



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE QUÍMICA**

**EVALUACIÓN TECNOLÓGICA E INGENIERÍA  
BÁSICA PARA UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN  
DE KEROSINA A PARTIR DE RESIDUOS  
PLÁSTICOS Y ACEITES GASTADOS.**

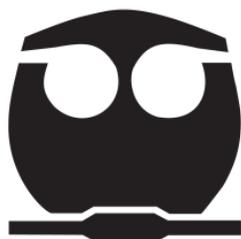
**TESIS.**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**INGENIERA QUÍMICA**

**PRESENTA**

**THALIA ARELLANO BARRERA**



**MÉXICO, D.F.**

**AÑO 2012**

## **JURADO ASIGNADO:**

<b>PRESIDENTE:</b>	<b>Profesor: José Antonio Ortiz Ramírez</b>
<b>VOCAL:</b>	<b>Profesor: Rodolfo Torres Barrera</b>
<b>SECRETARIO:</b>	<b>Profesor: Humberto Rangel Davalos</b>
<b>1° SUPLENTE:</b>	<b>Profesor: Aida Gutiérrez Alejandre</b>
<b>2° SUPLENTE:</b>	<b>Profesor: Ezequiel Millan Velasco</b>

**SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:**

**TORRE DE INGENIERÍA, UNAM.**

---

**ASESOR DEL TEMA:**  
**JOSÉ ANTONIO ORTIZ RAMÍREZ**

---

**SUSTENTANTE:**  
**THALIA ARELLANO BARRERA**

## **AGRADECIMIENTOS.**

Quiero agradecer a todas las personas que durante estos años me han apoyado incondicionalmente sin esperar nada a cambio, en especial a mis padres Carlos Arellano Santos y Lilia Barrera Berriozabal, quienes se han sacrificado en todos los aspectos por mi y mis hermanos para darnos una mejor educación; sé que nunca podré darles todo lo que ustedes me han dado pero quiero que sepan que siempre voy estar para ustedes.

Este logro no solamente es mío sino también de mi familia por eso quiero agradecer a mi hermana Nasheli Arellano por ayudarme siempre que se lo he pedido, por darme consejos aunque en ocasiones me molesten, pero sé que lo hace por que le importo, a mi hermano Carlos Arellano y a mi hermanita Lilia Arellano por estar siempre conmigo y por levantarme cuando tenía que estudiar o terminar una tarea. A mis tías consentidas Marina Arellano Santos, Belén Arellano Santos y Patricia Carolina Martínez Ramírez, por haberme apoyando cuando más lo he necesitado.

A mi amigo Juan Manuel Nieto Méndez por apoyarme en los momentos buenos y malos que he tenido durante la carrera, es difícil encontrar una amistad como la tuya.

Al Ingeniero Juan Villanueva por compartir su experiencia, y todos los consejos que me dio durante el tiempo que trabajé con usted, más que un jefe para mí fue un maestro.

Al la Dra. Aida Gutiérrez Alejandre por haberme apoyado cuando se lo he pedido así como los consejos que me ha dado.

A mi asesor el M.I José Antonio Ramírez Ortiz por apoyarme en todo lo que le he pedido para realizar este trabajo, así como por compartir sus conocimientos conmigo, no solamente he aprendido de usted en lo profesional sino también como persona.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por darme las herramientas necesarias para atender las necesidades de mi país y por permitirme ser uno de sus egresados de Ingeniería Química.

## INDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	MARCO TEÓRICO	3
3.	EVALUACIÓN TECNOLÓGICA.	14
4.	ESTUDIO DE MERCADO.	32
4.1	Producto.	32
4.2	Bienes sustitutos.	33
4.3	Bienes complementarios.	34
4.4	Producción, importación y exportación de queroseno en México.	35
4.5	Consumidores.	37
4.6	Demanda.	40
4.7	Oferta.	42
4.8	Precio.	43
4.9	Competidores.	43
5.	LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA.	45
5.1	Mercado.	45
5.2	Materia prima.	46
5.2.1	Residuos plásticos.	47
5.2.2	Aceites gastados.	49
5.3	Disponibilidad de mano de obra.	54
5.4	Vías de acceso.	55
5.5	Transporte.	56
5.6	Servicios.	57
5.7	Suministro de agua.	57
5.8	Clima.	59
5.9	Zona de amortiguamiento.	60
5.10	Costo del terreno.	60

6.	BASES DE DISEÑO.	62
6.1	Nombre de la planta química.	62
6.2	Localización.	62
6.3	Capacidad.	63
6.4	Factor de servicio.	63
6.5	Áreas de la planta.	63
6.6	Producto.	64
6.7	Materias primas.	66
6.8	Servicios auxiliares.	69
6.9	Normatividad.	69
7.	CRITERIOS DE DISEÑO.	71
7.1	Agitadores	71
7.2	Bombas	71
7.3	Centrífuga	72
7.4	Condensadores-enfriadores.	72
7.5	Tanques de almacenamiento.	73
7.6	Torre de enfriamiento.	74
7.7	Tubería	75
7.8	Ventiladores	75
8.	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.	76
9.	DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO PRELIMINAR.	81
10.	EQUIPOS.	82
10.1	LISTA DE EQUIPO PRELIMINAR.	82
10.2	HOJA DE DATOS DE EQUIPOS PRELIMINAR.	83
11.	DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN PREMILINAR.	84

12.	DIAGRAMA DE LOCALIZACIÓN DE EQUIPO PRELIMINAR.	87
13.	EVALUACIÓN ECONÓMICA	91
13.1	Inversión.	91
13.1.1	Costos fijos.	91
13.1.2	Capital de trabajo.	96
13.2	Costo total del producto.	97
13.2.1	Costo de producción o de operación.	97
13.2.2	Cargos fijos.	100
13.2.3	Gastos en general.	101
13.3	Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento (TMAR)	103
13.4	Valor Presente Neto (VPN)	104
13.5	Tasa Interna de Retorno (TIR)	105
14.	CONCLUSIONES.	107
15.	ANEXOS	111
16.	BIBLIOGRAFÍA.	153

## 1. INTRODUCCIÓN.

A nivel mundial el precio de los combustibles está aumentando, a causa de la escasez del petróleo, para solucionar dicha problemática, se han propuesto nuevas tecnologías; sin embargo ninguna de ellas es viable, porque el rendimiento de las materias primas es muy bajo, baja calidad del producto por ejemplo su poder calorífico es menor que los productos procedentes del petróleo, y sus condiciones de operación de temperatura y presión son altas, por lo que aumentan el precio de venta del producto y no se podría comprar por los consumidores así como tan poco satisfacer la demanda.

De esta forma el presente trabajo pretende abarcar los pasos básicos para el desarrollo de un proyecto en ingeniería química, desde la selección de la tecnología hasta la ingeniería básica; en específico de una planta de kerosina a partir de residuos plásticos y aceites gastados, utilizando como tecnología el sistema Kurata.

Las plantas que actualmente trabajan con el sistema Kurata se encuentran cerca de las materias primas y de los consumidores, por ello se realizó un estudio de mercado con el objetivo de identificar los consumidores, competidores, precio, bienes sustitutos y complementarios. También se analizó la oferta y la demanda del queroseno que tendrá en los próximos años para establecer la capacidad de diseño de la planta.

Con el objetivo de seleccionar adecuadamente la localización de la planta se tomaron en cuenta las principales ventas del producto que se localizan en el centro del país, así como los lugares, donde se recolecta la mayor cantidad de residuos plásticos y aceites gastados, ya que estos definen la capacidad de la planta. Así se seleccionaron tres sitios en donde podría estar ubicada la planta, además se analizaron otros factores que tienen estos sitios en común, como la disponibilidad de mano de obra, vías de acceso, transporte, clima, suministro de agua, etc.

Una vez seleccionado el sitio adecuado de la planta, se comenzó a realizar la ingeniería básica, y los documentos principales que se elaboraron son: bases de diseño, criterios de diseño, descripción del proceso, diagrama de flujo de proceso, diagrama de tubería e instrumentación, diagrama de localización de equipo, lista de equipo y hoja de datos de algunos equipos. Todos los documentos mencionados anteriormente son preliminares.

Para saber si el proyecto es viable o no, se realizó un análisis económico el cual pretende determinar el monto de los recursos económicos necesarios para la realización del proyecto, costo total de la operación de la planta y otra serie de indicadores que permitan decidir si se debe invertir o no.

Así, la siguiente tesis es un primer acercamiento para implementar el sistema Kurata en México, con la finalidad de satisfacer la demanda de kerosina, y con ello contribuir en trabajos futuros que logren llevar a cabo un estudio más detallado del proceso, en el cual se incluya el tratamiento de los residuos y especificaciones tanto de proceso como de equipos.

## 2. MARCO TEORICO

Los aceites usados o gastados son sustancias en estado líquido mencionadas como residuos peligrosos según el Art. 31 sección I de la Ley General de Prevención y Gestión Integral de los residuos, y que según la Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-1993 los clasifica como residuos peligrosos clave CRETIB (T,I). [1]

La denominación aceite usado comprende a los aceites de origen mineral, que durante el uso perdieron sus propiedades características, volviéndose inapropiados para continuar su utilización con el mismo propósito. [2]

Definición regulatoria de la EPA de aceite usado: Es cualquier aceite sea a base de petróleo o sintético, que se haya utilizado. Durante su uso normal, las impurezas tales como tierra, desechos de metal, agua o sustancias químicas pueden mezclarse con el aceite, y, con el pasar el tiempo el aceite ya no tiene un rendimiento eficaz. Eventualmente, este aceite usado tiene que ser reemplazado con un aceite virgen o un aceite que haya sido refinado nuevamente para poder brindar el rendimiento necesario. [3]

Para que un aceite sea considerado como usado debe satisfacer los siguientes criterios [4]:

1. *Origen.* Debe haber sido refinado a partir de petróleo crudo o haber sido fabricado con materiales sintéticos, los aceites de origen vegetal o animal están excluidos.

2. *Uso.* Son considerados los siguientes:

- Aceites lubricantes.

Se emplean como medio lubricante de trabajo y de enfriamiento en las centrales de generación. Los principales sistemas y equipos auxiliares que los requieren son sistemas electrohidráulicos de la turbina, variaciones de velocidad de las bombas,

bombas de extracción de condensado, precalentadores de aire regenerativo, compresores, ventiladores de tiro inducido y forzado de los generadores de vapor entre otras aplicaciones. Los volúmenes de aceite que emplean estos equipos, varían entre 0.8 m<sup>3</sup>, en las bombas de agua de alimentación y 25 m<sup>3</sup> en una turbina. [5]

El manejo de los aceites lubricantes usados representa un problema en zonas alejadas de ciudades importantes, ya que no hay compañías locales que se dediquen a su reutilización o disposición final. En diferentes instalaciones de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), se han tenido que almacenar, en espera de encontrar una solución económica para su eliminación. [5]

- Aceites refrigerantes.
- Aceites hidráulicos.
- Fluidos para transferencia de calor.
- Aceites dieléctricos.

El volumen de un aceite dieléctrico que se maneja en una central de potencia, depende de su capacidad instalada y de las características de los equipos eléctricos. [5]

- Aceites para el maquinado de metales.
- Aceite sintético.
- Aceite de motor.

Incluye típicamente aceites de motores de gasolina y diesel, aceites de pistones de automóviles, camiones, barcos, aviones, locomotoras y maquinaria pesada.

- Líquidos para la transferencia.
- Aceites para compresores
- Fluidos y aceites de la industria metalúrgica.
- Aceites para laminar.
- Aceite de aislamiento eléctrico.
- Aceites utilizados como medio de flotación, etc.

El aceite que no ha sido usado, como los depósitos en el fondo de tanques de almacenamiento de combustible virgen o el combustible virgen recuperado en un derrame, no es considerado un aceite usado. [4]

3. *Contaminantes*. Durante su uso el aceite pudo haberse contaminado con algún tipo de impureza tales como:

- Física: tierra, partículas de metal, serrín o suciedad.
- Químicas: solventes, halógenos, o agua salada. Estos afectan el rendimiento por lo que se debe remplazar con aceite virgen para que pueda continuar realizando su función.

En el inventario de residuos peligrosos de PEMEX en el 2001 reportan la generación de más de 270 mil toneladas de residuos peligrosos. Aproximadamente el 86% del volumen total de estos residuos, corresponde a lodos y recortes de perforación (72%), lodos aceitosos (8%) y aceites gastados (6%). Otras de las empresas paraestatales que ha contribuido a la contaminación de aguas y suelos, es Ferrocarriles Nacionales, que se ha caracterizado por la generación de aceites usados. La principal razón por la que esta empresa ha provocado la contaminación de suelos es por el almacenamiento inadecuado de residuos y combustibles como creosota y aceites gastados. [6]

El instituto Nacional de Ecología (IE), órgano desconcentrado de la SEMARNAT, en su “Manual de Buenas Prácticas de Manejo para los Aceites Usados Automotrices” indica que cada año se generan en México más de 325 millones de litros de aceites usados. Si los ponemos en tambores de 200 litros, se podría formar una línea que va desde a Ciudad de México hasta Monterrey. [7]

La infraestructura que existente en México para el manejo de residuos peligrosos y en particular para aceites usados es limitada, esto ocasiona que el manejo se realice por empresas que no cuentan con los permisos correspondientes para ofrecer una o más de las operaciones de manejo y se reúsen inadecuadamente.

Figura 1. Volumen de generación de Residuos Peligrosos reportado por las empresas incorporadas al padrón de generadores de Residuos peligrosos, 2004-2008. [8]

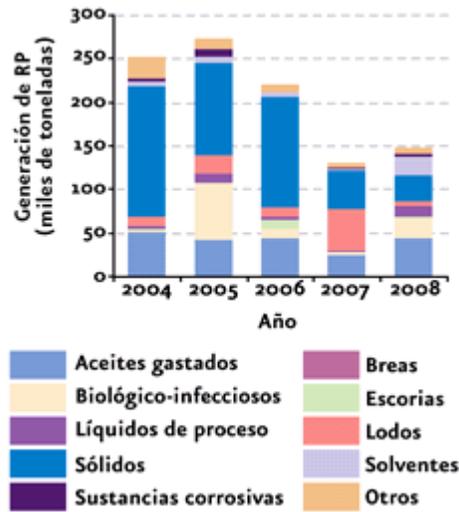


Figura 2. Volumen de generación de Residuos usados reportado por las empresas incorporadas al Padrón de Generación de Residuos Usados por tipo, 2008. [8]

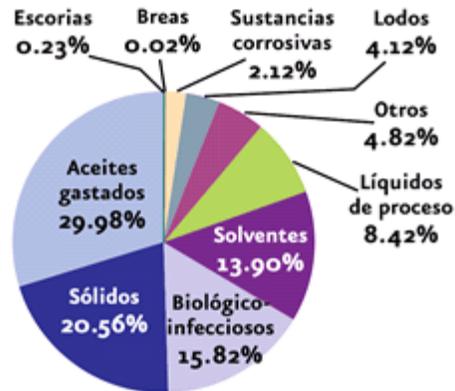


Tabla 1. Diferentes tipos de aceites usados generados en México.

Año	Tipo de aceite usado. (Ton)						Total (Ton)
	Dieléctricos	Lubricantes	Hidráulicos	Solubles	Templado Metales	Otros aceites	
2004	737.60	44 281.06	4 621.50	1 040.68	52.98	3 552.48	54286.30
2005	5 247.62	20 510.55	2 036.29	2 748.21	1.12	13 692.88	44236.67
2006	5 280.32	34 216.11	565.43	4 638.81	76.58	3 574.31	48351.56
2007	839.23	17 515.96	843.07	1 520.96	4.54	782.44	21506.20
2008	60.3.68	26 057.20	855.35	469.05	0.14	3 120.43	30502.17
2009	564.29	2 874.65	72.63	124.63	0.00	321.78	3957.98

Tabla 2. Reciclaje de aceites usados [9].

Entidad Federativa	Año										
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Baja California	-	-	-	-	-	-	12.83	189	-	-	-
Chiapas	-	-	-	-	-	-	2834	-	-	-	-
Chihuahua	-	-	-	-	-	2112	1056	-	-	3800	-
Colima	-	-	-	-	-	-	13140	-	-	-	-
Distrito Federal	-	-	-	400	-	-	-	-	-	352	-
Guanajuato	-	-	-	285	42200	-	59100	648	20	-	-
Jalisco	-	-	-	-	2385	-	13680	4450	-	-	-

México	-	-	-	1440	8100	4500	2217	16200	-	-	-
Michoacán	-	-	-	-	12	-	88000	-	-	-	-
Nayarit	-	-	-	-	-	5.60	-	-	-	-	-
Nuevo León	-	1270	-	730141	2604	6624	86349	13610	8146	9600	-
Oaxaca	-	-	-	-	-	18	-	-	-	-	-
Puebla	-	-	-	-	90	-	-	-	-	-	-
San Luis Potosí	1000	-	-	13500	-	31769.5	500	-	-	-	-
Sinaloa	-	-	-	-	-	-	50	-	-	-	-
Sonora	-	-	-	-	-	-	95	-	-	-	-
Tabasco	-	-	-	-	-	240	-	-	-	-	-
Veracruz	-	45756	-	-	26	73000	1642.5	-	224800	9.3	-

Actualmente, México se encuentra veinte años atrás de Estados Unidos y treinta años detrás de Europa en su capacidad de reciclado; el país ha descuidado un valioso mercado ya que países como China, India y Estados Unidos son los principales compradores de los desechos mexicanos.

Más que un desecho, estos países ven a la basura como materia prima para fabricar muebles, aparatos eléctricos, ropa, como material de construcción y hasta para generar energía eléctrica. Por ejemplo China usa el PET reciclado para transformarlo en fibra textil y confeccionar ropa y alfombras que después vende a México. Alemania y Suiza usan la basura plástica para generar energía eléctrica en tanto que este material tiene la misma capacidad calorífica que el carbón, el petróleo y casi la misma que el gas natural.

México genera 3.8 millones de toneladas de basura plástica al año, lo que representa un negocio sustentable tanto para los gobiernos federal, estatales y municipales, así como para la sociedad y las propias empresas que participan activamente en la industria del plástico, misma que genera 20 mil millones de dólares y participa anualmente con el 3.2 por ciento del PIB nacional. [10]

Tabla 3 Composición de residuos plásticos en la Ciudad de México.

Residuo Plástico	%
PEAD	46
PEBD	22
PVC	11
PP	9
PET	2
PS	8
Otros	2

De acuerdo con la Normas Mexicanas: NMX-E.000-SCFI-1999 y NMX-E-332 SCFI-1999, que establecen la terminología de reciclado de plásticos y la simbología para la identificación del material constitutivo de artículos de plásticos nomenclatura, respectivamente, se distinguen los siguientes materiales [11]:

1. PET: Tereftalato de polietileno, utilizado en la fabricación de bebidas suaves y refrescos (es el material plástico que más se recicla en México).
2. HDPE: Polietileno de alta densidad, usado en la fabricación de productos de consumo comunes, incluyendo envases para leche, agua, champús, detergentes y blanqueadores (es el segundo material en términos de reciclado).
3. PVC: Policloruro de vinilo, utilizado en la fabricación de envases para pulidores de pisos, champús, aceites comestibles, enjuagadores bucales y licores, así como de mangueras de jardín, cortinas de baño, tarjetas de crédito y otros productos (es el plástico con mayor potencial de emisión de dioxinas y furanos cuya presencia puede obstaculizar el reciclaje del PET).
4. LDPE: Polietileno de baja densidad, que entra en la composición de envases para cosméticos y ciertos productos de aseo personal, así como de las películas de plástico empleadas en bolsas usadas en mercados y tintorerías.
5. PP: Polipropileno, con el cual se fabrican las tapas plásticas para botellas, sombreros, cuerdas, alfombras y otros productos.
6. PS: Poliestireno con el cual se produce hule, espuma y recipientes para contener bebidas calientes.

7. Otros plásticos, algunos de los cuales constituyen mezclas de los anteriores.

En todo el país en un año se recolectan tres millones 806 mil 392 toneladas de basura plástica, de las cuales en la capital del país se generan mil 400 toneladas por día y de éstas, 300 toneladas se reciclan tanto en procesos mecánicos como energéticos, y se exportan 150 toneladas. El 38 por ciento de la exportación de la basura plástica que se recolecta en la ciudad de México es el PET. [10]

Tabla 4. Reciclaje de PET.

Resumen de acopio de envases de PET en el Distrito Federal de 2002 a 2007.		
Año	Meta anual de recuperación <sup>(1)</sup>	Total de PET recuperado (ton)
2002	-	3,423
2003	23,000	22,875
2004	25,500	21,620
2005	28,000	23,352
2006	30,500	22,696
2007	34,000	25,554,826
Total	141,000	25,648,792

Fuente: Secretaría del Medio Ambiente.

<sup>(1)</sup>Meta de recuperación anual de PET a través del convenio GDF-ECOCE

Tabla 5. Acopio anual en México. [12]

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Cantidad enviada al mercado por Asociados (Ton)	No disponible	324499	343225	380000	401689	438057	455000	455000	460000
Cantidad acopiada via ECOCE (Ton)	6657	44282	62213	60164	80114	89241	100153	108879	115000
Cantidad acopiada por ECOCE vs Asociados (Ton)	8.80%	13.60%	18.10%	15.80%	20.00%	20.50%	22.70%	23.90%	25.00%
Cantidad acopiada por otros (Ton)	1500	6000	8000	16000	20000	30000	25000	17000	20000

De lo que recicla ECOCE el 40% se comercializa en México mientras el 60% se exporta a China, Estados Unidos, India, Singapur y otros países. [12]

Las entidades con mayor recolección de basura son: Estado de México, 14 mil 551 toneladas por día; Distrito Federal, 12 mil 707 toneladas; Jalisco, 7 mil 046 toneladas; Nuevo León, 5 mil 262 toneladas; Veracruz, 4 mil 842 toneladas por día; Puebla, 4 mil 440 toneladas; Guanajuato, 4 mil 291 toneladas y Baja California, 3 mil 562 toneladas cada día. Estos ocho estados recolectan el 60% del total nacional de basura, ANIPAC. [10]

Tabla 6. Reciclaje de residuos plástico. [13]

Año	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Residuos plásticos [Miles de toneladas]	1.39	1.46	1.34	1.40	1.42	1.41	1.44	1.51	2.18	4.75	5.70	5.80

### 3. EVALUACIÓN TECNOLÓGICA.

Durante el desarrollo de un proyecto es importante seleccionar de forma adecuada la tecnología que permite obtener el producto deseado, porque lo relacionado con la parte técnica, también influye directamente sobre la inversión, costos total del producto e ingresos del proyecto, que caracterizan el proceso elegido.

Existen ciertos procesos de producción que exigen una escala mínima para ser aplicables, ya que por debajo de ciertos niveles mínimos de producción los costos serán tan elevados que no se justificará la operación en estas condiciones.

Para seleccionar aquella tecnología que permite producir kerosina, se realizó una investigación sobre las patentes relacionadas, con la producción de combustibles, a partir de residuos plásticos y aceites gastados, con la finalidad de seleccionar aquella que es viable para la producción de kerosina, entre las tecnologías que se encontraron destacan:

- A. Método y aparatos para la producción de petróleo. (Kurata, Taishsi Hyogo).  
Método y aparato para convertir aceite pesado en un aceite ligero. (Kurata, Taishi Kobe-shi, Hyogo).
- B. Proceso y equipo para el tratamiento de residuos plásticos. (Yail Yang)
- C. Método y sistema para convertir residuos plásticos en un combustible. (Tianfu Jiang, Zao Jun Xi L).
- D. Método y sistema para convertir gasolina, kerosina, y aceite diesel, a partir de residuos plásticos. (Ho-Jun Kwan, Chan-won shi).
- E. Proceso y dispositivo para producir gasolina, queroseno y diesel a partir de residuos de plásticos, caucho y aceite de máquina. (Fusheng Xie, Zibo).

Tabla 7. .Patentes disponibles para la producción de combustibles.

Tecnología Características.	A	B	C	D	E
Materia prima.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aceites usados (Puede ser cualquier aceite siempre y cuando pueda formar la emulsión W/O).</li> <li>• Aceite vegetal.</li> <li>• Bunker C.</li> <li>• Petróleo crudo.</li> <li>• Petróleo residual</li> <li>• Polietileno de alta densidad.</li> <li>• Polietileno de baja densidad.</li> <li>• Poliestireno.</li> <li>• Policarbonato.</li> <li>• Nylon 6.</li> <li>• Nylon 66.</li> <li>• Resina ABS.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Polipropileno.</li> <li>• Polietileno</li> <li>• Poliestireno.</li> <li>Excepto PVC.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Polietileno.</li> <li>• Polipropileno.</li> <li>• PVC</li> <li>• Poliestireno.</li> <li>• PET</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Polipropileno.</li> <li>• Poliestireno.</li> <li>• Polietileno.</li> <li>• Otros.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Residuos plásticos</li> <li>• Caucho.</li> <li>• Aceite de maquina.</li> <li>Excepto PVC</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Poliuretano.</li> <li>•Biomasa residual.</li> <li>•Residuos de refinerías</li> </ul> <p>Excepto PVC</p>				
Pretratamiento.	<p>Se eliminan impurezas de los aceites gastados como agua.</p> <p>Los residuos plásticos se deben clasificar y prensar.</p>	No es necesario.	Son separados uno por uno, después pasan a través de varias secciones de separación, las cuales son magnéticas y de aire caliente. La primera sección sirve para separar metales mientras la segunda sección elimina polvo y reduce la cantidad de agua.	Consiste en remover impurezas, clasificar y triturar.	No es necesario en el caso de residuos plásticos y caucho.
Fusión	En el caso de los residuos plásticos, se envían al tanque de fundición, donde se lleva a cabo la	No hay.	No hay.	La materia prima es alimentada a un tanque de fusión donde se calienta a 150°C y se deshidrata hasta tener	No hay.

	<p>fusión a 200°C o más dependiendo del residuo plástico y a presión atmosférica.</p> <p>Una vez fundido se descarga al tanque de descomposición.</p>			<p>un contenido de agua de un 10% o menos, después pasan a un segundo tanque de fusión donde se eleva la temperatura a 340-360°C y se mezclan con un agitador para que la mezcla sea homogénea.</p> <p>La mezcla es enviada a un tanque de precipitación para remover impurezas finas y tierra.</p>	
	<p>El aceite gastado se mezcla con “agua alcalina ionizada” para formar una emulsión W/O, la cual se alimenta al tanque de descomposición.</p>	<p>Los residuos plásticos son alimentados por medio de un pistón hidráulico automático o manual al reactor de craqueo catalítico</p>	<p>Después del pretratamiento son alimentados al reactor de craqueo térmico por medio de pistón hidráulico que no requiere trituración, en caso de utilizar un</p>	<p>Los residuos plásticos fundidos son alimentados al reactor de craqueo catalítico que opera a 350-370°C, donde se reduce de 1/8 hasta 1/12 el peso molecular,</p>	<p>A la materia prima se adiciona 0.3-1.5% en peso de cuarzo y 0.1-0.5% en peso de arena y se lleva a cabo el craqueo catalítico, en el caso de residuos plásticos</p>

<p>Craqueo.</p>	<p>En el tanque de descomposición es donde se lleva a cabo el hidrocraqueo a 250-400 °C y presión atmosférica, está diseñado para que el proceso se realice a alta velocidad. Durante este proceso se logra la mejora de la calidad del petróleo y la desulfuración.</p>	<p>junto con una cantidad proporcional de un catalizador de silica, donde son calentados a 280-480°C, formando un fase líquida y un gas efluente que es una mezcla de C<sub>1</sub>-C<sub>20</sub>, la mejor calidad de este producto se obtiene a 195°C ± 30°C por lo que se debe de controlar la temperatura. El gas efluente pasa a través de una serie de condensadores, donde se separan el condensado el cual es una mezcla de C<sub>5</sub>-C<sub>20</sub> (alcanos 30-</p>	<p>tornillo para alimentación requiere trituración antes de alimentarse. El reactor de craqueo térmico es un horno cilíndrico que opera a 270-800°C y presión atmosférica, ahí las moléculas de la materia prima se rompen, pruebas realizadas muestran que el 30% de los residuos plásticos llegan a ser gasificados en pocos segundos, así como el 70% son líquidos no gasificados que contienen varias impurezas como material carbonizado</p>	<p>el tiempo de residencia en el reactor es de 20 hasta 30 minutos.</p>	<p>es de 60-460°C, caucho 80-480°C y aceite de maquina 50-380°C. Los gases craqueados pasan a través de varias capas que son de coque, anillo de Pall, absorbente que contiene cal y una de un catalizador con el objetivo de eliminar impurezas, después son enviados a un absorbedor de lecho fijo, los gases obtenidos se filtran de nuevo en una torre de empacada para eliminar impurezas</p>
-----------------	--	--	---	---	--

		<p>38%, alquenos 45-48%, y hidrocarburos aromáticos 15-33%), ahí también se separan los gases no condensables que son una mezcla de C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub>, el producto es enviado a una tanque de acero inoxidable donde se remueve las impurezas sólidas del hidrocarburo y el agua, una vez purificados pasa a un tanque de mezcla donde se agrega 3-8% en peso de un nuevo catalizador, que opera a</p>	<p>y residuos, esta mezcla de sustancias son los residuos plásticos fundidos, los gases gasificados son enviados a la unidad de remoción de hidrogeno de cloruro, mientras los residuos plásticos fundidos pasan al segundo reactor de craqueo térmico, que es un reactor tubular térmico que está a 270-800°C, los residuos generados son descargados y los gases son enviados a la unidad de remoción de hidrógeno de cloruro.</p>		
--	--	--	--	--	--

		temperatura ambiente para promover la estabilidad y evitar la oxidación.			
Refino	<p>Los vapores producidos en el tanque de descomposición pasan a través de una torre catalítica donde lleva acabo el refino de petróleo a 350 °C.</p> <p>El combustible se obtiene a 157.5-261°C, el cual es enviado a un condensador-enfriado donde se separan los gases no condensables, el petróleo refinado es</p>	<p>Después el líquido pasa a un vaporizador y a una torre de refinación, donde se lleva a cabo el proceso de refinación del hidrocarburo, ahí se obtiene gasolina a 30-200°C y diesel 200-360°C.</p>	<p>Los gases generados entran al reactor de craqueo catalítico, donde se forman rápidamente sustancias de menor peso molecular, los gases salientes son moléculas de ocho a doce átomos de carbono, después pasan por las tres etapas de enfriamiento, alrededor del 80-90 % de los gases de hidrocarburo son condensados</p>	<p>Los gases generados son enviados a un reactor de lecho catalítico que opera a una temperatura de 500-550°C y 10 Kg/cm<sup>2</sup>, el 90% o más de la materia prima es craqueada e isomerizada, este equipo está conectado con el regenerador de catalizador que opera a 460 hasta 490°C y 19.7 Kg/ cm<sup>2</sup>.</p> <p>Los gases generados son alimentados a una torre de</p>	<p>Los gases obtenidos son enviados a una torre de fraccionamiento donde se obtiene gasolina a 195-198 °C, en la parte media de la torre se obtiene queroseno a 200-230°C y en la parte inferior diesel a 300-360°C, para eliminar olores y proporcionar transparencia al producto se agrega 200 ppm de solución acuosa de cobaltos flalocianina sulfonato.</p>

	almacenado en un tanque.		(combustible) mientras el otro porcentaje son gases no condensables.	fraccionamiento donde se obtienen el queroseno a 160-200°C, diesel 240-320°C, son condensados y mezclados con un solución 1-2% mol de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , una vez hecho esto son enviados a su tanque de refino respectivamente donde son mezclados con una solución alcalina de hidróxido de sodio de 3-5% mol, la gasolina es condensa a 25°C y almacenada en un tanque.	La gasolina se condensa 160-180°C, la fracción líquida regresa a la torre de fraccionamiento y la fracción de gas se condensa de nuevo hasta la temperatura se reduce a 30-60°C, seguido de una sedimentación para separar el agua y aceite, al final se filtran.  La fracción de diesel y queroseno se condensan, sedimentan y son filtradas.
--	--------------------------	--	--	---	--

<p>Postratamiento.</p>	<p>El petróleo refinado es enviado a una centrifuga para separar el agua y así obtener un hidrocarburo apto para su uso. Todo el proceso transcurre a presión atmosférica</p>	<p>Estas fracciones son enviadas a condensadores diferentes y posteriormente a su tanques respectivos para eliminar el agua contenida aumentado así su estabilidad y su calidad, una vez hecho esto son almacenadas estas fracciones en tanques de almacenamiento.</p>	<p>Los condensados son enviados a un reactor de activación presurizada que opera a la temperatura de reacción y 0.8-1 atmosferas, ahí se le agrega aditivos especiales debido a esto una pequeña cantidad de sulfuro, nitrógeno y fosforo elemental están contenidos en el combustible que son solidificados para dar un combustible más purificado. Estas partículas se separan del combustible por medio de una centrifuga a alta</p>	<p>La gasolina es precalentada 90-120°C y pasa a un reformador catalítico ácido HCl, AlCl<sub>3</sub> o SbCl<sub>3</sub>, se necesita hacerse de un material resistente a la corrosión. En este proceso la conversión depende del grado de dispersión del catalizador, sin embargo un tamaño pequeño de catalizador aumenta la perdida de este y la contaminación del producto. El catalizador y gasolina reformada son separadas por gravedad especifica, el tiempo es determinado por la velocidad de</p>	<p>La gasolina es tratada a 30-50°C y se añade el 1-5% en peso de caolín activo, con el fin de eliminar color, transparencia y aumentar el número de octano. El diesel se trata con 2.5% en peso de una solución de 98% de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> para un lavado ácido y luego se agrega 1-3% en peso de una solución de 96% de NaOH y finalmente se añade 1-5% peso de un aditivo de cetano con la finalidad de elevar el índice de cetano del combustible. En el</p>
------------------------	---	--	---	---	---

			velocidad, después son almacenados en un tanque.	sedimentación.	caso del queroseno se trata en una torre de manera general.
Catalizador.	<p>Molde catalítico que depende del producto deseado, no es necesario un regenerador.</p> <p>No es necesario ningún catalizador para llevar acabo el hidrocrqueo.</p>	<p>Permite trabajar periodos grandes sin tener problemas de desactivación con un amplio rango de temperaturas dependiendo de la materia prima y con un contenido del 20-35% de silica.</p>	<p>Reactor de craqueo catalítico utiliza un catalizador ácido especial que puede usarse varias veces para reducir los costos.</p> <p>Unidad de remoción de cloro utiliza un catalizador que está hecho de varios componentes alcalinos y metales pesados para formar una sustancia metálica, debido al efecto de las sustancias metálicas</p>	<p>Reactor de craqueo catalítico utiliza un catalizador hecho de níquel o aleación de níquel y es necesario un regenerador de catalizador.</p> <p>Reactor de lecho catalítico con un catalizador ácido de <math>\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3</math> requiere regenerador. Es importante que el catalizador sea introducido a bajo porque esto reduce el costo del equipo y al mismo tiempo se tiene</p>	NM

			que capturan el ion y el ácido clorhídrico es removido para asegurar que no se dañe el catalizador.	la ventaja que el tamaño del equipos sea menor.  Reformador catalítico ácido HCl, AlCl <sub>3</sub> o SbCl <sub>3</sub> debe ser resistente a la corrosión.	
Combustible.	Se puede utilizar petróleo pesado de bajo costo.	Carbón, gasolina o electricidad.	NM	NM	NM
	Los gases de cola que son separados del petróleo refinado, son enviados a la cámara de combustión del horno que suministra calor al tanque de descomposición.	Los gases no condensables son enviados a un horno para ser quemados como combustibles.	En la unidad de remoción de hidrogeno de cloruro opera a 270-800°C para garantizar la eliminación del HCl <sub>(g)</sub> , estos gases reaccionan con un catalizador que capturan el ion cloruro del ácido clorhídrico	NM	El gas licuado producido durante el proceso puede ser utilizado como fuente de energía.

<p>Uso de subproductos y residuos.</p>			<p>gaseoso para generar el gas cloro que es un importante producto en el mercado.</p> <p>Los gases no condensables como metano, butano, etc. son enviados a la cámara de combustión del horno de calentamiento de los reactores de craqueo térmico para ser quemados.</p>		
<p>Materiales de construcción.</p>	<p>Tanque de descomposición (Acero inoxidable).</p>	<p>Tanque de condensados (Acero inoxidable).</p>	<p>Horno cilíndrico (Titanio-acero).</p> <p>Reactor tubular térmico (Acero).</p>	<p>Generador de catalizador (Ni-Mo, por ejemplo Incolloy 800 HT que está disponible comercialmente).</p> <p>Reformador catalítico debe ser resistente a la corrosión.</p>	<p>NM</p>

Productos.	Gasolina, diesel y kerosina.	Gasolina, diesel y otras fracciones de hidrocarburos.	Combustible.	Gasolina, kerosina y aceite diesel.	Gasolina, diesel y kerosina.
Características del producto.	Contenido de azufre 0.06 % en peso, punto de inflamación 32.5°C y densidad (15°C) 0.7926 g/cm <sup>3</sup>	Gasolina con un número de octano 70-88 y diesel 15.  El producto tratado es estable contra oxidaciones lo que hace que sea fácilmente almacenado.	Los aditivos especiales aumentan la fluidez del combustible y el poder calorífico.	NM	Los combustibles obtenidos tienen buena calidad y alto rendimiento.  La gasolina que se obtiene no tiene plomo, con un bajo contenido de azufre, cumpliendo con la Norma Nacional de la gasolina sin plomo.
Rendimiento.	93% Residuos plásticos. 95% de aceites usados. 30% biomasa residual. >90% Bunker C, residuos de refinerías	Se obtiene 52-58 % de gasolina y 48% de diesel.	NM	NM	65% de residuos plásticos. 80-83% de aceites usados.

Costos	A diferencia del refino basado en el craqueo la planta es simple y compacta por lo que se logra reducir los costos de construcción y de gestión.	NM	NM	La presente patente puede ser aplicada a pequeña escala pero no a gran escala.	El dispositivo de esta invención tiene volumen reducido y bajo costo lo que simplifica el proceso.
--------	--	----	----	--	--

Notas. NM: No se menciona.

La tabla 7 es un resumen de las características principales del proceso que propone cada una de estas patentes para la obtención de kerosina. Todas las tecnologías citadas pueden tratar diferentes tipos de residuos plásticos, sin embargo no todos como el PVC debido a que genera el gas cloro u otros gases tóxicos lo que hace que los equipos deban ser resistentes a la corrosión, lo que implica un mayor costo; en el caso de los aceites usados solamente dos patentes pueden procesarlos.

El patente E solamente permite utilizar aceite de maquina en cambio, la patente A puede ocupar cualquier aceite usado con la única condición de que forme la emulsión W/O, lo que hace que el proceso sea más flexible.

Antes de que la materia prima sea transformada algunas de estas tecnologías necesitan un tratamiento previo, lo cual implica un costo mayor debido a que se debe considerar una planta de tratamiento dependiendo del residuo y el terreno que se vaya a ocupar; en caso de que la materia prima sea comprada el costo es mayor por lo cual, la localización de planta debe estar cerca de las plantas de tratamiento de estos residuos para reducir el costo de transportación.

Tanto la patente A como la D utilizan los residuos plásticos, que son fundidos prácticamente a la misma temperatura en función del tipo de residuo, pero la diferencia que existe entre las dos tecnologías, consiste en que la última necesita dos tanques, lo que genera un mayor costo en el equipo, así como un mayor espacio y consumo en el combustible para poder fundir el residuo.

Es importante que tanto en la etapa del craqueo, como en el refino se trabajen a bajas temperatura y presiones, porque el consumo de energía es menor y no es necesario diseños especiales de equipos y los materiales de construcción son más económicos.

La patente A, B, C y E trabajan a temperaturas y presiones de operación bajas, sin embargo la diferencia es que la patente A no necesita un catalizador para

hidrogenar los residuos plásticos y aceites usados, porque de forma económica produce el hidrógeno necesario para llevar a cabo el hidrocraqueo, además el tiempo en que se realiza es rápido y se logra la desulfurización lo que tiene como ventaja que no es necesario un pretratamiento para disminuir la cantidad de sulfuro en los aceites usados.

En el refino solamente la patente D trabaja a temperatura y presión alta, sin embargo la patente A tiene la ventaja de producir de forma sencilla el combustible deseado y no necesita un regenerador de catalizador como es el caso de la patente D, ya que en las otras tecnologías son necesarios lo cual implica un mayor costo de operación, así como mayor consumo de energía. La única desventaja que poseen la mayoría de estas tecnologías es que los catalizadores que se utilizan son diseños especiales, pero la ventaja que tienen es que los gases no condensables que son producidos se utilizan como combustibles para suministrar energía a los equipos que los requieren, mientras la patente C es la única que produce un subproducto que puede ser vendido y así obtener ingresos extras.

A pesar de que se han analizado las ventajas y desventajas que tiene cada una de las tecnologías, se utilizará una tabla de decisión en la cual la mayoría de los criterios están relacionados con lo técnico, ya que en lo referente a costos se desconoce el precio que cada una de las tecnologías disponibles tiene para una capacidad determinada.

Los criterios utilizados son los siguientes:

Excelente	10
Muy bueno	8
Bueno	6
Regular	4
Deficiente	0

Tabla 8. Selección tecnológica cuantitativa.

Criterio	Patente				
	A	B	C	D	E
Materia prima que puede procesar la tecnología.	10	6	6	6	8
Tratamiento de materia prima.	0	10	0	0	8
Flexibilidad de operación.	10	4	4	4	4
Diseño especial de equipos.	4	4	4	4	4
Catalizador.	8	6	8	0	0
Materiales.	6	6	4	4	-
Temperatura de operación.					
Craqueo	6	6	0	4	6
Refino	8	8	-	4	4
Presión de operación.					
Craqueo	10	-	10	-	-
Refino	10	-	-	0	-
Seguridad del proceso.	10	6	4	4	4
Consumo de combustible.	10	6	4	6	8
Uso de subproductos y residuos.	6	6	10	-	6
Productos que puede producir.	10	8	6	10	10
Calidad de producto.	10	6	6	-	8
Rendimiento.	10	4	-	-	6
Costos	10	-	-	4	10
Espacio y volumen necesarios para la planta una vez construida.	10	6	6	6	10
Escala a la que puede ser aplicable la tecnología.	10	8	8	0	8
Total	158	100	80	56	104

Con la tabla 8 se llega a la conclusión de que la tecnología viable para producir kerosina es la desarrollada por Kurata, porque permite obtener kerosina a partir de una gran variedad de materias primas, principalmente de aceites usados y residuos plásticos con la única excepción de que el PVC no se puede procesar y que el aceite que se utilice puede formar la emulsión W/O, obteniéndose alrededor del 90-95% de rendimiento y lo más importante que la calidad del producto es similar al procedente del petróleo, por ejemplo tiene una baja concentración de sulfuro y un gran poder calorífico, además de que el proceso trabaja a presiones y temperaturas bajas lo que permite que se realice de forma segura, así como también logra reducir el costo de construcción y gestión. La única desventaja que tiene es que las materias primas necesitan un tratamiento previo.

## 4. ESTUDIO DE MERCADO

Es un proceso sistemático de recolección y análisis de datos e información acerca de los clientes, competidores y el mercado.

Al evaluar un proyecto es preciso detectar y cuantificar aquella porción de demanda insatisfecha que pueda ser abastecida por los productos y servicios generados por el proyecto. A veces el mercado se abastece por productos de inferior calidad o precio superior, donde es factible penetrar y suministrar un producto que convenga al segmento que lo consumirá o utilizará.

Para determinar qué cantidad de queroseno se debe producir, así como el lugar en donde deberá estar ubicada la planta se analizarán los siguientes criterios:

### 4.1 Producto.

Sinónimos: Queroseno, Kerosina, Kerosene, Petróleo de quemar y parafina (Inglaterra).

El queroseno es un aceite medio ligero procedente de la refinación del petróleo, intermedio entre el gasóleo y la gasolina que está formado por 10 a 14 átomo de carbono, contiene pequeñas cantidades de azufre, nitrógeno, oxígeno y metales pesados, tiene una temperatura de ebullición de 150 a 300 °C, debido a la composición que posee le permite tener una buena combustión liberando una gran cantidad de calor, no es corrosivo y es extremadamente estable en su almacenamiento, según su aplicación se clasifica en dos grandes grupos:

#### a. Turbosina.

Combustible con grado especial de refinación que posee un punto de congelación más abajo que el queroseno común y un bajo contenido de azufre, se utiliza en motores de aviones a reacción (*Jet fuel*) en diferentes grados, básicamente para aviación comercial (*Jet A1*) y militar (*JP5, JP8*).

- b. Otros querosenos que se utilizan en:
  - a) Cocción de alimentos.
  - b) Iluminación doméstica mediante el uso de lámparas domésticas.
  - c) Calefacción doméstica.
  - d) Equipos de refrigeración
  - e) Motores de encendido por chispa eléctrica y estacionarios.
  - f) Combustible para tractores agrícolas
  - g) Mejora las cualidades de la gasolina y el diesel.
  - h) Combustible para motores de chorro que utilizan los reactores, el cual es una mezcla de queroseno, gasolina y nafta para asegurar que el contenido de hidrocarburos aromáticos no exceda 25% por volumen, también se añaden aditivos para reducir el punto de congelación a  $-58^{\circ}\text{C}$  y para mantener la presión de vapor Reid entre 0.14 y 0.21  $\text{kg}/\text{cm}^2$ .
  - i) En la limpieza mecánica.
  - j) Solvente para asfaltos.
  - k) Formulación de insecticidas, etc.

Es importante conocer los bienes sustitutos y complementarios de un producto, porque estos pueden tener una gran influencia sobre la demanda del bien objetivo en la evaluación del proyecto.

#### **4.2 Bienes sustitutos.**

Son aquellos bienes que satisfacen una necesidad similar y por lo tanto el consumidor podrá optar por el consumo de ellos en lugar del queroseno, para ello se analizarán los siguientes bienes:

- a. Energía eléctrica.

El uso de lámparas de queroseno se ha ido reduciendo enormemente a medida que se ha incrementado el uso de redes de energía eléctrica, especialmente en las áreas rurales.

b. Bioturbosina.

Es elaborada a partir de aceite vegetal de jatropha cultivado por productores mexicanos chiapanecos, los 103 mil litros (647 barriles) disponibles de bioturbosina, apenas representa 3.7% de la demanda total, volumen suficiente para realizar un promedio de 11.9 vuelos Ciudad de México-Tuxtla Gutiérrez-Ciudad de México en un avión tipo Airbus A320-200. [15]

El litro de turbosina vale 10.79 pesos, y el de biocombustible alcanza los 184 pesos, en un vuelo redondo de Interjet, Ciudad de México-Chiapas-Ciudad de México, se consumieron 3,000 litros de combustible de los cuales el 27 por ciento fue bioturbosina (cuyo costo ascendió a casi 430 mil pesos) y 73 por ciento de turbosina convencional (67 mil 869 pesos), eso sin tomar en cuenta que el motor necesite algún cambio para funcionar. [15]

En Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA) el consumo anual de turbosina es de 3,500 millones de litros: para 2015 si se reduce el uno por ciento, se necesitarán alrededor de 100 mil litros diarios de bioturbosina. [15]

Se puede ver claramente que la bioturbosina no puede competir con el producto debido a que su precio es muy elevado lo que implica que la empresa podrá fijar el precio del bien y modificarlo según le convenga, en cuanto a la energía eléctrica afectaría a la compra del queroseno pero no tan fuerte debido a que no es el principal sector que lo consume.

#### **4.3 Bienes complementarios.**

Son aquellos que se consumen en forma conjunta y por lo tanto si aumenta la cantidad de uno de ellos, necesariamente aumenta la cantidad consumida del otro.

#### 4.4 Producción, importación y exportación de queroseno en México.

Tabla 9. Producción, importación y exportación de Queroseno (miles de barriles diarios).

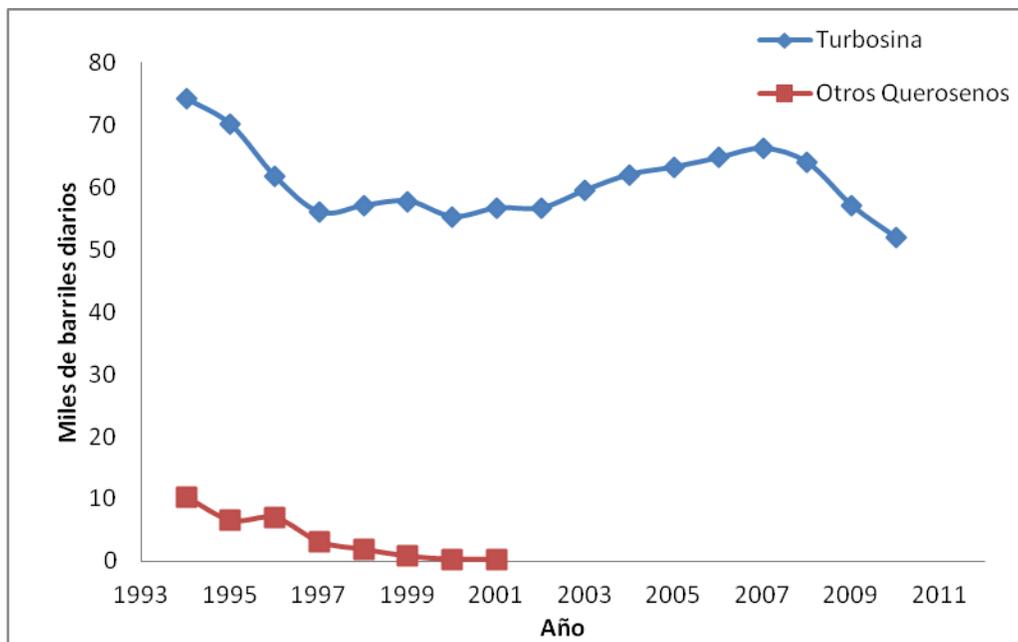
Año	Querosenos <sup>2</sup>		
	Producción	Importación	Exportación
1980	69.0	0.6	0.4
1985	64.8		5.3
1990	66.8		14.8
1991	71.5		16.6
1992	76.3		15.1
1993	83.9		16.8
1994	84.9		15.8
1995	77.0		19.1
1996	69.1		10.3
1997	59.5		4.4
1998	59.4	2.0	3.0
1999	59.0	2.7	2.3
2000	56.5	4.1	3.6
2001	58.2	1.9	2.5
2002	58.0	0.7	6.3
2003	61.0		7.6
2004	63.4		6.8
2005	64.2		6.9
2006 <sup>3</sup>	65.2	0.1	6.3
2007	66.3	3.5	3.4
2008	64.0	4.9	5.7
2009	57.1	1.1	4.2
2010	51.9	4.0	1.3
2011	56.7	3.0	1.2

1. Los espacios en blanco indican que no se realizó la comercialización del producto. No incluye la producción proveniente de la maquila de crudo en el exterior.

2. Se refiere a turbosina y otros querosenos.
  3. Cifras estimadas con datos reales al mes de junio.
- Fuente: Secretaría de Energía. Petróleos Mexicanos.

En la tabla 9 se puede observar que en los últimos años ha incrementado la importación de queroseno en México es decir que no se ha satisfecho la demanda total de éste en el país. Factor muy importante, porque con base en la demanda de queroseno se puede saber cuál es la cantidad máxima que la planta puede producir del mismo.

Gráfica 1. Producción de queroseno, 1994-2010.



En la gráfica 1 se puede ver que se produce más turbosina que otros querosenos en México, es decir que hay una mayor demanda de este producto, durante los últimos cuatro años la producción ha disminuido, debido a que el precio del crudo ha estado subiendo otro factor es que algunas aerolíneas han tenido problemas financieros.

#### 4.5 Consumidores.

La estrategia comercial que se defina tendrá percusión directa en los ingresos y egresos del proyecto y será influida principalmente por las características del consumidor y secundariamente por el competidor, el principal consumo de queroseno se encuentra en los siguientes sectores:

##### a. Sector agropecuario.

Tabla 10. Consumo de energía por el sector agropecuario (petajoules). [14]

	2009	2010	Variación porcentual (%) 2010/2009	Estructura porcentual	
				2009 %	2010 %
<i>Agropecuario</i>	147.10	144.11	-2.0	100.00	100.00
Total de petrolíferos	113.62	113.15	-0.4	77.2	78.5
Gas licuado	5.78	6.29	8.8	3.9	4.4
Querosenos	0.05	0.03	-44.7	0.0	0.0
Diesel	107.79	106.83	-0.9	73.3	74.1
Electricidad	33.48	30.96	-7.5	22.8	21.5

##### b. Sector residencia, comercial y público.

Tabla 11. Consumo de energía en los sectores residencial, comercial y público (petajoules). [14]

	2009	2010	Variación porcentual (%) 2010/2009	Estructura porcentual	
				2009 %	2010 %
<i>Residencial</i>	755.81	763.11	1.0	100.00	100.00
Solar	2.31	2.80	21.1	0.3	0.4
Leña	260.68	259.31	-0.5	34.5	34.0
Total de petrolíferos	286.57	293.10	2.3	37.9	38.4
Gas licuado	285.74	291.92	2.2	37.8	38.3
Querosenos	0.84	1.18	40.4	0.1	0.2
Gas seco	29.08	30.04	3.3	3.8	3.9
Electricidad	177.17	177.87	0.4	23.4	23.3
<i>Comercial</i>	124.43	126.31	1.5	16.5	16.6
Solar	1.56	1.88	21.1	0.2	0.2
Total de petrolíferos	65.67	68.04	3.6	8.7	8.9
Gas licuado	62.34	64.36	3.2	8.2	8.4
Diesel	3.33	3.69	10.6	0.4	0.5
Gas seco	8.66	9.33	7.8	1.1	1.2
Electricidad	48.54	47.05	-3.1	6.4	6.2
<i>Público</i>	28.09	27.80	-1.0	3.7	3.6
Electricidad	28.09	27.80	-1.0	3.7	3.6

c. Sector de transporte.

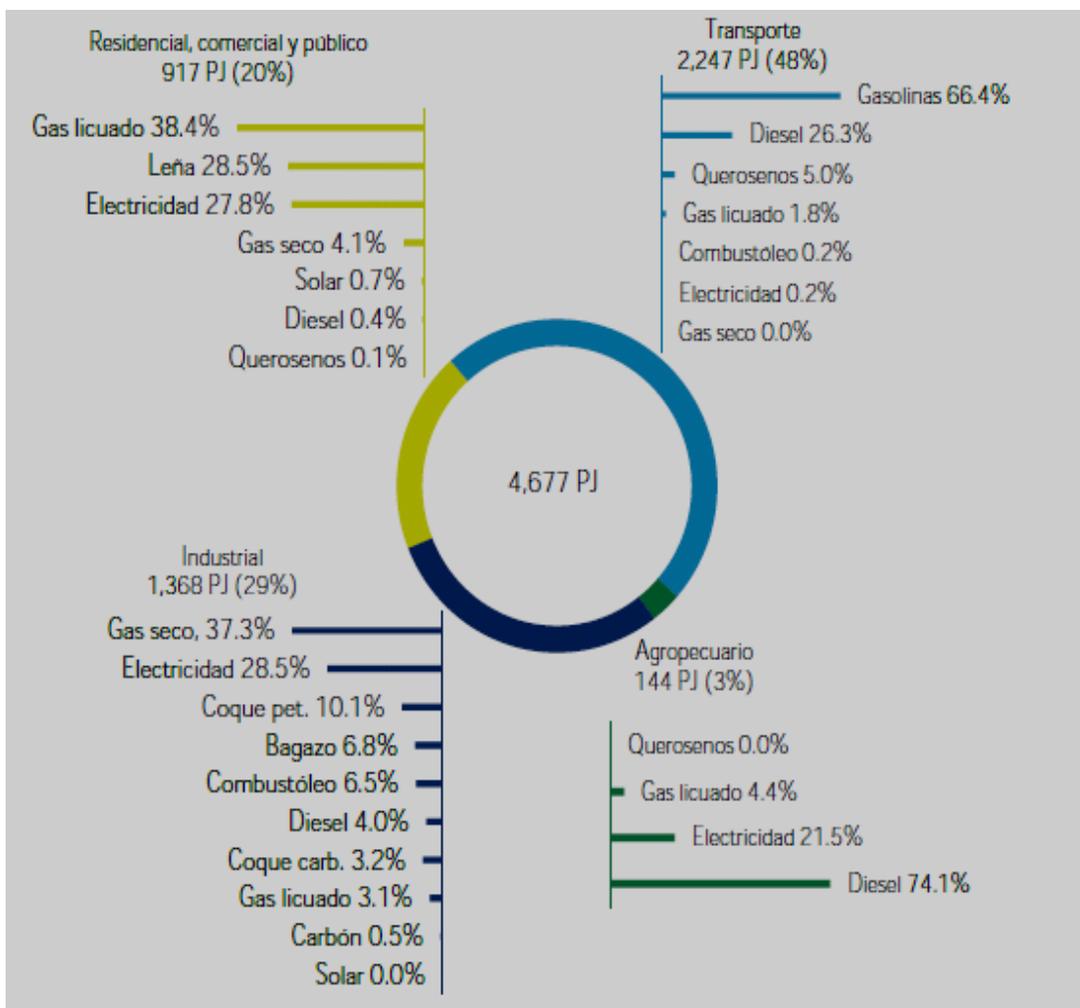
Tabla 12. Consumo de energía en el sector de transporte (petajoules). [14]

	2009	2010	Variación porcentual (%) 2010/2009	Estructura porcentual	
				2009 %	2010 %
<i>Transporte</i>	<i>2227.79</i>	<i>2247.73</i>	<i>0.89</i>	<i>100.00</i>	<i>100.00</i>
<b><i>Autotransporte</i></b>	<b><i>2057.90</i></b>	<b><i>2069.87</i></b>	<b><i>0.58</i></b>	<b><i>92.37</i></b>	<b><i>92.09</i></b>
Total de petrolíferos	2057.36	2069.39	0.58	99.97	99.98
Gas licuado	40.67	40.92	0.63	1.98	1.98
Gasolinas	1497.82	1491.35	-0.43	72.78	72.05
Diesel	518.87	537.12	3.52	25.21	25.95
Gas seco	0.54	0.48	-10.70	0.03	0.02
<b><i>Aéreo</i></b>	<b><i>110.81</i></b>	<b><i>114.29</i></b>	<b><i>3.14</i></b>	<b><i>4.97</i></b>	<b><i>5.08</i></b>
Total de petrolíferos	110.81	114.29	3.14	100.00	100.00
Gasolinas	0.94	0.93	-1.42	0.85	0.81
Querosenos	109.87	113.36	3.17	99.15	99.19
<b><i>Marítimo</i></b>	<b><i>31.33</i></b>	<b><i>32.91</i></b>	<b><i>5.04</i></b>	<b><i>1.41</i></b>	<b><i>1.46</i></b>
Total de petrolíferos	31.33	32.91	5.04	100.00	100.00
Diesel	26.56	28.07	5.66	84.79	85.29
Combustóleo	4.77	4.84	1.58	15.21	14.71
<b><i>Ferrovionario</i></b>	<b><i>23.90</i></b>	<b><i>26.52</i></b>	<b><i>10.98</i></b>	<b><i>1.07</i></b>	<b><i>1.18</i></b>
Total de petrolíferos	23.76	26.38	11.02	99.42	99.46
Diesel	23.76	26.38	11.02	99.42	99.46
Electricidad	0.14	0.14	4.37	0.58	0.54
<b><i>Eléctrico</i></b>	<b><i>3.86</i></b>	<b><i>4.14</i></b>	<b><i>7.39</i></b>	<b><i>0.17</i></b>	<b><i>0.18</i></b>
Electricidad	3.86	4.14	7.39	100.00	100.00

Durante el 2010 disminuyó en un 44.7% la cantidad consumida de queroseno en el sector agropecuario, en el sector de transporte aéreo aumento un 3.17% mientras en los sectores residencial, comercial y público aumentó en un 40.4%.

El principal consumo de queroseno se encuentra en el sector de transporte, además es el principal combustible aéreo que se utiliza. A nivel industrial no hay consumo de este combustible, como se puede ver en la tabla 13 que resume el consumo de los combustibles por sector.

Tabla 13. Consumo final energético por sector y energéticos 2010. [14]



#### **4.6 Demanda.**

De acuerdo a la estimación de la demanda nacional de turbosina 2004-2013, se prevé que al final del periodo se presente un incremento de 15.3 mbd con respecto al 2003; en este sentido, después de las gasolinas y el diesel, la turbosina se mantendrá como el combustible de mayor demanda, reflejo de que el transporte aéreo seguirá siendo uno de los más utilizados para el desplazamiento de pasajeros y carga.

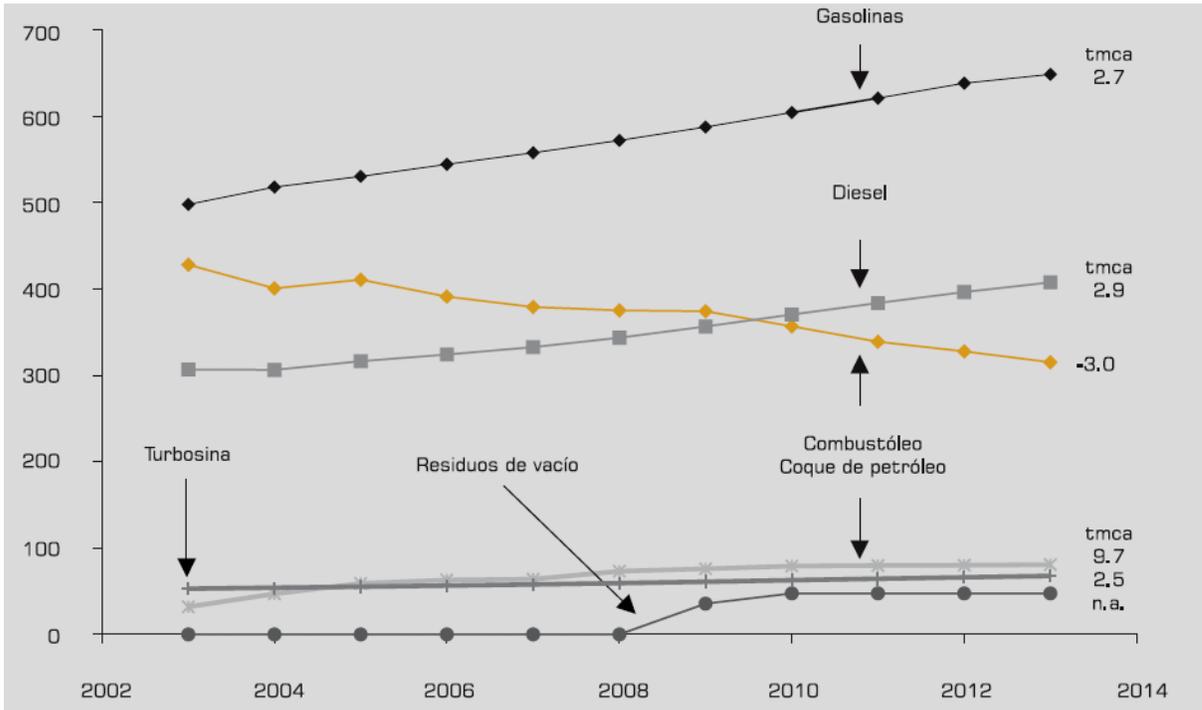
En términos nacionales se prevé que la demanda de pasajeros por concepto de aviación tenga un crecimiento medio anual del 4.9% en el lapso 2003-2013.

El desarrollo de proyectos planeados por el Gobierno Federal como la ampliación del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, obras de modernización y expansión de los aeropuertos en los estados de Toluca y Puebla para operar como aeropuertos internacionales complementarios e inicio de operaciones del Aeropuerto Intercontinental de Querétaro, serán factores que permitirán ampliar la oferta de servicios aéreos en el centro del país. [15]

En tal sentido, la región Centro será la de mayor demanda de turbosina en el periodo 2004-2013, promediando una participación de 38% (23.8 mbd). Le seguirá la Sur-Sureste con una contribución de 22.2% (13.9 mbd); de manera integral, ambas regiones representarán el 60.1% del consumo nacional de este combustible. Asimismo, las regiones de menor contribución media al consumo de turbosina serán Centro-Occidente (19.4%), Noroeste (12.2%) y Noreste (8.3%). [15]

Este es un punto muy importante, ya que determinar la posible localización de la planta de kerosina, es decir si esta se encuentra cerca de la mayor demanda de este producto se puede reducir los costos de transportación del producto. Así como también para definir la capacidad de diseño de la planta la cual deberá considerar la demanda futura del producto.

Gráfica 2. Demanda interna de petrolíferos, 2003-2013 (miles de barriles diarios de petróleo crudo equivalente). [15]



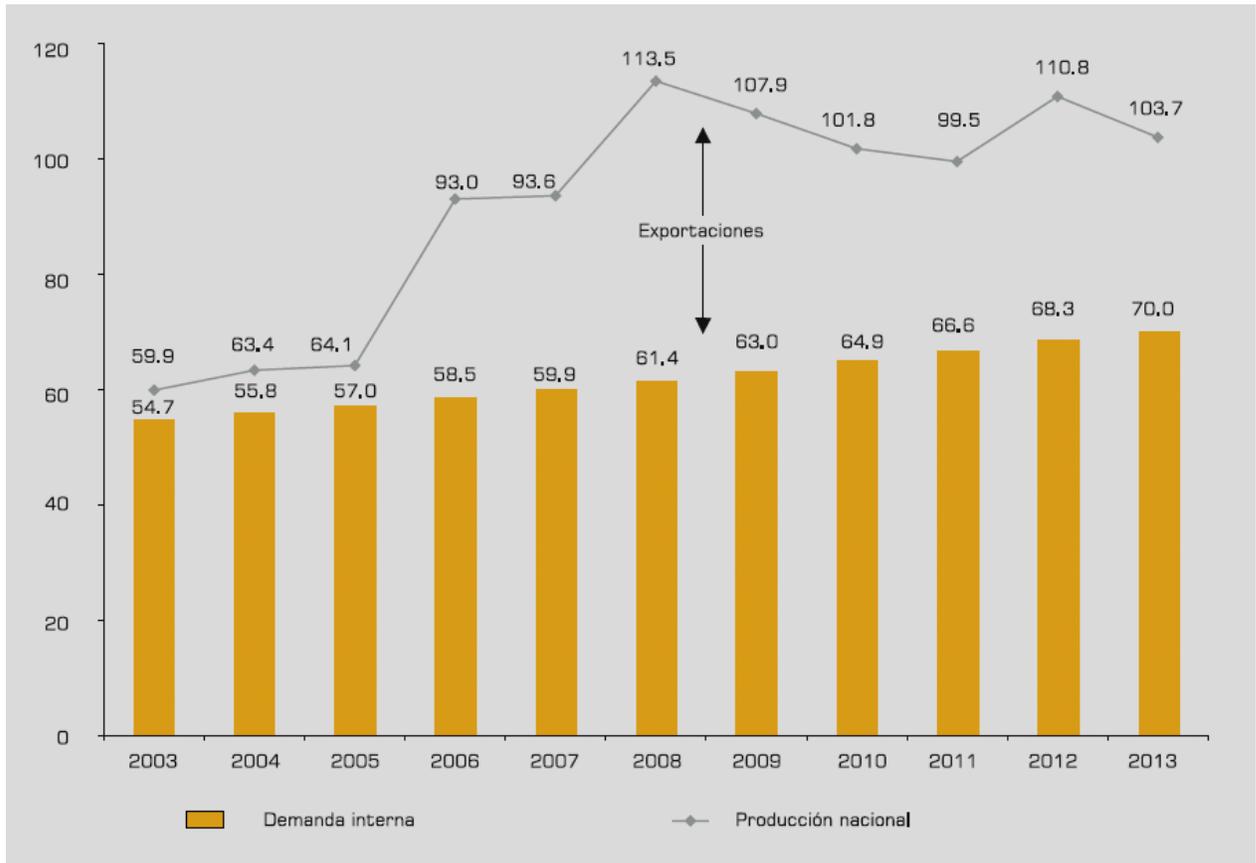
n.a. = no aplica.

Fuente: IMP, con base en información de Pemex.

#### 4.7 Oferta.

La oferta nacional de turbosina tendrá un incremento importante al pasar de 59.9 mbd a 103.7 mbd, situación que se manifiesta en un crecimiento medio anual de 5.6% en el transcurso del lapso 2004- 2013.

Gráfica 3. Oferta y demanda nacional de turbosina (2003-2013). [15]



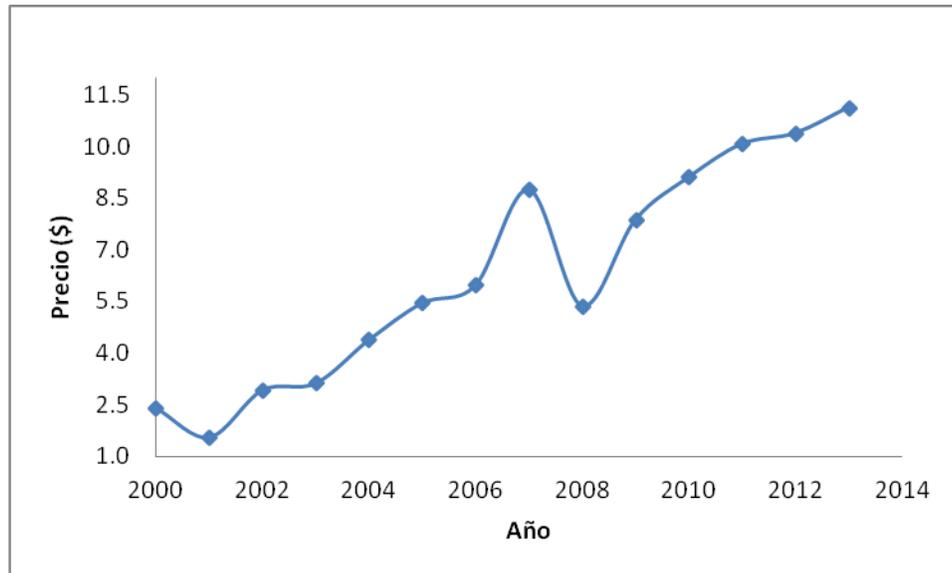
Fuente: IMP, con información de ASA, DGAC, Pemex y Sener.

En la gráfica 3 se puede ver que la oferta de la turbosina va aumentar, lo que también incrementará su producción, así como su precio, sin embargo hay algunos factores que pueden afectar a la oferta del queroseno como es el valor de los insumos, el desarrollo de la tecnología y el valor de los bienes sustitutos. Por ejemplo en la actualidad se están desarrollando nuevas tecnologías para la producción de combustibles como es el caso de él presente trabajo que propone utilizar el sistema Kurata para producir queroseno a partir de residuos plásticos y aceites gastados; materias primas que son de bajo costo, lo que implica un bajo costo de producción.

#### 4.8 Precio.

En la gráfica 4 se presenta el precio de turbosina al público durante estos últimos años.

Gráfica 4. Precio al público de Turbosina (2003-2013).



El precio del combustible para aviones subió 68.06% en un lapso de cinco años; de 5.98 pesos a 10.05 pesos el litro se vendió en el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México.

La tendencia, de acuerdo con los expertos es que continúe el alza ante los conflictos que existen con Medio Oriente; a diferencia de las gasolineras que tienen un subsidio, la turbosina se apegó al comportamiento de los precios de referencia internacionales. [17]

#### 4.9 Competidores.

En nuestro país Petróleos Mexicanos (Pemex) es quien importa y elabora la turbosina, el único distribuidor del combustible es Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA), por lo que al no tener competencia, no existe incentivo para reducir los costos, debido a esto la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) pondrá

fin al monopolio de ASA, con el fin de atemperar la crisis por la que atraviesa la aviación nacional a causa de los altos precios de los combustibles.

La propuesta de la SCT es que las empresas privadas logren competir por llevar la turbosina, desde las refinerías de Pemex hasta los aeropuertos. [18]

## 5. LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA.

Se llevo acabo un estudio para encontrar el sitio ideal para la planta de kerosina con el objetivo de elegir la localización que más favorezca el desarrollo de las operaciones y la distribución del producto en un menor tiempo, así como optimizar los costos de las instalaciones y transportes de modo que se obtenga un costo total mínimo. Para el cual hemos considerados los siguientes factores:

- Mercado
- Materias primas
- Disponibilidad de mano de obra
- Vías de acceso
- Transporte
- Servicios (Energía eléctrica, drenaje, teléfono)
- Suministro de agua (portable, de proceso y de enfriamiento)
- Clima
- Zona de amortiguamiento
- Costo.

### 5.1 Mercado.

Es importante que la ubicación de la planta se encuentre cerca de los mercados o centros intermedios de distribución para evitar afectar el costo de distribución del producto y el tiempo requerido para el envío.

Tabla 14. Volumen de ventas internas de queroseno por región (Miles de barriles diarios). [21]

Año	Región.				
	Centro	Centro-Occidente	Noreste	Sur-Sureste	Noroeste
2003	20	10	5	1	7
2004	21	11	5	14	7

2005	22	12	5	13	7
2006	22	13	6	17	7
2007	24	11	10	17	8
2008	22	10	7	19	6
2009	22	9	6	13	6
2010	22	8	5	14	7

En la tabla 14 se puede observar que las principales ventas se encuentran en el Centro del país; región integrada por el Distrito Federal, Estado de México, Guanajuato, Hidalgo, Morelos, Querétaro y Tlaxcala, que comprende aproximadamente 130,000 km.

## 5.2 Materia prima.

Las entidades con mayor recolección de basura son: Estado de México, 14 mil 551 toneladas por día; Distrito Federal, 12 mil 707 toneladas; Jalisco, siete mil 46 toneladas; Nuevo León, cinco mil 262 toneladas; Veracruz, cuatro mil 842 toneladas por día; Puebla, cuatro mil 440 toneladas; Guanajuato, cuatro mil 291 toneladas y Baja California, tres mil 562 toneladas cada día. Estos ocho estados de la República Mexicana recolectan el 60 por ciento del total de basura nacional (ANIPAC). [22]

Al ser el Estado de México y el Distrito Federal las entidades con mayor recolección de basura se espera que sean los puntos, donde esté el mayor número de empresas que se dedican a la recolección de residuos plásticos y aceites gastados, por lo que el estudio se limitará a estas entidades.

La localización de la planta de kerosina deberá estar lo más cerca posible de las materias primas en especial de los residuos plásticos, ya que es más económico transportar el producto y los aceites gastados, que los residuos plásticos, porque al transportarlos también se transporte aire.

Las materias primas deberán estar en buenas condiciones y se deberá contar con la mayor cantidad posible, así como su precio deberá ser mínimo.

### 5.2.1 Residuos plásticos.

En todo el país, durante un año se recolectaron tres millones 806 mil 392 toneladas de basura plástica, de las cuales en la capital del país se generan mil 400 toneladas por día y de éstas, 300 toneladas se reciclan tanto en procesos mecánicos como energéticos, y se exportan 150 toneladas. El 38 % de la exportación de la basura plástica que se recolecta en la ciudad de México es del denominado PET. [23]

Tabla 15. Clasificación de los residuos plásticos.

PEAD	Polietileno de alta densidad
PEBD	Polietileno de baja densidad
PP	Polipropileno
PS	Poliestireno
PET	Tereftalato de Polietileno

Tabla 16. Empresas que se dedican a la recolección de residuos plásticos en el Estado de México y el Distrito Federal.

Residuo Plástico	Empresa	Dirección.
PEAD, PEBD, PP Y PS	Comercializadora Gare (Jorge López Torres)	Calle Benito Juárez Mz. 62 Lt. 4 No. 846-B Col. Ejidos de Sta. Ma. Aztahuacan Iztapalapa, C.P.09570 México, D.F
PEAD, PP Y PS	Manufactura Internacional Gaardi, S.A. de C.V	Av. Tecoloapan Mz. 42 Lote 7 Col. San Jose del Jaral Atizapan de Zaragoza, C.P.52924 Edo. De México.
PEAD, PET	Plásticos Panamericanos, S.A. de C.V.	Av. Hidalgo 229 Ave. Uno Esq. Calle 4 Parque Ind. Tultitlan C.P.54900 Edo. de México

PEAD, PEBD Y PP	Plásticos Reacondicionados S.A de C.V	Calle 3ra. Sur No. 41-1 Independencia Tultitlan, C.P. Edo. de México 54914
PEAD, PEBD	Recicladores Universal Red, S.A de C.V	Tecamac-México
PET	ECOCE A.C	Moliere Número 39, 2do piso, Col. Polanco CP.11560, Delegación Miguel Hidalgo, México D.F
PET, PEAD	RECIPLAST DE MÉXICO S.A DE C.V.	Castillo del Morro 194. 11002 Lomas de Reforma, D.F
PP	ACASIA COMERCIALIZADORA Y SERVICIOS S.A DE C.V.	Plaza Buenavista, Ortiz Tirado, Iztapalapa, D.F
PEAD	Plásticos reciclados de Aragón.	Estado de México., Ecatepec.
PET y PP 8 000 ton/año	Avangard México, S.A de C.V	Av. Benito Juárez Sur 650, San Pedro Xalostoc, 55310 Ecatepec, México
PET	Plasma	Pedro Aceves Mz.30 Lt.9 Santa Martha Acatitlan, D.F.
PET	Petstar, S.A. de C.V	Henry Ford 298 Bondonjito, Gustavo A. Madero, 07850 Ciudad de México, D.F.
PET	Plásticos Perlora S.A de C.V	Fundidores 38, Fraccionamiento Industrial Xhala 54714 Cuautitlán Izcalli, México.
PET	SnopPolyfil, S.A	1ª Privada 5 de Febrero No 1, Santa Clara Coatitla 55540 Ecatepec, México

## 5.2.2 Aceites gastados.

Tabla 17. Empresas que se dedican a la recolección de aceites gastados. [24]

Empresa	Dirección	Tipo de residuo	Capacidad (ton/año)
Productos Lubriform, S.A	Rumanía No 923, Col. Portales, Benito Juárez, D.F.	Reciclaje de aceites lubricantes industriales usados.	540
Jorge Alberto Casasola Cuevas-Oil de México.	Calle Lucio Tapia Mz. 6 Lote 16-B Fracción 1 Col. Zona Escolar 07230, Gustavo A. Madero, D.F.	Aceite mineral usado	925
Adréis Cureño Pérez.	Segunda Cerrada de Peña Gorda Mz. 18 Lt. 42 Col. Cuauhtepc de Madero 07200, Gustavo A. Madero, D.F.	Reciclaje In situ de aceite hidráulico, de corte y de temple usado.	792
Logística y Acondicionamientos Industriales México, S.A de C.V.	Presidencia Masaryk No 61 piso 14-B Col. Chapultepec Morales 11560, Miguel Hidalgo, D.F.	Fracciones más pesadas del crudo en refineras de petróleo e industrias afines.	15 000
Ingeniería Ambiental Integral S.A de C.V	Camino Ancho S/N Col. Álvaro Obregón, Metepec, Estado de México	Reciclaje de aceites usados industriales, solventes sucios, tambores metálicos que contuvieron materiales peligrosos y sólidos contaminados con HC.	1 869
MCA Ingeniería, S.A de C.V	Av. Monasterio Esq. Con Av. Del Convento s/n	Aceite lubricante gastado.	9.6

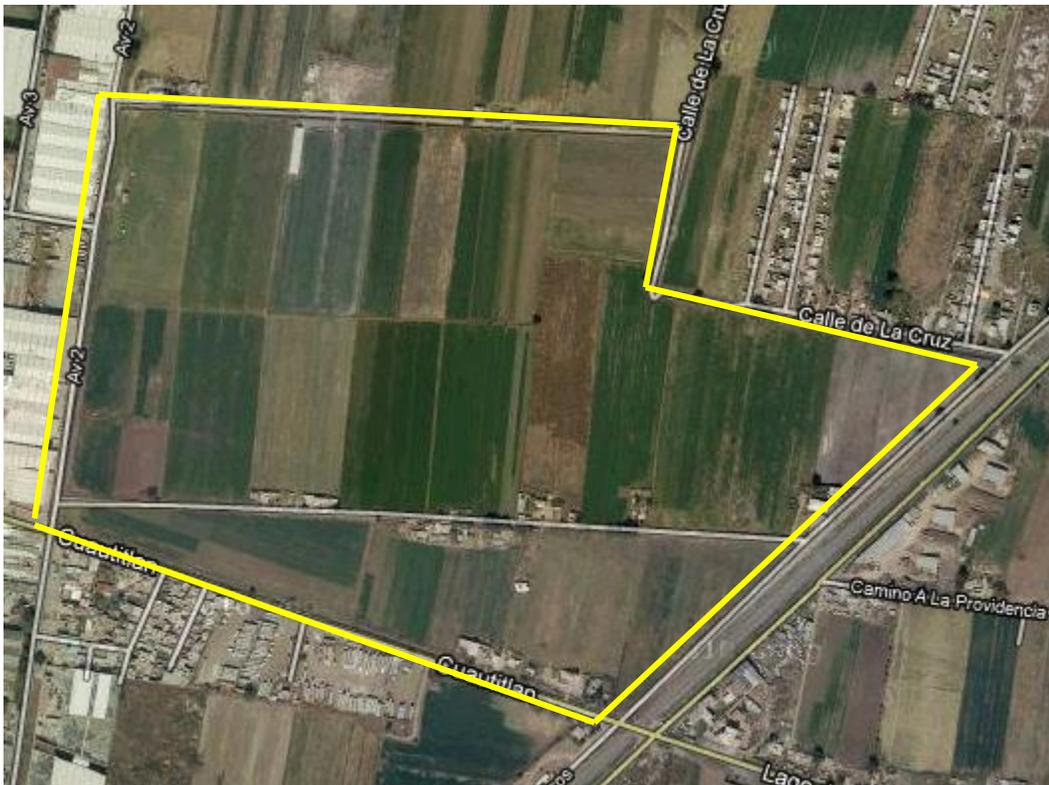
	Parque Industrial Tiaguistenco II 52600, Santiago Tiaguistenco, Estado de México		
Soluciones Ambientales Alternativas, S.A de C.V	Cuarta Sur No 39 Col. Independencia, Tultitlan, Estado de México	Aceites usados	2 208
Energéticos Ecológicos Miga S.A de C.V	Carretera Federal México Puebla Km 21+500 Fraccionamiento Loma Encantada, 56400, Los Reyes La Paz, Estado de México	Aceite usado, mezclas aceite-agua y residuales de refinación para la elaboración de combustible alternativo.	16 200
Grupo RRJM, S.A de C.V.	Calle Cerrada Malaquías Huitrón s/n, Mz. 1, Lt. 41 Col. San Lorenzo Tetliltac. 55714 Municipio de Coacalco de Berriozábal, Estado de México.	Reciclaje de aceite lubricante usado para su uso en motores automotrices.	1 944
Alfa Procesos, S.A. de C.V.	Calle Norte 2, Mz 1, Lt. 10, Ciudad Industrial Tizayuca, Hidalgo	Reciclaje de aceite lubricante gastado para elaborar combustible alternativo.	14 000
Interamericana de Aceites y Lubricantes, S.A de C.V.	Cuauhtémoc s/n Centro 43860, Tolcayuca, Hidalgo	Elaboración de combustible alternativo a partir de aceites y lubricantes gastados.	4 420

De acuerdo a la localización de las empresas que se dedican a la recolección de residuos plásticos y aceites gastados, así como la cercanía que hay entre ambos residuos se han seleccionado los siguientes sitios para la localización de la planta de kerosina.

1. Avenida Cuautitlán, Parque Industrial Tultitlan, Estado de México.

Se encuentra a tres cuadras de la empresa Plásticos Panamericanos, S.A. de C.V. y de los Plásticos Reacondicionados S.A de C.V, en cuanto a las empresas que podría suministrar los aceites gastados son Jorge Alberto Casasola Cuevas-Oil de México, Adrés Cureño Pérez, Logística Acondicionamientos Industriales México, S.A de C.V, Alfa Procesos, S.A. de C.V. y Soluciones Ambientales Alternativas, S.A de C.V., con una recolección de aceites gastados de 32 925 ton/año.

Figura 3. Avenida Cuautitlán, Parque Industrial Tultitlan, Estado de México



2. Avenida Henry Ford, Gustavo A. Madero, Ciudad de México, D.F.

Este sitio se encuentra frente de la empresa Petstar, S.A. de C.V la cual recolecta de PET, así como también en esta delegación se encuentra las empresas que se dedican a reciclar aceites gastados son Jorge Alberto Casasola Cuevas-Oil de México y Adrés Cureño Pérez, las cuales suman un total de 1 717 ton/año otras empresa que se encuentra en otras delegaciones cercanas a la Gustavo A. Madero son Productos Lubriform, S.A, Logística Acondicionamientos Industriales México, S.A de C.V. y Energéticos Ecológicos Miga S.A de C.V las cuales podrían suministrar 31 740 ton/año de aceites gastados, tomando en cuentas las otras empresas de aceites gastados serían un total de 33 457 ton/año de residuos.

Figura 4. Avenida Henry Ford, Gustavo A. Madero, Ciudad de México, D.F



3. Interceptor Puente, Cuautitlán Izcalli, Estado de México.

Se encuentra cerca de la empresa Plásticos Perla S.A de C.V que se dedica a reciclar PET, las empresas más cercanas que podrían suministrar los aceites gastados son Alfa Procesos, S.A. de C.V., Soluciones Ambientales Alternativas, S.A de C.V, Logística, Acondicionamientos Industriales México, S.A de C.V., Adrés Cureño Pérez y Jorge Alberto Casasola Cuevas-Oil de México, estas empresas podría suministrar a la planta 32 925 ton/año de aceites gastados.

Figura 5. Interceptor Puente, Cuautitlán Izcalli, Estado de México



### 5.3 Disponibilidad de mano de obra.

*Delegación Gustavo A. Madero, Distrito Federal.*

Tabla 18. Trabajadores por sector económico.

Sector	Porcentaje (%)
Industria Manufactura	21.5
Industria de la construcción	1.1
Comercio	35.4
Transporte, correo y almacenamiento	5.9
Servicios	36.2

Fuente: INEGI. Censos Económicos del Distrito Federal, 2004

*Cuautitlán Izcalli, Estado de México.*

Tabla 19. Trabajadores por sector económico.

Sector	Porcentaje (%)
Primario (Agricultura, ganadería, caza y pesca)	1.2
Secundario (Minería, petróleo, industria manufacturera, construcción y electricidad)	46
Terciario (comercio, turismo y servicios)	49.5

Fuente: INEGI. Censos Económicos del Estado de México, 2004

Existen seis parques industriales. La rama de producción alimenticia, bebidas y tabacos representa el 30.6%; la de textiles y prendas de vestir el 10%; productos de madera el 5.22%; productos de papel 3.83%; sustancias químicas y productos derivados del petróleo, carbón, hule y plástico el 13.25%; productos no metálicos el 1.74%; industria metálica básica 3.83% y, en productos metálicos, maquinaria y equipo 31.56%. [25]

Tabla 20. Trabajadores por sector económico

Sector	Porcentaje (%)
Primario (Agricultura, ganadería, caza y pesca)	1.75
Secundario (Minería, petróleo, industria manufacturera, construcción y electricidad)	44.60
Terciario (comercio, turismo y servicios)	53.65

Fuente: INEGI. Censos Económicos del Estado de México, 2004

En el municipio actualmente la industria es el principal generador de riqueza y empleo. Existen cuatro parques industriales y más de 400 empresas en todo el municipio. Se destacan las de los siguientes ramos: químicas, de empaques de cartón, plásticos, productos de hule, metal-mecánicas, de herramientas, fundiciones, armadora de autobuses, vidrieras, de vinos y licores, envases de acero, de tintas y pinturas. Además en el municipio está la termoeléctrica de Lechería. [26]

#### **5.4 Vías de acceso.**

Es importante que el sitio de la planta tenga vías de acceso para los camiones que suministrarán las materias primas y repartirán el producto. También para la maquinaria que sea necesaria para la construcción de ésta.

*Avenida Cuautitlán, Parque Industrial Tultitlan.*

*Avenida Henry Ford, Delegación Gustavo A. Madero.*

*Interceptor Puente, Cuautitlán Izcalli.*

## 5.5 Transporte.

Para las labores diarias, se necesita fluidez en el transporte a fin de evitar retrasos del personal en la asistencia del trabajo, suministro de las materias primas y distribución del producto en los centros de consumo.

*Avenida Cuautitlán, Parque Industrial Tultitlán.*

EL principal medio de transporte es la ruta 13 de Tultitlan a Emilio Chuayffet Chemor, otras rutas que conectan con esta son:

Tabla 21. Transporte

Ruta	Dirección
T5	Tultitlán a Villa de San José
T7	Tultitlán a Real del Bosque
C10	Cuautitlán a Unidad Habitacional CTM San Pablo

*Avenida Henry Ford, Delegación Gustavo A. Madero.*

Se encuentra cerca de la estación del metro Bondoquito dirección a Martín Carrera a Santa Anita (línea 4) y sobre la avenida pasa la ruta número 12 del RTP (Aragón-Panteón San Isidro).

Otras rutas cercanas a este sitio son 3-42, 3-46 y 3-48 que van de Chapultepec a Metro Aeropuerto (Microbús).

*Interceptor Puente, Cuautitlán Izcalli.*

La ruta C6 de Cuautitlán a San Bartolo Teoloyúcan es el principal medio de transporte para el sitio de la planta, otras rutas que se encuentran cercanas a ella son C1 de Cuautitlán a Coyotepec y C11 de Cuautitlán a Xalapa.

El transporte de la materia prima y del producto se hará en camiones.

## 5.6 Servicios.

La cobertura de servicios públicos de cada sitio propuesto para la planta de kerosina son los siguientes.

Tabla 22. Servicios.

Sitio	Servicio (%)		
	Drenaje	Energía eléctrica	Teléfono
<i>Cuautitlán Izcalli, Estado de México.</i>	98	99	98
<i>Tultitlan, Estado de México.</i>	37	45	85
<i>Delegación Gusto A. Madero, Distrito Federal.</i>	98.6	98.7	98

## 5.7 Suministro de agua.

El sitio de la planta debe tener una cantidad adecuada de cada tipo de agua en todo momento del año.

- Agua potable, generalmente se obtiene a partir de los sistemas municipales, la cual se utiliza para beber y preparar alimentos. Disponibilidad de este recurso en los siguientes sitios:

Cuautitlán Izcalli, Estado de México 98 %

Tultitlan, Estado de México 40%

Delegación Gusto A. Madero, Distrito Federal 98.6 %

- Agua de proceso.
- Agua de enfriamiento es el agua más barata disponible, su origen suele ser de un río, el único requisito es que se debe minimizar el ensuciamiento de los intercambiadores de calor, esta agua nunca tiene contacto con las materias primas o productos, mientras que el agua de proceso puede tener.



son cinco: la presa de Guadalupe, la laguna de la Piedad, el Espejo de los Lirios, la presa de Angulo y la laguna de Axotlán. Existen otros ríos conocidos como El Rosario, El Huerto, San Agustín y San Pablo. Existen otros bordos de menor importancia como Las Palomas, Las Colinas, Los Sauces, Los Lirios, Los Valles, Huayapango, Córdoba, Río Chiquito, San Lorenzo y El Molino. [27]

*Tultitlan, Estado de México.*

En la actualidad el municipio no cuenta con ríos, arroyos o presas, sino solamente con algunos canales de riego. Entre los principales están los llamados Cartagena y la Acocila, aunque en ambos casos conducen aguas negras. [28]

*Delegación Gustavo A. Madero, Distrito Federal.*

Cuenta con el Río los Remedios, Río Peña, el lago de San Juan Aragón y con la subcuenca Texcoco-Zumpango

## **5.8 Clima.**

*Cuautitlán Izcalli, Estado de México.*

Cuenta con clima templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media, presenta una temperatura máxima de 27.8 °C y como mínima de 5°C. La temperatura media anual es de 14.7 °C.

*Tultitlan, Estado de México.*

El clima típico de Tultitlán es el mismo que predomina en la Cuenca y en la ciudad de México, se caracteriza por ser templado y semiseco. Las lluvias por lo general ocurren en los meses de mayo a octubre, y la precipitación promedio anual es de 700 milímetros. La temperatura promedio anual es de 15.7 °C.

*Delegación Gustavo A. Madero, Distrito Federal.*

Presenta clima templado con bajo grado de humedad y con una precipitación anual promedio de 651.8 mm. La temperatura media anual es de 17°C

### 5.9 Zona de amortiguamiento.

El sitio de la planta no deberá estar cerca de centros de población, con la finalidad de evitar ponerlos en peligro en caso de un accidente industrial.

### 5.10 Costo del terreno.

El espacio o tamaño de terreno del que se disponga para la construcción de una planta dada puede o no ser un factor importante en el diseño de la misma.

Tabla 23. Costo de terreno.

Sitio	\$/m <sup>2</sup>
<i>Cuautitlán Izcalli, Estado de México.</i>	2 300
<i>Tultitlan, Estado de México.</i>	2 500
<i>Delegación Gustavo A. Madero, Distrito Federal.</i>	4 000

Para la selección del sitio de planta se utilizará una tabla de decisión tomando en cuenta los criterios anteriores y la siguiente escala:

Muy abundante	10
Abundante	8
Suficiente	6
Insuficiente	4
Deficiente	2
Escaso	0

Alternativa.

- A. Avenida Cuautitlán, Parque Industrial Tultitlán, Estado de México.
- B. Avenida Henry Ford, Gustavo A. Madero, Ciudad de México, D.F.
- C. Interceptor Puente, Cuautitlán Izcalli, Estado de México.

Tabla 24. Tabla de decisión para la localización de la planta de kerosina.

Criterio	Alternativa		
	A	B	C
<i>Mercado.</i>	10	10	10
<i>Materias primas.</i>			
Residuos plásticos.	8	6	6
Aceites gastados.	10	10	10
<i>Disponibilidad de mano de obra.</i>	8	6	10
<i>Vías de acceso.</i>	6	6	6
<i>Transporte.</i>	4	6	4
<i>Servicios.</i>			
Drenaje.	2	8	8
Energía eléctrica.	2	8	8
Teléfono.	6	8	8
<i>Suministro de agua.</i>			
Potable.	4	8	8
Proceso.	2	4	8
Enfriamiento.	2	4	8
<i>Clima.</i>	6	6	6
<i>Zona de amortiguamiento.</i>	6	0	6
<i>Precio</i>	8	2	10
<b>Total</b>	<b>84</b>	<b>90</b>	<b>116</b>

De acuerdo a la tabla 24 el mejor sitio para la planta de kerosina es Interceptor Puente, Cuautitlán Izcalli, Estado de México, ya que cubre con la mayoría de los criterios.

## 6. BASES DE DISEÑO.

### 6.1 Nombre de la planta química.

Planta de kerosina.

### 6.2 Localización.

De acuerdo al estudio realizado sobre la localización de la planta de kerosina, se localizará en Interceptor Puente, Cuautitlán Izcalli, Estado de México, las principales características del sitio son las siguientes:

a. Altura sobre el nivel del mar: 2252 m

b. Temperatura.

	Promedio [°C]	Máximo [°C]	Mínimo [°C]
Anual	14.7	25	7.1
Mensual	15.6	24.5	9

Temperatura de bulbo seco: 5°C

Temperatura de bulbo húmedo: 8°C

c. Presión atmosférica: 523.5 atm

d. Humedad relativa.

	Promedio [%]	Máximo [%]	Mínimo [%]
Anual	56.1	90	36
Mensual	55.2	72.3	38.2

e. Precipitación pluvial.

	Promedio [mm]	Máximo [mm]	Mínimo [mm]
Anual	680.1	141.4	6.5

f. Sismicidad.

Zona sísmica: Zona B

Factor: 0.9

Coeficiente sísmico: 0.4

g. Vientos dominantes: Norte con una velocidad de 3.7 km/h

h. Vías de acceso y comunicación.

Carreteras: Teoloyúcan-México

Aeropuerto más cercano Cd. de México, Benito Juárez y Toluca, Estado de México.

Puerto Marítimo más cercano está en Veracruz.

### **6.3 Capacidad.**

Tomando como referencia la información de ECOCE A.C que la cantidad acopiada por otras empresas es aproximadamente de 20 000 ton/año de PET, así como las 33 000 ton/año que las empresas que se dedican a reciclar aceites gastados podrían suministrar a la planta de kerosina, la capacidad normal de la planta será de 47,700 ton/año y 95,400 ton/año de diseño.

### **6.4 Factor de servicio.**

Se trabajará 344 días al año, con tres turnos cada uno de ocho horas y con ochenta horas al año de mantenimiento.

### **6.5 Áreas de la planta.**

Se dividirá en cuatro áreas que son las siguientes claves:

100	Materias primas
200	Producción de combustible refinado.
300	Tratamiento del combustible refinado.
400	Almacenamiento de kerosina.

## 6.6 Producto.

### a. Kerosina.

Deberá ser almacenado a 60°C y presión atmosférica, además debe tener un dique de contención en caso de un posible derrame.

Tiene el mismo valor energético equivalente que los procedentes del petróleo, superando ampliamente los actuales biocombustibles.

Tabla 25. Características del producto.

<i>Propiedades físicas y químicas</i>	
Estado físico	Líquido
Color	Rojo
Olor	Característico
Punto inicial de ebullición	150 °C
Punto final de ebullición	300 °C
Presión de vapor	Menor 0.1 kPa a 40 °C
Densidad	770-880 kg/m <sup>3</sup> a 15 °C
Viscosidad cinemática	1-25 mm <sup>2</sup> /s a 40 °C
Densidad de vapor (aire=1)	> 5
Punto de inflamación	> 38 °C (PMCC)
Límite-Menor	Aprox. 1 % (V/V)
Límite-Mayor	Aprox. 6 % (V/V)
Temperatura auto-ignición	> 220 °C
Propiedades explosivas	Puede formar mezclas
Propiedades oxidantes	vapor/aire
Solubilidad en agua	Ninguna
Coefficiente de partición n-octano/agua	Datos no disponibles
Grado de evaporación	Datos no disponibles
Contenido de azufre.	0.06 %
<i>Estabilidad y reactividad</i>	
Estabilidad	Estable

Condiciones a evitar	Calor, llamas y chispas
Materiales a evitar	Agentes oxidantes fuertes
<i>Toxicidad</i>	
Toxicidad aguda oral	LD50> 5000 mg/kg
Toxicidad aguda cutánea	LD50>20000 mg/kg
Toxicidad aguda por inhalación	LC50>5 mg/l

## 6.7 Materias primas.

Tanto los aceites gastados como los residuos plásticos deberán ser sometidos a un tratamiento previo antes de que sean almacenados en la planta de kerosina.

Los aceites gastados no deberán tener impurezas físicas, así como su contenido de agua deberá ser mínimo, mientras el contenido de azufre no deberá exceder el 2.28% en peso.

Puede ser cualquiera tipo de aceite usado siempre y cuando pueda producir la emulsión de agua en aceite, por ejemplo petróleo crudo, residuos de destilación atmosférica, residuos de craqueo térmico, bunker C, residuos de destilación de vacío, aceite lubricante, aceite de motor entre otros. Estos residuos pueden ser utilizados ya sea como mezcla entre ellos o con aceites ligeros

Tabla 26. Características de aceite gastado.

<i>Aceite lubricante</i>	
Estado físico	Líquido
Color	Oscuro
Olor	Similar a hidrocarburos
pH	No aplica
Temperatura de ebullición	> 250 °C
Punto de inflamación	93 °C
Temperatura de auto-ignición	No disponible
<i>Propiedades explosivas</i>	
Límite inferior	6.00%
Límite superior	13.50%
Peligro de fuego o exposición	Enciende con calor o llama
Presión de vapor	Dato no disponible
Densidad de vapor	> 1
Densidad a 20°C	0.8-1 g/cm <sup>3</sup>
Solubilidad en agua	Insoluble

<i>Estabilidad/ Reactividad</i>	
Corrosión	Mínima
Estabilidad	Estable
Condiciones a evitar	Agentes oxidantes fuertes
Materiales a evitar	Materiales combustibles
<i>Toxicidad</i>	
Toxicidad aguda	Mínima
Toxicidad crónica	Mínima

En el caso de los residuos plásticos no deben tener metales ni polvo, así como un bajo contenido de agua, además deben estar triturados para que la fusión se lleve a cabo de manera eficiente y con el menor tiempo. Algunos residuos plásticos que se puede utilizar son polipropileno, politereftalato de etileno (PET), poliestireno, polietileno de alta densidad y de baja densidad.

Tabla 27. Características de los residuos plásticos.

<i>Propiedades físicas y químicas</i>	Polietileno de alta densidad (PEAD)	Polietileno de baja densidad (PEBD)	Polipropileno (PP)	Politereftalato de etileno (PET)	Poliestireno (PS)
<i>Temperatura de ebullición (°C)</i>	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
<i>Temperatura de inflamación (°C)</i>	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
<i>Densidad relativa (g/cm<sup>3</sup>)</i>	0.93	0.910-0.925	0.90-0.92	1.3-1.4	0.90-0.92
<i>Presión de vapor (kPa)</i>	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
<i>Límites de inflamabilidad o</i>	No aplica	No aplica	Inferior 20-30 g/cm <sup>3</sup> (Polvo)	No aplica	No aplica

<i>explosividad</i>					
<i>Temperatura de fusión (°C)</i>	105-135	110	260	265	260
<i>Temperatura de auto-ignición (°C)</i>	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
<i>Temperatura de descomposición (°C)</i>	> 300	> 300	>300	> 300	> 300
<i>Color</i>	Blanco translucido			Transparente	
<i>Olor</i>	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro	Inodoro
<i>Solubilidad en agua</i>	Insoluble	Insoluble	Insoluble	Insoluble	Insoluble
<i>Corrosión</i>	Mínima	Mínima	Mínima	Mínima	Mínima
<i>Estabilidad</i>	Estable	Estable	Estable	Estable	Estable
<i>Condiciones a evitar</i>	Calor, llamas, chispas y cualquier fuente de ignición	Calor, llamas, chispas y cualquier fuente de ignición	Calor, llamas, chispas y cualquier fuente de ignición	Cualquier fuente de ignición	Cualquier fuente de ignición
<i>Materiales a evitar</i>	Agentes oxidantes fuertes y materiales combustibles.	Agentes oxidantes fuertes y materiales combustibles.	Agentes oxidantes fuertes y materiales combustibles.	Agentes oxidantes fuertes	Agentes oxidantes fuertes
<i>Toxicidad</i>	Mínima	Mínima	Mínima	Ninguna	Ninguna

## 6.8 Servicios auxiliares.

- Agua

Tipo	Procedencia	Presión [atm]	Temperatura [°C]	Gasto [gpm]
Enfriamiento	Torre	1	15	Requerida
Potable	Municipio	1	25	Requerida
Tratada	Planta	1	25	Requerida

- Aire.

	Presión [atm]	Gasto [m <sup>3</sup> /h]
Línea principal	1.02	Requerido
Instrumentos	0.34	Requerido
Planta	Requerido	Requerido

- Combustible:

Diesel

Naturaleza: líquido

Gasto: Requerido l/h

Peso específico: 0.87 kg/l

Presión: Requerido

Poder calorífico: 11 000 kcal/h

Fuente de suministro: PEMEX

- Energía eléctrica comprada a CFE.

- Teléfono

Compañía: Telmex

## 6.9 Normatividad

- Internacional.

Tuberías

ASME

Tanques atmosféricos

API 650

Recipientes a presión

ASME

Sistema contraincendios

API 500

Bombas  
Cambiadores de calor  
Eléctrico

ANSI, ASTM  

---

TEMA  

---

CFE EM-BT104 y 204  

---

• Nacional  
Ambientales  
Pemex

NOM, SEMARNAT  

---

NFR  

---

## 7. CRITERIOS DE DISEÑO.

### 7.1 Agitadores.

La selección del agitador deberá ser de acuerdo a la capacidad del tanque, y dependerá de la viscosidad asociada a la mezcla.

- Las propelas pequeñas giran del orden de 1 150 a 1 750 rpm y las grandes del orden 400 a 800 rpm, raramente exceden el tamaño de 450 mm de diámetro.
- Las paletas giran entre 20 y 150 rpm (tipo ancla) la longitud total de ellas es de 50 al 80% del diámetro interior del recipiente y el ancho es de 1/6 a 1/10 de la longitud de la paleta. A altas velocidades se requiere el uso de mamparas.
- El diámetro de los impulsores turbina varían de 30 a 50% del diámetro del recipiente y son efectivos en amplios grados de viscosidades.
- Las mamparas en general son cuatro, lo cual es suficiente para evitar la formación de remolinos y corrientes no deseadas. La intensidad de agitación usando mamparas en el tanque es medida por la potencia de entrada y por las velocidades del impulsor.
- Una agitación moderada es obtenida por circulación de líquido con un impulsor y velocidades de 0.1 a 0.2 ft/s. Una agitación intensa es con velocidades de 0.07 a 1.0 ft/s.
- Los agitadores de palas en línea son adecuados si el tiempo de contacto (de 1 a 2 segundos) es suficiente; con esto se requiere potencias de entrada de 0.1 a 0.2 hp/gal.

### 7.2 Bombas. [39]

- Las bombas que se utilizarán se sobrediseñaran para un flujo por lo menos del 25% del flujo normal.
- El NPSH especificado deberá ser de 5 a 10 ft arriba del requerido.
- En base al NPSH se seleccionará la bomba.

- La cédula 40 es la más usada en los servicios industriales aunque existen otras que están disponibles.
- Las bombas centrífugas son usadas con una sola etapa en s-G}Servicios de 15 gpm a 5000 ft de columna hidrostática como máximo, multietapas son utilizadas en servicios de 20 a 11 000 gpm y 5500 ft de columna como máximo.
- La eficiencia de la bomba deberá ser aproximadamente de 45% si maneja 100 gpm, 70% a 500 gpm y 80% a 1 000 gpm.
- La línea de succión deberá tener un diámetro normal mayor que la descarga.

### **7.3 Centrífuga.**

Las unidades comerciales de diferentes diseños son capaces de producir fuerzas mayores de 10 000 veces la gravedad. Son especialmente útiles para la separación a alta presión o con materiales críticos, volátiles o peligrosos que deben estar cerrados.

Se utilizará una centrífuga de sedimentación (de disco o tazón), las cuales están diseñadas para la eliminación de líquidos desde dos o más posiciones radiales, de esta manera pueden separarse fácilmente mezcla de líquidos inmiscibles y para romper emulsiones. No pueden procesar suspensiones de concentraciones de sólido-líquido.

### **7.4 Condensadores-enfriadores. [39]**

- El mínimo acercamiento de temperatura es de 20°F para enfriamientos normales.
- Basar la media logarítmica de temperatura en las entradas si el calor latente es pequeño comparado con el sensible, si es el caso contrario basar la media logarítmica de temperaturas en los puntos de burbuja y rocío.
- La masa velocidad de líquidos dentro de tubos es de 500 000 a 900 000 lb/h ft<sup>2</sup>. Por el lado envolvente son 40% a 60% menores.

- Cuando son a contracorriente tomar un acercamiento de 30°F entre la entrada de la corriente caliente y salida de la fría, si el cambiador es multipasos el valor óptimo de acercamiento depende de las capacidades térmicas de las corrientes y del número de pasos del equipo, el valor mínimo es de 10°F.
- Si el factor de corrección de la LMTD es menor que 0.8, entonces rediseñar el equipo para obtener un factor mayor.
- Para un buen diseño se debe recuperar arriba del 75% del calor disponible en un cambiador de calor líquido-líquido y arriba del 50% para uno de gas-gas o gas-líquido. Hacer una optimización del uso de energía mediante tecnologías de ahorro de la misma.
- Para el diseño de un condensador de mezclas, se debe considerar los puntos de burbuja y rocío de la mezcla para estimar la diferencia a la temperatura adecuada.
- Para condensadores parciales, se debe asegurar que la cantidad de reflujo en la torre es la adecuada.
- Usar 0.75 in de diámetro externo en tubos para materiales limpios, 1 in de diámetro externo para fluidos en general y de 1.5 in de diámetro externo para fluidos muy sucios.
- La longitud mínima de los tubos es en general de 8 ft. Las longitudes típicas varían entre 16 y 20 ft.
- El arreglo triangular de los tubos da valores de diámetros de coraza más pequeños para un área requerida.
- El arreglo cuadrado para los tubos es más fácil de limpiar.
- Asumir una caída de presión de 5 psi por el lado de los tubos y coraza para una primera estimación

### **7.5 Tanques de almacenamiento. [39]**

- Para tanques de menos de 1000 galones se recomienda de tipo vertical,
- Entre 1000 y 10 000 galones se utilizan tanques horizontales sobre soportes de hormigón.

- Más de 10 000 galones se utilizan tanques verticales con cimientos de hormigón.
- Líquidos que estén sujetos a pérdidas por evaporación, deberán ser almacenados en tanques con lecho flotante o de expansión.
- El volumen libre de tanques es de 15% para los de 500 galones o menos y del 10% para tanques de mayor capacidad.
- La capacidad de los tanques de almacenamiento deber ser cuando menos 1.5 veces el tamaño del recipiente de entrega. Para camiones de carga esto típicamente es de 25 m<sup>3</sup> o 20 000Kg (lo que sea menor). Para carros de ferrocarril, las capacidades son de 2560 o 130 m<sup>3</sup> (20 000, 45 000 o 100 000 Kg) y para barcasas o barcos es de 1500 m<sup>3</sup> (1 000 000 Kg) o mayores

#### 7.6 Torre de enfriamiento. [39]

- En unidades comerciales, el 90% de saturación es factible.
- Tamaño relativo de la torre de enfriamiento es sensible a la diferencia entre la salida y la temperatura de bulbo húmedo.

$\Delta T$ (°F)	5	15	25
Volumen relativo	2.4	1.0	0.55

- La temperatura del agua de enfriamiento se debe aproximar a la temperatura de bulbo húmedo del aire. Generalmente el agua está a 8-13°F (4.5-7°C) sobre la temperatura de bulbo húmedo.
- La relación de líquido a gas (L/G) está en un rango de 0.75-1.50 y el número de unidades de transferencia ( $HTU = k_m Z/L$ ) varía entre 0.5-2.50.
- La purga es de 0.3 % del agua que se recircula por cada 10 °F de enfriamiento que se produce en la torre.
- Las pérdidas por evaporación son entre el 1 y 5% de la circulación por cada 10°F del rango de enfriamiento.

## 7.7 Tubería

- Los siguientes diámetros de tubería no deberán emplearse, excepto cuando se trate de conexiones a equipos o instrumentos: 1/8", 3/8", 1¼", 2½", 3½" y 4½".
- El mínimo diámetro de tubería a instalarse es ½" excepto para conexiones a equipos.
- Velocidad y caídas de presión (diámetro en pulgadas):  
Descarga de bombas (líquidos):  $(5 + D/3)$  ft/s y 2.0 psi/ 100 ft.  
Succión de bombas (líquidos):  $(1.3 + D/6)$  ft/s y 0.4 psi/100 ft  
Gases o vapor: 200 ft/s y 0.5 psi/ 100 ft.

## 7.8 Ventiladores.

Operan a presiones suficientemente bajas para no tomar en cuenta la compresibilidad del gas, en otras palabras los volúmenes de entrada y salida del gas son iguales. Los ventiladores centrífugos pueden obtener una presión de 12 pulgadas de agua (0.4 lb/plg<sup>2</sup>).

## 8. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.

El proceso utiliza como materia prima residuos plásticos y aceites gastados, estos residuos deberán ser sometidos a un tratamiento previo para eliminar impurezas tanto físicas como químicas.

Los aceites gastados son enviados al tanque de mezclado por la bomba centrífuga de aceites gastados, mientras la BA-101 suministra el “agua alcalina ionizada”. Durante el llenado de estas sustancias al TC-201 se iniciará la agitación por medio del agitador para emulsión W/O, una vez obtenida la emulsión W/O la bomba centrífuga de emulsión la envía al TD-201.

El aceite ligero es enviado por la bomba centrífuga de aceite ligero al TD-201, donde es calentado a 400°C y una atmósfera; éste sirve como medio de calentamiento, una vez que la emulsión W/O comienza a caer sobre el TD-201.

El calor es suministrado por los gases de combustión que están a 600°C proveniente del GA-201.

Los residuos plásticos son alimentados al tanque de fusión mediante un transportador neumático, donde son fundidos a 280°C y una atmósfera, para homogenizar los residuos plásticos fundidos se utiliza el A-202, después son enviados al TD-202.

El calor necesario para fundir los residuos plásticos es suministrado por los gases de combustión que están a 400°C, los cuales son generados en el generador de aire caliente. Los gases son extraídos de la chaqueta a 70°C por el V-201, el 70% son recirculados al GA-201 y GA-202 mientras en 30% son descargos al medio ambiente.

Una vez que los residuos plásticos están en el TD-202 son calentados a 400°C y a presión atmosférica, los cuales son fácilmente agitados debido a que se crean flujos bifásicos, así reduciendo el calor excesivo y la carbonización de los compuestos como C<sub>2</sub> y C<sub>3</sub> que se adhieren en la parte inferior del tanque de descomposición

[29]. Los gases generados de los residuos plásticos sirven como medio de calentamiento para la emulsión W/O forma a partir del aceite ligero.

El calor es suministrado por los gases de combustión que están a 600°C provenientes del GA-203.

La BA-104 forma la emulsión W/O con el aceite ligero y el agua alcalina ioniza, la cual envía al TD-202.

La relación de “agua alcalina ionizada” en los aceites gastados y en los residuos plásticos es importante, ya que está relacionada con el contenido de hidrógeno que es necesario, para llevar a cabo la reacción de hidrogenación. La misma relación es determinada por la diferencia entre el contenido de hidrógeno del residuo y el del producto que en este caso es kerosina. Una relación menor a 5% en peso no es recomendable, por que los átomos de hidrogeno llegan a ser insuficientes y mayor que el 30% en peso tan poco es preferible, debido a que los átomos de hidrógeno están en exceso. [30]

El “agua alcalina ionizada” es agua que contiene iones de calcio; ésta es una mezcla de una solución acuosa de hidróxido de calcio, agua, y calcio. Los iones de calcio tienen un potencial de oxidación-reducción de -850 mV y un pH de 12.6 con el objetivo que las moléculas de agua se puedan romper fácilmente en átomos de oxígeno e hidrógeno y así producir el hidrogeno y oxígeno activo, que son generados mediante una “explosión freática” que se origina por la activación. [30]

Cada una de las emulsiones W/O cae en forma de gotitas sobre la superficie de su respectivo medio de calentamiento, las cuales reaccionan con él para producir un compuesto de menor peso molecular. [30]

Las gotas de la emulsión W/O al entrar a sus respectivos tanques de descomposición son calentadas por el calor del vapor generado del aceite ligero y del los residuos plásticos. De esta manera el aceite gastado y ligero son calentados, los cuales a su vez caliente al “agua alcalina ionizada” debido a que

está sustancia se encuentra dispersa en cada uno de estos fluidos. El “agua alcalina ionizada” es la primera sustancia que llega a su punto de ebullición y se vaporiza, aunque la evaporación del “agua alcalina ionizada” es una expansión, tal expansión es impedida por la fuerza de atracción de la interfase, que causa que la energía se acumule. [30]

Una vez que las gotas de la emulsión W/O alcanzan la superficie del medio de calentamiento causa que el “agua alcalina ionizada” se expanda una vez más y que la presión inducida por esta expansión excede el límite de la fuerza de atracción de la interfase que da lugar a una micro explosión, en este instante la superficie aumenta alrededor de 5000 veces, también se aumenta la temperatura en una fracción microscópica alrededor de 1000 ° C y la onda de presión a 350 atmósferas [30], dando origen al craqueo de los residuos plásticos, aceite gastado, aceite ligero y el “agua alcalina ionizada”.

Los átomos de oxígeno e hidrógeno activos son producidos por el craqueo de las moléculas de agua estos se unen a los átomos de carbono y así el hidrógeno es agregado al aceite gastado y a los residuos plásticos, produciendo un compuesto de menor peso molecular. No solamente el hidrógeno se adhiere a los enlaces de carbono sino que también el oxígeno por lo que se mejora la combustión del combustible. [30]

Se forman componentes de altos puntos de ebullición así como otros compuestos, los cuales son descargados de los tanques de descomposición por sus respectivas bombas centrífugas de residuos, las cuales envían los residuos al TA-302 y después estos son enviados a un laboratorio para determinar si se puede clasificar como residuos peligrosos o si se le puede dar un tratamiento.

Durante el proceso de hidrogenación se logra la mejora de la calidad del petróleo y la desulfurización, formando el dióxido de sulfuro y otros gases no condensables. Para llevar a cabo el hidrocraqueo no es necesario utilizar un catalizador y las condiciones son muy relajadas, ya que todo el proceso transcurre a presión atmosférica. El sistema de forma muy económica produce el hidrógeno necesario

para la recomposición de las moléculas craqueadas y producir los hidrocarburos saturados deseados.

Ambos tanques de descomposición están contruidos como un circuito cerrado, lo que permite que en el interior se produzca la convección natural, generando un calentamiento eficiente. El tanque está diseñado por dos secciones de calentamiento. La primera sección está formada por un conjunto de tubos delgados de transferencia de calor en forma de U, los cuales tienen diferentes coeficientes de expansión térmica, en esta sección es donde se encuentra la mayor transferencia, de calor por lo que crea flujos bifásicos (gas-líquido), mientras la segunda sección de calentamiento se encuentra localizada en la parte inferior, ambas secciones están conectadas entre sí. Así ambos tanques de descomposición están hechos de acero inoxidable y la pared interna de la sección de calentamiento es un material térmico refractario. [31]

Los gases generados en los tanques de descomposición son enviados a sus respectivas torres de reformado. Los gases pasan a través un catalizador selectivo que tiene la frecuencia y el movimiento ondulatorio del queroseno, donde se dividen en moléculas más pequeñas mediante la elasticidad proporcionada por las ondas cuánticas y el giro magnético. [61]

El molde catalítico hace que las moléculas giren hasta su destrucción por lo que se rompen las cadenas C-H modificando el movimiento ondulatorio que poseen en una primera fase, para en una segunda fase producirse la recomposición en cadenas largas C-H de hidrocarburos [62]. El molde del catalizador empleado en el proceso es la clave, pues se diseña en función del combustible que se quiere obtener. [63]

El petróleo refinado salen a 275°C y 1.3 atm de sus respectivas torres de reformado, los cuales entran un condensar-enfriador con gases no condensables, aquí se separan los gases no condensables, dióxido de carbono y dióxido de azufre así como también una pequeña cantidad de agua que se arrastra con gases,

al mismo tiempo se condensa y enfría a 60°C, el líquido de enfriamiento es agua de enfriamiento que entra a 16°C y sale a 35°C proveniente de la torre de enfriamiento.

Los gases no condensables, dióxido de carbono y dióxido de azufre son enviados al TS-202 para separar el agua de estos gases, los cuales son enviados a la cámara de combustión de los generadores de aire caliente de los respectivos tanques de descomposición para ser quemados, mientras el agua se envía al tanque de almacenamiento de agua residual.

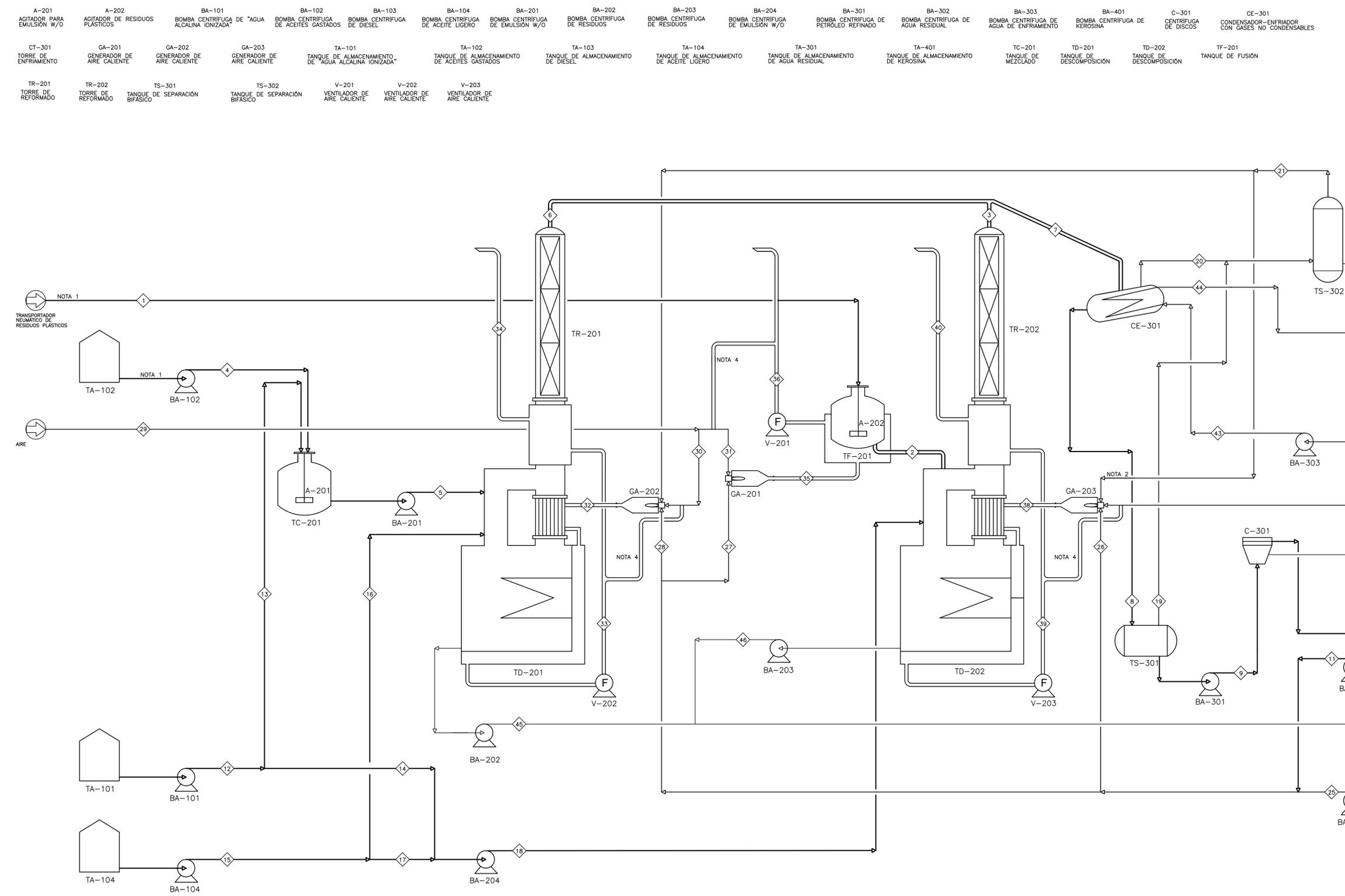
El petróleo refinado se envía al TS-201, donde se separa aquellos gases no condensables y dióxido de azufre que no se separaron en el condensador-enfriador con gases no condensables, estos son enviados al TS-202, mientras el hidrocarburo es enviado a la centrífuga de discos por medio la bomba centrífuga de petróleo refinado, donde se elimina el agua residual, está es almacenada en el tanque de almacenamiento de agua residual y después se envía una planta de tratamiento de agua por medio de la bomba centrífuga de agua residual.

El hidrocarburo que se obtiene de la centrífuga de discos está libre de agua y se envía al tanque de almacenamiento de kerosina y se almacena a 60°C y a presión atmosférica

Para el arranque de los generadores de aire caliente se utilizará Diesel, pero una vez que se produzca la kerosina este se suministrará a los equipos anteriores por medio de bomba centrífuga de kerosina.

NOTAS

- 1.- LA PLANTA PUEDE OPERAR YA SEA CON LOS RESIDUOS PLÁSTICOS, LOS ACEITES GASTADOS O CON AMBOS RESIDUOS AL MISMO TIEMPO.
- 2.-PARA EL ARRANQUE DEL GA-202 Y GA-203 SE OCUPARÁ DIESEL, EL CUAL SERÁ SUSTITUIDO POR KEROSENA Y GASES NO CONDENSABLES UNA VEZ PRODUCIDOS.
- 3.-PARA EL ARRANQUE DE GA-201 SE OCUPARÁ DIESEL, EL CUAL SERÁ SUSTITUIDO POR QUEROSENO UN VEZ PRODUCIDO.
- 4.-PARA EL CALCULO NO SE CONSIDERÓ ESTA CORRIENTE SIN EMBARGO DURANTE LA OPERACIÓN SE DEBERÁ RECIRCULAR EL 70% DE LOS GASES.



PROPIEDADES	CORRIENTE																																																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46				
ACEITE LIGERO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
ACEITE USADO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
AGUA	-	-	0.0782	0.9772	0.2124	0.0936	0.0872	0.0813	0.0834	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
DIESEL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
DIOXIDO DE CARBONO	-	-	0.0878	-	-	0.0660	0.0742	0.0130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DIOXIDO DE AZUFRE	-	-	-	-	-	0.0061	0.0038	0.0007	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GASES NO CONDENSABLES	-	-	0.0664	-	-	0.0705	0.0589	0.0121	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NITROGENO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
QUEROSENO	-	-	-	0.7676	-	-	0.7649	0.7659	0.8930	0.9166	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OXIGENO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RESIDUOS DEL ALTO PUNTO DE EBULLECIÓN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RESIDUOS PLÁSTICOS	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SULFURO	-	-	-	0.0228	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FLUIDO [kg/s]	4566.2	4566.2	8029.0	7534.2	9566.6	15949.7	21758.7	18661.4	18181.8	16664.6	1011.6	2664.0	2032.3	1231.7	6613.5	4117.8	2695.6	3727.4	479.6	3576.9	3197.6	1517.2	379.3	1896.6	1015.6	407.5	111.1	497.0	10447.7	8539.1	1908.6	9036.1	9036.1	9036.1	2019.7	2019.7	7001.1	7408.6	7408.6	7408.6	9131.7	9801.1	326627.4	326627.4	138.8	84.6				
TEMPERATURA [°C]	25	280	275	25	275	275	275	60	60	60	60	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25		
PRESIÓN ABSOLUTA [kg/cm²]	1.03	1.03	1.03	1.48	2.07	1.40	1.40	1.10	1.33	1.90	2.30	5.11	5.11	5.11	3.04	3.04	3.04	3.04	3.50	1.10	1.10	1.10	1.3	1.50	2.22	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26			

Nota: Fracción en peso

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE QUÍMICA

DIBUJO	NOMBRE	FECHA	DESCRIPCIÓN
DESIGNO	TAB		DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO PRELIMINAR: PARA LA PRODUCCIÓN DE KEROSENA A PARTIR DE ACEITES GASTADOS Y RESIDUOS PLÁSTICOS
REVISÓ	JAOR		
APROBÓ	JAOR		ESCALA: REV. A

## 10.EQUIPOS

### 10.1 LISTA DE EQUIPO PRELIMINAR.

Tabla 28. Lista de equipo preliminar.

Clave	Descripción
A-201	Agitador para emulsión W/O.
A-202	Agitador de residuos plásticos.
BA-101	Bomba centrífuga de “agua alcalina ionizada”.
BA-102	Bomba centrífuga de aceites gastados.
BA-103	Bomba centrífuga de diesel.
BA-104	Bomba centrífuga de aceite ligero.
BA-201	Bomba centrífuga de emulsión W/O.
BA-202	Bomba centrífuga de residuos.
BA-203	Bomba centrífuga de residuos.
BA-204	Bomba centrífuga de emulsión W/O.
BA-301	Bomba centrífuga de petróleo refinado.
BA-302	Bomba centrífuga de agua residual.
BA-303	Bomba centrífuga de agua de enfriamiento.
BA-304	Bomba centrífuga de amia rica.
BA-401	Bomba centrífuga de kerosina.
C-301	Centrífuga de discos.
CE-301	Condensador-enfriador con gases no condensables.
CT-301	Torre de enfriamiento.
GA-201	Generador de aire caliente.
GA-202	Generador de aire caliente.
GA-203	Generador de aire caliente.
TA-101	Tanque de almacenamiento de “agua alcalina ionizada”.
TA-102	Tanque de almacenamiento de aceite gastado.
TA-103	Tanque de almacenamiento de diesel.
TA-104	Tanque de almacenamiento de aceite ligero.

TA-301	Tanque de almacenamiento de agua residual.
TA-401	Tanque de almacenamiento de kerosina.
TC-201	Tanque de mezclado.
TD-201	Tanque de descomposición.
TD-202	Tanque de descomposición.
TF-201	Tanque de fusión.
TR-201	Torre de reformado.
TR-202	Torre de reformado.
TS-301	Tanque de separación bifásico.
TS-302	Tanque de separación bifásico.
V-201	Ventilador de aire caliente.
V-202	Ventilador de aire caliente.
V-203	Ventilador de aire caliente.

## 10.2 HOJAS DE DATOS PRELIMANAR DE EQUIPOS.

Son hojas que tienen las características básicas de un equipo con la finalidad de mandar cotizar con un proveedor o fabricante, ver Anexo B.

## 11. DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN PRELIMINAR.

Es la representación gráfica de todos los datos necesarios para el desarrollo de la ingeniería de diseño de una planta de proceso. En estos diagramas la simbología empleada para la designación de los equipos es más descriptiva que en los Diagramas de Flujo de Proceso, además muestra los instrumentos así como las señales requeridas para tener un buen control.

La importancia de los Diagramas de Tubería e Instrumentación en las plantas de proceso, ya sea química o petroquímica, radica en que representa la base para el diseño de los arreglos de equipo y tubería, isométricos de tubería, localización de instrumentos y operación de la planta, dado que aparecen en ellos todos los equipos, accesorios y tuberías que los interconectan.

Para elaborar este documento se tomó como base el Diagrama de Flujo de Proceso Preliminar, en él se muestra la instrumentación y control básico para la operación adecuada de la planta de kerosina, así como las válvulas que son necesarias en las tuberías.

El método utilizado para dimensionar la tubería utiliza velocidades y caídas de presión recomendables que dependen del fluido, el procedimiento consiste en suponer el diámetro del tubo y se calcula la caída de presión; si ésta es satisfactoria entonces el diámetro supuesto es adecuado.

Los diámetros que fueron menores a  $\frac{1}{2}$  in se cambiaron debido a que no se utilizan en plantas de proceso, aun cuando se tenga gasto pequeño. Esto es por la poca rigidez estructural que tienen, se hace necesario colocar soportes intermedios. También es conveniente proteger a los tubos de diámetro pequeño durante el periodo de construcción de la planta lo cual implica un costo más elevado. Además resulta más fácil la obstrucción total de un tubo pequeño debido a sarro o a la presencia de materia extraña en su interior.

Cada línea del DTI esta identificado de tal manera que no se pueda confundir otra de la siguiente manera:

A-B-C-D

Tabla 29. Codificación de las tuberías en el Diagrama de Tubería e Instrumentación Preliminar.

<p>Donde:</p> <p>A ⇒Diámetro nominal de la tubería.</p> <p>B ⇒Fluido del proceso (Nomenclatura utilizada de Pemex Exploración y Producción).</p> <p>C ⇒Número de la tubería.</p> <p>D ⇒Material de la tubería. (Como el proceso se lleva aproximadamente a la presión atmosférica se escogió cédula 40).</p>	<p>Ejemplo:</p> <p>2"-AAI-106-AN</p> <p>A ⇒ 2 pulgadas.</p> <p>B ⇒ Agua Alcalina Ionizada</p> <p>C ( 101</p> <p>D ⇒ Acero y Níquel</p>
--	--

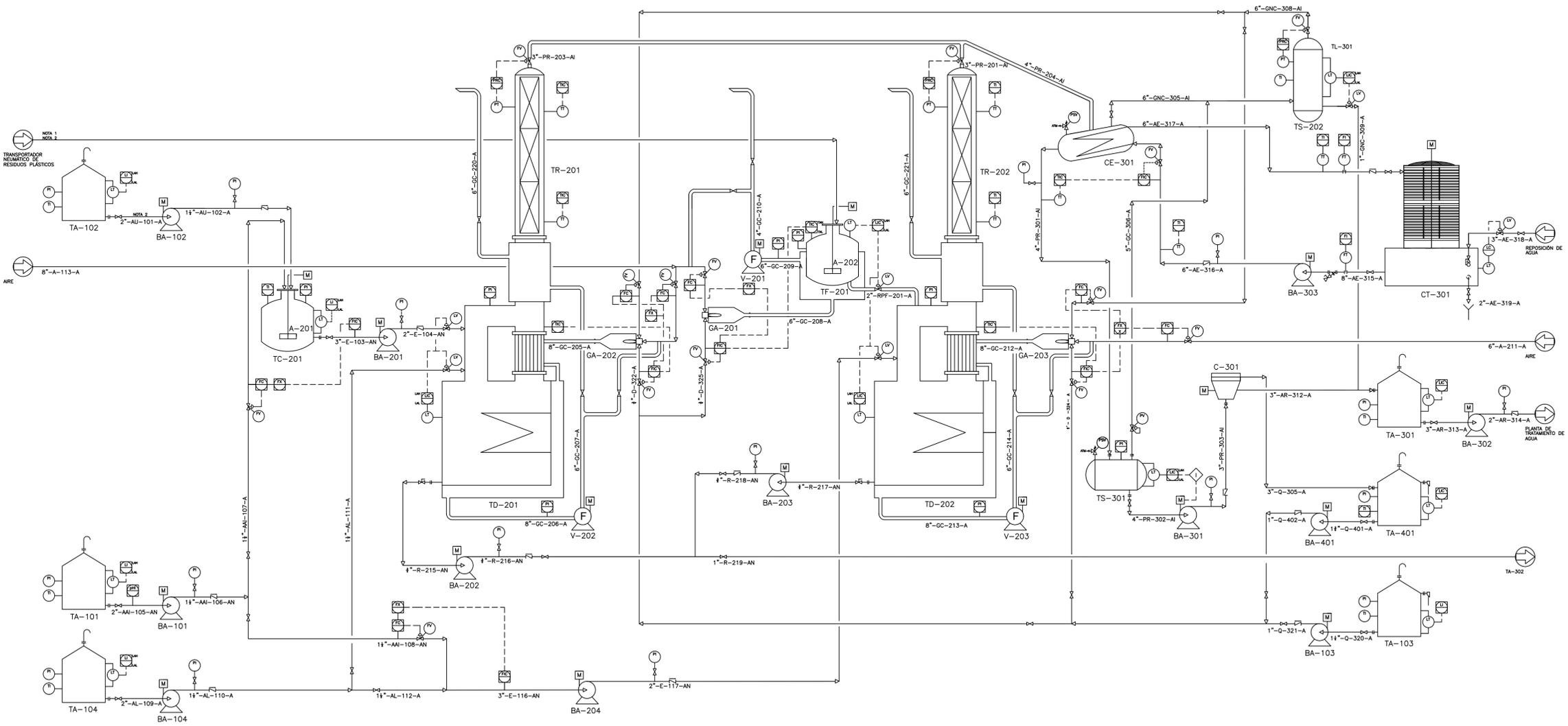
Para la tubería de instrumentación se utilizarán tamaños inferiores o iguales a ½ in.

- A-201 AGITADOR PARA EMULSION W/O
- A-202 AGITADOR DE RESIDUOS PLÁSTICOS
- BA-101 BOMBA CENTRIFUGA DE AGUA ALCALINA IONIZADA
- BA-102 BOMBA CENTRIFUGA DE ACEITES GASTADOS
- BA-103 BOMBA CENTRIFUGA DE DIESEL
- BA-104 BOMBA CENTRIFUGA DE ACEITE LIGERO
- BA-201 BOMBA CENTRIFUGA DE EMULSION W/O
- BA-202 BOMBA CENTRIFUGA DE RESIDUOS
- BA-203 BOMBA CENTRIFUGA DE RESIDUOS
- BA-204 BOMBA CENTRIFUGA DE EMULSION W/O
- BA-301 BOMBA CENTRIFUGA DE PETROLEO REFINADO
- BA-302 BOMBA CENTRIFUGA DE AGUA RESIDUAL
- BA-303 BOMBA CENTRIFUGA DE AGUA DE ENFRIAMIENTO
- BA-401 BOMBA CENTRIFUGA DE KEROSENA
- CE-06301 CONDENSADOR CON GASES NO CONDENSABLES
- CT-301 TORRE DE ENFRIAMIENTO
- GA-201 GENERADOR DE AIRE CALIENTE
- GA-202 GENERADOR DE AIRE CALIENTE
- GA-203 GENERADOR DE AIRE CALIENTE
- TA-101 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA ALCALINA IONIZADA
- TA-102 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE ACEITES GASTADOS
- TA-103 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE DIESEL
- TA-104 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE ACEITE LIGERO
- TA-301 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA RESIDUAL
- TA-401 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE KEROSENA
- TC-201 TANQUE DE MEZCLADO
- TD-201 TANQUE DE DESCOMPOSICION
- TD-202 TANQUE DE DESCOMPOSICION
- TF-201 TANQUE DE FUSION
- TR-201 TORRE DE REFORMADO
- TR-202 TORRE DE REFORMADO
- TS-301 TANQUE DE SEPARACION BIFASICO
- TS-302 TANQUE DE SEPARACION BIFASICO
- V-201 VENTILADOR DE AIRE CALIENTE
- V-202 VENTILADOR DE AIRE CALIENTE
- V-203 VENTILADOR DE AIRE CALIENTE

**NOTAS**

- 1.- LA ALIMENTACION DE LOS RESIDUOS PLASTICOS SE HARÁ MANUAL.
- 2.- LA PLANTA PUEDE OPERAR CON AMBOS RESIDUOS O POR SEPARADO.

- SIMBOLOGIA**
- II BRIDAS
  - +— CÁMARA DE ESPUMA
  - +—+— FILTRO TIPO "Y"
  - +— VÁLVULA AUTO-REGULADORA
  - +— VÁLVULA CON FLOTADOR
  - +— VÁLVULA MACHO
  - +— VÁLVULA DE COMPUERTA
  - +— VÁLVULA DE CONTROL
  - +— VÁLVULA DE RETENCIÓN
  - +— VÁLVULA DE SEGURIDAD
  - +— VENTEO
  - +— DRENAJE ABIERTO
  - +— CONTROLADOR DE NIVEL
  - +— CONTROLADOR INDICADOR DE NIVEL
  - +— CONTROLADOR INDICADOR DE FLUJO
  - +— CONTROLADOR INDICADOR DE TEMPERATURA
  - +— CONTROLADOR INDICADOR DE PRESIÓN
  - +— SISTEMA LÓGICO DE CONTROL
  - +— INDICADOR DE FLUJO
  - +— INDICADOR DE LLAMA
  - +— INDICADOR DE PRESIÓN
  - +— INDICADOR DE pH
  - +— INDICADOR DE TEMPERATURA
  - +— INDICADOR DE TEMPERATURA
  - +— MOTOR ELÉCTRICO
  - +— TRANSMISOR DE FLUJO
  - +— TRANSMISOR DE NIVEL
  - +— TRANSMISOR DE PRESIÓN
  - +— TRANSMISOR DE TEMPERATURA
  - +— VÁLVULA DE FLUJO
  - +— VÁLVULA DE NIVEL
  - +— VÁLVULA DE PRESIÓN
  - +— VÁLVULA DE SEGURIDAD DE PRESIÓN





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE QUÍMICA



	NOMBRE	FECHA	DESCRIPCIÓN
DIBUJO	TAB		DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION PRELIMINAR:
DISENO	TAB		PARA LA PRODUCCION DE KEROSENA A PARTIR DE ACEITES GASTADOS Y RESIDUOS PLASTICOS
REVISO	JAOR		
APROBO	JAOR		ESCALA: REV. A

## 12. DIAGRAMA DE LOCALIZACIÓN DE EQUIPO PRELIMINAR.

Es un documento crítico en el diseño y construcción de una planta de proceso, en el cual se encuentran distribuidos y localizados todos y cada uno de los equipos de la unidad de proceso, el objetivo principal es minimizar [67]:

1. Daños al personal en caso de un incendio o explosión.
2. Costos de mantenimiento.
3. Costos de construcción.
4. Costos de operación.
5. Número de personal necesario para operar la planta.
6. Costos para expansión de una planta a futuro.

Para su elaboración se utilizó el Diagrama de Flujo de Proceso Preliminar, donde se encuentran representados los equipos principales que son necesarios para la producción de kerosina, así como las Hojas de Datos y catálogos de algunos equipos, para obtener las dimensiones aproximadas de estos equipos y poder calcular el área necesaria que se debe tener en el área de proceso, con la finalidad de proporcionar condiciones de trabajo aceptables y una operación más económica. Se tomará como referencia las normas y algunos criterios utilizados para la localización de equipos que son los siguientes:

Los equipos serán localizados, de acuerdo a la secuencia lógica del proceso con el objetivo de reducir el consumo de tubería y se tomará en cuenta sus dimensiones preliminares, así como el espacio mínimo entre ellos.

Se asignarán espacios lo suficientemente amplios para cada equipo, ya que es un factor muy importante para su mantenimiento, así como su accesibilidad para los operadores de la planta [67]. Los espacios mínimos utilizados para la separación entre los equipos se encuentran en la siguiente tabla:

Tabla 30. Distancia mínima entre equipos.

DISTANCIA MÍNIMA ENTRE EQUIPOS (METROS)	Centrífuga	Condensador- enfriador de gases no condensables	Cuarto de control	Generador de aire caliente	Tanque de almacenamiento	Tanque de descomposición	Tanque con agitador	Torre de enfriamiento	Torre de reformado	Tanque de separación	Ventilador de aire caliente
Centrífuga	-	10	20	7	4	12	15	20	13	5	10
Condensador –enfriador de gases no condensables	10	-	15	8	9	8	9	9	6	8	9
Cuarto de control	20	15	-	8	20	10	12	20	10	15	8
Generador de aire caliente	7	8	8	5	15	5	5	12	6	5	3
Tanque de almacenamiento	4	9	20	15	4	12	10	15	13	7	10
Tanque de descomposición	12	8	10	5	12	15	5	20	-	8	3
Tanque con agitador	15	9	12	5	10	5	11	9	5	12	2
Torre de enfriamiento	20	9	20	12	15	20	9	-	9	18	10
Torre de reformado	13	6	10	6	13	-	5	9	15	10	5
Tanque de separación	5	8	15	5	7	8	12	18	10	-	5
Ventilador de aire caliente	10	9	8	3	10	3	2	10	5	5	10

Las bombas se colocarán cerca de su punto de succión para evitar pérdidas por fricción, a nivel de piso y se deberá dejar un espacio libre de un metro a la redonda para su mantenimiento.

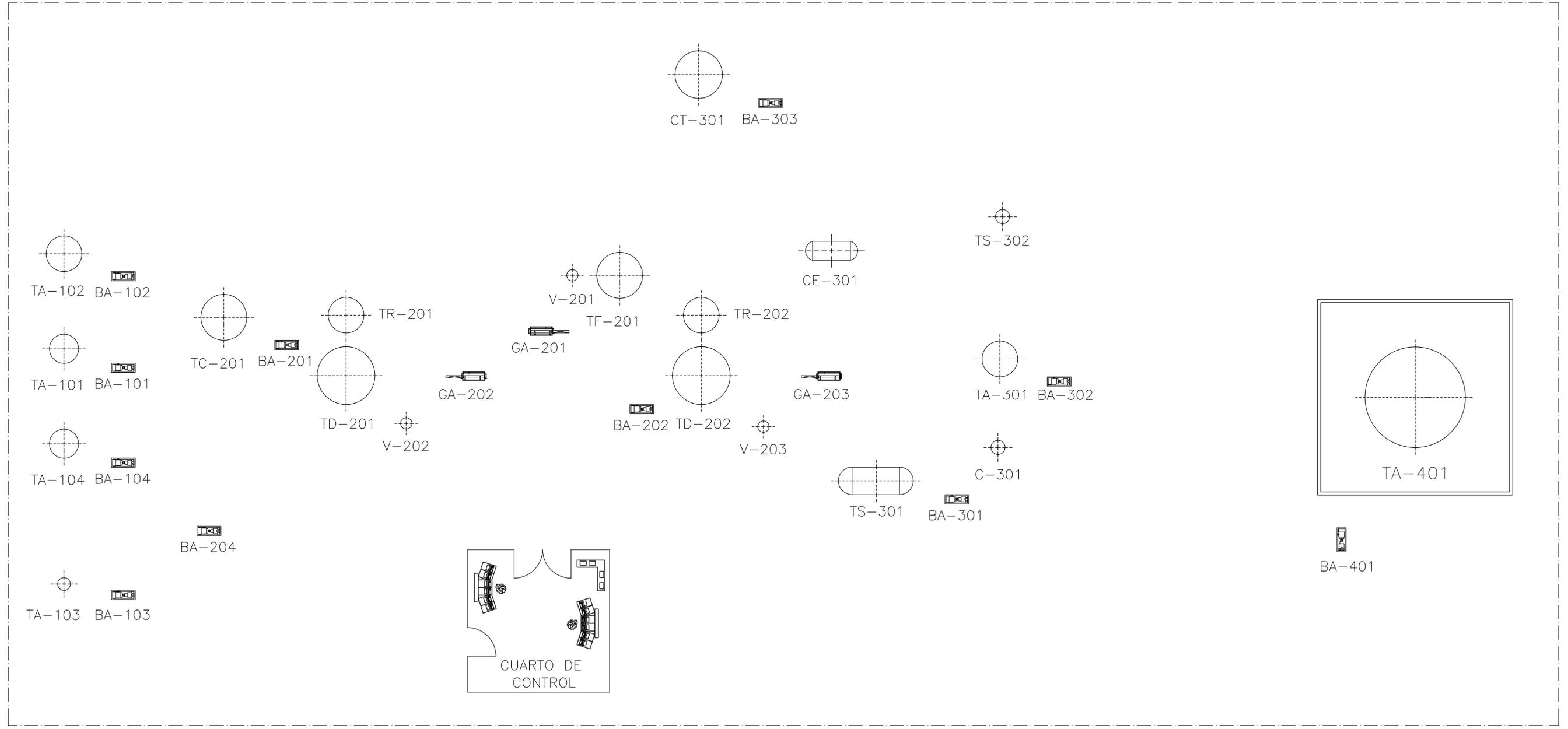
Las distancias mínimas entre tanques de almacenamiento se dan en el National Fire Codes, siempre que sea posible deberá usarse una distancia equivalente a 1 o 1.5 veces el diámetro del tanque mayor.

La única construcción que es requerida dentro del área de proceso es el cuarto de control con un área de 36 m<sup>2</sup>, está será ubicada, donde se pueda ver toda la planta y contará con una salida de emergencia.

Una distribución adecuada del equipo logra reducción del riesgo para la salud y aumento de la seguridad a los operadores, disminución de retrasos en la operación del proceso y facilita el manteniendo del equipo, etc.

A partir del Plano de Localización de Equipo Preliminar se determino las dimensiones que debe tener el área de proceso las cuales son 31 m x 66 m.

A-201 AGITADOR PARA EMULSIÓN W/O	A-202 AGITADOR DE RESIDUOS PLÁSTICOS	BA-101 BOMBA CENTRÍFUGA DE "AGUA ALCALINA IONIZADA"	BA-102 BOMBA CENTRÍFUGA DE ACEITES GASTADOS	BA-103 BOMBA CENTRÍFUGA DE DIESEL	BA-104 BOMBA CENTRÍFUGA DE ACEITE LIGERO	BA-201 BOMBA CENTRÍFUGA DE EMULSIÓN W/O	BA-202 BOMBA CENTRÍFUGA DE RESIDUOS	BA-203 BOMBA CENTRÍFUGA DE RESIDUOS	BA-204 BOMBA CENTRÍFUGA DE EMULSIÓN W/O	BA-301 BOMBA CENTRÍFUGA DE PETRÓLEO REFINADO	BA-302 BOMBA CENTRÍFUGA DE AGUA RESIDUAL	BA-303 BOMBA CENTRÍFUGA DE AGUA DE ENFRIAMIENTO	BA-401 BOMBA CENTRÍFUGA DE KEROSINA	C-301 CENTRÍFUGA DE DISCOS	CE-301 CONDENSADOR-ENFRIADOR CON GASES NO CONDENSABLES
CT-301 TORRE DE ENFRIAMIENTO	GA-201 GENERADOR DE AIRE CALIENTE	GA-202 GENERADOR DE AIRE CALIENTE	GA-203 GENERADOR DE AIRE CALIENTE	TA-101 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE "AGUA ALCALINA IONIZADA"	TA-102 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE ACEITES GASTADOS	TA-103 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE DIESEL	TA-104 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE ACEITE LIGERO	TA-301 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA RESIDUAL	TA-401 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE KEROSINA	TC-201 TANQUE DE MEZCLADO	TD-201 TANQUE DE DESCOMPOSICIÓN	TD-202 TANQUE DE DESCOMPOSICIÓN	TF-201 TANQUE DE FUSIÓN		
TR-201 TORRE DE REFORMADO	TR-202 TORRE DE REFORMADO	TS-301 TANQUE DE SEPARACIÓN BIFÁSICO	TS-302 TANQUE DE SEPARACIÓN BIFÁSICO	V-201 VENTILADOR DE AIRE CALIENTE	V-202 VENTILADOR DE AIRE CALIENTE	V-203 VENTILADOR DE AIRE CALIENTE									



NOTAS

----- LÍMITE DE BATERÍA

		UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE QUÍMICA			
	NOMBRE	FECHA	DESCRIPCIÓN		
DIBUJO	TAB		DIAGRAMA DE LOCALIZACIÓN DE EQUIPO PRELIMINAR: ÁREA DE PROCESO		
REVISÓ	JAOR				
APROBÓ	JAOR		ESCALA:		REV. <b>A</b>

## 13.EVALUACIÓN ECONÓMICA.

### 13.1 Inversión.

Es la cantidad de dinero requerida para la construcción de una nueva planta nueva o la modificación de una existente más la cantidad de dinero necesaria para la operación de la misma [65] y es la suma de los costos fijos más el capital de trabajo, para calcularlo se tomó en cuenta los siguientes criterios:

El método que se utilizó para calcular el capital a invertir se basa en los costos del equipo adquirido por lo que se estima que se tenga una exactitud del  $\pm 30\%$ , este método se aplica en una etapa previa de diseño, para ello se hizo un pre-dimensionamiento de los equipos de proceso con la finalidad de poder utilizar formulas que relacionan ciertas características de los equipos con el precio de ellos o el precio de equipos existentes con características similares a las requeridas por el proceso, sin embargo el método más exacto para la obtención del costo de los equipos es hacer cotizaciones con fabricantes o proveedores.

#### 13.1.1 Costos fijos.

Se refiere al costo asociado para la construcción de la planta con todos los componentes necesarios para su operación, se divide en costos directos e indirectos, el primero incluye todo los gastos que están relacionados con la instalación de la planta como es compra, envío e instalación de equipo, instrumentación, controles, tubería, sistemas eléctricos, edificios (incluyendo servicios auxiliares), sitio, preparación del sitio, etc. Los costos indirectos se refieren a los factores que no están directamente relacionados con la instalación de la planta como es ingeniería y supervisión, cuestiones legales, gastos de construcción, contratistas y contingencias [41].

#### *Costos directos.*

El costo del equipo adquirido es la parte más importante de la estimación de los costos fijos porque representa entre el 15 y el 40%. [41]

Tabla 31. Costo del equipo de proceso.

Clave	Descripción	Precio [\$ USD]
A-201	Agitador para emulsión W/O.	22,042
A-202	Agitador de residuos plásticos.	43,222
BA-101	Bomba centrífuga de “agua alcalina ionizada”.	44,538
BA-102	Bomba centrífuga de aceites gastados.	15,599
BA-103	Bomba centrífuga de diesel.	21,087
BA-104	Bomba centrífuga de aceite ligero.	14,371
BA-201	Bomba centrífuga de emulsión W/O.	37,476
BA-202	Bomba centrífuga de residuos.	4,521
BA-203	Bomba centrífuga de residuos.	4,521
BA-204	Bomba centrífuga de emulsión W/O.	16,768
BA-301	Bomba centrífuga de petróleo refinado.	19,597
BA-302	Bomba centrífuga de agua residual.	20,954
BA-303	Bomba centrífuga de agua de enfriamiento.	33,384
BA-401	Bomba centrífuga de kerosina.	30,770
C-301	Centrífuga de discos.	55,141
CE-301	Condensador-enfriador con gases no condensables.	356,260
CT-301	Torre de enfriamiento.	201,562
GA-201	Generador de aire caliente.	23,659
GA-202	Generador de aire caliente.	60,095
GA-203	Generador de aire caliente.	53,327
TA-101	Tanque de almacenamiento de “agua alcalina ionizada”.	141,383
TA-102	Tanque de almacenamiento de aceite gastado.	107,273
TA-103	Tanque de almacenamiento de diesel.	52,466
TA-104	Tanque de almacenamiento de aceite ligero.	111,331
TA-301	Tanque de almacenamiento de agua residual.	146,246
TA-401	Tanque de almacenamiento de kerosina.	119,606
TC-201	Tanque de mezclado.	105,772
TD-201	Tanque de descomposición.	109,487

TD-202	Tanque de descomposición.	93,920
TF-201	Tanque de fusión.	124,364
TR-201	Torre de reformado.	1,313,844
TR-202	Torre de reformado.	1,127,046
TS-301	Tanque de separación bifásico.	250,345
TS-302	Tanque de separación bifásico.	200,501
V-201	Ventilador de aire caliente.	11,954
V-202	Ventilador de aire caliente.	21,709
V-203	Ventilador de aire caliente.	20,118
	Total [\$ USD]	5,136,260
	Total [\$ Pesos]	74,218,963

- Instalación del equipo adquirido.

El precio de los equipos de procesos no incluye la instalación por lo que es importante considerarlos, incluye la mano de obra, soportes, plataformas, gastos de construcción y otros factores que están relacionados directamente con la compra de equipo, representa entre 6 al 14% de la compra del equipo [41].

- Instrumentación y control.

Dependen de la cantidad de control requerido, incluye instrumentos, instalación, software, equipo auxiliar y materiales, se encuentra entre el 2 al 8% de la compra de los equipos [41]. Para el cálculo se considera un 8% debido a que la mayoría de los equipos tienen indicadores de temperatura, presión, controlador de nivel, temperatura y presión así como alarmas e interlocks.

- Tubería.

Incluye mano de obra, válvulas, accesorios, tubería, soportes, aislamiento y otros factores, es el 3-20% de la compra de los equipos. [41]

- Instalaciones eléctricas.

Se compone principalmente de mano de obra y materiales necesarias como interruptores, cables, conexiones, cableado de alimentación, iluminación, cableado de instrumentos y control, es el 2-10% del la adquisición del equipo de proceso. [41]

- Obras civiles incluyendo servicios.

Incluye los costos de mano de obra, plomería, materiales, ventilación, calefacción y suministros necesarios para la construcción de todos los edificios relacionados con la planta como son oficinas administrativas, laboratorio, almacenes, comedor y enfermería, representa el 3-18% de la compra del equipo. [41]

- Terreno.

El área requerida para la planta de kerosina es 2046 m<sup>2</sup>.

Precio: 2 300 pesos/m<sup>2</sup>

Costo: 4, 705,800 pesos

- Mejoras del terreno.

Son los costos para la nivelación, caminos, aceras, banquetas, estacionamiento, jardines y rubros similares constituyen aproximadamente un 2 al 5% de la compra del equipo. [41]

- Instalación de servicios.

Se incluye servicios auxiliares como agua de enfriamiento, aire para instrumentos y combustible, así como tratamiento de agua residual, protecciones contra incendios, talleres, sala de primeros auxilios, equipo e instalaciones del comedor, etc., el costo total suele encontrarse, entre el 8 y el 20% del costo de adquisición de los equipos. [41]

### *Costos indirectos.*

- Ingeniería y supervisión.

Está compuesto por diseños de construcción, ingeniería, preparación de planos, software, viáticos, compras, contaduría e ingeniería de costos, representa aproximadamente el 4-21% del equipo comprado. [41]

- Gastos de construcción.

Incluye construcciones y operaciones temporarias, herramientas utilizadas en la construcción y alquileres, traslado del personal, salarios de obreros de la construcción, viáticos, seguros, impuestos y otros gastos generales de la construcción, es el 4-16% del costo total del equipo. [41]

- Contratistas.

Representa el 2-6% del costo total del equipo. [41]

- Contingencias.

Generalmente se incluye este rubro en las estimaciones del capital a invertir para contrarrestar los efectos de imprevisibles, como tormentas, inundaciones, huelgas, variaciones de precios, cambios del diseño y otros no previstos que la experiencia señala como probables. Los factores que se emplean generalmente para estos gastos están entre el 5-15% del costo del equipo. [41]

- Gastos de puesta en marcha.

Una vez completada la construcción de la planta, muy frecuentemente deben efectuarse modificaciones antes que la planta llegue a operar en las condiciones establecidas en el diseño. Estas modificaciones suponen gastos en materiales y equipos y producen pérdidas de ingresos mientras la planta se encuentra parada o no trabaja a su capacidad máxima. El capital necesario para hacer frente a estas modificaciones durante la puesta en marcha forma parte de todo cálculo del capital necesario, porque son gastos esenciales para el éxito de la empresa. Estos gastos pueden llegar hasta el 12% de las inversiones del costo fijo. En general resulta satisfactorio prever entre el 8 y el 10% de los costos fijos [41].

### 13.1.2 Capital de trabajo.

Se refiere a financiar el primer mes de operación de la planta una vez que ésta se encuentra instalada para operar en régimen normal. Está compuesto por el capital necesario para cubrir los salarios, pérdidas en líneas y equipos, defectos de diseño que deben solucionarse, falla de instrumentos, necesidad de equipos adicionales, compra de las materias primas, cuentas por pagar, impuestos, etc. Usualmente es 10-20% de la inversión. [41]

Tomando como base la información anterior, se calculo del capital de inversión para la planta de kerosina que se muestra en la Tabla 32.

Tabla 32. Inversión.

Descripción	% de Equipo	Costo [\$ pesos/año]
Costos fijos.		
Directos.		
Equipo.	30	74,210,643
Instalación de equipo.	8	19,789,505
Instrumentación y control.	8	19,789,505
Tubería.	12	29,684,257
Instalaciones eléctricas.	6	14,842,129
Obras civiles incluyendo servicios.	12	29,684,257
Terreno		4,705,800
Mejoras del terreno.	5	12,368,440
Instalación de servicios.	12	29,684,257
Total		234,758,792
Indirectos.		
Ingeniería y supervisión.	12	29,684,257
Gastos de construcción	10	24,736,881
Contratistas	4	9,894,752
Contingencias	10	24,736,881

Gastos de puesta en marcha.	8	25,904,925
Total		89,052,771
Costos fijos= costos directos + costos indirectos		323,811,563
Capital de Trabajo	15 (Inversión)	57,143,218
Inversión= costos fijos + capital de trabajo		380,954,781

No sólo es importante calcular la inversión sino que para hacer la evaluación económica se debe estimar el costo total del producto, el cual se divide en costos de producción y gastos en general.

### **13.2 Costo total del producto.**

#### **13.2.1 Costo de producción o de operación.**

Es el agregado monetario de los gastos efectuados por la unidad de producción, ya sea por la adquisición y aplicación de los insumos como materias primas, salarios y mano de obra [41], así como aquellos que se hicieron y que se deben aplicar en forma indirecta (o gastos indirectos de producción), también se deben incluir aquellos que se aplican en forma virtual y que corresponden a la depreciación de la maquinaria y el equipo de producción, así como las amortizaciones por los gastos de instalación, para el cálculo se consideró lo siguiente:

- Materias primas del proceso.

Para el cálculo del costo de las materias se consideró la capacidad de diseño de la planta además se propusieron tres diferentes casos, el primero se refiere a que los residuos plásticos y aceites gastados son comprados directamente de las plantas de tratamiento, el segundo caso es considerando que se cuenta con plantas de tratamiento y el tercer caso los residuos no tienen ningún precio, ver Anexo J.

Tabla 33. Consumo de materias primas, caso 1.

	Cantidad [kg/año]	Precio [\$/kg o L]	Costo [\$ pesos/año]
Residuos plásticos.	40000000	10	400,000,000
Aceites usados.	6600000	5	33,000,000
“Agua alcalina ionizada”	28592640	6	171,555,840
Aceite ligero.	57934260	8	463,474,080
Total			1,068,029,920

- Consumo de energía eléctrica.

Precio: 1.8 pesos/kWh

Consumo en equipos de proceso con motor: 53.79 kwh/día

Tabla 34. Consumo de energía eléctrica de la planta de kerosina.

Descripción	Costo [\$ pesos/año]
Costo total de consumo del equipo de proceso	35,343
Uso en general (70%)	24,740
Mantenimiento (25%)	8,836
Alumbrado (6%)	2,121
Total	71,040

- Consumo de combustible diesel.

Sólo se utilizará para el arranque de los equipos GA-201, GA-202 y G-203.

Precio: 10.59 pesos/litro

Costo: 12,222.2 pesos

- Consumo de agua.

De acuerdo al reglamento de seguridad e higiene vigente, un trabajador debe contar con una disponibilidad de 150 litros de agua potable por día. (Baca, 2006).

Tabla 35. Consumo de agua.

	Cantidad [L]	Precio [\$/L]	Costo [\$ pesos/año]
Agua de enfriamiento.	543,391	0.005	1,243
Agua potable.	1,752,000	0.017	28,093
Total			29,336

- Mano de obra tanto directa como indirecta, la primera se refiere a la interviene personalmente en la producción como son obreros mientras que la indirecta son supervisores, jefes de turno, gerente de producción. En el caso de la mano de obra indirecta se consideró que es 40% del costo de mano de obra de operación directa.

Para calcular el costo de mano de obra directa se consideró un salario medio de 3,100 pesos de acuerdo a Manuel Molano directo general adjunto el Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO). [66]

Tabla 36. Mano de obra directa e indirecta.

Equipo	Cantidad de equipos.	Operador por turno. [64]
Bomba centrífuga	13	0.05
Centrífuga de discos.	1	0.2
Condensador-enfriador con gases no condensables.	1	0.1
Generador de aire caliente.	3	0.5
Tanque de almacenamiento.	6	0.1
Tanque de mezclado.	1	1
Tanque de descomposición.	2	1
Tanque de fusión.	1	1
Torre de enfriamiento.	1	1
Torre de reformado.	2	0.5
Tanque de separación bifásico.	2	0.5

Ventilador de aire caliente.	3	0.15
Mano de obra directa		32
Costo de mano de obra directa	[\$ pesos/año]	2,380,800
Costo de mano de obra indirecta	[\$ pesos/año]	952,320
Costo total de mano de obra	[\$ pesos/año]	3,333,120

- Mantenimiento y reparaciones, incluye mano de obra, materiales y supervisión, este costo equivalen al 2-10% de los costos fijos. [41]
- Gastos de laboratorio representa el 10-15% el costo de mano de obra de operación. [41]
- Patente y derecho por utilizar el proceso representa 0-6% del costo total del producto. [41]
- Se consideró otros gastos que están relacionados con la producción como es seguro social, seguros de vida, pensiones, etc. Este costo representa el 70% del costo total de mano de obra de operación, mantenimiento y supervisión. [41]

### 13.2.2 Cargos fijos.

Son gastos que no dependen de la producción, por lo que año con año su valor no cambia, dos términos que pertenecen a esta categoría es la depreciación y la amortización, el primer término se aplica al activo fijo, mientras que la amortización sólo es para los activos diferidos o intangibles, es decir un cargo anual que se hace para recuperar la inversión.

El proceso de depreciar es la pérdida del valor del activo debido a la edad, uso y obsolescencia durante su vida útil. Aunque un activo puede estar en excelente condición de trabajo, el hecho de que valga menos a través del tiempo, es una deducción permitida para los negocios, por lo que reduce los impuestos sobre la renta. Un activo tangible (que se puede tocar) o fijo, se refiere a los bienes de propiedad de la empresa como terrenos, edificios, maquinaria, mobiliario, vehículo de transporte, herramientas, y otros, es fijo porque la empresa no puede

desprenderse fácilmente de él sin que ello ocasione problemas a sus actividades productivas. [48]

La amortización es una operación contable que refleja la pérdida de valor de los bienes a lo largo del tiempo. Consiste en un descuento periódico que se efectúa sobre los beneficios de la actividad, a modo de gastos por el consumo de capital fijo. Su finalidad es reservar los fondos necesarios (un capital representativo del precio de coste) para la reposición de los bienes después de finalizar el proceso de amortización, es decir, para poder sustituirlos al final de su vida económica útil, incluyen: patentes de inversión, marcas, diseños comerciales o industriales, asistencia técnica o transferencia de tecnología, gastos de instalación y puesta en marcha, estudios que tienden a mejorar en el presente o en el futuro y funcionamiento de la empresa, como estudios administrativos o de ingeniería, estudios de evaluación, capacitación de personal dentro y fuera de la empresa. [48]

Para hacer los cargos de depreciación y amortización, se utilizó el método de línea recta y los porcentajes utilizados son de acuerdo a la Ley sobre la renta.

Los cálculos realizados sobre la depreciación y amortización se encuentran en el Anexo E.

### **13.2.3 Gastos en general.**

También hay otros gastos que se deben tomar en cuenta aunque no estén relacionados directamente con la producción y son los siguientes:

- Gastos administrativos incluyen los costos de los salarios de ejecutivos, contadores, secretarías y trabajadores similares, suministros de oficina, mantenimiento de edificios de oficinas, gastos legales y de ingeniería, representa el 15% del costo de mano de obra de operación, supervisión y mantenimiento. [41]
- Distribución y comercialización, se incluyen salarios, suministros y otros gastos de oficinas de ventas, comisiones y gastos de viaje para los

vendedores; gastos de envío, gastos de publicidad y servicio técnico de ventas, también se incluye el costo distribución del producto, es el 2-20% del costo total del producto. [41]

- Investigación y desarrollo incluye salarios, equipos especiales, centros de investigación y honorarios de consultor relacionados con el desarrollo de nuevas ideas o mejora de proceso, es el 5% del costo total del producto. [41]

Tabla 37. Costo total del producto, caso 1.

		Pesos \$
Costo de producción		
Materia Prima		1,068,029,920
Consumo de energía eléctrica		71,040
Consumo de agua		29,336
Consumo de combustible		12,222
Mano de obra		3,333,120
Mantenimiento y reparaciones	5	11,737,940
Gasto de laboratorio	12	285,696
Patente	2	19,492,691
Otros gastos	70	10,549,742
<b>Total</b>		<b>1,113,541,706</b>
Cargos fijos		
Depreciación		59,368,514
Amortización		105,755,606
<b>Total</b>		<b>165,124,120</b>
Gastos en general		
Gastos administrativos	15	2,260,659
Distribución y comercialización	8	77,970,630.72

Investigación y desarrollo	5	48,731,644.20
Total		128,962,933.86
Costo total de producto		1,407,628,760

### 13.3 Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento (TMAR).

Es la tasa anual que solicita ganar el inversionista para llevar a cabo la instalación y operación. Cuando no se considera inflación, la TMAR es la tasa de crecimiento real de la empresa por arriba de la inflación. Esta tasa también es conocida como premio al riesgo, de forma que en su valor debe reflejar el riesgo que corre el inversionista de no obtener las ganancias pronosticadas y que eventualmente vaya a la bancarrota. [48]

El premio de riesgo significa el verdadero crecimiento del dinero y se le llama así porque el inversionista siempre arriesga su dinero (siempre que no invierta en el banco) y por arriesgarlo merece una ganancia adicional sobre la inflación. [48] Como el premio es por arriesgar, significa que a mayor riesgo, se merece mayor ganancia. En términos generales se considera que un premio al riesgo para compensar los efectos inflacionarios debe ser entre el 10% y el 20%, en este caso se va a considerar un 20% de riesgo.

Tabla 38. Inflación esperada en México

Año	Tasa de inflación [%]
2009	3.57
2010	4.40
2011	3.85
2012	3.79
2013	3.64
2014	3.66

2015	3.59
2016-2019	3.49
Promedio	3.75

TMAR = Tasa de inflación + Premio de riesgo

$$TMAR = 3.75 \% + [0.2] * [3.75\%]$$

$$TMAR = 4.5 \%$$

### 13.4 Valor Presente Neto (VPN).

Es el valor monetario que resulta de restar la suma de los flujos descontados a la inversión inicial. [48]

El valor actual neto es una medida de la rentabilidad absoluta, esto es, mide en el momento inicial del mismo, el incremento de valor que proporcionará a los propietarios, una vez descontada la inversión inicial que se ha debido efectuar para llevarlo a cabo el proyecto.

Si el VPN es positivo significa que se obtienen ganancias a lo largo de periodo de evaluación por lo que el proyecto deberá aceptarse así como también si este es igual cero ya que se estará ganando la tasa de descuento aplicada es decir la TMAR, la inversión deberá realizarse si es negativo.

$$VAN = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \frac{FNE_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{FNE_n}{(1+i)^n}$$

Para calcular el valor actual neto se consideró lo siguiente:

- Tiempo de estudio 10 años al termino de este de hace un corte artificial por lo que se sumará el valor de salvamento.

- Los detalles del cálculo del flujo efectivo neto se encuentran en el Anexo F.
- En México se paga el 35% de impuesto sobre la renta, 10 a 12% de reparto de utilidades a los trabajadores y el 2% de impuesto activo, que no corresponde exactamente al 2% sobre la utilidad antes de impuesto [48]. Como una cifra promedio se consideró el 47%.
- Las ventas de producto corresponderán a la capacidad de diseño de la planta

Los detalles sobre el cálculo del Valor Presente Neto se encuentran en el Anexo H. Al calcular el VPN durante el periodo de evaluación se obtuvo que para el caso 1 un valor de 374, 958, 311 pesos, caso 2 de 402, 720, 874 peso y para el caso 3 de 430, 483, 437 pesos lo que significa en cualquiera de los casos se debe aceptar el proyecto ya que esto se obtendría de ganancia.

### **13.5 Tasa Interna de Retorno (TIR).**

Mide la rentabilidad relativa media bruta por período del proyecto de inversión sobre el capital que permanece invertido a principios de cada período; incluye la retribución a los recursos financieros del capital invertido, por lo que es bruta, y además, se refiere al capital que a principio de cada año permanece inmovilizado en el proyecto y no al capital que se inmoviliza inicialmente.

Las tasas internas de retorno se utilizan habitualmente para evaluar la conveniencia de las inversiones o proyectos. Cuanto mayor sea la tasa interna de retorno de un proyecto, más deseable será llevar a cabo el proyecto.

Permite conocer el rendimiento real de la inversión, se le llama tasa interna de rendimiento porque supone que el dinero que se gana año con año se reinvierte en su totalidad. Es decir, se trata de la tasa de rendimiento generada en su totalidad en el interior de la empresa por medio de la reinversión. [48]

Si la TIR es mayor que TMAR aceptamos la inversión: esto quiere decir que el rendimiento de la empresa es mayor que el mínimo fijado como aceptable por lo que la inversión es económicamente rentable. [49]

$$0 = -P + \frac{FNE_1}{(1 + TIR)^1} + \frac{FNE_2}{(1 + TIR)^2} + \frac{FNE_3}{(1 + TIR)^3} + \dots + \frac{FNE_n}{(1 + TIR)^n}$$

Los detalles sobre el cálculo de la Tasa Interna de Retorno se encuentran en el Anexo I.

Una vez realizado el cálculo se encuentra que para el caso 1 la TIR del proyecto es de 21.16 %, en el caso 2 es de 22.26% y el caso 3 de 23.35% es decir que es mayor que a la TMAR por lo que el proyecto se debe aceptar, en cualquiera de los casos ya que se estará ganando más de lo mínimo establecido.

## 14. CONCLUSIONES.

En este trabajo se abarcaron los pasos básicos para el desarrollo de un proyecto en ingeniería química, desde la selección de la tecnología para la cual se analizaron varias tecnologías disponibles en el mercado, hasta la ingeniería básica de la planta de kerosina, donde se desarrollaron los principales documentos como son el diagrama de flujo de proceso, diagrama de tubería e instrumentación, diagrama de localización de equipo, lista de equipo y hojas de datos; todos los documentos anteriores son preliminares.

De acuerdo a la evaluación tecnológica cuantitativa se encontró que el sistema Kurata desarrollado en el Instituto de Ondas Cuánticas de Nihon, en Japón por Kurata, es la tecnología adecuada para producir kerosina a partir de los residuos plásticos y aceites gastados, ya que se obtienen un 90% de rendimiento de las materias primas, cuyas características físicas y químicas del producto son iguales a las obtenidas del petróleo.

La ventaja que tiene el sistema Kurata contra las demás tecnologías disponibles en el mercado, es que se puede utilizar cualquier tipo de aceite gastado con la única condición de que pueda formar la emulsión W/O; en cuanto a los residuos plásticos puede procesar cualquiera, excepto PVC, ya que genera el gas cloro lo cual origina que se tenga que diseñar una unidad especial para poder remover este gas.

El sistema Kurata produce de forma económica el hidrógeno necesario para la recomposición de las moléculas craqueadas y producir los hidrocarburos saturados deseados, no es necesario utilizar un catalizador para generar el hidrógeno y las condiciones de operación son muy relajadas, ya que opera a presión atmosférica y 400°C. Durante este proceso se logra la desulfurización de los aceites gastados y se mejora la combustión de kerosina.

Este proceso se presenta como un sistema de refinación único que controla la frecuencia y el movimiento ondulatorio natural del compuesto a tratar mediante un

catalizador. El producto obtenido está totalmente desulfurado y oxigenado, por lo que no necesita de ningún aditivo en su tratamiento.

La clave del proceso se encuentra en el molde catalítico, el cual descomponen y recomponen las moléculas en el compuesto deseado que en este caso es kerosina. Además se obtienen subproductos como son gases no condensables los cuales son enviados a los generados de aire caliente para ser quemados, y así reducir el consumo de combustible de diesel, el cual solamente se ocupa durante el arranque de los equipos, ya que una vez que se produzca la kerosina éste es sustituido.

Otra de las ventajas que tiene el sistema Kurata es que la kerosina que se obtiene es compatible con los actuales motores de combustión interna ciclo Diesel y Otto, quemadores, etc., sin ninguna adición de aditivos químicos.

Así, el sistema Kurata genera bajas emisiones de contaminantes como dióxido de carbón, reduce los costos de construcción y gestión. Además de que trabaja a presiones y temperaturas bajas lo que permite que se realice de forma segura, el proceso no requiera de diseños especiales en los equipos, a excepción de los tanques de descomposición y las torres de reformado.

En el estudio de mercado se ha diagnosticado que el país cada vez importa más queroseno, por lo que hay una demanda insatisfecha. Aunque se quisiera satisfacer dicha demanda no se podría debido a que en México, se recolecta muy poco de residuos plásticos y aceites gastados, porque los residuos definen la capacidad nominal de la planta. También se encontró que en los próximos años la demanda de turbosina va a aumentar debido al desarrollo de proyectos de ampliación de los aeropuertos, además de que el principal consumidor es el sector de transporte aéreo, por lo que se estableció que la capacidad de diseño fuera el doble de la capacidad nominal de la planta.

De acuerdo al análisis realizado para la localización de la planta se encontró que el sitio adecuado para la planta de kerosina es en Puente, Cuautitlán Izcalli, Estado de México, debido a que cumple con los criterios establecidos, principalmente el de estar cerca de las plantas de tratamiento de estos residuos y del mercado.

Con base en la empresas que se dedican a recolectar los aceites gastados y tomando como referencia la información de ECOCE. AC se estableció que la capacidad nominal de la planta de kerosina es de 47,700 ton/año y 95,400 ton/año de diseño.

Se realizó el Diagrama de Localización de Equipo Preliminar en el cual están distribuidos y localizados cada uno de los equipos del proceso, con el objetivo de evitar daños al personal en caso de un accidente, reducir costos de mantenimiento, construcción y de operación, para cumplir con esto se utilizaron como referencia normas y distancias mínimas recomendadas entre equipos; esto permitió poder determinar el área de proceso que es de 31m x 66 m.

Con la evaluación económica se determino que la inversión que es el dinero requerido para la construcción de planta y para su operación es de 380,954, 781 pesos con un error del  $\pm 30\%$ , se tiene este error porque para su cálculo no se mando cotizar con proveedores los quipos, si no solamente se escalaron los costos de equipos de otras capacidades y se utilizaron formulas, además de que se trata de un estudio preliminar.

Para saber la rentabilidad del proyecto se calculo del Valor Presente Neto en cada uno de los casos de estudio, para ello se considero que la Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento es de 4.5% la cual fue calculada tomando como referencia la inflación y un riesgo del 20%, así llegando a la conclusión que en cualquiera de los casos el proyecto es viable y que se debe aceptar ya que se estaría obteniendo ganancias.

No solamente se utilizó este criterio para saber si el proyecto es viable o no, si no que se calculó la TIR, la cual nos dice cuánto es lo mínimo que debemos exigirle al proyecto para cubrir el costo de la inversión, donde se obtiene que en los tres casos la TIR es mayor la TMAR por lo que proyecto se debe aceptar ya que se estará ganando más de lo mínimo establecido.

Sin embargo la mejor opción es el caso tres porque posee el mayor VPN y la más alta TIR, por lo que se estaría ganando más que en los otros casos. Además que el tiempo en que se recupera la inversión es de 4.2 años, mientras que para el caso 1 es de 4.6 año y el caso 2 es de 4.4 año.

Al suponer tres diferentes casos con el precio de las materias primas, se encuentra que para el caso 1 el precio de la kerosina es de 18.5 pesos, en el caso 2 de 16 pesos y para el caso 3 de 13.5 pesos, por lo que la mejor opción es el último caso ya que con este valor de la kerosina se podría competir con el producto procedente del petróleo.

En cualquiera de los tres casos el precio del producto es más barato que comparado con el precio de la bioturbosina, además no es necesario hacer ningún cambio al motor ni agregarle ningún aditivo para mejorar sus propiedades.

El sistema Kurata se debe implementar en México, porque de acuerdo al presente trabajo es viable invertir en el proyecto, así se lograría reducir la importación de kerosina en el país.

## 15.ANEXOS

### A. CRITERIOS DE DISEÑO.

Figura 8. Selección del tipo del agitador en función de la viscosidad y del volumen del tanque. [51]

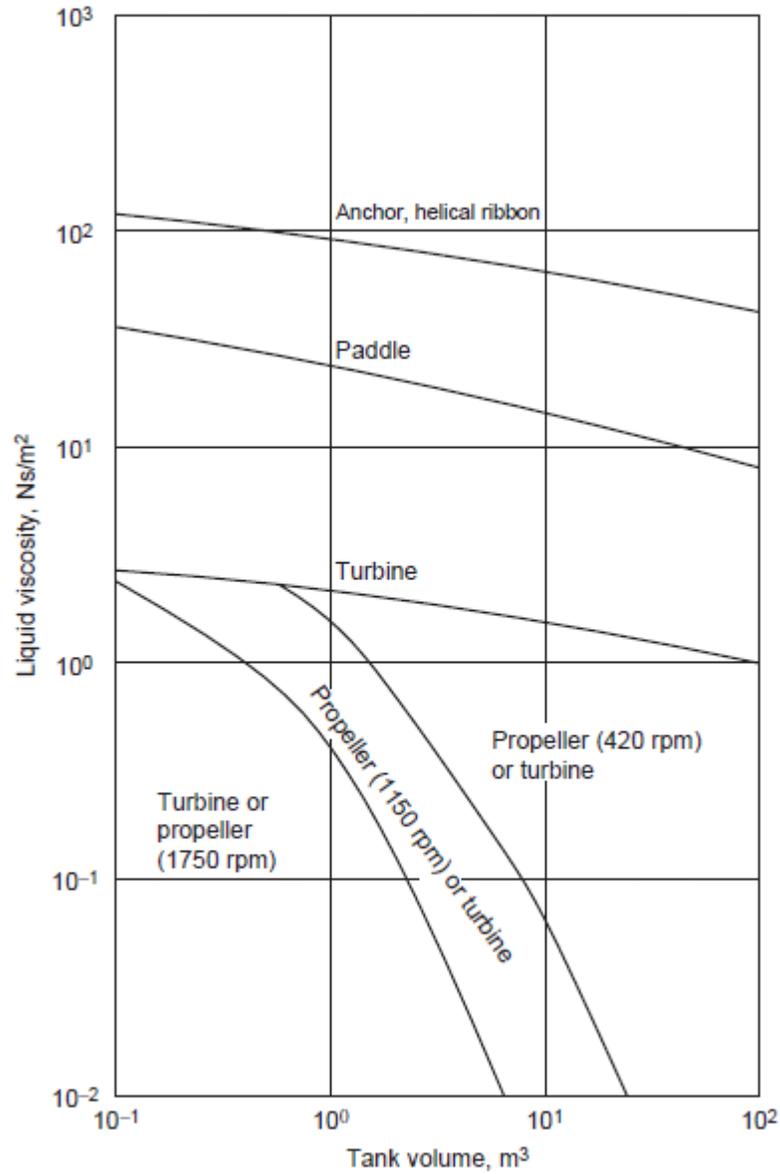


Tabla 39. Potencia y velocidad del agitador dependiendo de la operación. [39]

Operation	HP/1000 gal	Tip Speed (ft/sec)
Blending	0.2-0.5	
Homogeneous reaction	0.5-1 .5	7.5-10
Reaction with heat transfer	1.5-5.0	10-15
Liquid-liquid mixtures	5	15-20
Liquid-gas mixtures	5-10	15-20
Slurries	10	

Figura 9. Diseño típico del un tanque con agitador. [39]

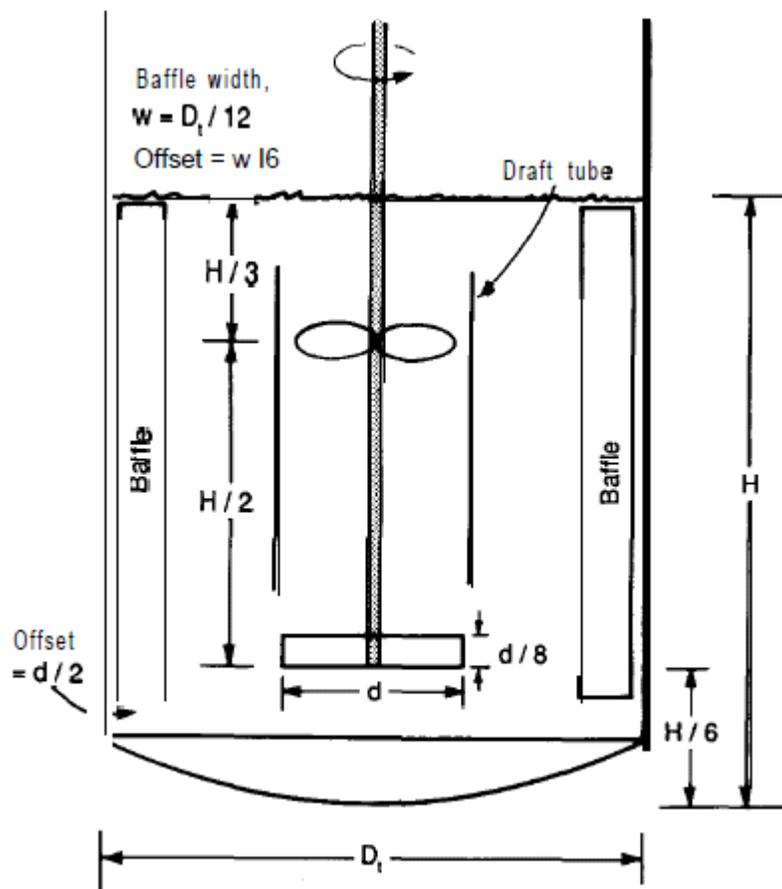


Tabla 40. Características de los diferentes equipos centrífugos.

	<i>Centrífuga</i>		<i>Centrífuga</i>	
	Sedimentación (disco, recipiente)	Transportador helicoidal (recipiente sólido)	Gas	Líquido
Fase continua	Líquido	Líquido	Gas	Líquido
Fase dispersa	Líquido o sólido	Sólido	Líquido o sólido	Líquido o sólido
Intervalo de tamaños. Longitud (m) Diámetro (m)	0.5-2.0 0.2-1.0	0.5-10 0.1-2.0	0.3-8	0.3-3.0
Intervalo de presión (bar) Caída de presión (kPa)	0.1-10	0.1-10	1-500	0.1-500  30-400
Fuerza centrífuga	<10 000 g	300 g -3000 g	<2500 g	< 250 g
Temperatura [°C]	-90 a 315	-90 a 315	-250 a 1000	
Tamaño de partícula de los sólidos separados Dp [μm]	>0.1	>0.1	>5 (80% de eficiencia)	>50
Concentración de la fase dispersa, w [% en peso], V [% de volumen]	<1	0-60		<20

Tabla 41. Características de los ventiladores centrífugos y axiales.

	Ventiladores			
	Centrifugo		Axial	
	Radial (rueda de	Curvado hacia atrás.	Tubo	Aleta.
Intervalo de presión absoluta (atm)	Cercana a 1	Cercana a 1	Cercana a 1	Cercana a 1
Presión diferencial máxima o relación de compresión por etapas.	15	10	1	5
Máximo de etapas por carcasa.				
Capacidad máxima del equipo de abastecimiento, $q'$ (std m <sup>3</sup> /s).	300	500	300	300
Eficiencia típica, $\eta$ (porcentaje).	65-70	75-80	60-65	60-70
<i>Costos relativos.</i>				Moderado.
Precio de compra.	Moderado.	Bajo.	Bajo.	Bajo.
Instalación.	Moderado.	Moderado.	Bajo.	Bajo.
Mantenimiento.	Bajo.	Bajo.	Bajo.	Moderado a
Servicios.	Moderado.	Bajo.	Moderado.	bajo.
<i>Compatibilidad.</i>				
Gases corrosivos.	C	C	C	C
Gases de gran temperatura.	C	C	C	D
<i>Gases con partículas.</i>				
Abrasivos.	A	C	D	D
Pegajosos.	B	D	E	E
Servicio al vacío.	X	X	X	X
Servicio de presión variable.	E	E	E	E
Servicio de capacidad variable.	A	A	A	A
<i>Materiales comunes de construcción.</i> Acero al carbón.	√	√	√	√
Acero inoxidable.	√	√	√	√
Plásticos.	√	√	√	√
Aleaciones especiales.	√	√	√	√
<i>Problemas de eficiencia.</i>				
Contaminantes de lubricantes.	A	A	A	A
Pulsaciones de flujo.	A	A	A	A
Ruido.	B	B	D	D
Vibraciones.	B	B	A	A
Peligro de explosión.	B	B	B	B
Otras ventajas o desventajas.	_b	_b	Se puede invertir fácilmente la dirección del flujo.	

CLAVE.

- A. Excelente o sin limitaciones.
- B. Limitaciones modestas.
- C. Unidades especiales disponibles a un costo mayor para reducir los problemas al mínimo.
- D. Limitado en este caso.
- E. Limitado intesamente en este aspecto.
- X. Inaceptable.
- \_b. "Fans and Fan Systems", Chemical Engineering, pág. 46-43, (marzo 24, 1983), de J. E. Thompson y C.J. Trickler.

Tabla 42. Velocidades y materiales recomendados. [43]

The velocities are suggestive only and are to be used to approximate line size as a starting point for pressure drop calculations.			The final line size should be such as to give an economical balance between pressure drop and reasonable velocity.		
Fluid	Suggested Trial Velocity	Pipe Material	Fluid	Suggested Trial Velocity	Pipe Material
Acetylene (Observe pressure limitations)	4000 fpm	Steel	Sodium Hydroxide	6 fps	Steel
Air, 0 to 30 psig	4000 fpm	Steel	0-30 Percent	5 fps	Steel and Nickel
Ammonia			30-50 Percent	4	Nickel
Liquid	6 fps	Steel	50-73 Percent		
Gas	6000 fpm	Steel	Sodium Chloride Sol'n.	5 fps	Steel
Benzene	6 fps	Steel	No Solids	(6 Min.-15 Max.)	Monel or nickel
Bromine			With Solids	7.5 fps	
Liquid	4 fps	Glass		6 fps	Steel
Gas	2000 fpm	Glass	Perchloroethylene		
Calcium Chloride	4 fps	Steel	Steam		
Carbon Tetrachloride	6 fps	Steel	0-30 psi Saturated*	4000-6000 fpm	Steel
Chlorine (Dry)			30-150 psi Saturated or superheated*		
Liquid	5 fps	Steel, Sch. 80	150 psi up superheated	6000-10000 fpm	
Gas	2000-5000 fpm	Steel, Sch. 80	*Short lines	6500-15000 fpm	
Chloroform				15,000 fpm (max.)	
Liquid	6 fps	Copper & Steel	Sulfuric Acid		
Gas	2000 fpm	Copper & Steel	88-93 Percent	4 fps	S. S.-316, Lead
Ethylene Gas	6000 fpm	Steel	93-100 Percent	4 fps	Cast Iron & Steel, Sch. 80
Ethylene Dibromide	4 fps	Glass			
Ethylene Dichloride	6 fps	Steel	Sulfur Dioxide	4000 fpm	Steel
Ethylene Glycol	6 fps	Steel	Styrene	6 fps	Steel
Hydrogen	4000 fpm	Steel	Trichlorethylene	6 fps	Steel
Hydrochloric Acid			Vinyl Chloride	6 fps	Steel
Liquid	5 fps	Rubber Lined	Vinylidene Chloride	6 fps	Steel
Gas	4000 fpm	R. L., Saran, Haveg	Water		
Methyl Chloride			Average service	3-8 (avg. 6) fps	Steel
Liquid	6 fps	Steel	Boiler feed	4-12 fps	Steel
Gas	4000 fpm	Steel	Pump suction lines	1-5 fps	Steel
Natural Gas	6000 fpm	Steel	Maximum economical (usual)	7-10 fps	Steel
Oils, lubricating	6 fps	Steel	Sea and brackish water, lined pipe		R. L., concrete, asphalt-line, saran-lined, transite
Oxygen (ambient temp.)	1800 fpm Max.	Steel (300 psig Max.)	Concrete	5-8 fps } 3 (Min.)	
(Low temp.)	4000 fpm	Type 304 SS			
Propylene Glycol	5 fps	Steel			

Note: R. L. = Rubber-lined steel.

## B. HOJAS DE DATOS PRELIMANAR DE EQUIPOS.

Planta:	Química	Área:	200
Lugar:	Cuatitlán Izcalli, Edo. De México	Cantidad:	1(Uno)
Clave:	A-201	Tamaño y modelo:	x
Servicio: Agitador de emulsión W/O			
Condiciones de operación			
Componentes	Flujo [kg/h]	Temperatura [°C]	Viscosidad [cP]
Aceites usados o gastados	7529	25	707
Agua	2031	25	0.995
Mezcla final (emulsión w/o)	9560	25	557
Mezclar <input type="checkbox"/>	Disolver <input type="checkbox"/>	Emulsificar <input checked="" type="checkbox"/>	
Agitación			
Ligera <input type="checkbox"/>	Mediana <input checked="" type="checkbox"/>	Fuerte <input type="checkbox"/>	
Formación de espuma	Si <input type="checkbox"/>	No <input checked="" type="checkbox"/>	
Operación durante el llenado	Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	
Construcción			
Montaje: Horizontal <input type="checkbox"/>	Vertical <input checked="" type="checkbox"/>		
Flecha			
Longitud	2634	mm	
Impulsor			
Diámetro	704	mm	
Sello: Mecánico <input checked="" type="checkbox"/>	Empaque <input type="checkbox"/>		
Aspas:			
Número:	4	Tipo:	Turbina
Accionador por:	Motor eléctrico		
Tipo de lubricación	x		
Montar en recipiente			
Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>		
Cerrado <input checked="" type="checkbox"/>	Abierto <input type="checkbox"/>		
Potencia:	16	HP	
Velocidad:	155	rpm	
Materiales			
Flecha	x	Sello mecánico	x
Impulsor	x	Empaque	x
		Brida de montaje	x
		Soporte	x
Motor			
Clave		Montado por:	x
hp	x	rpm	x
Volts	440	Fases	3
Factor de servicio	1.15	Ciclos	60
Notas			
x Por proveedor			

Planta: <u>Química</u>	Área: <u>200</u>			
Lugar: <u>Cuatitlán Izcalli, Edo. De México</u>	Cantidad: <u>1 (Uno)</u>			
Clave: <u>A-202</u>	Tamaño y modelo: <u>x</u>			
Servicio: <u>Agitador de residuos plásticos</u>				
Condiciones de operación				
Componentes	Flujo [kg/h]	Temperatura [°C]	Viscosidad [cP]	Densidad [kg/m <sup>3</sup> ]
Residuos plásticos (sólidos)	4566.2	25	200000	-
Residuos plásticos (fundidos)	4566.2	280	200000	850
Mezclar <input checked="" type="checkbox"/> Disolver <input type="checkbox"/> Emulsificar <input type="checkbox"/> Agitación: Ligera <input type="checkbox"/> Mediana <input type="checkbox"/> Fuerte <input checked="" type="checkbox"/> Formación de espuma    Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Operación durante el llenado    Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>				
Construcción				
Montaje: Horizontal <input type="checkbox"/> Vertical <input checked="" type="checkbox"/> Flecha Altura: <u>2845</u> mm Impulsor Diámetro <u>760</u> mm Sello: Mecánico <input checked="" type="checkbox"/> Empaque <input type="checkbox"/> Palas: Número: <u>3</u> Tipo: <u>Hélice</u> Accionador por: <u>Motor eléctrico</u> Tipo de lubricación <u>x</u> Montar en recipiente Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Cerrado <input checked="" type="checkbox"/> Abierto <input type="checkbox"/> Potencia: <u>26</u> HP Velocidad: <u>125</u> rpm				
Materiales				
Flecha <u>x</u>	Sello mecánico <u>x</u>	Brida de montaje <u>x</u>		
Impulsor <u>x</u>	Empaque <u>x</u>	Soporte <u>x</u>		
Motor				
Clave <u> </u>	Montado por: <u>x</u>			
hp <u>x</u>	rpm <u>x</u>			
Volts <u>440</u>	Fases <u>3</u>	Ciclos <u>60</u>		
Factor de servicio <u>1.15</u>				
Notas				
x Por proveedor				

Planta:	Química	Área:	300
Lugar:	Cuatitlán Izcalli, Edo. De México	Cantidad:	1(Uno)
Clave:	C-301	Tamaño y modelo:	x
Servicio:	Centrífuga de discos		

### Condiciones de operación

Servicio: Continuo

	Flujo [kg/h]	Viscosidad [cP]	Densidad [kg/m <sup>3</sup> ]
Entrada			
Queroseno y agua	18181.8	1.1751	889.6
Salida			
Queroseno	16665	1.2136	880
Agua	1517	0.7523	995

Presión.

Operación: 101.3 kPa      Diseño 101.3 kPa

Temperatura

Operación: 60 °C      Diseño 120 °C

### Construcción

Eficiencia: 99 %

Tipo de rotor: x

Disco.

Número: x      Diámetro x mm      Ángulo x

Espacio entre discos: x mm      Tamaño de orificios: x mm

Velocidad: x rpm

Tazón.

Diámetro de entrada: x mm      Diámetro de salida x mm

Longitud: x mm

### Materiales

Rotor: x      Engranajes: \_\_\_\_\_      Tazón: x

Tambor: \_\_\_\_\_      Discos: x      Otros: \_\_\_\_\_

### Motor

Clave \_\_\_\_\_      Montado por: x

hp x      rpm x

Volts 440      Fases 3      Ciclos 60

Factor de servicio 1.15

### Notas

x Por proveedor

Planta:	Química	Área:	300
Lugar:	Cuatitlán Izcalli, Edo. De México	Cantidad:	1 (Uno)
Clave:	CT-301	Tamaño y modelo:	x
Servicio: Torre de enfriamiento			
Condiciones de operación			
Flujo de agua:	Normal	1440 gpm	Máximo 2160 gpm
Temperatura de agua caliente		31 °C	Pérdidas por arrastre 0.20 %
Temperatura de agua fría		16 °C	Pérdidas por evaporación 0.85 %
Temperatura de bulbo húmedo		8 °C	Carga térmica a disipar x kcal/h
Temperatura de bulbo seco		5 °C	ΔT Máxima 15 °C
Condiciones del lugar de instalación			
Altitud		2252 m	Temp. Max. en verano 27 °C
Presión barométrica		586 mmHg	Temp. Max. en invierno 9 °C
Dirección de los vientos dominantes		Norte	Temp. Ambiente 16 °C
Velocidad del viento		3.7 kg/h	Zona sísmica B
Construcción			
No de celdas	x	Tipo de celdas	x Dimensiones de celda x
Altura estática de bombeo	x m	Tipo de boquilla	x
Altura total de la torre	x m	Entradas principales de agua	No x
Profundidad mínima de agua	x m	Diámetro	x mm Altura x mm
Altura sobre la pileta a nivel del piso	x m		
Materiales		Ventilador	
Almacén	x	Coraza	x
Relleno	x	Soporte	x
Pared:	Interna x	Externa	x
Divisores	x		
Eliminadores de arrastre	x		
Espaciadores	x		
Persianas	x		
Sistema de distribución	x		
Cubierta de ventilador	x		
Tornillos/Tuerca/Pernos	x		
Escaleras y barandales	x		
Boquillas	x		
Soportes para equipos mecánicos	x		
Pileta	x		
Conexiones estructurales	x		
		Tipo	x
		Número	x
		Fabricante/Modelo	x
		Número por celda	x
		Número de aspas	x
		Velocidad de máxima	x m/s
		Potencia al freno	x kW
		Presión estática total	x mmH <sub>2</sub> O
		Flujo de aire por ventilador	x m <sup>3</sup> /h
		Interruptor por paro por vibración	x
		Velocidad del rotor	x rpm
		Potencia del rotor	x kW
		Motor	x
		Material:	
		Maza	x
		Aspas	x
Notas			
x Por proveedor			

Planta:	Química	Area:	200
Lugar:	Cuatitlán Izcalli, Edo. De México	Cantidad:	1 (Uno)
Servicio:	Generador de Aire Caliente	Tamaño y modelo:	x
Clave:	GA-201	Cumplir con estándar:	ANSI

### Condiciones de Operación

Tipo de combustible:	Diesel y kerosina	Consumo:	131 l/h
Potencia térmica:	1096 kW		
Temperatura de los gases de combustión	400 °C		
Eficiencia térmica:	Alta		
Caudal de aire:	7636 m <sup>3</sup> /h		

### Construcción y Materiales

Combsutión:	Directa <input checked="" type="checkbox"/>	Indirecta <input type="checkbox"/>	
Relación de compresión:	12		
Quemador:	Diesel/kerosina		
Cámara de combustión:	Diesel/kerosina		
Combustible líquido.			
Brida:	x	Inyector:	x
Caño:	x	Rotador:	x
Junta: x			
Aire de atomización.			
Cuerpo:	x	Caño:	x
Junta:	x	Inyector:	x
Gas			
Cuerpo:		Caño:	
Junta:		Inyector:	
Aire de combustión.			
Cuerpo:	x	Junta:	x
Cabezal de combustión Acero inoxidable			
Motor acoplado a la turbina y a la bomba de combustible.			

### Motor

Clave		Montado por:	x	
hp:	3	rpm:	x	Factor de servicio: 1.2
Volts:	440	Fases:	3	Ciclos: 60

### Notas

x Por proveedor.

Planta:	Química	Area:	200
Lugar:	Cuatitlán Izcalli, Edo. De México	Cantidad:	1 (Uno)
Servicio:	Generador de Aire Caliente	Tamaño y modelo:	x
Clave:	GA-202	Cumplir con estándar:	ANSI

### Condiciones de Operación

Tipo de combustible:	Diesel/kerosina/propano	Consumo:	632 l/h
Potencia térmica:	4720 kW		
Temperatura de los gases de combustión	600 °C		
Eficiencia térmica:	Alta		
Caudal de aire:	16525 m <sup>3</sup> /h		

### Construcción y Materiales

Combsutión:	Directa <input checked="" type="checkbox"/>	Indirecta <input type="checkbox"/>	
Relación de compresión:	12		
Quemador:	Diesel/kerosina/propano		
Cámara de combustión:	Diesel/kerosina/propano		
Combustible líquido.			
Brida:	x	Inyector:	x
Caño:	x	Rotador:	x
Aire de atomización.			
Cuerpo:	x	Caño:	x
Junta:	x	Inyector:	x
Gas			
Cuerpo:	x	Caño:	x
Junta:	x	Inyector:	x
Aire de combustión.			
Cuerpo:	x	Junta:	x
Cabezal de combustión	Acero inoxidable		
Motor acoplado a la turbina y a la bomba de combustible.			

### Motor

Clave	Montado por:	x	
hp:	rpm:	x	Factor de servicio: 1.2
Volts:	Fases:	3	Ciclos: 60

### Notas

x Por proveedor.

Planta:	Química	Area:	200
Lugar:	Cuatitlán Izcalli, Edo. De México	Cantidad:	1 (Uno)
Servicio:	Generador de Aire Caliente	Tamaño y modelo:	x
Clave:	GA-203	Cumplir con estándar:	ANSI

### Condiciones de Operación

Tipo de combustible:	Diesel/kerosina/propano	Consumo:	542 l/h
Potencia térmica:	3648 kW		
Temperatura de los gases de combustión	600 °C		
Eficiencia térmica:	Alta		
Caudal de aire:	20154 m <sup>3</sup> /h		

### Construcción y Materiales

Combsutión:	Directa <input checked="" type="checkbox"/>	Indirecta <input type="checkbox"/>	
Relación de compresión:	12		
Quemador:	Diesel/kerosina/propano		
Cámara de combustión:	Diesel/kerosina/propano		
Combustible líquido.			
Brida:	x	Inyector:	x
Caño:	x	Rotador:	x
Junta: x			
Aire de atomización.			
Cuerpo:	x	Caño:	x
Junta:	x	Inyector:	x
Gas			
Cuerpo:	x	Caño:	x
Junta:	x	Inyector:	x
Aire de combustión.			
Cuerpo:	x	Junta:	x
Cabezal de combustión	Acero inoxidable		
Motor acoplado a la turbina y a la bomba de combustible.			

### Motor

Clave	Montado por:	x	
hp:	rpm:	x	Factor de servicio: 1.2
Volts:	Fases:	3	Ciclos: 60

### Notas

x Por proveedor.

Planta:	Química	Área:	100
Lugar:	Cuatitlán Izcalli, Edo. De México	Cantidad:	1 (Uno)
Servicio:	"Agua alcalina ionizada"	Tamaño y modelo:	x
Clave:	TA-101	Cumplir con estandar:	API-650

### Condiciones de Operación

Producto: "Agua alcalina ionizada"

Capacidad.

Diseño: 13.5 m<sup>3</sup> Operación: 11.8 m<sup>3</sup>

Temperatura

Diseño: 25 °C Operación: 25 °C

Presión.

Diseño: 1 atm Operación: 1 atm

Gravedad especifica: 0.999 a 25 °C

### Construcción

Dimensiones

Diámetro: 2273 mm Altura: 2841 mm Longitud: N/A mm

Posición

Horizontal  Vertical

Tipo de tapas:

Hemisférica  Toriesféricas  Cónico  Plana  Otros \_\_\_\_\_

Tipo de fondo

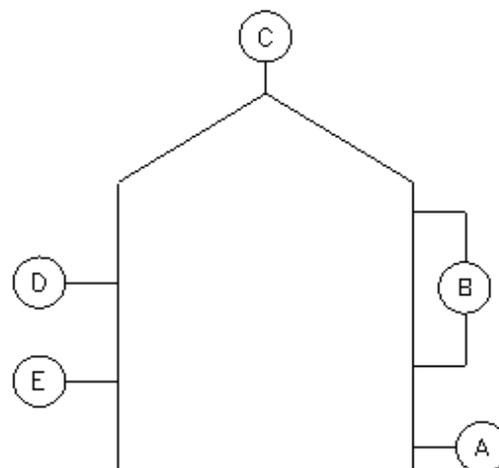
Hemisférica  Toriesféricas  Cónico  Plana  Otros \_\_\_\_\_

### Materiales

Cascara	x	Tapa	x	Fondo	x	Tuercas	x
Cuerpo	x	Placas	x	Tapas	x	Otros	_____
Techo	x	Tornillos	x	Bridas	x		

### Esquema

Boquilla	Diámetro	Descripción
A	2"	Salida de agua alcalina ionizada
B	1/2"	Transmisor de nivel
C	2"	Venteo tipo cuello de ganso
D	1/2"	Indicador de presión
E	1/2"	Indicador de temperatura



### Notas

x Por proveedor.  
N/A No aplica.

Planta: <u>Química</u>	Área: <u>100</u>
Lugar: <u>Cuatitlán Izcalli, Edo. De México</u>	Cantidad: <u>1 (Uno)</u>
Servicio: <u>Aceites gastados</u>	Tamaño y modelo: <u>x</u>
Clave: <u>TA-102</u>	Cumplir con estandar: <u>API-650</u>

### Condiciones de Operación

Producto: Aceites gastados

Capacidad.

Diseño: 31.3 m<sup>3</sup> Operación: 27.2 m<sup>3</sup>

Temperatura

Diseño: 25 °C Operación: 25 °C

Presión.

Diseño: 1 atm Operación: 1 atm

Gravedad especifica: 0.996 a 25 °C

### Construcción

Dimensiones

Diámetro: 3006 mm Altura: 3758 mm Longitud: N/A mm

Posición

Horizontal  Vertical

Tipo de tapas:

Hemisférica  Toriesféricas  Cónico  Plana  Otros \_\_\_\_\_

Tipo de fondo

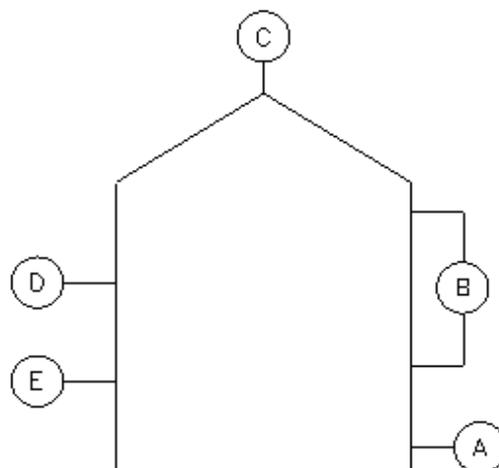
Hemisférica  Toriesféricas  Cónico  Plana  Otros \_\_\_\_\_

### Materiales

Cascara	<u>x</u>	Tapa	<u>x</u>	Fondo	<u>x</u>	Tuercas	<u>x</u>
Cuerpo	<u>x</u>	Placas	<u>x</u>	Tapas	<u>x</u>	Otros	_____
Techo	<u>x</u>	Tornillos	<u>x</u>	Bridas	<u>x</u>		

### Esquema

Boquilla	Diámetro	Descripción
A	2"	Salida de aceite usados
B	1/2"	Transmisor de nivel
C	2"	Ventoe tipo cuello de ganso
D	1/2"	Indicador de presión
E	1/2"	Indicador de temperatura



### Notas

x Por proveedor.  
N/A No aplica.

Planta: <u>Química</u>	Área: <u>100</u>
Lugar: <u>Cuatitlán Izcalli, Edo. De México</u>	Cantidad: <u>1 (Uno)</u>
Servicio: <u>Diesel</u>	Tamaño y modelo: <u>x</u>
Clave: <u>TA-103</u>	Cumplir con estandar: <u>API-650</u>

### Condiciones de Operación

Producto: Diesel

Capacidad.

Diseño: 4.78 m<sup>3</sup> Operación: 4.15 m<sup>3</sup>

Temperatura

Diseño: 25 °C Operación: 25 °C

Presión.

Diseño: 1 atm Operación: 1 atm

Gravedad especifica: 0.880 a 25 °C

### Construcción

Dimensiones

Diámetro: 1607 mm Altura: 2008 mm Longitud: N/A mm

Posición

Horizontal  Vertical

Tipo de tapas:

Hemisférica  Toriesféricas  Cónico  Plana  Otros \_\_\_\_\_

Tipo de fondo

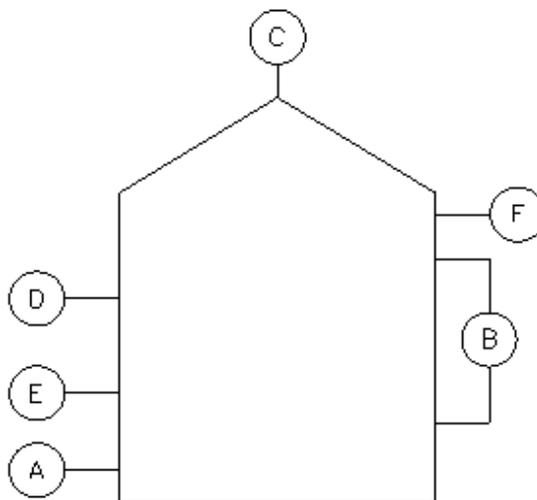
Hemisférica  Toriesféricas  Cónico  Plana  Otros \_\_\_\_\_

### Materiales

Cascara	<u>x</u>	Tapa	<u>x</u>	Fondo	<u>x</u>	Tuercas	<u>x</u>
Cuerpo	<u>x</u>	Placas	<u>x</u>	Tapas	<u>x</u>	Otros	_____
Techo	<u>x</u>	Tornillos	<u>x</u>	Bridas	<u>x</u>		

### Esquema

Boquilla	Diámetro	Descripción
A	1 1/4"	Salida de diesel
B	1/2"	Transmisor de nivel
C	1"	Venteo tipo cuello de ganso
D	1/2"	Indicador de presión
E	1/2"	Indicador de temperatura
F	1"	Cámara de espuma



### Notas

x Por proveedor.  
N/A No aplica.

Planta:	Química	Área:	100
Lugar:	Cuatitlán Izcalli, Edo. De México	Cantidad:	1 (Uno)
Servicio:	Aceite ligero	Tamaño y modelo:	x
Clave:	TA-104	Cumplir con estandar:	API-650

### Condiciones de Operación

Producto: Aceite ligero

Capacidad.

Diseño: 37.1 m<sup>3</sup> Operación: 30.9 m<sup>3</sup>

Temperatura

Diseño: 25 °C Operación: 25 °C

Presión.

Diseño: 1 atm Operación: 1 atm

Gravedad especifica: 0.770 a 25 °C

### Construcción

Dimensiones

Diámetro: 3182 mm Altura: 3977 mm Longitud: N/A mm

Posición

Horizontal  Vertical

Tipo de tapas:

Hemisférica  Toriesféricas  Cónico  Plana  Otros \_\_\_\_\_

Tipo de fondo

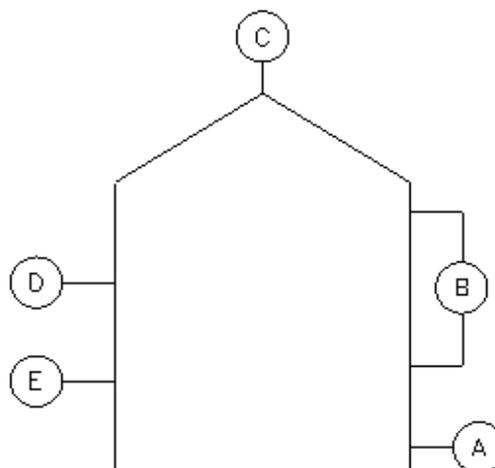
Hemisférica  Toriesféricas  Cónico  Plana  Otros \_\_\_\_\_

### Materiales

Cascara	<u>x</u>	Tapa	<u>x</u>	Fondo	<u>x</u>	Tuercas	<u>x</u>
Cuerpo	<u>x</u>	Placas	<u>x</u>	Tapas	<u>x</u>	Otros	_____
Techo	<u>x</u>	Tornillos	<u>x</u>	Bridas	<u>x</u>		

### Esquema

Boquilla	Diámetro	Descripción
A	2"	Salida de aceite ligero
B	1/2"	Transmisor de nivel
C	1"	Venteo tipo cuello de ganso
D	1/2"	Indicador de presión
E	1/2"	Indicador de temperatura



### Notas

x Por proveedor.  
N/A No aplica.

Planta:	Química	Área:	100
Lugar:	Cuatitlán Izcalli, Edo. De México	Cantidad:	1 (Uno)
Servicio:	Agua residual	Tamaño y modelo:	x
Clave:	TA-301	Cumplir con estandar:	API-650

### Condiciones de Operación

Producto: Agua residual

Capacidad.

Diseño: 6.6 m<sup>3</sup> Operación: 5.7 m<sup>3</sup>

Temperatura

Diseño: 120 °C Operación: 60 °C

Presión.

Diseño: 1 atm Operación: 1 atm

Gravedad especifica: 0.950 a 25 °C

### Construcción

Dimensiones

Diámetro: 1790 mm Altura: 2238 mm Longitud: N/A mm

Posición

Horizontal  Vertical

Tipo de tapas:

Hemisférica  Toriesféricas  Cónico  Plana  Otros \_\_\_\_\_

Tipo de fondo

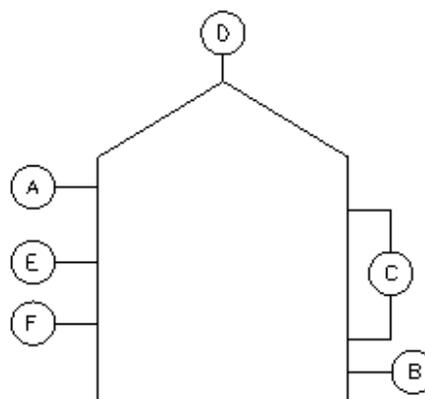
Hemisférica  Toriesféricas  Cónico  Plana  Otros \_\_\_\_\_

### Materiales

Cascara	<u>x</u>	Tapa	<u>x</u>	Fondo	<u>x</u>	Tuercas	<u>x</u>
Cuerpo	<u>x</u>	Placas	<u>x</u>	Tapas	<u>x</u>	Otros	_____
Techo	<u>x</u>	Tornillos	<u>x</u>	Bridas	<u>x</u>		

### Esquema

Boquilla	Diámetro	Descripción
A	3"	Entrada de agua residual
B	3"	Salida de agua residual
C	1/2"	Transmisor de nivel
D	1"	Venteo tipo cuello de ganso
E	1/2"	Indicador de presión
F	1/2"	Indicador de temperatura



### Notas

x Por proveedor.  
N/A No aplica.

Planta: <u>Química</u>	Área: <u>300</u>
Lugar: <u>Cuatitlán Izcalli, Edo. De México</u>	Cantidad: <u>1 (Uno)</u>
Servicio: <u>Almacenamiento de Kerosina</u>	Tamaño y modelo: <u>x</u>
Clave: <u>TA-401</u>	Cumplir con estandar: <u>API-650</u>

### Condiciones de Operación

Producto: Queroseno

Capacidad.

Diseño: 84.1 m<sup>3</sup>      Operación: 73.2 m<sup>3</sup>

Temperatura

Diseño: 120 °C      Operación: 60 °C

Presión.

Diseño: 1 atm      Operación: 1 atm

Gravedad específica: 0.820 a 60 °C

### Construcción

Dimensiones

Diámetro: 4180 mm      Altura: 5225 mm      Longitud: N/A mm

Posición

Horizontal       Vertical

Tipo de tapas:

Hemisférica       Toriesféricas       Cónico       Plana       Otros \_\_\_\_\_

Tipo de fondo

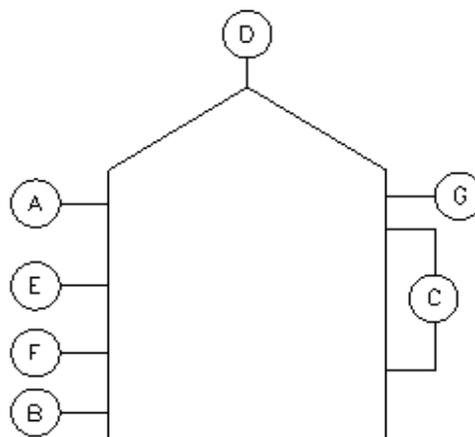
Hemisférica       Toriesféricas       Cónico       Plana       Otros \_\_\_\_\_

### Materiales

Cascara	<u>x</u>	Tapa	<u>x</u>	Fondo	<u>x</u>	Tuercas	<u>x</u>
Cuerpo	<u>x</u>	Placas	<u>x</u>	Tapas	<u>x</u>	Otros	_____
Techo	<u>x</u>	Tornillos	<u>x</u>	Bridas	<u>x</u>		

### Esquema

Boquilla	Diámetro	Descripción
A	3"	Entrada de kerosina
B	1 1/4"	Salidad de kerosina
C	1/2"	Transmisor de nivel
D	1"	Venteo tipo cuello de ganso
E	1/2"	Indicador de presión
F	1/2"	Indicador de temperatura
G	1"	Cámara de espuma



### Notas

x Por proveedor.  
N/A No aplica.

Planta: <u>Química</u>	Área: <u>200</u>
Lugar: <u>Cuatitlán Izcalli, Edo. De México</u>	Cantidad: <u>1 (Uno)</u>
Servicio: <u>Tanque de mezclado</u>	Tamaño y modelo: <u>x</u>
Clave: <u>TC-201</u>	Cumplir con estandar: <u>API-650</u>

### Condiciones de Operación

Producto: Emulsión W/O

Capacidad.

Diseño: 9.23 m<sup>3</sup>      Operación: 7.69 m<sup>3</sup>

Temperatura

Diseño: 25 °C      Operación: 25 °C

Presión.

Diseño: 1 atm      Operación: 1 atm

Gravedad específica: 2.240 a 25 °C

### Construcción

Dimensiones

Diámetro: 1757 mm      Altura: 2635 mm      Longitud: N/A mm

Posición

Horizontal       Vertical

Tipo de tapas:

Hemisférica       Toriesféricas       Cónico       Plana       Otros: \_\_\_\_\_

Tipo de fondo

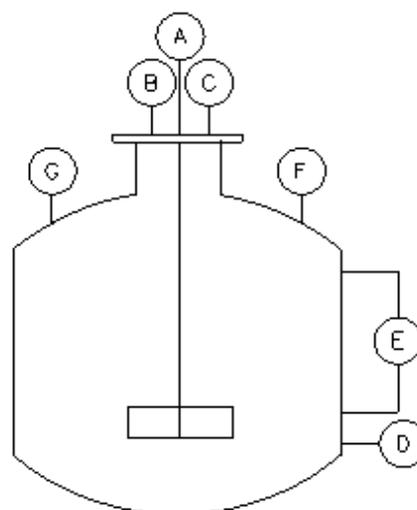
Hemisférica       Toriesféricas       Cónico       Plana       Otros: \_\_\_\_\_

### Materiales

Cascara	<u>x</u>	Tapas	<u>x</u>	Fondo	<u>x</u>	Tuercas	<u>x</u>
Cuerpo	<u>x</u>	Escalera	<u>x</u>	Bridas	<u>x</u>	Placas	<u>x</u>
Techo	_____	Tornillos	<u>x</u>	Otros	_____		

### Esquema

Boquilla	Diámetro	Descripción
A	X	Agitador
B	1 1/2"	Entrada de aceites usados
C	1 1/2"	Entrada de agua alcalina ionizada
D	2"	Salida de emulsión W/O
E	1/2"	Transmisor de nivel
F	1/2"	Indicador de presión
G	1/2"	Indicador de temperatura



### Notas

x Por proveedor

Planta:	Química	Área:	200
Lugar:	Cuatitlán Izcalli, Edo. De México	Cantidad:	1 (Uno)
Servicio:	Tanque de fusión	Tamaño y modelo:	x
Clave:	TF-201	Cumplir con estandar:	API-650

### Condiciones de Operación

Producto:	Residuos plásticos fundidos		
Capacidad.			
Diseño:	11.1	m <sup>3</sup>	Operación: 9.7 m <sup>3</sup>
Temperatura			
Diseño:	330	°C	Operación: 280 °C
Presión.			
Diseño:	1	atm	Operación: 1 atm
Gravedad específica:	0.850	a	280 °C

### Construcción

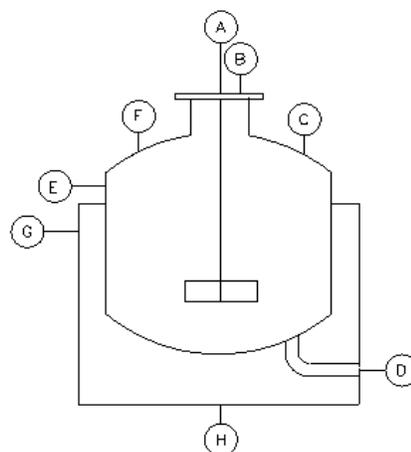
Dimensiones			
Diámetro:	1896	mm	Altura: 2844 mm Longitud: N/A mm
Posición			
Horizontal	<input type="checkbox"/>	Vertical	<input checked="" type="checkbox"/>
Tipo de tapas:			
Hemisférica	<input type="checkbox"/>	Toriesféricas	<input checked="" type="checkbox"/>
Cónico	<input type="checkbox"/>	Plana	<input type="checkbox"/>
Otros:			
Tipo de fondo			
Hemisférica	<input type="checkbox"/>	Toriesféricas	<input checked="" type="checkbox"/>
Cónico	<input type="checkbox"/>	Plana	<input type="checkbox"/>
Otros:			
Chaqueta			
Diámetro:	x	mm	
Temperatura de gases:	Entrada	400 °C	Salida 70 °C
Coeficiente de transferencia de calor total: _____ kJ/ m <sup>2</sup> s °K			
Caída de presión:	14.8	mmH <sub>2</sub> O	Corrosión por: Gases de combustión

### Materiales

Cascara:	x	Tapa:	x	Fondo:	x	Tuercas:	x
Cuerpo:	x	Escalera:	x	Tapas:	x	Placas:	x
Techo:	x	Tornillos:	x	Bridas:	x	Otros:	Chaqueta

### Esquema

Boquilla	Diámetro	Descripción
A	X	Agitador
B	X	Entrada de residuos plásticos
C	1/2"	Transmisor de nivel
D	2"	Salida de residuos plásticos fundidos
E	1/2"	Indicador de presión
F	1/2"	Controlador indicador de temperatura
G	6"	Salida de gases de combustión
H	6"	Entrada de gases de combustión



### Notas

x Por proveedor

Planta: <u>Química</u>	Área: <u>200</u>
Lugar: <u>Cuatitlán Izcalli, Edo. De México</u>	Cantidad: <u>1(Uno)</u>
Clave: <u>TD-201 y TR-201</u>	Tamaño y modelo: <u>x</u>
Servicio: <u>Reactor de aceites gastados</u>	

**Condiciones de operación**

	Flujo [kg/h]	Temperatura [°C]	Viscosidad [cP]	Densidad [kg/m <sup>3</sup> ]
<b>Entrada</b>				
Aceites gastados	7534.2	280	707	996
Aceite ligero	4117.8	25	1.2136	820
Agua alcalina ionizada	2023.3	25	1.3518	2240
<b>Salida</b>				
Petróleo refinado	13549.7	275		

Capacidad.

Diseño:	<u>17.9</u> m <sup>3</sup>	Operación:	<u>15.5</u> m <sup>3</sup>
Temperatura			
Diseño:	<u>500</u> °C	Operación:	<u>400</u> °C
Presión.			
Diseño:	<u>1.3</u> atm	Operación:	<u>1.3</u> atm

**Construcción y materiales**

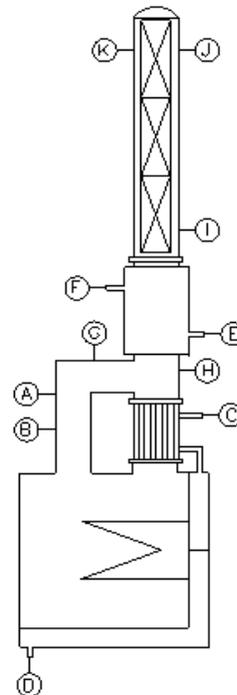
Tubos delgados de transferencia de calor en forma de U, con diferentes coeficientes de expansión térmica.

Hecho de acero inoxidable.

Material térmico refractario para la pared interna de la sección de calentamiento.

**Esquema**

Boquilla	Diámetro	Descripción
A	2"	Entrada de emulsion W/O
B	1 1/2"	Entrada de aceite ligero
C	8"	Entrada de gases de combustion
D	8"	Salida de gases de combustion
E	6"	Entrada de gases de combustion
F	6"	Salida de gases de combustion
G	1/2"	Indicador de presion
H	1/2"	Controlador indicador de temp.
I	1/2"	Transmisor de temperatura
J	1/2"	Transmisor de temperatura
K	1/2"	Transmisor de presion



**Notas**

Planta: <u>Química</u>	Área: <u>200</u>
Lugar: <u>Cuatitlán Izcalli, Edo. De México</u>	Cantidad: <u>1(Una)</u>
Clave: <u>TD-202 y TR-202</u>	Tamaño y modelo: <u>x</u>
Servicio: <u>Reactor de los residuos plasticos</u>	

**Condiciones de operación**

	Flujo [kg/h]	Temperatura [°C]	Viscosidad [cP]	Densidad [kg/m <sup>3</sup> ]
<b>Entrada</b>				
Plásticos fundidos	4566	280	200 000	2800
Aceite ligero	2496	25	1.2136	820
Agua alcalina ionizada	1232	25	1.3518	2240
<b>Salida</b>				
Petróleo refinado	8209	275		

Capacidad.

Diseño: <u>10.8</u> m <sup>3</sup>	Operación: <u>9.4</u> m <sup>3</sup>
Temperatura	
Diseño: <u>500</u> °C	Operación: <u>400</u> °C
Presión.	
Diseño: <u>1.3</u> atm	Operación: <u>1.3</u> atm

**Construcción y materiales**

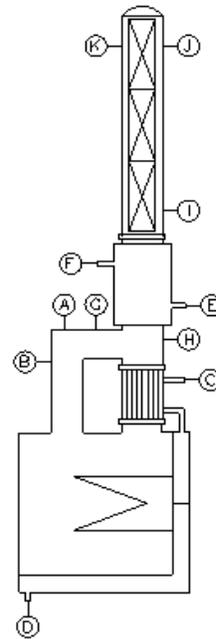
Tubos delgados de transferencia de calor en forma de U, con diferentes coeficientes de expansión térmica.

Hecho de acero inoxidable.

Material térmico refractario para la pared interna de la sección de calentamiento.

**Esquema**

Boquilla	Diámetro	Descripción
A	2"	Entrada de residuos plásticos liq.
B	2"	Entrada de emulsión W/O
C	8"	Entrada de gases de combustión
D	8"	Salida de gases de combustión
E	6"	Entrada de gases de combustión
F	6"	Salida de gases de combustión
G	1/2"	Indicador de presión
H	1/2"	Controlador indicador de temp.
I	1/2"	Transmisor de temperatura
J	1/2"	Transmisor de temperatura
K	1/2"	Transmisor de presión



**Notas**

### C. BALANCES DE MATERIA Y ENERGIA.

Tabla 43. Balances de materia y energía I.

CORRIENTE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PROPIEDADES										
ACEITE LIGERO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ACEITE USADO	-	-	-	0.9772	0.7696	-	-	-	-	-
AGUA	-	0.2124	0.0782	-	0.2124	0.0926	0.0872	0.0813	0.0834	-
DIESEL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DIÓXIDO DE CARBONO	-	-	0.0878	-	-	0.0660	0.0742	0.0130	-	-
DIÓXIDO DE AZUFRE	-	-	-	-	-	0.0061	0.0038	0.0007	-	-
GASES NO CONDENSABLES	-	-	0.0664	-	-	0.0705	0.0689	0.0121	-	-
NITROGENO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
QUEROSENO	-	-	0.7676	-	-	0.7649	0.7659	0.8930	0.9166	1
OXÍGENO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RESIDUOS DEL ALTO PUNTO DE EBULLICIÓN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RESIDUOS PLÁSTICOS	1	0.7876	-	-	-	-	-	-	-	-
SULFURO	-	-	-	0.0228	-	-	-	-	-	-
FLUJO [kg/h]	4566.2	4566.2	8209.0	7534.2	9566.6	13549.7	21758.7	18661.4	18181.8	16664.6
TEMPERATURA [°C]	25	280	275	25	25	275	275	60	60	60
PRESIÓN ABSOLUTA [kg/cm <sup>2</sup> ]	1.03	1.03	1.03	1.48	2.07	1.40	1.40	1.10	1.33	1.50

Nota: Fracción en peso

Tabla 44. Balances de materia y energía II.

CORRIENTE	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
PROPIEDADES										
ACEITE LIGERO	-	-	-	-	1	1	1	0.6695	-	-
ACEITE USADO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AGUA	-	1	1	1	-	-	-	-	-	0.1060
DIESEL	-	-	-	-	-	-	-	0.330	-	-
DIÓXIDO DE CARBONO	-	-	-	-	-	-	-	-	0.5049	0.4513
DIÓXIDO DE AZUFRE	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0260	0.0232
GASES NO CONDENSABLES	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4692	0.4194
NITROGENO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
QUEROSENO	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OXÍGENO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RESIDUOS DEL ALTO PUNTO DE EBULLICIÓN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RESIDUOS PLÁSTICOS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SULFURO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FLUJO [kg/h]	1015.6	3264.0	2032.3	1231.7	6613.5	4117.8	2495.6	3727.4	479.6	3576.9
TEMPERATURA [°C]	60	25	25	25	25	25	25	25	60	60
PRESIÓN ABSOLUTA [kg/cm <sup>2</sup> ]	2.30	5.11	5.11	5.11	3.04	3.04	3.04	3.50	1.10	1.10

Nota: Fracción en peso

Tabla 45. Balances de materia y energía III.

CORRIENTE	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
PROPIEDADES										
ACEITE LIGERO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ACEITE USADO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AGUA	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-
DIESEL	-	-	-	-	1	1	1	1	-	-
DIÓXIDO DE CARBONO	0.5049	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DIÓXIDO DE AZUFRE	0.0232	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GASES NO CONDENSABLES	0.4194	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NITROGENO	-	-	-	-	-	-	-	-	0.7669	0.7669
QUEROSENO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OXÍGENO	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2331	0.2331
RESIDUOS DEL ALTO PUNTO DE EBULLICIÓN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RESIDUOS PLÁSTICOS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SULFURO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FLUJO [kg/h]	3197.6	1517.2	379.3	1896.6	1015.6	407.5	111.1	497.0	8909.6	7001.1
TEMPERATURA [°C]	60	60	60	60	25	25	25	25	80	80
PRESIÓN ABSOLUTA [kg/cm <sup>2</sup> ]	1.10	1.3	1.50	2.22	2.26	2.26	2.26	2.26	1.20	1.20

Nota: Fracción en peso.

Tabla 46. Balances de materia y energía IV.

CORRIENTE	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
PROPIEDADES										
ACEITE LIGERO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ACEITE USADO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AGUA	-	0.0757	0.0757	0.0757	0.0757	0.0757	-	0.0757	0.0757	0.0757
DIESEL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DIÓXIDO DE CARBONO	-	0.1708	0.1708	0.1708	0.1708	0.1708	-	0.1708	0.1708	0.1708
DIÓXIDO DE AZUFRE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GASES NO CONDENSABLES	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NITROGENO	0.7669	0.7247	0.7247	0.7247	0.7247	0.7247	0.7669	0.7247	0.7247	0.7247
QUEROSENO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OXÍGENO	0.2331	0.0287	0.0287	0.0287	0.0287	0.0287	0.2331	0.0287	0.0287	0.0287
RESIDUOS DEL ALTO PUNTO DE EBULLICIÓN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RESIDUOS PLÁSTICOS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SULFURO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FLUJO [kg/h]	1908.6	7408.6	7408.6	7408.6	2019.7	2019.7	8539.1	9036.1	9036.1	9036.1
TEMPERATURA [°C]	80	600	100	100	400	70	80	600	100	100
PRESIÓN ABSOLUTA [kg/cm <sup>2</sup> ]	1.20	1.10	1.08	1.04	1.10	1.04	1.20	1.1	1.08	1.04

Nota: Fracción en peso.

Tabla 47. Balances de materia y energía V.

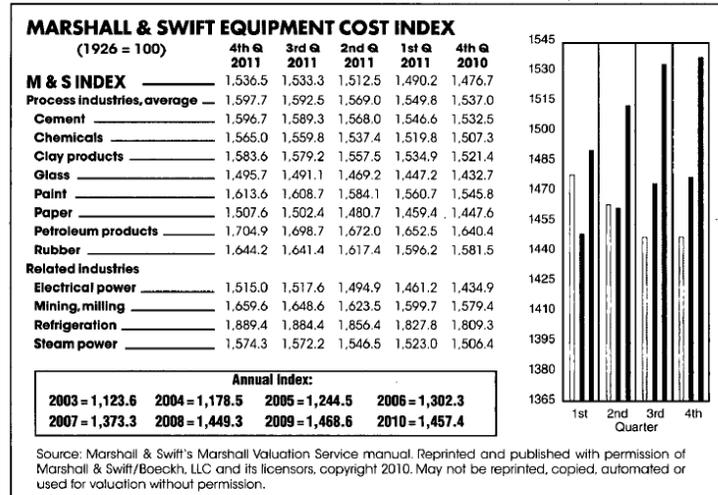
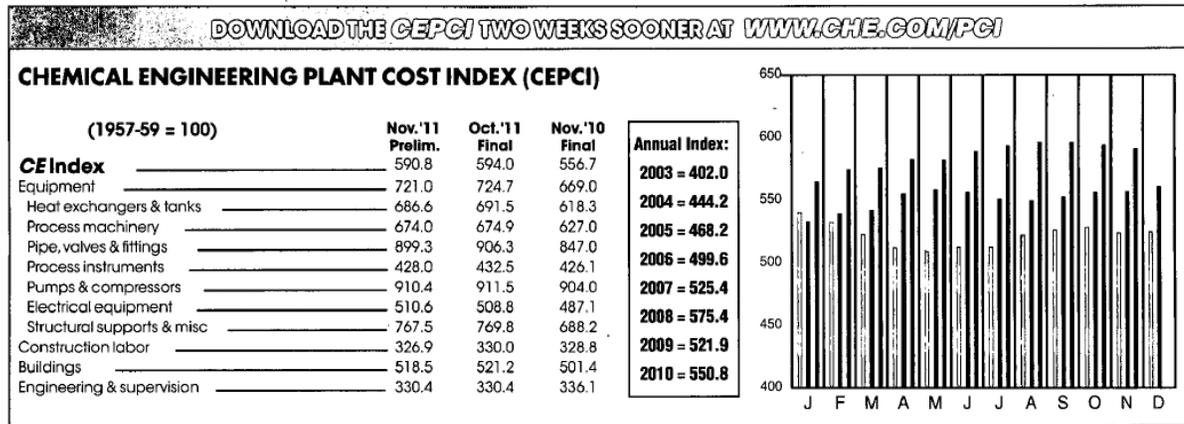
CORRIENTE	41	42	43	44	45	46
PROPIEDADES						
ACEITE LIGERO	-	-	-	-	-	-
ACEITE USADO	-	-	-	-	-	-
AGUA	1	1	1	1	-	-
DIESEL	-	-	-	-	-	-
DIÓXIDO DE CARBONO	-	-	-	-	-	-
DIÓXIDO DE AZUFRE	-	-	-	-	-	-
GASES NO CONDENSABLES	-	-	-	-	-	-
NITROGENO	-	-	-	-	-	-
QUEROSENO	-	-	-	-	-	-
OXÍGENO	-	-	-	-	-	-
RESIDUOS DEL ALTO PUNTO DE EBULLICIÓN	-	-	-	-	1	1
RESIDUOS PLÁSTICOS	-	-	-	-	-	-
SULFURO	-	-	-	-	-	-
FLUJO [kg/h]	15191.8	1630.6	543391.3	543391.3	134.8	84.6
TEMPERATURA [°C]	25	25	16	31	450	450
PRESIÓN ABSOLUTA [kg/cm <sup>2</sup> ]	1.10	1.03	3.93	3.23	2.09	2.07

Nota: Fracción en peso.





## E. INDICADORES ECONÓMICOS.



## F. CARGOS FIJOS

Tabla 48. Depreciación y amortización I.

Concepto	%	Costo total [Pesos]	Periodo [año]				
			1	2	3	4	5
<i>Depreciación</i>							
Terreno	0	4,705,800					
Equipo de proceso	8	74,210,643	5,936,851	5,936,851	5,936,851	5,936,851	5,936,851
<i>Amortización</i>							
Patente	10	31,844,661	3,184,466	3,184,466	3,184,466	3,184,466	3,184,466
Instalación de equipos.	8	19,789,505	1,583,160	1,583,160	1,583,160	1,583,160	1,583,160
Instalaciones eléctricas.	10	14,842,129	1,484,213	1,484,213	1,484,213	1,484,213	1,484,213
Instalación de servicios.	10	29,684,257	2,968,426	2,968,426	2,968,426	2,968,426	2,968,426
Gastos de puesta en marcha.	10	25,904,925	2,590,493	2,590,493	2,590,493	2,590,493	2,590,493
<b>Total</b>			<b>17,747,609</b>	<b>17,747,609</b>	<b>17,747,609</b>	<b>17,747,609</b>	<b>17,747,609</b>

Se consideró que la vida útil de todos los conceptos de amortización y depreciación es de 10 años. El método que se utilizó es el de línea recta supone que durante la vida útil se va depreciar o amortizar el mismo valor por ejemplo:

Depreciación del equipo de proceso de la planta de kerosina.

Costo total = 74, 210, 643 pesos

Primer año =  $[0.05] \times [74, 210, 643 \text{ pesos}]$

Primer año = 5, 936, 851 pesos

Al final de su vida útil se hace un corte artificial que es valor de salvamento, el cual se calcula de la siguiente manera:

Depreciación =  $10 \times [5, 936, 851 \text{ pesos}] = 59, 368, 510 \text{ pesos}$

Valor de salvamento =  $74, 210, 643 \text{ pesos} - 59, 368, 510 \text{ pesos} = 14, 842, 129 \text{ pesos}$

Tabla 49. Depreciación y amortización II.

Concepto	Periodo [año]					Valor de salvamento [VS]
	6	7	8	9	10	
<i>Depreciación</i>						
Terreno						4,705,800
Equipo de proceso	5,936,851	5,936,851	5,936,851	5,936,851	5,936,851	14,842,129
<i>Amortización</i>						
Patente	3,184,466	3,184,466	3,184,466	3,184,466	3,184,466	0
Instalación de equipos.	1,583,160	1,583,160	1,583,160	1,583,160	1,583,160	3,957,901
Instalaciones eléctricas.	1,484,213	1,484,213	1,484,213	1,484,213	1,484,213	0
Instalación de servicios.	2,968,426	2,968,426	2,968,426	2,968,426	2,968,426	0
Gastos de puesta en marcha.	2,590,493	2,590,493	2,590,493	2,590,493	2,590,493	0
<b>Total</b>	<b>17,747,609</b>	<b>17,747,609</b>	<b>17,747,609</b>	<b>17,747,609</b>	<b>17,747,609</b>	<b>23,505,829</b>

## G. FLUJO DE EFECTIVO NETO.

Calculo del Flujo Efectivo Neto. [48]

La planta de kerosina procesa 106, 000 ton/año de residuos, lo que equivale a una producción 95, 400 ton/año del producto.

$$Producción = \left[ 95400 \frac{ton}{año} \right] \left[ \frac{1000 kg}{1 ton} \right] \left[ \frac{0.88 L}{1 kg} \right] = 8.3952 \times 10^7 L/año$$

$$Ingresos = 8.3952 \times 10^7 \frac{L}{año} \left[ \frac{18.5 pesos}{1 L} \right] = 1,553,112,000 pesos$$

Utilidad antes de impuestos = 1, 553, 112, 000 pesos - 1, 407, 628, 760 pesos = 145, 483, 240 pesos

Impuestos = [0.47] \* [145, 483, 240 pesos] = 68, 377, 123 pesos

Utilidad después de impuestos = 83, 894, 500 pesos - 39, 698, 384 pesos = 77, 106, 117 pesos

Flujo de Efectivo Neto = 16, 512, 412 pesos + 54, 858, 837 pesos = 93, 618, 529 pesos

Tabla 50. Flujo de Efectivo Neto I, caso 1.

Concepto	Periodo [año]				
	1	2	3	4	5
Ingresos [pesos]	1,553,112,000	1,553,112,000	1,553,112,000	1,553,112,000	1,553,112,000
Costo total del producto [pesos]	1,407,628,760	1,407,628,760	1,407,628,760	1,407,628,760	1,407,628,760
Utilidad antes de impuestos [UAI]	145,483,240	145,483,240	145,483,240	145,483,240	145,483,240
Impuestos 47% [pesos]	68,377,123	68,377,123	68,377,123	68,377,123	68,377,123
Utilidad después de impuestos [UDI]	77,106,117	77,106,117	77,106,117	77,106,117	77,106,117
Depreciación y amortización	16,512,412	16,512,412	16,512,412	16,512,412	16,512,412
Flujo de Efectivo Neto	93,618,529	93,618,529	93,618,529	93,618,529	93,618,529

Tabla 51. Flujo de Efectivo Neto II, caso 1.

Concepto	Periodo [año]				
	6	7	8	9	10
Ingresos [pesos]	1,553,112,000	1,553,112,000	1,553,112,000	1,553,112,000	1,553,112,000
Costo total del producto [pesos]	1,407,628,760	1,407,628,760	1,407,628,760	1,407,628,760	1,407,628,760
Utilidad antes de impuestos [UAI]	145,483,240	145,483,240	145,483,240	145,483,240	145,483,240
Impuestos 47% [pesos]	68,377,123	68,377,123	68,377,123	68,377,123	68,377,123
Utilidad después de impuestos [UDI]	77,106,117	77,106,117	77,106,117	77,106,117	77,106,117
Depreciación y amortización	16,512,412	16,512,412	16,512,412	16,512,412	16,512,412
Flujo de Efectivo Neto	93,618,529	93,618,529	93,618,529	93,618,529	93,618,529

## H. VALOR PRESENTE NETO.

$$VPN = -P + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \frac{FNE_3}{(1+i)^3} + \frac{FNE_4}{(1+i)^4} + \frac{FNE_5}{(1+i)^5} + \frac{FNE_6}{(1+i)^6} + \frac{FNE_7}{(1+i)^7} + \frac{FNE_8}{(1+i)^8} + \frac{FNE_9}{(1+i)^9} + \frac{FNE_{10} + VS}{(1+i)^{10}}$$

Tabla 52. Valor Presente Neto, caso 1.

Periodo [n]	FEN	$\frac{FNE_n}{(1+i)^n}$
0		
1	93,618,529	89,587,109.19
2	93,618,529	85,729,291.09
3	93,618,529	82,037,599.13
4	93,618,529	78,504,879.55
5	93,618,529	75,124,286.65
6	93,618,529	71,889,269.52
7	93,618,529	68,793,559.35
8	93,618,529	65,831,157.27
9	93,618,529	62,996,322.75
10	117,124,359	75,419,616.71
	Inversión [-P]	-380,954,781
	VPN	374,958,311

Tabla 53. Valor Presente Neto, caso 2.

Periodo [n]	FEN	$\frac{FNE_n}{(1+i)^n}$
0		
1	97,127,129	92,944,621.15
2	97,127,129	88,942,221.20
3	97,127,129	85,112,173.39
4	97,127,129	81,447,055.88
5	97,127,129	77,939,766.39
6	97,127,129	74,583,508.51
7	97,127,129	71,371,778.48
8	97,127,129	68,298,352.61
9	97,127,129	65,357,275.22
10	120,632,959	77,678,901.38
Inversión [-P]		-380,954,781
VPN		402,720,874

Tabla 54. Valor Presente Neto, caso 3.

Periodo [n]	FEN	$\frac{FNE_n}{(1+i)^n}$
0		
1	100,635,729	96,302,133.11
2	100,635,729	92,155,151.30
3	100,635,729	88,186,747.66
4	100,635,729	84,389,232.21
5	100,635,729	80,755,246.13
6	100,635,729	77,277,747.50
7	100,635,729	73,949,997.60
8	100,635,729	70,765,547.95
9	100,635,729	67,718,227.70
10	124,141,559	79,938,186.05
Inversión [-P]		-380,954,781
VPN		430,483,437

## I. TASA INTERNA DE RETORNO.

$$0 = -P + \frac{FNE_1}{(1 + TIR)^1} + \frac{FNE_2}{(1 + TIR)^2} + \frac{FNE_3}{(1 + TIR)^3} + \frac{FNE_4}{(1 + TIR)^4} + \frac{FNE_5}{(1 + TIR)^5} + \frac{FNE_6}{(1 + TIR)^6} + \frac{FNE_7}{(1 + TIR)^7} + \frac{FNE_8}{(1 + TIR)^8} + \frac{FNE_9}{(1 + TIR)^9} + \frac{FNE_{10} + VS}{(1 + TIR)^{10}}$$

Para calcular la TIR, se propuso un valor de 0.1 para poder calcular cada uno de los términos de la fórmula anterior, después se sumo todos valores obtenidos al cual se le puso como celda objetivo en Solver una aplicación que tiene el programa Excel, también se le puso que se querían valores de cero y como cambiado celda se puso el valor de la TIR propuesto, así obteniendo para el caso 1 una TIR= 0.221161 que hace el VPN sea igual a cero.

Tabla 55. Tasa Interna de Rendimiento I, caso 1.

Periodo [n]	FEN	$\frac{FNE_n}{(1 + i)^n}$
0		
1	93,618,529.10	77,267,331.31
2	93,618,529.10	63,771,996.26
3	93,618,529.10	52,633,725.51
4	93,618,529.10	43,440,839.61
5	93,618,529.10	35,853,562.09
6	93,618,529.10	29,591,461.09
7	93,618,529.10	24,423,084.29
8	93,618,529.10	20,157,404.35
9	93,618,529.10	16,636,758.29

Tabla 56. Tasa Interna de Rendimiento I, caso 2.

Periodo [n]	FEN	$\frac{FNE_n}{(1 + i)^n}$
0		
1	97,127,129.10	79,440,458.68
2	97,127,129.10	64,974,498.20
3	97,127,129.10	53,142,762.34
4	97,127,129.10	43,465,563.69
5	97,127,129.10	35,550,565.00
6	97,127,129.10	29,076,872.92
7	97,127,129.10	23,782,028.18
8	97,127,129.10	19,451,364.87
9	97,127,129.10	15,909,307.33

10	117,124,358.56	17,178,617.84
Inversión [-P]		-380,954,780.65
VAN		0.00
TIR		0.2116185

10	120,632,958.56	16,161,359.45
Inversión [-P]		-380,954,780.65
VAN		0.00
TIR		0.2226406

Tabla 57. Tasa Interna de Rendimiento I, caso 3.

Periodo [n]	FEN	$\frac{FNE_n}{(1+i)^n}$
0		
1	100,635,729.10	81,582,110.28
2	100,635,729.10	66,135,961.62
3	100,635,729.10	53,614,271.61
4	100,635,729.10	43,463,345.06
5	100,635,729.10	35,234,319.28
6	100,635,729.10	28,563,315.90
7	100,635,729.10	23,155,350.57
8	100,635,729.10	18,771,289.09
9	100,635,729.10	15,217,273.13
10	124,141,558.56	15,217,544.12

Inversión [-P]	-380,954,780.65
VAN	0.00
TIR	0.2335514

### J. COSTO DE MATERIAS PRIMAS.

Tabla 58. Costo de materia prima, caso 2.

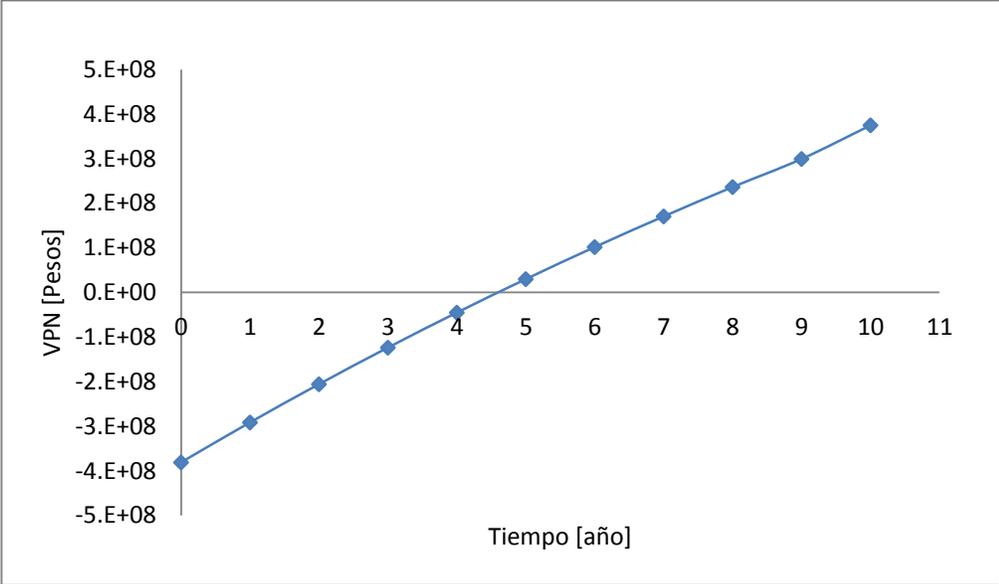
	Flujo [kg/h]	Cantidad [kg/año]	Precio [\$/kg o L]	Costo [pesos/año]
Residuos plásticos.	4563	40000000	5	200,000,000
Aceites usados.	7529	6600000	2.5	16,500,000
Agua alcalina ionizada	8126	28592640	6	171,555,840
Aceite ligero.	6609	57934260	8	463,474,080
Total				851,529,920

Tabla 59. Costo de materia prima, caso 3.

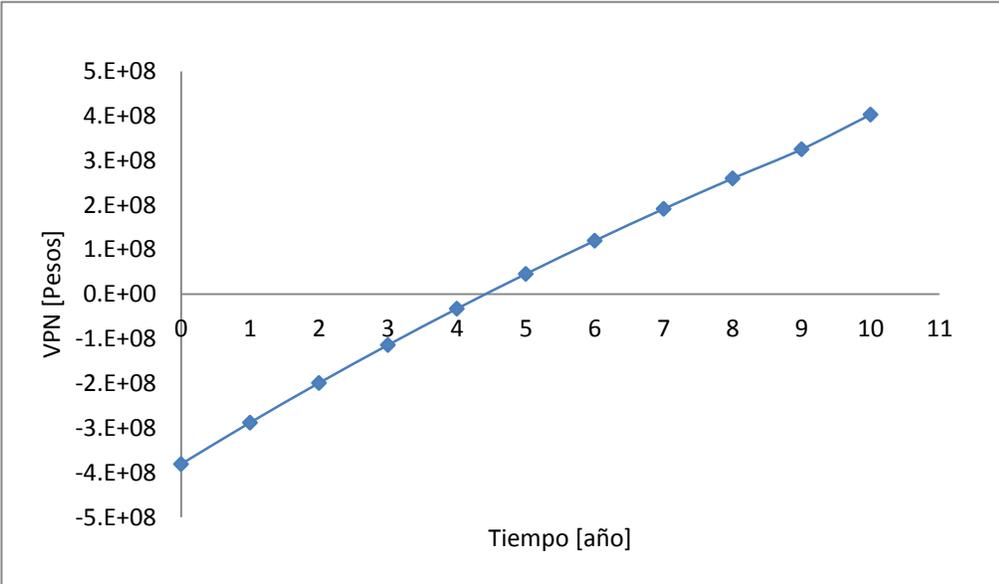
	Flujo [kg/h]	Cantidad [kg/año]	Precio [\$/kg o L]	Costo [pesos]
Residuos plásticos.	4563	40000000	0	0
Aceites usados.	7529	6600000	0	0
Agua alcalina ionizada	8126	28592640	6	171,555,840
Aceite ligero.	6609	57934260	8	463,474,080
Total				635,029,920

**K. TIEMPO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN.**

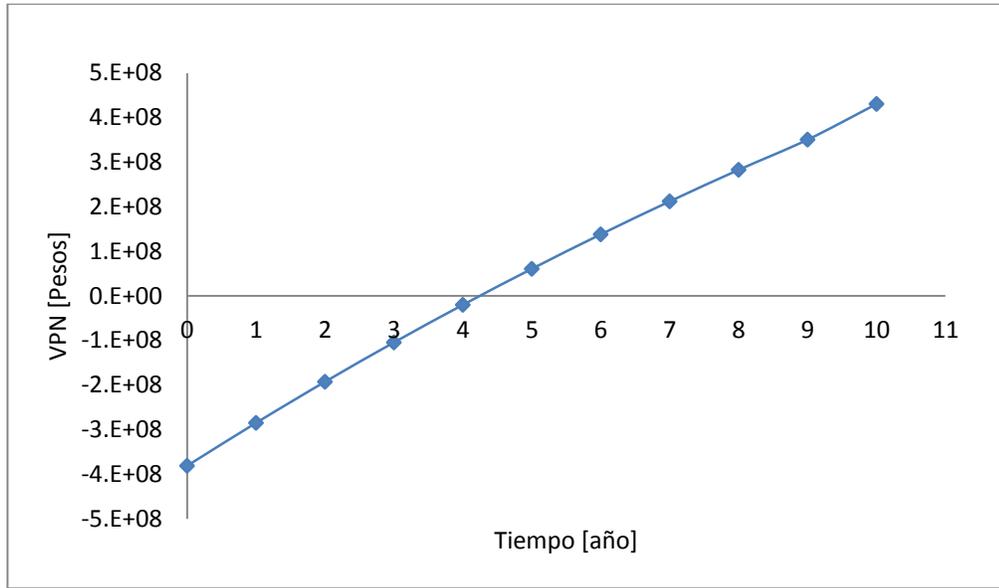
Gráfica 5. Tiempo de recuperación de la inversión, caso 1.



Gráfica 6. Tiempo de recuperación de la inversión, caso 2.



Gráfica 7. Tiempo de recuperación de la inversión, caso 3.



## 16. BIBLIOGRAFÍA

1. Recorridos para el reconocimiento de talleres de reparación y mantenimiento vehicular y legislación aplicables para la revisión permanente de estos establecimientos ubicados en el Distrito Federal.  
[http://www.paot.org.mx/centro/ceidoc/archivos/pdf/EsPA-03-2010\\_Informe\\_Final\\_talleres\\_mecanicos.pdf](http://www.paot.org.mx/centro/ceidoc/archivos/pdf/EsPA-03-2010_Informe_Final_talleres_mecanicos.pdf)
2. Rosales, Lui Adán. 2008. Biorremediación de suelos contaminados con aceite usado de automóvil con el hongo de la pudrición blanca *Pleurotus Ostreatus* (SETAS) en Durango, tesis de maestría. IPN. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango. México.
3. Programa para el manejo de aceite usado. EPA  
<http://www.epa.gov/osw/conservation/materials/usedoil/sp-index.htm>
4. Manejando aceite usado. EPA  
<http://nepis.epa.gov/Adobe/PDF/10000LDC.PDF>
5. Manejo de solventes y aceites gastados en las centrales de potencia de la C.F.E. Instituto Nacional de Ecología.  
<http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/35/manejo.html>
6. Fuentes de contaminación en México. Instituto Nacional de Ecología.  
<http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/372/fuentes.html>
7. Manual de buenas prácticas de manejo para los residuos plásticos usados automotrices. Instituto Nacional de Ecología.  
<http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/folletos/324/324.html>
8. Residuos. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.  
[http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/Documents/pdf/cap\\_7\\_residuos.pdf](http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/Documents/pdf/cap_7_residuos.pdf)
9. Compendio de Estadísticas Ambientales 2010. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.  
[http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadisticas/compendio2010/10.100.13.5\\_8080/ibi\\_apps/WFServletde38.html](http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadisticas/compendio2010/10.100.13.5_8080/ibi_apps/WFServletde38.html)

10. La prensa. México general 3.8 millones de toneladas de basura plástica al año: ANIPAC  
<http://www.oem.com.mx/laprensa/notas/n2169886.htm>
11. Precios de los Materiales Recuperados a través de la Pepena. Instituto Nacional de Ecología.  
[http://www.ine.gob.mx/descargas/dgipea/precios\\_mat\\_pepena.pdf](http://www.ine.gob.mx/descargas/dgipea/precios_mat_pepena.pdf)
12. <http://www.ecoce.org.mx/Ecoce.Presentacion.Operacion/Pet/index.html?urlSubseccion=Reciclaje.html>
13. Compendio de Estadísticas Ambientales 2008. SEMARNAT  
[http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe\\_2008/compendio\\_2008/compendio2008/10.100.8.236\\_8080/ibi\\_apps/WFServlete0e4.html](http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_2008/compendio_2008/compendio2008/10.100.8.236_8080/ibi_apps/WFServlete0e4.html)
14. Balance Nacional de Energía 2010. Subsecretaría de Planeación Energética y Desarrollo Tecnológico.  
[http://www.sener.gob.mx/res/PE\\_y\\_DT/pub/2011/Balance%20Nacional%20de%20Energ%C3%ADa%202010\\_2.pdf](http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2011/Balance%20Nacional%20de%20Energ%C3%ADa%202010_2.pdf)
15. Interjet y sus vuelos ecológicos Planta del Futuro. CRONICA  
[http://www.cronica.com.mx/nota.php?id\\_notas=594176](http://www.cronica.com.mx/nota.php?id_notas=594176)
16. Precio al Público de Productos Petrolíferos. PEMEX  
[http://www.ri.pemex.com/files/dcpe/petro/epublico\\_esp.pdf](http://www.ri.pemex.com/files/dcpe/petro/epublico_esp.pdf)
17. Costo de turbosina presiona aerolíneas. El Universal.  
<http://www.eluniversal.com.mx/notas/754815.html>
18. ASA ya no monopolizará la distribución e turbosina. La Jornada.  
<http://www.jornada.unam.mx/2008/07/23/index.php?section=economia&article=028n1eco>
19. GAP estima operaciones en 2011. El economista.  
<http://eleconomista.com.mx/industrias/2011/07/28/gap-estima-menos-operaciones-2011>
20. Producción, importación y exportación de productos petrolíferos de PEMEX.  
<http://quinto.informe.fox.presidencia.gob.mx/docs/anexo/pdf/P495.pdf>
21. Anual estadístico 2011. PEMEX  
[http://www.ri.pemex.com/files/content/pemex%20Anuario\\_a.pdf](http://www.ri.pemex.com/files/content/pemex%20Anuario_a.pdf)

22. México genera 3.8 millones de toneladas de basura plástica al año: ANIPAC. Ecoticias.  
<http://www.ecoticias.com/eco-america/52835/noticias-informacion-medio-ambiente-medioambiente-medioambiental-ambiental-contaminacion-climatico-calentamiento-ecologia-responsabilidad-rsc-eco-sostenible-co2-energias-renovables-eolica-geotermica-solar-termsolar-eficiencia-energetica-hibrido-electrico-biocombustible-biodiesel-biomasa-residuos-reciclaje-bio-alimentos-innovaticias-paginaseco-innovacion-l+d+i-biodiversidad-naturaleza-fauna-flora-forestal-ecosistema-oceano-transgenicos>
23. Más usos y eficiencia a partir de basura. CNNEXPANSIÓN  
<http://www.cnnexpansion.com/manufactura/2011/11/09/mas-usos-y-eficiencia-a-partir-de-basura>
24. Reciclado de residuos peligrosos industriales. SEMARNAT  
<http://www.semarnat.gob.mx/temas/gestionambiental/resolutivos/Materiales%20y%20Actividades%20Riesgosas/rubro1.pdf>
25. Actividad económica.  
<http://www.estadodemexico.com.mx/portal/cuautitlanizcalli/index.php?id=7>
26. Actividad económica.  
<http://www.estadodemexico.com.mx/portal/tultitlan/index.php?id=7>
27. Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México. Cuautitlán Izcalli.  
<http://elocal.gob.mx/work/templates/enciclo/EMM15mexico/municipios/15121a.html>
28. Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México. Tultitlan.  
<http://elocal.gob.mx/work/templates/enciclo/EMM15mexico/municipios/15109a.html>
29. Kurata, Taishi Hyogo, *Thermal Liquefying Apparatus and Thermal Liquefying Method*, European Patent Application, 2008.
30. Kurata, Taishi Kobe-shi, Hyogo, *Apparatus for Converting Heavy Oil into Light Oil and Method Thereof*, European Patent Application, 2008.
31. YaliYang, *Process and Equipment for Treatment of Waste Plastic*, United State Patent Application Publication, 1998.

32. Tianfu Jiang, Zao Jun Xi Li., *Method and System of Converting Waste Plastic into Hydrocarbon*, United State Patent Application Publication, 2004.
33. Takeki Yoshimura, *Oil Reconversion Device for Waste Plastic*, United State Patent Application Publication, 2010.
34. Chung B. Choon, *Method and Apparatus for Producing Oil from Waste Plastic*, United State Patent Application Publication, 2007.
35. Fusheng Xie, *Process and a Device for Producing Gasoline, Kerosene and Diesel Oil from Waste Plastic, Rubber and Machine Oil*, United State Patent Application Publication, 2006.
36. Ramin Abhari, Bixby, *Biorenewable Naphtha Composition and Method of Making Same*, United State Patent Application Publication, 2011.
37. Corma Danos, Avelino; Cardona Navarrete, etc. *Proceso para el Craqueo Catalítico de Residuos Plásticos*, Oficinas Española de Patentes y Marcas, 1999.
38. Kozyuk, Oleg Vyacheslavoich, *Procedimiento para modificar la composición cualitativa y cuantitativa de una mezcla de hidrocarburos líquidos basado en los efectos de la cavitación*, Oficinas Española de Patentes y Marcas, 2004.
39. Walas, Stanley M., *Chemical Process Equipment, Selection and Design*, 2<sup>a</sup> Edition. USA, 2005.
40. Kern, D. *Procesos de Transferencia de Calor*, 1<sup>er</sup> Edición, Compañía editorial continental, México, 2001.
41. Peter, M and Timmerhaus, L. *Plant Design and Economics for Chemical Engineering*, 2<sup>nd</sup> Edition, McGRAW-HILL, USA, 1968.
42. Felder, R. and Rousseau, R. *Principios Elementales de los Procesos Químicos*. 3<sup>a</sup> Edición. Limusa Wiley, México, 2004.
43. Branan, Carl. *Rules of Thumb for Chemical Engineers*. 3<sup>rd</sup> Edition, GPP. U.S.A., 2002.
44. Coulson & Richardson's, *Chemical Engineering Design*, Vol. 6, 4<sup>to</sup> Edition, Oxford, Butterworth, 2005.
45. Mansfield Scott, *Engineering Design for Process Facilities*, Mc Graw Hill, New York, 1993.

46. James M. Douglas, *Conceptual Design of Chemical Process*, Mc Graw Hill, New York, 1988.
47. Sapag Nassir, *Preparación y Evaluación de Proyectos*. 2<sup>da</sup> Edición, McGrawHill, México, 1991.
48. Baca, Gabriel, *Fundamentos de Ingeniería Económica*, 2<sup>a</sup> Edición, McGraw Hill, México, 1999.
49. Baca, Gabriel, *Evaluación de proyectos*, 5<sup>a</sup> Edición, McGraw Hill, México, 2006.
50. Hernández, Abraham, *Formulación y evaluación de proyectos de inversión*, 4<sup>a</sup> Edición, ECAFSA, 2001.
51. Sinnott, R.K., *Chemical Engineering Design (Principles, practice and economics of plant and process design)*, 4<sup>th</sup> Edition, ELSEVIER, Amsterdam, 2005.
52. J.M Smith, H.C. Van Ness, M.M Abbott, *Introducción a la Termodinámica en Ingeniería Química*, 6<sup>ta</sup> Edición, McGraw Hill, New york.
53. Acedo Sánchez J., *Control Avanzado de Procesos (Teoría y practica)*, Díaz de Santos, España, 2003.
54. Chan S. Park, *Fundamentals of Engineering Economics*, 2<sup>nd</sup> Edition, PEARSON Prentice Hall, New Jersey, 2004.
55. T. Blank and J. Tarquin, *Ingeniería Económica*, 4<sup>a</sup> Edición, McGrawHill, Colombia, 1999.
56. Himmelblau, D. M., *Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering*, 6<sup>a</sup>. Edición, Englewood Cliffs, Prentice Hall PTR, 1996.
57. Perry, R. H., Green, D., *Chemical Engineer's Handbook*, 7<sup>a</sup>. Ed., New York, McGraw-Hill Professional, 1997.
58. Poling, B. E., Prausnitz, J. M., O'connell, J. P., *The Properties of Gases and Liquids*, 5<sup>a</sup>. Ed., New York, McGraw Hill Book Co. Inc., 2001.
59. Morrison, R. T. y Boyd, R. N., *Química Orgánica*, 5<sup>a</sup>. Edición, México, Ed. Addison Wesley Longman de México, S.A. de C.V., 1998.
60. McMurry, J., *Química Orgánica*, México, 5<sup>a</sup>. Edición, Ed. International Thomson Editores, S.A. de C.V., 2001.
61. Fundamentos tecnológicos. Sistema Kurata.  
<http://www.kuratasystems.com/fundamentos.html>

62. Green Energy Solutions.

<http://www.rri-iberia.com/ges/espanol/procesos.html>

63. Sistema Kurata obtención de biocombustibles.

<http://www.muyinteresante.es/energias-limpias-sistema-kurata-de-obtencion-de-biocombustibles>

64. Evaluación económica de plantas químicas.

[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lpro/esquivelejr/capitulo1.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lpro/esquivelejr/capitulo1.pdf)

65. Turton Richard, *Analysis, Synthesis and Design of Chemical Process*, 3<sup>rd</sup> Edition, United States, Pearson Education, 2008.

66. <http://ceiconsultores.com.mx/boletin.php?id=20110224>

67. Baasel William D., *Preliminary Chemical Engineering Plant Design*, 2<sup>nd</sup> Edition, United States of America, Van Nostrand Reinhold, 1990.

