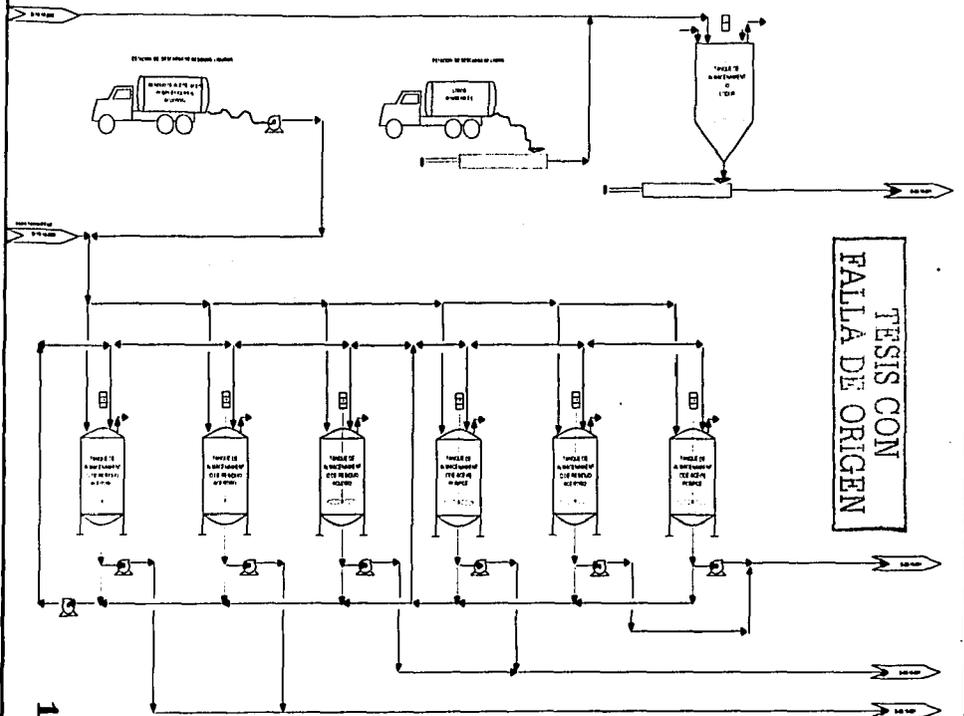
LUGAR

JILOTEPEC, ESTADO DE MEXICO

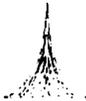
AREA 25

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO  
SISTEMA DE COMPACTACION

DIAGRAMA DE FLUJO PARA DESCARGA DE RESIDUOS PELIGROSOS



17



PROYECTO

"INSTALACION DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO TERMICO PARA LA DESTRUCCION DE RESIDUOS PELIGROSOS ORGANICOS EN MEXICO"  
 JILOTEPEC, ESTADO DE MEXICO

PREPARADOR POR

JUAN MARTÍNEZ ÁVILA

LUGAR

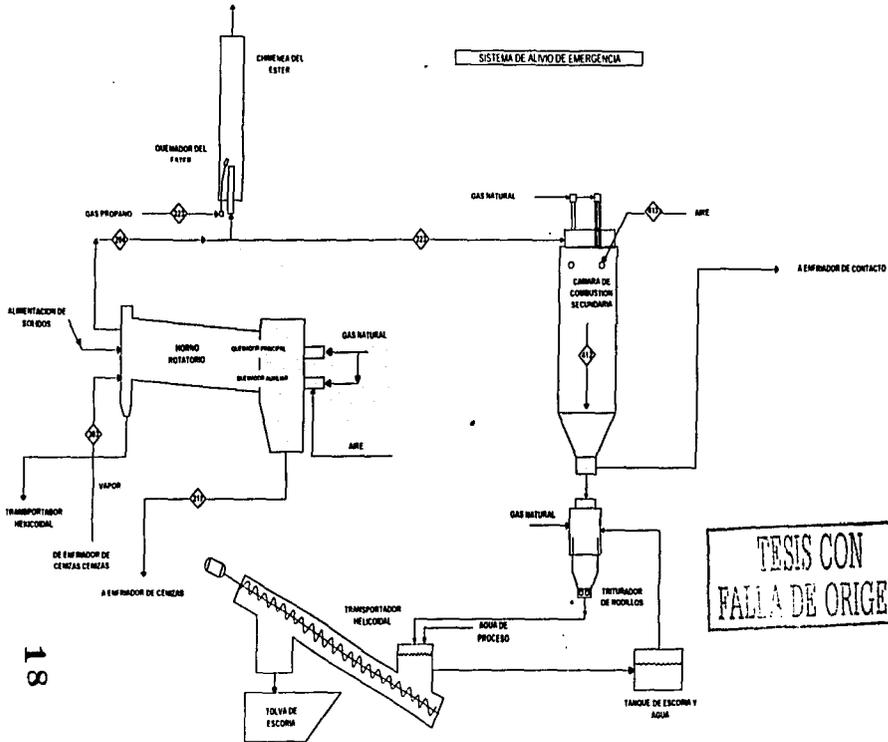
JILOTEPEC, ESTADO DE MEXICO

AREA 10

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO

PREPARACION DE LIQUIDOS Y Lodos

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE COMBUSTION DEL SISTEMA



18



PROYECTO

"INSTALACION DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO TERMICO PARA LA DESTRUCCION DE RESIDUOS PELIGROSOS ORGANICOS EN MEXICO"  
JILOTEPEC, ESTADO DE MEXICO

PREPARADOR POR

JUAN MARTINEZ AYLA

LUGAR

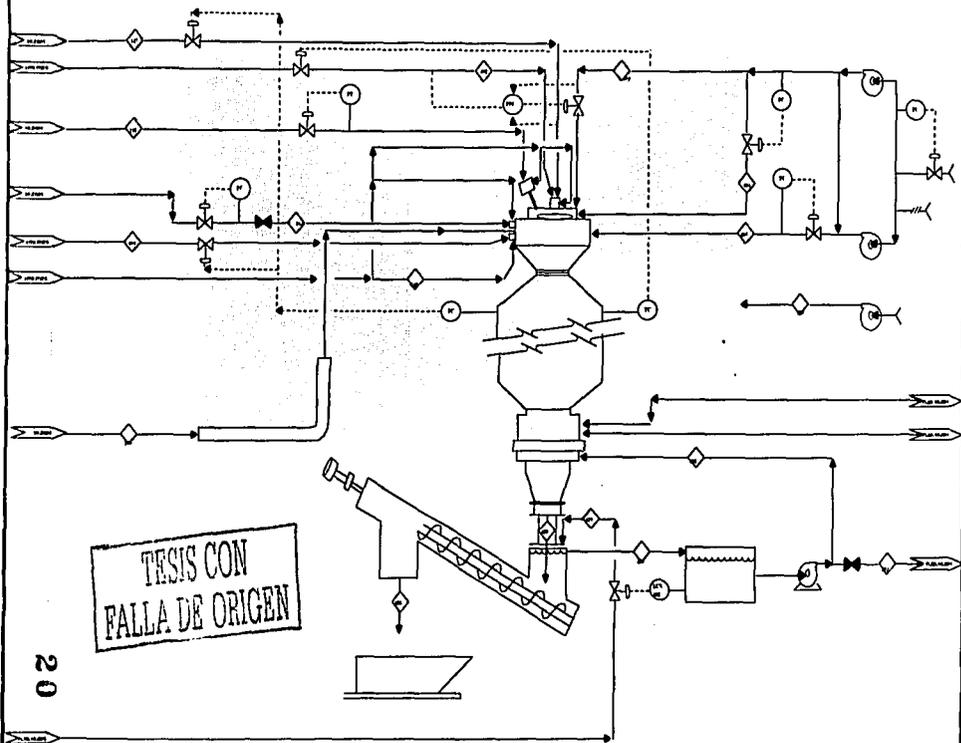
JILOTEPEC, ESTADO DE MEXICO

AREA 25

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO  
SISTEMA DE COMBUSTION



DIAGRAMA DE TUBERIAS E INSTRUMENTACION (CAMARA DE COMBUSTION SECUNDARIA)

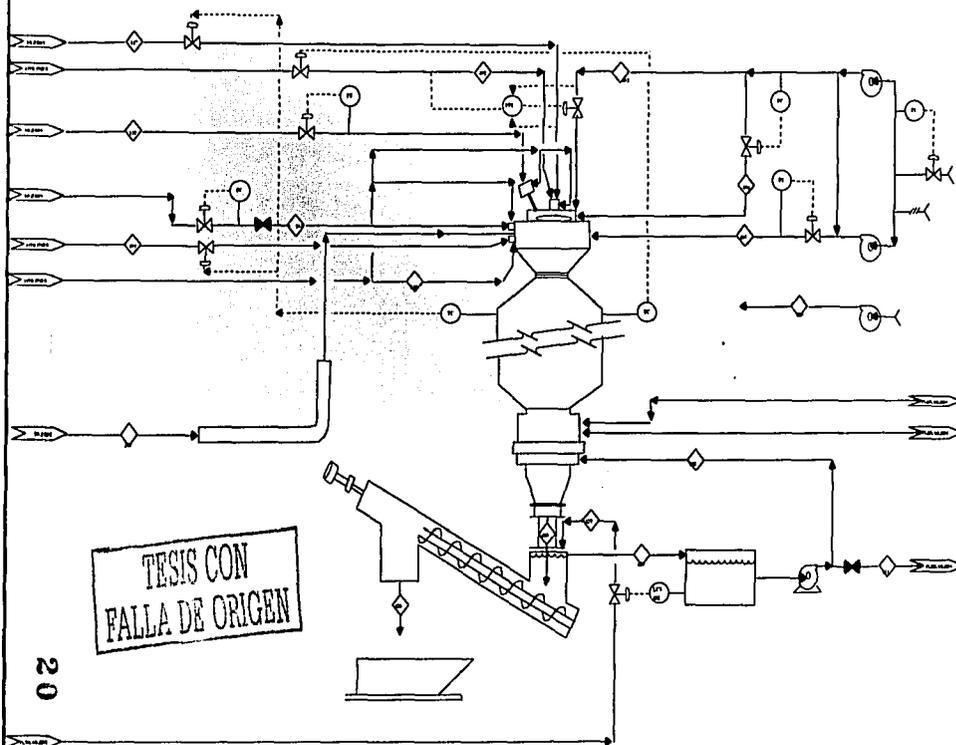


TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

20

	<p>PROYECTO</p> <p>"INSTALACION DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO TERMICO PARA LA DESTRUCCION DE RESIDUOS PELIGROSOS ORGANICOS EN MEXICO" JALISCOPEC, ESTADO DE MEXICO</p>	<p>PREPARADOR POR</p> <p>JUAN MARTINEZ AVILA</p> <p>LUGAR</p> <p>JALISCOPEC, ESTADO DE MEXICO</p>	<p>AREA 40</p> <p>DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO</p> <p>CAMARA DE COMBUSTION SECUNDARIA</p>
--	---	---	---

DIAGRAMA DE TUBERIAS E INSTRUMENTACION (CAMARA DE COMBUSTION SECUNDARIA)



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

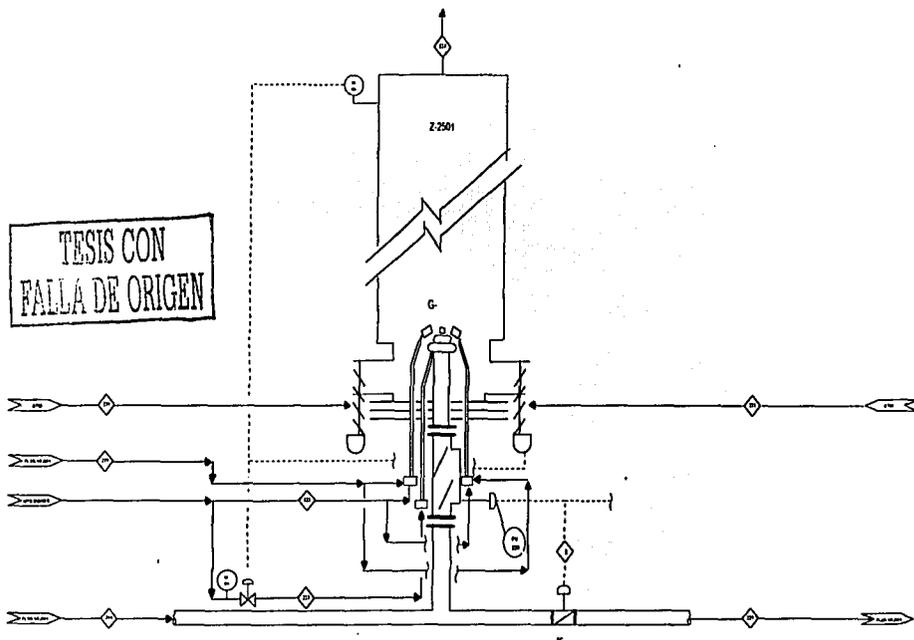
20



PROYECTO  
 "INSTALACION DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO TERMICO PARA LA DESTRUCCION  
 DE RESIDUOS PELIGROSOS ORGANICOS EN MEXICO"  
 JILOTEPEC, ESTADO DE MEXICO

PREPARADOR POR  
 JUAN MARTINEZ AVILA  
 LUGAR  
 JILOTEPEC, ESTADO DE MEXICO

AREA 40  
 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO  
 CAMARA DE COMBUSTION SECUNDARIA



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

21



PROYECTO

"INSTALACION DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO TERMICO PARA LA DESTRUCCION  
DE RESIDUOS PELIGROSOS ORGANICOS EN MEXICO"  
JILOTEPEC, ESTADO DE MEXICO

PREPARADOR POR

JUAN MARTINEZ AVILA

LUGAR

JILOTEPEC, ESTADO DE MEXICO

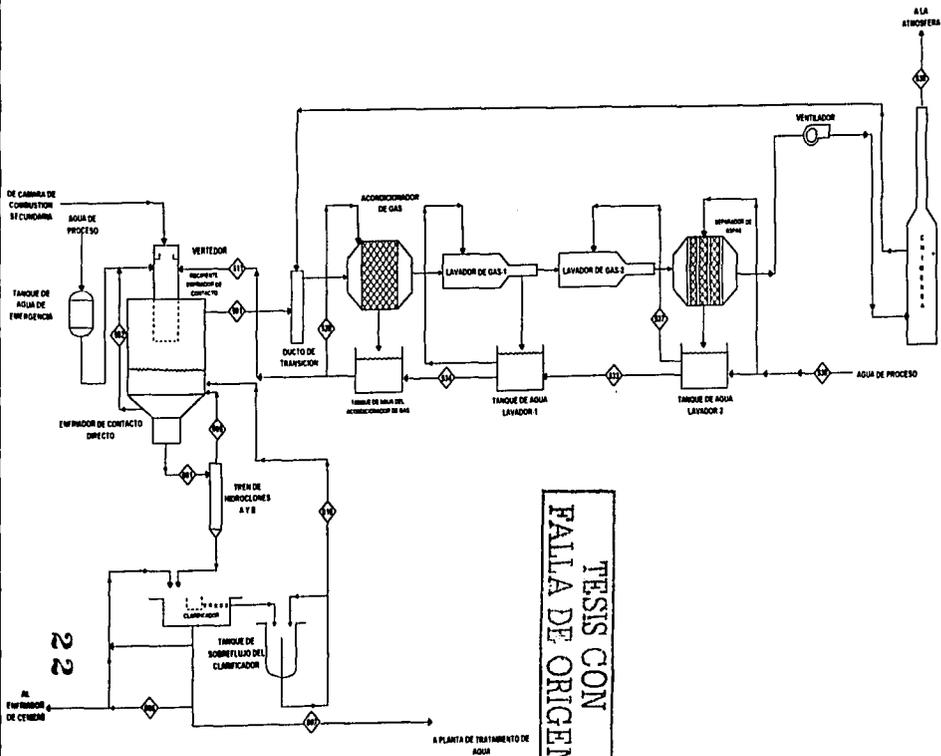
AREA 25

DIAGRAMA DE TUBERIAS E INSTRUMENTACION

ESTER STACK

SISTEMA DE SEGURIDAD

DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA DE LAVADO DE GASES

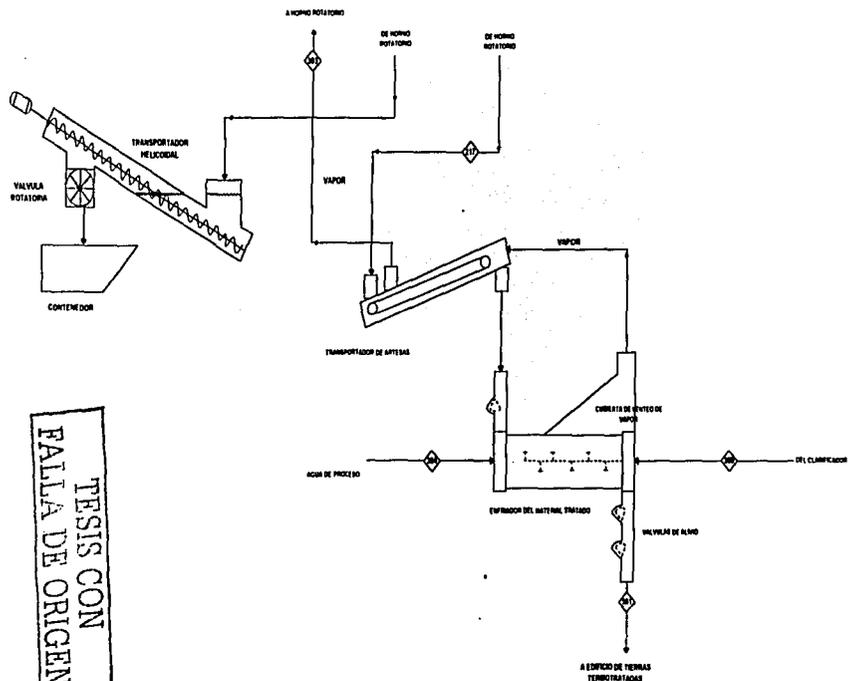


TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

22

	<p>PROYECTO "INSTALACION DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO TERMICO PARA LA DESTRUCCION DE RESIDUOS PELIGROSOS ORGANICOS EN MEXICO" JALOTEPEC, ESTADO DE MEXICO</p>	<p>PREPARADOR POR JUAN MARTINEZ AVILA LUGAR JALOTEPEC, ESTADO DE MEXICO</p>	<p>AREA 25 DIAGRAMA DE FLUJO SISTEMA DE LAVADO DE GASES</p>
--	---	---	---

DIAGRAMA DE FLUJO DEL MANEJO DE LAS TIERRAS TERMOTRATADAS ( SISTEMA DE RECOLECCION)



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

23



PROYECTO

"INSTALACION DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO TERMICO PARA LA DESTRUCCION DE RESIDUOS PELIGROSOS ORGANICOS EN MEXICO"  
JLOTEPEC, ESTADO DE MEXICO

PREPARADOR POR

JUAN MARTINEZ AVILA

LUGAR

JLOTEPEC, ESTADO DE MEXICO

AREA 25

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO  
SISTEMA DE RECOLECCION