

# Estudio de factibilidad para la compra e instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales en el complejo petroquímico Independencia

Roldán Carreón, Juan Diego

2015-05-18

---

<http://hdl.handle.net/20.500.11777/954>

<http://repositorio.iberopuebla.mx/licencia.pdf>

# UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA PUEBLA

Estudios con Reconocimiento de Validez Oficial por Decreto  
Presidencial del 3 de abril de 1981



## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA COMPRA E INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL COMPLEJO PETROQUÍMICO INDEPENDENCIA.

DIRECTOR DEL TRABAJO  
DR. AXEL RODRÍGUEZ BATRES

ELABORACIÓN DE UN ESTUDIO DE CASO  
que para obtener el Grado de  
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN DE LA EMPRESA INDUSTRIAL

Presenta  
JUAN DIEGO ROLDÁN CARREÓN

Puebla, Pue.

2014

# INDICE

## Introducción

Al ser el agua uno de los insumos más importantes para las actividades industrial y dadas las tendencias actuales de disponibilidad de este recurso para cualquier empresa, se busca que permitan el mejor aprovechamiento del mismo y promuevan su uso racional. El presente trabajo tiene como objetivo evaluar la factibilidad técnica y económica de la compra e instalación de una planta desaladora en el Complejo Petroquímico Independencia. Este se divide en 3 capítulos, los cuales se integran para determinar la conveniencia técnica y económica de la organización, esta última en cierta forma de acuerdo a la importancia que en la actualidad la búsqueda de la sustentabilidad de las actividades productivas.

En el capítulo 1 se presenta la problemática del agua y las actividades del Complejo Petroquímico Independencia, el cual forma parte de Pemex Petroquímica en Petróleos Mexicanos. De una manera general se describe este recurso en las actividades de esta empresa y se plantean los objetivos generales y particulares del estudio.

En el segundo capítulo se presenta de manera global la importancia de los procesos en los cuales es utilizada el agua en las actividades de esta empresa y se describe cómo son aplicadas según los requerimientos de las mismas. De igual manera se incluye la recopilación de información de las tecnologías disponibles en el mercado y cómo son aplicadas según los requerimientos de las mismas para lograr su aprovechamiento. Por último este capítulo aborda en forma teórica la metodología para la evaluación de proyectos y que fue utilizada en el presente estudio.

El desarrollo del proyecto se describe en el capítulo 3 y se evalúa en base a las situaciones con y sin considerar la posibilidad de la factibilidad de la implantación. Asimismo se incluye una evaluación económica que determina el o los beneficios que representa para la organización de la planta.

En el apartado final de este proyecto se incluyen ciertas conclusiones que desprenden del trabajo realizado tanto de investigación como de aplicación. En el momento servirán al lector para tomar una determinación acerca de la factibilidad de este tipo de proyecto.

INDICE.....	2.....
CAPÍTULO ANTECEDENTES.....	6.....
1.1 INTRODUCCIÓN.....	6.....
1.1.1 Planteamiento del Problema.....	6.....
1.2 DEFINICIONES.....	7.....
1.2.1 Objetivo General.....	7.....
1.2.2 Objetivos Específicos.....	7.....
1.3 DESARROLLO DE HIPÓTESIS.....	8.....
1.4 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	8.....
1.5 CONCLUSIÓN.....	10.....
CAPÍTULO MARCO TEÓRICO.....	11.....
2.1 INTRODUCCIÓN.....	11.....
2.2 EL AGUAFANLANDUSTRIA.....	11.....
2.3 TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS.....	14.....
2.4 METODOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS.....	17.....
2.4.1 Tratamientos para la eliminación de materia en suspensión.....	22.....
2.4.2 Tratamientos para la eliminación de la materia disuelta.....	22.....
2.4.3 Tratamientos biológicos.....	28.....
2.4.4 Tecnologías Emergentes.....	36.....
2.5 METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE CONVERSIÓN.....	54.....
2.5.1 Conceptos.....	54.....
2.5.2 Tipología de Proyectos.....	55.....
2.5.3 Contenido del proyecto.....	61.....
2.5.4 Estudio de Mercado.....	62.....
2.5.5 Localización del proyecto.....	64.....
2.5.6 Estudio técnico.....	65.....
2.5.7 Estudio Económico.....	77.....
2.5.8 La estructura financiera del proyecto.....	87.....
2.6 CONCLUSIÓN.....	97.....
CAPÍTULO DESARROLLO DEL PROYECTO.....	98.....
3.1 INTRODUCCIÓN.....	98.....
3.2 ESTUDIO DE MERCADO.....	98.....
3.2.1 Análisis de la Demanda.....	98.....
3.3 SITUACIÓN SIN PROYECTO.....	101.....
3.4 SITUACIÓN CON PROYECTO.....	118.....
3.5 ESTUDIO TÉCNICO.....	119.....
3.5.1 Descripción del proceso.....	121.....
3.5.2 Tratamiento de Lodos.....	123.....
3.5.3 Características finales del efluente.....	124.....

3.6 ESTUDIO ECONÓMICO Y EVALUACIÓN FINANCIERA	124
3.7 ENFOQUE SOCIAL	126
3.8 CONCLUSIÓN	127
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	129
BIBLIOGRAFÍA	131
ANEXOS	132
ANEXO A CÁLCULO DE ÍNDICES ESTACIONAL	132
3.9 ANEXO B DESGLOSE DE COSTOS ESTADÍSTICO	136
3.10 ANEXO C EVALUACIÓN FINANCIERA	144

### INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Límites máximos de permisos de contaminantes en aguas residuales NOM 001-SEMARNAT-1996	1.6
Tabla 2: Limitaciones y condiciones de exposición a la oxidación directa	3.9
Tabla 3: Procesos Avanzados de Oxidación	4.0
Tabla 4: Ventajas y Desventajas de los métodos de Oxidación Avanzada	4.2
Tabla 5: Características de la microfiltración	5.0
Tabla 6: Características de la Ultrafiltración	5.1
Tabla 7: Datos de extracción por pozo en los Años 1(m. Año. 5..99	9.9
Tabla 8: Proyección mensual de extracción mediante pozos medios	10.0
Tabla 9: Proyección mensual de la descarga mediante pozos medios	10.0
Tabla 10: Extracciones de agua cruda registradas en los pozos al /	10.1
Tabla 11: Distribución típica del destino del agua cruda extraída en el INDEPENDENCIA	1.1.0
Tabla 12: Tratamiento químico de enfriamiento del COMPLEJO PETRO INDEPENDENCIA	1.1.5
Tabla 13: Comportamiento de la torre de enfriamiento de ciclo de 3.8	1.1.6
Tabla 14: Pérdidas al aplicar el tratamiento y mantenimiento de ciclo a 3 ciclos	1.1.7
Tabla 15: Comportamiento de la torre de enfriamiento C1736A01 a 3	1.1.8
Tabla 16: Ahorros por tratamiento a 3.8 ciclos de concentración	1.1.8
Tabla 17: Evaluación financiera del proyecto	1.2.5

### INDICE DE FIG

Figura 1: Ciclo del Agua en la Industria	1.2
Figura 2: Procesos básicos involucrados	2.9

Figura 3: Proceso aerobio de contacto-estabilización .....	31
Figura 4: Operación de un filtro percolador.....	32
Figura 5: Proceso de la degradación anaerobia .....	34
Figura 6: Reactor anaerobio típico.....	35
Figura 7: Diagrama típico de un método de oxidación húmeda .....	43
Figura 8: Cartucho de membrana .....	46
Figura 9: Membrana tipo placa bastidor.....	47
Figura 10: Membrana en espiral .....	48
Figura 11: Membrana dentro de un reactor biológico.....	53
Figura 12: Secuencia de un estudio de factibilidad.....	60
Figura 13: Gráfica del punto de equilibrio .....	86
Figura 14: Instalaciones de Petróleos Mexicanos .....	103
Figura 15: Plot Plan del Complejo Petroquímico Independencia.....	107
Figura 16: Diagrama actual de uso del agua en el COMPLEJO PETROQUÍMICO INDEPENDENCIA. ....	111
Figura 17: Diagrama propuesto de Planta de Tratamiento de Aguas.....	120

# CAPÍTULO ANTECEDENTES

## 1.1 Introducción

En el presente capítulo se abordará de manera general cuáles son los objetivos que se persiguen y los objetivos específicos que se requieren para determinar la conveniencia de implementar la metodología de investigación las actividades que se asignaron para la consecución del trabajo

### 1.1.1 Planteamiento del Problema

Petróleos Mexicanos (PEMEX) productora de petróleo dedicada a la extracción del petróleo y a la transformación de éste y de sus productos en 4 organismos principales encargados de actividades específicas nombre definen su ámbito de operación y Producción, Pemex Petroquímica Básica, Pemex Refinación y Pemex Petroquímica

Pemex Refinación como actividad fundamental para los derivados no básicos derivados de la primera transformación del gas natural, metano, petróleo PEMEX se encuentra conformada por 7 plantas petroquímicas (complejo petroquímico de Coahuila, Coahuila, Coahuila, Coahuila, Coahuila, Coahuila, Coahuila) con una infraestructura que cuenta con una capacidad instalada de 12571 miles de toneladas anuales, donde se comercializan productos tales como etileno, amoníaco, benceno, etileno, glicoles, ortoxileno, propano, xileno, acetona, anhídrido, nitrilo, etileno de baja y alta densidad, y otros. Tiene como clientes a empresas privadas dedicadas a la fabricación de fibras, hules sintéticos, fármacos, refrigerantes, entre otros.

El Complejo Petroquímico ubicado en San Martín Texmelucan es un organismo de Pemex que cuenta con 15 plantas productoras de productos químicos especializados petroquímicos básicos y como centro embotellador de los gases de petróleo, gas licuado de petróleo, azufre. Debido a las características de operación de este complejo

operación, tales como agua y energía eléctrica, misma que es generada por la planta de generación eléctrica con una capacidad instalada de 60 MW.

Dentro de las políticas del organismo se ha considerado que la protección del medio ambiente debe tener un valor de igual prioridad que la producción, y además se plantea una meta de emisiones a aire, al suelo y al agua que deben establecerse estratégicamente para permitir avanzar en el logro de estos estándares. Una de las unidades del Complejo Petroquímico Independencia está encaminado a la instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales con una capacidad de 500 metros cúbicos diarios con el fin de lograr los niveles antes mencionados. Sin embargo, a falta de un estudio que permita estimar los costos o beneficios que pueden obtenerse.

## 1.2 Definición de objetivos

Se han definido los siguientes objetivos generales y particulares para el presente estudio:

### 1.2.1 Objetivo General

Determinar la factibilidad de compra e instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales en el Complejo Petroquímico Independencia para la utilización y aprovechamiento del recurso hídrico.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Investigar acerca de las nuevas tecnologías existentes en el tratamiento de aguas residuales y seleccionar la mejor alternativa acorde al efluente característico del presente trabajo.
- Realizar una evaluación económica de la propuesta de compra e instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales en el Complejo Petroquímico Independencia.
- Estimar los beneficios económicos de la compra e instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales tratadas en el Complejo Petroquímico Independencia.
- Establecer la rentabilidad económica para el Complejo Petroquímico Independencia en caso de no llevar a cabo el proyecto.



- Establecer una relación con proyecto para el Complejo Petroquímico Independencia a la información obtenida, determinar si lo requerido por el tipo de efluente.
- Definir los recursos materiales y humanos necesarios para el proyecto.

### 1.3 Desarrollo de la Hipótesis

La adquisición de una planta de aguas residuales en el Complejo Petroquímico Independencia que permita la reutilización del recurso acuífero reorganización del 50% del presupuesto actual erogado por concepto de agua

### 1.4 Metodología de la Investigación.

Existe poca literatura respecto a la metodología más adecuada para el reconocimiento interno en una instalación industrial con fines de diagnóstico, manejo, tratamiento y reutilización se debe a la gran diversidad de instalaciones industriales existentes y por otro lado, quizá, a que el criterio personal que una metodología de diagnóstico es más adecuada para la caracterización. No obstante la experiencia ha mostrado muchas veces la deficiente identificación de las fuentes de contaminación y de los recursos disponibles.

A través de un reconocimiento interno en una instalación industrial se obtiene información que sirve de base para la revisión del manejo, tratamiento tal forma que en un principio se estableció un programa de caracterización de aguas residuales en la cual dependió del tipo de estudio a llevar a cabo.

Para llevar a cabo un adecuado diagnóstico se realizó un reconocimiento de la mayor cantidad de información respecto de todos los procesos del Complejo Petroquímico Independencia utilizan agua y por lo tanto producen aguas residuales. Una inspección industrial. Con esta información se establecieron los parámetros de caracterización, el balance de flujo y materia de los procesos.

Las fuentes de aguas residuales detectadas fueron las siguientes:

- a) Procesos
- b) Limpieza de equipos
- c) Servicios sanitarios
- d) Aguas pluviales (contaminadas con grasas, aceites, desechos en los pisos).

Las características de estas aguas varían de una instalación a otra y su descripción se realizó de acuerdo a los procesos utilizados y su operación. Se describieron acorde a las variaciones mensuales y anuales reales y variaciones de flujo de descarga así como sus características de flujo significativas durante los turnos nocturnos, los fines de semana y programas de producción.

Algunas de las características identificadas en las aguas residuales son:

- a) Compuestos orgánicos solubles
- b) Sólidos suspendidos
- c) Metales pesados y compuestos orgánicos tóxicos
- d) Color y turbidez
- e) Grasas y aceites
- f) Materia flotante
- g) pH
- h) Olores desagradables y compuestos orgánicos
- i) Sólidos disueltos

Debido a que normativamente se realiza el monitoreo mensual de las aguas residuales en el Complejo Petroquímico Independencia, la información de una recolección y una estadística de los parámetros controlados en la norma NOM SEMAR-1996 QUE ESTABLECE LOS LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES EN LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES EN LAS INDUSTRIAS PETROQUÍMICAS.

Una vez realizada la caracterización correspondiente y la ubicación de las aguas en las torres de enfriamiento del Complejo Petroquímico Independencia, en particular de este estudio, se realizó una investigación de las características de las aguas existentes que nos permitió elegir el método de tratamiento acorde a las características del agua residual con que se cuenta.

Con el objeto de analizar los beneficios que el presente estudio evaluó dos escenarios con proyecto y sin proyecto (donde que comparación en el estudio económico de la situación con proyecto y sin proyecto).

Finalmente se emitieron una serie de conclusiones respecto de la instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales para la zona de Independencia.

Cabe hacer mención que el flujo de agua considerado para el estudio fue el establecido en base a la producción de cemento en el período considerado anteriormente y por la producción de cemento que genera un flujo de agua mayor, sin embargo actualmente no se cuenta con programas operativos de negocio. Por lo que cualquier cambio significativo alguno, requeriría una nueva evaluación acorde a las nuevas condiciones de descarga.

## 1.5 Conclusión

En este capítulo se llevó a cabo la presentación de los objetivos del proyecto, cuáles son los pasos a seguir para llevarlo a cabo, en qué magnitud se proyecta el impacto ambiental, la metodología adoptada para el desarrollo del mismo. En el capítulo se describen los usos del agua en la industria y los usos domésticos y la tecnología propuesta para el tratamiento de agua.

## Capítulo 2 Marco Teórico

### 2.1 Introducción

En el capítulo 2 se describe la importancia del recurso hídrico en cuál es su participación dentro de los procesos industriales y en los ecosistemas en los que es vertida posteriormente. De igual manera se describen las tecnologías existentes para el tratamiento de aguas de acuerdo a la calidad requerida y los métodos usados para la provisión de agua potable y su reutilización en algunos otros procesos que demandan una calidad específica.

Al final este capítulo se aborda las etapas que contempla la metodología de los proyectos de inversión económica, con la finalidad de tener una referencia de los requerimientos que se deben considerar en el desarrollo de este proyecto.

### 2.2 EL AGUA EN LA INDUSTRIA

El agua en la industria es empleada en gran medida para la producción de energía eléctrica, para generar vapor para calentar sustancias disueltas o para producir gases; como disolvente o como una parte componente del propio producto (p.ej. industria de la celulosa). Sin embargo, no toda es aprovechada, una gran parte ha sido utilizada como agua residual. En la siguiente figura (Figura 2.1) se muestra de manera esquemática el ciclo del agua en la industria.

El uso industrial del agua suele medirse en términos de extracción, es decir, la misma como normalmente se pensaría, el total del agua superficial que se extrae, mucho mayor que la cantidad de agua realmente consumida. Es poco frecuente que el volumen de agua usada sea negativo, es decir, que se devuelva al medio ambiente acuático. La mayor parte de las industrias vierten el agua que utilizan en sus procesos, ya sea directamente al arroyo, río o con un tratamiento preliminar, generalmente la menos utilizada.

Un vertido industrial sin un tratamiento adecuado puede contaminar con sustancias químicas o partículas de las mismas; algunas veces con metales pesados, lo que puede causar la eutrofización de la masa de agua o cuerpo acuífero receptor.

se tiene un elevado contenido orgánico a <sup>1</sup>denominado DBO. Aparece tur con espuma y se caracteriza por el rápido crecimiento de algas, b de oxígeno debido al crecimiento de éstos organismos y entonces peces, insectos, anfibios y muchas otras especies de plantas acu agua deficiente de oxígeno. De agua <sup>1</sup>denominada DBO. En agua caliente, pued igualmente a los ecosistemas acuáticos, que tienen que adaptarse lo normal.

#### Ciclo del Agua en la Industria

---

<sup>1</sup> DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno. Estimación de la cantidad de oxígeno consumida por la materia orgánica de una muestra de aguas residuales, por medio de un método de análisis por heterogénea. (Métodos de Análisis por <sup>1</sup>denominado DBO. En agua caliente, pued igualmente a los ecosistemas acuáticos, que tienen que adaptarse lo normal.

Pueden también producirse repercusiones directas sobre la salud humana si el agua está localizado aguas arriba de zonas recreativas, puntos de riego o personas sin un servicio adecuado extraen agua para beber.

Además de los siguientes dos formas adicionales en que las industrias pueden contribuir indirecta al medio acuático:

- Lixiviado de sustancias químicas procedentes de residuos sólidos generados por la actividad industrial que pueden ser contaminantes o líquidos, que gradualmente se filtran una vez que se ven.
- La deposición atmosférica de sustancias químicas distribuida por el viento y la lluvia (como el NO<sub>x</sub> y el SO<sub>2</sub>).

Tanto la cantidad como la calidad del agua deben tenerse en cuenta para mejorar el uso industrial del agua. En lo concerniente a la cantidad, la productividad de la misma en términos de unidades de agua es la clave. Cuanto más alta es la productividad del agua, mayor es el valor intrínseco. Dentro de la industria, como en otros sectores, es importante esforzarse por la productividad. Allí donde existe una preocupación por la calidad del agua, es conseguir un nivel cero de residuos con el fin de evitar cualquier contaminación del medio ambiente acuático. Un nivel cero de vertidos de agua, tal como que contribuye además a aumentar la productividad de la misma. Si, desde una perspectiva económica ni técnicamente factible, hay algunas valiosas estrategias que seguirse para reducir la contaminación y el desperdicio de agua, se puede usar el agua reutilizada (Aguar, 2010).<sup>2</sup> Industria, ONUDI

El agua empleada en muchas industrias es de una calidad innecesariamente alta para el uso al que está destinada. En muchos procesos industriales hay muchas aplicaciones que emplean agua de calidad que ofrece oportunidades para el reciclaje. Al menos el 50% o más del consumo de agua de una planta industrial puede ser reutilizado para el enfriamiento, una necesidad que puede satisfacerse con un agua de menor calidad. Algunas industrias (como la industria farmacéutica) requieren agua de alta calidad. En tales procesos se llevan a cabo estrategias para reutilizar el agua recibida.

---

<sup>2</sup> ONUDI: Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial

suministrador local o la extraída de aguas subterráneas o superficial. La calidad del agua antes de su uso.

El reciclaje del agua es el principal medio para ahorrar agua. En un caso, se toma el agua residual, que de otra manera sería vertida, y emplea para riego inferior (a menudo después de tratamiento). Cada metro cúbico de agua reciclada representa un metro cúbico de agua que no se extrae de una fuente de agua superficial o subterránea. La forma de reciclaje debe ser aprobada por el principal responsable de la concordancia de la calidad del agua con los requerimientos de agua potable. Esto depende de la naturaleza del proceso de fabricación y del tipo de tratamiento del agua residual llevado a cabo en el lugar. Procesos como el lavado son las aplicaciones más comunes para el agua reciclada de baja calidad, como agua de enjuague y para el riego del lugar.

Una segunda consideración a tener en cuenta en el reciclaje del agua es el costo de tratamiento del agua residual hasta que sea adecuada para su uso. Los costos de tuberías y bombas nuevas o adicionales pueden ser altos, especialmente si se trata de agua natural (agua dulce).

## 2.3 TECNOLOGIAS EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS

Los compuestos orgánicos e inorgánicos se encuentran en aguas residuales de instalaciones industriales diversas. A diferencia de las aguas residuales municipales, las aguas residuales industriales contienen con frecuencia sustancias que no se encuentran en las aguas residuales convencionales, bien por estar en concentraciones más altas, o por ser diferentes. Muchos de los compuestos orgánicos e inorgánicos que se han identificado recientemente son objeto de regulación especial debido a su toxicidad o a sus efectos ambientales.

Según establece la NOM-SEMAR-196 (SEMAR, 2012), los contaminantes básicos que se deben controlar en las aguas residuales industriales son aquellos compuestos y parámetros que se clasifican en los siguientes grupos: que pueden ser removidos o estabilizados mediante tratamientos convencionales, como los siguientes: grasas y aceites, materia flotante, sólidos suspendidos totales, sólidos en suspensión, temperatura y pH. Todos estos jun-

contaminantes patógenos, microorganismos, metales pesados y cianuros, se llama Condiciones Particulares de Descarga

La concentración de contaminantes, brá is co si, g me tá á nsu p o s s p d o s las descargas de aguas residuales a aguas y bienes nacionales, no como límite máximo permisible que se indica en la siguiente tabla:

Parámetro	Promedio Me	Promedio Di	Unidades
Temperatura	N.N.	N.N	°C
Grasas y Acei	15	25	mg/L
Materia flotar	Ausente	Ausente	
Sólidos Sedimentable	1	2	mL/L
Sólidos Suspe Totales	150	200	mg/L
Demanda Bioc de Oxigeno	150	200	mg/L
Nitrógeno Tot	40	60	mg/L
Fósforo Total	20	30	mg/L
Arsénico	0.2	0.4	mg/L
Cadmio	0.2	0.4	mg/L
Cobre	4.0	6.0	mg/L
Cromo	1.0	1.5	mg/L
Mercurio	0.01	0.02	mg/L
Níquel	2	4	mg/L
Plomo	0.5	1.0	mg/L
Zinc	10	20	mg/L
Cianuros	1	3	mg/L

<sup>3</sup> Condiciones Particulares de Descarga: conjunto de parámetros físicos, niveles máximos permitidos en las descargas de aguas por la Comisión Na Agua para el responsable o grupo de responsables de la descarga o para el fin de preservar y controlar la calidad de las aguas conforme a la reglamento.



Número Más			
Probable	1000	2000	NMP/100 m
(coliformes fe			

Tabla 1. Límites máximos permisibles de contaminantes en aguas residuales según la NOM-001-SEMARNAT-1996

Por lo anteriormente expresado, las normas en México deben no exceder los límites permisibles al momento de las aguas residuales a los diferentes cuerpos receptores que se mantenga un control de la calidad de éstos. Sin embargo, dado que como ya se ha mencionado, es necesario lograr el aprovechamiento de la búsqueda de nuevas formas de reutilización, de manera que, en beneficio y la descarga sea el último recurso a adoptar.

El control de la contaminación del agua producida por las actividades industriales aprobada por el Congreso de Estados Unidos de la enmienda de la Ley de Control de la Contaminación (Pollution Control Act), que estableció un sistema nacional de control de contaminantes. Las enmiendas de 1977 y 1987, conocidas como la Ley de Calidad del Agua (Quality Act), completan la regulación (Ferreira y Adorno, 2016) en la que se extendió a más países en donde la tendencia adoptada fue la búsqueda de controlar estos contaminantes es por medio de sistemas avanzados de tratamiento de aguas residuales en sitio.

Hay muchos ejemplos de recuperación del agua (tratar o procesar el agua para que pueda volver a usar) en los que el vertido industrial no puede ser inyectado en el agua después de usarse.

Hoy día, existe una amplia variedad de tecnologías de tratamiento de aguas residuales corresponden por regla general a:

- El tratamiento físico-químico (por ejemplo, filtración, coagulación, floculación, clarificación, ósmosis inversa, absorción, precipitación, cloración) y el tratamiento biológico (tratar el agua mediante el uso de bacterias para eliminar la materia orgánica)
- Otros procesos más especializados como los sistemas de fitodepuración con plantas acuáticas, los sistemas de tratamiento de aguas residuales por vía natural (como los sistemas de tratamiento de aguas residuales mediante humedales artificiales) y los sistemas de tratamiento de aguas residuales mediante el uso de plantas acuáticas.

parte de las cuales son tanto (debe ir así) c.a. A dcaopto a en la tipo de trata a los contaminantes de las aguas residuales, junto con la sep anteriormente, resulta ser la solución más económica. No hay la calidad del agua que se debe mediante se tratamiento, ratiene que inev sí hay limitaciones de costos

## 2.4 METODOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS

El tratamiento de las aguas residuales es una práctica que, si bien antiguamente, hoy por hoy resulta algo fundamental para mantener muchas las técnicas de tratamiento con ellas se ha erandición y a de vird e o he en el conocimiento y diseño de las mismas a lo largo de los años. ser técnicas imprescindibles a la hora de tratar aguas industriales rápida exponer el pre sebratjeo .tr

A la hora de revisar los tratamientos unitarios más convencionales clasificación universal. Una de las formas más utilizadas es en presentes en el agua residual, o también en ton de un c i a n a m e n t o (químico físico o biológico). Una forma de intentar aunar ambas formas considerar que los contaminantes en el agua pueden estar como coloidal o materia disuelta.

### 2.4.1 Tratamientos para la eliminación de materia en suspensión.

La materia en suspensión puede ser de muy diversa índole, desde y muy densas (normalmente inorgánicas), hasta suspensiones con tamaños de partículas hasta unos pocos nanómetros (normalmente de n También la concentración de los mismos, tanto en el agua a tratada juega un papel fundamental a la hora de la elección del tratamiento. operaciones para eliminar este tipo de contaminación de aguas

efectuarse, dado que la presencia de partículas en suspensión sustraen a otros procesos de tratamiento.

La eliminación de estas partículas se suele hacer mediante operaciones de sedimentación, pero, en muchos casos, y para favorecer esa separación, se utilizan tratamientos químicos denominados floculación.

A continuación se describen los tipos de tratamientos. La utilización de cada uno de ellos depende de las características de las partículas (tamaño, densidad, concentración de las mismas).

### Desbaste

Es una operación en la que se trata de eliminar aquellos sólidos que habitualmente tienen las partículas que arrastran las aguas. El objetivo es evitar que dañen equipos posteriores del resto de tratamientos. Suele ser un tratamiento preliminar.

El equipo que se suele utilizar es el cribado, que se hace circular el agua, con rejillas metálicas de 6 o más mm, dispuestas paralelamente y espaciadas con rastrillos que se accionan normalmente de forma mecánica.

En otros casos, si el tipo de sólidos que se utilizan trituradoras, reduciendo el tamaño de los sólidos y separándose posteriormente por sedimentación u otras operaciones.

### Sedimentación

Operación física en la que se aprovecha la fuerza de la gravedad para que las partículas que el agua tenga una trayectoria descendente hacia el fondo del sedimentador. Esta operación será más eficaz cuanto mayor sea el tamaño de las partículas a separar del agua, es decir, cuanto mayor sea el coeficiente de sedimentación. Este es el principal parámetro de diseño para estos equipos. A esta operación se le denomina también decantación. Realmente, este tipo de partículas (como las arenas) se tienen en pocas ocasiones en las aguas habituales, por lo que es necesario, para hacer más eficaz la sedimentación, la coagulación previa, la cual consiste en la adición de ciertos productos químicos para favorecer el aumento del tamaño y densidad de las partículas.

La forma de los equipos donde llevar a cabo la sedimentación es variable, dependiendo de las características de las partículas a separar (tamaño, densidad, etc.)

- a) Sedimentadores rectangulares: La velocidad de desplazamiento horizontal es constante y se suelen utilizar para separar partículas densas. La sedimentación se denomina discreta, dado que las partículas se desplazan hacia el fondo del sedimentador poco profundos, dado que, al menos teóricamente, esta forma de sedimentación va acompañada de una floculación de las partículas, cuyo tamaño aumenta al descender las partículas, y por lo tanto disminuye la velocidad de sedimentación.
- b) Sedimentación centrífuga: Son más habituales. En ellos el flujo de agua va desde el centro hacia el exterior, por lo que la velocidad de sedimentación disminuye al alejarnos del centro del sedimentador. Esta forma de sedimentación va acompañada de una floculación de las partículas, cuyo tamaño aumenta al descender las partículas, y por lo tanto disminuye la velocidad de sedimentación.
- c) Sedimentador Placas: Han surgido como alternativa a los sedimentadores rectangulares al conseguirse una mayor área de sedimentación en el mismo volumen. Consisten en tanques de poca profundidad que contienen paquetes de placas inclinadas con respecto a la base, y por cuyo interior se hace fluir el agua. En la superficie inferior se van acumulando las partículas, desplazándose hacia el exterior y recogiendo en el fondo del sedimentador.

Las partículas depositadas en el fondo del sedimentador se recogen mediante raspadores que giran en el fondo donde se empujan hacia la salida. Estos fangos, al estar en la misma planta de tratamiento, se someten a distintas operaciones para darles un destino final.

## Filtración

La filtración es una operación que consiste en pasar el agua a través de un medio poroso con el objetivo de retener la mayor cantidad posible de materia en suspensión.

El medio poroso tradicionalmente utilizado es un lecho de arena, formado por distintas capas de diferentes tamaños de partícula, siendo la superior la más gruesa y la inferior la más fina (0.3 mm). Es una operación muy utilizada en el tratamiento de aguas residuales.

tratamiento de aguas para reutilización, para eliminar la materia eliminada en anteriores operaciones (sedimentación) e en aguas in cuanto al material fílo, siendo habitual red ó de m de a\$. También es habitual la mejorar la eficacia, a la vez que la calidad de la filtración previa.

Hay muchas maneras de clasificar los sistemas de filtración: Por rápida, de profundidad.

- a) Filtración por gravedad: El agua circula verticalmente y en de simple gravedad. Dentro de este tipo, podemos hablar de dos lleva a tener una filtración lenta, apenas utilizados actualmer mecanismo de la separación de sólidos es un a e o m i b i m, a c i ó n d adhesión y atracción, por lo que se eliminan partículas much intersticial. Es un sistema muy utilizado en tratamiento para a
- b) Filtración por presión: Normalmente están contenidos en rec forzada a atravesar el m e d i o d e f i l t r a c i ó n e. También en este caso haber filtración lenta, en la que en la superficie del filtro se donde la filtración, a través de esa supe s f i c i e, l ó s p a r t í c u l a s o a n i otro lado, en la filtración rápida se habla de filtración en pro mayor parte de espesor de medio filtrante está activo para e calidad del filtrado mejora con filtrar a p r o p i a d e f i l t r a c i ó n e s t a e suele u más en aguas industriales.

### Flotación

Operación física que consiste en generar pequeñas burbujas de g partículas presentes en el agua y serán elevadas a r r a s t a d e l a s s u p e r f i sacadas del sistema. Obviamente, esta forma de eliminar materia e los casos en los que las partículas tengan una densidad inferior c como en el caso de emulsión e r s i ó n d e g r o t a s q u e d e n i n s c i b l e, como en el caso de aceites y grasas. En este caso las burbujas de aire estas gotas, dado que generalmente la densidad de estos líquidos

En el tratamiento de aguas se utiliza aire como agente de flotación, y e introducción de aire, se tienen dos sistemas de flotación:

- a) Flotación por aire a alta presión: En este sistema el aire se introduce en un líquido a una presión de varias atmósferas. Los elementos principales de estos sistemas son una bomba de presurización, el equipo de inyección de aire, el saturador y la unidad de flotación propiamente dicha, donde al disminuir brusca de la presión, el aire disuelto se libera, formando un gran número de pequeñas burbujas de aire.
- b) Flotación por aire inducido: La operación es similar al caso anterior, pero las burbujas se realiza a través de difusores de aire, normalmente parte del equipo de flotación, o bien inducidas por rotores o agitadores. La velocidad de las burbujas inducidas es mayor que en el caso anterior.

Históricamente la flotación se ha utilizado para separar la materia en suspensión, con una menor densidad que el agua. Sin embargo la mejora de los equipos y la utilización de reactivos para favorecer la operación (los surfactantes disminuyen la tensión superficial) ha hecho posible la aplicación de la flotación para la eliminación de materia más densa que el agua. Así se utiliza para el tratamiento de efluentes de procedentes de refinerías, industria de la alimentación, pinturas, etc. En el caso de la eliminación de lodos, la operación se trata de espesar o concentrar los lodos obtenidos por sedimentación.

### Coagulación y Floculación

En muchos casos parte de la materia en suspensión puede estar formada por partículas de pequeño tamaño ( $10^{-6}$  a  $10^{-9}$  m), lo que conforma una suspensión coloidal. Estas suspensiones coloidales suelen ser muy estables, en muchas ocasiones debido a la carga eléctrica de las partículas. Por tanto tienen un nivel de estabilidad que haría inviable un tratamiento mecánico clásico. Una forma de mejorar la eliminación de materia en suspensión es la adición de coagulantes. En primer lugar, de la suspensión coloidal (coagulación) y a continuación la floculación de las mismas para obtener partículas fácilmente sedimentables. Este proceso se utiliza a menudo, tanto en el tratamiento de aguas residuales como en el de aguas industriales (industria de la alimentación, pasta de papel, textiles, etc.).

Los coagulantes suelen ser productos químicos que en solución actúan sobre la carga de la materia coloidal. Habitualmente se utilizan sales orgánicas de hierro de alto peso molecular, junto con polielectrolitos orgánicos, cuyo objetivo también debe ser

- a) Sales de hierro  $FeCl_3$  (54), con eficacia semejante. Se pueden utilizar tanto en estado sólido como en solución. La otra está en forma de cloruro del anión, si no se desea la presencia de cloruros o sulfatos.
- b) Sales de aluminio  $Al_2(SO_4)_3$  policloruro de aluminio. En el primer caso es manejable en disolución, mientras que en el segundo caso es un polvo con un porcentaje en peso de aluminio por kg dosificado.
- c) Polielectrolitos: Pueden ser polímeros naturales o sintéticos, aniónicos (ácidos poliacrílicos) o catiónicos (polivinilaminas). Se utilizan en cantidades mucho menores que para las sales, pero tanto la eficacia como

Los equipos en los que se lleva a cabo este proceso, suelen ser muy diferentes: Una primera donde se adicionan los reactivos, y se realiza la agitación y durante un corto periodo de tiempo, con el objetivo de mezclar los reactivos y coloidal para llevar a cabo la coagulación. A continuación, donde la agitación es mucho menor y se prolonga el tiempo. En este caso el objetivo es que se produzca la floculación. De esta forma la materia coloidal tiene características mucho más adecuadas para su eliminación mecánica.

#### 2.4.2 Tratamientos para la eliminación de la materia disuelta

Al igual que en el caso de la materia en suspensión, la materia disuelta puede tener concentraciones muy diversas: desde grandes cantidades de materia orgánica (salmueras) orgánicas (materia orgánica disuelta de origen natural) hasta extremadamente pequeñas cantidades de inorgánicos (metales pesados) pero necesaria su eliminación dado su carácter peligroso.

Algunos de estos tratamientos están siendo desplazados por otros como son los procesos de oxidación avanzada y las operaciones de coagulación en el caso de las aguas industriales.

## Precipitación

Consiste en la formación de una sustancia disuelta indeseable, por adición de un reactivo que forme un compuesto insoluble con el mismo, facilitando así su eliminación. Los métodos descritos en la eliminación de metales pesados a través de la precipitación en este apartado se refieren a la coagulación. Sin embargo, el término más preciso para describir procesos como la formación de sales insolubles, o la formación de otros compuestos de baja solubilidad a partir de la formación de un compuesto insoluble.

Un reactivo de muy frecuente uso es el hidróxido de aluminio, el cual forma una gran cantidad de sales insolubles que forma, por ejemplo es el método utilizado para la eliminación de hierro (nitrato). Además posee cierta capacidad coagulante, lo que hace que sea utilizado en aguas residuales urbanas y muchas industriales de características parecidas.

## Procesos electroquímicos

Está basado en la utilización de técnicas electroquímicas, que consisten en la oxidación o reducción de los contaminantes a través del agua (que necesariamente ha de contener un electrolito). La oxidación o reducción tanto en el cátodo como en el ánodo. Por tanto se puede utilizar como vector de descontaminación en uno de las principales aplicaciones de este proceso. Sin embargo como ventajas cabe destacar la ausencia tanto de la utilización de reactivos como de la presencia de subproductos. El control del potencial de electrodo permite seleccionar la reacción electroquímica deseada.

Las consecuencias de las reacciones que se producen pueden ser electrocoagulación, electroflotación o electrolisis. Los procesos electroquímicos sustituyen a los reactivos químicos, y supone una alta eficiencia y una menor adición de reactivos.

Sin embargo, la aplicación que está tomando un auge importante en aguas residuales es la electrooxidación ó reducción directa.

- a) Oxidación directa: En el ánodo se puede producir la oxidación directa de los contaminantes, tanto orgánicos como inorgánicos. Esta oxidación puede producirse directamente por una transferencia de electrones en la superficie del ánodo o bien



generación de un agente oxidante en sitio. En este último caso se utilizan oxidantes. Entre las aplicaciones de la oxidación directa cabe mencionar cianuros, colorantes orgánicos tóxicos (en algunas ocasiones más biodegradables), incluso el  $Cr(VI)$  y el  $Cr(III)$  pero que de esta forma puede ser reutilizado. En rango de concentraciones con este tipo de tratamiento también es muy amplio.

- b) Reducción catódica La principal aplicación de esta posibilidad es en la reducción de metales tóxicos. Se ha utilizado en situaciones, no poco frecuentes, para la reducción de cationes desde valores de  $100 \text{ mg/l}$  hasta valores incluso por debajo de la ppm. Hay una primera etapa de deposición del metal sobre el cátodo que ha de continuarse con la remoción del mismo. Esto se puede hacer por disolución en otra fase, etc.

El reactor electroquímico utilizado suele ser de tipo  $Fe$  frente a las pilas de combustible. Este sistema permite un crecimiento modular del área de reacción que compone de un elemento catódico de hidrógeno ( $Pt, Au, Ag, Pb, Ni, \dots$ ) y un elemento anódico que utiliza como base óxidos de metales.

#### Intercambio iónico

Es una operación en la que se utiliza un material, habitualmente una resina de intercambio iónico, que es capaz de retener en su superficie iones disueltos en el agua, los mantiene temporalmente unidos a la superficie, y los libera al pasar con un fuerte regenerante.

La aplicación habitual de estos sistemas, es por ejemplo, la eliminación de metales pesados que se encuentran en bajas concentraciones, siendo típica la aplicación en el tratamiento de aguas, así como la retención de ciertos productos en la desmineralización de jarabes de azúcar.

Las propiedades que rigen el intercambio iónico y que a la vez determinan sus características principales son las siguientes:

- Las resinas actúan selectivamente, de forma que pueden preferir ciertos valores relativos de afinidad de 15 o más.

- La reacción de intercambio iónico es reversible, es decir, puede avanzar en los dos sentidos.
- En la reacción se debe mantener la neutralidad

Hay sustancias naturales (zeolitas) que tienen capacidad de intercambio iónico. Actualmente se utilizan resinas poliméricas de síntesis que son más fáciles de utilizar para el uso.

Entre las ventajas del proceso iónico en el tratamiento de aguas con sales:

- Son equipos muy versátiles siempre que se trabaje con relativamente pocas sales.
- Actualmente las resinas usadas en este tipo de tratamiento, resultando de bajo costo y económicas
- Las resinas son muy estables químicamente, de larga duración
- Existe cierta facilidad de automatización y adaptación a situaciones

### Adsorción

El proceso de adsorción consiste en la captación de sustancias solubles en un sólido. Un parámetro fundamental en este caso será la superficie específica del sólido. El compuesto soluble a eliminar se ha de concentrar en la superficie del sólido. La mayor calidad de las aguas está haciendo que este tratamiento esté siendo utilizado como un tratamiento de refino, y por lo tanto al final de los sistemas de tratamiento especialmente con posterioridad al tratamiento biológico.

Factores que afectan la adsorción:

Solubilidad: menor solubilidad, mejor adsorción.

Estructura molecular: más cuantificada, mejor adsorción.

Peso molecular: menor moléculas, mejor adsorción.

Problemas de difusión interna, pueden alterar la norma.

Polaridad: mayor polaridad, mejor adsorción.

Grado de saturación: menor saturación, mejor adsorción.

El sólido universalmente utilizado en aguas residuales es el carbón activado. Actualmente se están desarrollando diversos tipos de materiales adsorbentes para aplicaciones especiales, propiedades del carbón activado

Hay dos formas clásicas de utilización que se diferencian y utilizan en diferentes aplicaciones:

- a) **Carbón en agua:** Se suele utilizar como medio de contacto entre el agua a tratar y el carbón activado, en la que el agua entra por la parte inferior y el carbón se encuentra en la superior. El tamaño de partícula en este caso es mayor para utilizar para eliminar el hierro, manganés, arsénico, que pueden estar presentes en el agua, y que habitualmente han resistido otros procesos de tratamiento. También se utilizan para eliminar algunos elementos, que a pesar de su pequeña concentración, en muchos casos producen un mal olor, color o sabor al agua.
- b) **Carbón en polvo:** Este tipo de carbón se suele utilizar en polvo cuando el agua contiene elementos orgánicos que pueden ser adsorbidos. Se suele añadir al agua a tratar, y pasado un tiempo de contacto se deja sedimentar las partículas para su separación previa. Este proceso se lleva a cabo en discontinuo.

La viabilidad económica de este proceso depende de la existencia de un sistema de regeneración del sólido una vez agotado. El carbón activado se regenera fácilmente por oxidación de la materia orgánica y posterior eliminación. En un hogar las propiedades del carbón activado, que es necesario reponer una parte del mismo, se regeneran en cada ciclo. (Carbón no Activado o PAO) es más difícil de regenerar, pero también es cierto que es más fácil de

El costo es un parámetro importante a la hora de la elección del adsorbente. Los adsorbentes más baratos son las zeolitas, arcillas (montmorillonita, sepiolita, bentonita), adsorbentes de bariocedrita, entre otros, en su mayor parte de residuos sólidos.

Las aplicaciones de la operación de adsorción es amplia, desde el tratamiento de aguas orgánicas (colorantes, fenoles, metales pesados) en todos sus procesos de oxidación.

### Desinfección

La desinfección pretende hacer morir a los microorganismos que pueden causar enfermedades, dado que el agua es uno de los principales medios de transmisión. Los organismos causantes de enfermedades pueden ser

algunos otros. Los desinfectantes imprescindibles para la protección de la agua a tratar tiene como finalidad el consumo humano. En el caso el objetivo puede ser no solo desactivar patógenos, sino que se quiere pretende es reutilizar el agua.

Para llevar a cabo la desinfección de agua se utilizan métodos físicos (calor, radiación.), ácidos o sustancias químicas. Entre los que se pueden destacar y al igual que sus derivados, o bien procesos avanzados (fotocatálisis heterogénea)

La utilización de desinfectantes persigue tres finalidades: producir organismos vivos, evitar de subproductos indeseables y mantener la calidad bacteriológica

Los desinfectantes más utilizados son los siguientes:

- a) Desinfección con cloro: Se llama cloración y utiliza como factores que influyen en el proceso: Naturaleza y concentración de las sustancias disueltas o en suspensión en el agua así como el tiempo de contacto utilizado. Las sustancias presentes en el agua en cloración: En presencia de sustancias orgánicas, el poder oxidante del cloro consume cloro (formación de cloraminas) y aumentan la demanda del mismo. En este sentido, es importante la demanda del cloro (breakpoint) para determinar la dosis de cloro en el agua. Además de la dosis, es también importante el tiempo de contacto que el parámetro a utilizar es la expresión  $C \cdot t$ :  $C$  es la concentración en mg/l ( $C$ ) y tiempo de exposición mínimo en minutos ( $t$ ). No utilizada es  $C_n \cdot t = \text{constante}$ , que para el cloro adopta valores de uno de las principales desventajas de la utilización del cloro es la posibilidad de formación, aunque en cantidades muy reducidas, de trihalometanos.
- b) Otros compuestos clorados: El hipoclorito sódico también es utilizado como desinfectante en sistemas de tratamiento de agua. Sus propiedades son muy semejantes a las del cloro con posibilidad

utilización es más oxidante que el cloro, no reacciona con amoníaco para formar cloraminas y parece ser que la persistencia de este compuesto es menor que la del cloro. Todas estas ventajas están abriendo nuevas posibilidades de utilización de este compuesto para la desinfección.

### 2.4.3 Tratamientos biológicos

Constituyen una serie de importantes procesos en los que se utilizan los nutrientes de microorganismos (entre las que destacan las bacterias) para eliminar los componentes indeseables del agua, aprovechando la actividad metabólica de esos componentes. La aplicación consiste en la eliminación de materia orgánica biodegradable, tanto soluble como coloidal, así como la eliminación de los elementos nutrientes (N y P). Es uno de los tratamientos más habituales para las aguas residuales urbanas, sino en buena parte de las aguas industriales.

En la mayor parte de los casos, la materia orgánica constituye la fuente de carbono que necesitan los microorganismos para su crecimiento. Además, la presencia de nutrientes, que contengan los elementos esenciales para el crecimiento, especialmente los compuestos que contengan N y P, y por último, la presencia de oxígeno disuelto en el agua. Este último aspecto se trata en el siguiente proceso biológico más conveniente.

En el metabolismo bacteriano juega un papel fundamental el elemento oxígeno en los procesos de oxidación de la materia orgánica. Este aspecto, la incidencia en la aplicación al tratamiento de aguas.

Atendiendo a cual es dicho aceptor de electrones distinguimos tres tipos de procesos:

- a) Sistemas aerobios: La presencia de este elemento sea el aceptor de electrones, por lo que se obtienen grandes cantidades de fangos, una importante generación de fangos, debido al alto crecimiento bacteriano. Su aplicación a aguas residuales puede estar muy condicionada por la falta de oxígeno en el agua.

- b) Sistemas anaerobios: El aceptor de electrones puede ser la propia materia orgánica, obteniéndose como producto de esta un estado más reducido. Con la utilización de este sistema, tendría, importante, la obtención de gas combustible.
- c) Sistemas anóxicos: Se denominan así los sistemas en los que en presencia de  $\text{H}_2\text{N}_2\text{O}$  que este último elemento sea el aceptor transformándose, entre otros, en  $\text{N}_2$  completamente. Posiblemente, en ciertas condiciones, conseguir una eliminación (desnitrificación).

Tomado en cuenta los aspectos antes mencionados, existe una gran dependencia de las características de la carga orgánica a tratar.

Procesos biológicos aerobios.

- a) Lodos Activados: Consiste en poner en contacto en un medio aerobio una balsa aireada, el agua residual con flóculos biológicos que se adsorben la materia orgánica y donde es degradada por las bacterias con el proceso de degradación, y para separar los flóculos de una sedimentación, donde se realiza el proceso de floculación para obtener una elevada concentración de microorganismos en el interior de la purga equivalente a la cantidad crecida de organismos.

#### Figura 2.7: Proceso básico de Lodos Activados

Dentro de los parámetros básicos de purificación y importante de la aireación. La solubilidad del oxígeno en el agua es pequeña (dependiendo de presión y temperatura) por lo que será necesario

los microorganismos, utilizados preferiblemente, capaces de suministrar  $0.7 \text{ kg O}_2 / \text{kg DBO}_5 \cdot \text{h}$ , o bien difusores. El valor mínimo de operación acorde con el tipo de lodo es de  $2 \text{ mg/l}$ . El consumo eléctrico en este tipo de procesos se encuentra dentro de los costos de operación.

Otro parámetro clave en el proceso se refiere al parámetro denominado  $I$ , intensidad de carga. Se refiere a la relación entre la carga alimentada y la cantidad de microorganismos disponibles en el reactor, expresada en  $\text{kg DBO}_5$  (o  $\text{DQO}$ ) /  $\text{kg SSV} \cdot \text{día}$ . Es un parámetro de diseño fundamental, cuyo valor óptimo está entre 0.6 y 0.8 para las condiciones más convencionales de operación. Además tiene una influencia determinante en la buena sedimentación del lodo. La densidad celular también es un parámetro importante que depende de la edad de los microorganismos que permanecen en el interior del reactor. Esta magnitud suele tener un valor entre 0.5 y 0.8 días por condiciones convencionales de operación.

#### b) Los Activados: Modificación al proceso básico

**Aireación prolongada:** Se suele trabajar con relaciones  $A/M$  más altas (mayores tiempos de residencia), consiguiendo mayor rendimiento en la degradación de la materia orgánica. Otra ventaja añadida es el menor consumo de energía por unidad de depuración. Es interesante su utilización, además, cuando se pretenda eliminar el nitrógeno simultáneamente con la materia orgánica.

**Contacto estabilización:** En el reactor de aireación posterior se suele tener un tiempo de residencia (sobre una hora) pretendiendo que se lleve a cabo la oxidación de la materia orgánica en los lodos. La verdadera degradación se produce en el reactor de aireación insertada en la corriente de lodos. La concentración de lodos en este reactor es mucho mayor que en el primer reactor. Es interesante observar que la buena patencia de la materia orgánica a degradar se encuentra como materia orgánica en los lodos.

Reactores discontinuos secuenciales (SBR): Todas las operaciones (sedimentación) se llevan a cabo en el mismo equipo, incluyendo terminando con la evacuación del agua tratada. Es una opción en las que se dispone de poco espacio, como ocurre a veces en cuanto a las condiciones de operación y habitualmente burbujeo como reactores.

### Figura 3: Proceso aerobio de estabilización

c) Procesos aerobios con biomasa soportada en una estructura para conseguir concentraciones suficientes de microorganismos, sin necesidad de favorecer su crecimiento en la superficie de sólidos. Se evitan los posibles problemas en la sedimentación recurrentes de los procesos clásicos de lodos activados. Sin embargo el aporte de oxígeno es un factor importante, consiguiéndose en este caso bien en la distribución y movimiento del sistema.

Filtros percoladores: También se conocen como lechos bacterianos o sistemas aerobios de biomasa inmovilizada más extendidos son los filtros de lechos fijos de gran diámetro, rellenos con rocas o piezas de formas especiales para aumentar la gran superficie. Sobre la superficie se forma una capa de biomasa, sobre la que se dispersa el agua residual y al descenso la superficie. Al mismo tiempo, ha de quedar espacio para el aire, que asciende de forma natural. El crecimiento de la biomasa prov



microorganismos se desprendan de la superficie, y por lo tanto una sedimentación posterior para su separación del efluente. Se realiza una acumulación de parte del efluente limpio, una vez producido. En estos sistemas, la velocidad de carga orgánica es importante, teniendo rangos de aplicación en la industria de 30 a 100 kg DBO<sub>5</sub>/m<sup>2</sup> día (de 10 a 20 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> día). Los tamaños muy variables (de 10 a 20 m<sup>2</sup>).

Figura 4. Operación de un filtro percolador

Los Contactores Rotatorios (C.R.) consisten en una serie de placas soportadas en un eje y pagadas en una balsa que contiene agua residual. El eje junto con los discos, gira lentamente. Sobre la biopelícula, que sucesivamente, se moja y entra en contacto con el agua residual, produciéndose la degradación orgánica. Son fáciles de manejar y convenientes cuando se trata de pequeños caudales.

## Procesos biológicos

El tratamiento anaerobio es un proceso biológico ampliamente utilizado para el tratamiento de aguas residuales. Cuando una alta carga orgánica, se presenta como problema frente al que sería un costoso tratamiento aerobio, debido al alto costo del tratamiento anaerobio se caracteriza por la producción de metano y dióxido de carbono, los cuales son aceptables de ser utilizados como combustible para la generación de energía térmica.

pequeña parte de la  $100\%$  de la  $5\%$  para formar nuevas bacterias, de un proceso aerobio. Sin embargo, la lentitud del proceso anaerobio, los tiempos de residencia, por lo que es necesario diseñar reactores con una alta concentración de microorganismos.

Realmente, es un proceso en el que intervienen varios grupos de bacterias anaerobias estrictas como facultativas, en el que, a través de una fuente de oxígeno, se desemboca fundamentalmente en la producción de metano. Cada etapa del proceso, que es llevada a cabo por grupos distintos de bacterias, que han de estar en equilibrio

- a) Hidrólisis: La hidrólisis es la ruptura de moléculas grandes en moléculas de menor tamaño que pueden ser transportadas dentro de las células y metabolizadas. En este proceso no se produce metano, y en su totalidad supone una etapa que se desarrolla lentamente.
- b) Formación de Ácidos (acidogénesis) y acetato: Los productos de la hidrólisis son transformados en ácidos orgánicos de cadena corta, hidrógeno y dióxido de carbono. Estas bacterias son resistentes a variaciones en las condiciones ambientales. El pH óptimo para el desarrollo de su actividad metabólica es de 5.5. Generalmente son conducidos a pH 7, y aún en estas condiciones no decae.
- c) Metanogénesis: La formación de metano es el producto final de la digestión anaerobia, ocurre por dos grandes rutas: La primera de ellas, la acetoclastica, produce metano a partir del principal producto de la fermentación de las bacterias que consumen el ácido acético, las bacterias acetoclastas. La segunda ruta, la hidrogenotélica, produce metano a partir del hidrógeno. La reacción planteada de forma general, es la siguiente:



La metanogénesis es la etapa crítica en el proceso de degradación anaerobia de las bacterias que la llevan a cabo y de los productos del proceso. En consecuencia, la medida, la digestión anaerobia se ha de llevar a cabo en las condiciones de buen funcionamiento de estas bacterias metanogénicas.

Actualmente está ampliamente aceptado que el grado de degradación de una distribución como la detallada a continuación en la siguiente

#### Figura 5.2. Proceso de la degradación anaerobia

Entre las ventajas más significativas del tratamiento anaerobio destaca la alta eficacia de los sistemas, incluso en aguas residuales con alto consumo de energía, pequeña producción de lodos y por tanto de nutrientes, así como su eficacia ante alteraciones de importancia durante grandes periodos de parada sin alteración importante en la operación. Sin embargo, como desventajas caben destacar la baja efectividad en la eliminación de nutrientes y patógenos, generación de malos olores y la necesidad de un tratamiento, generalmente aerobio, para alcanzar los niveles de calidad requeridos, así como los generalmente largos periodos de puesta en marcha.

Tanto las variables físicas como las químicas influyen en el hábito de vida de los microorganismos. En el proceso anaerobio es importante tener en cuenta la influencia de factores como el pH. Las bacterias formadoras de metano son las más sensibles a este tipo de alteraciones. Un funcionamiento inadecuado puede causar una acumulación de productos intermedios (ácidos) y desestabilizar por completo el sistema. Entre

se encuentran la temperatura, el pH y la disponibilidad de nutrientes como un factor importante en el control del proceso y en condiciones ambientales. Una buena mezcla distribuye las propiedades tales como la concentración de metabolitos intermedios que pueden ser causa de inhibición metanogénicas.

Los parámetros de operación de un digestor anaerobio pueden ser: tipo de sustrato (sólida (materiales orgánicos e inorgánicos en suspensión) o líquida (líquida y composición) y gaseosa (producción y composición) Estos parámetros tienen un significado y utilidad según la situación particular del equipo, que puede ser en período de puesta en marcha, en estado estacionario para sistemas continuos o discontinuos. Entre los parámetros de operación se pueden mencionar: concentración de materia orgánica, toxicidad, velocidad volumétrica de flujo, tiempo de retención de sólidos volátiles en el reactor, producción de lodos, etc.

El desarrollo del tratamiento anaerobio ha sido el resultado de un desarrollo que se ha llevado a cabo el proceso. Dado el bajo crecimiento de las bacterias que llevan a cabo la formación de metano, es necesario desarrollar un sistema que consiga una alta concentración de microorganismos por si se quiere utilizar reactores de gran tamaño.

Figura 6.2 Reactor anaerobio típico.

## 2.4.4 Tecnologías Emergentes

### Oxidación.

#### a) Oxidación seca:

Incineración: Consiste en la oxidación de los contaminantes a temperaturas elevadas. Es un método útil únicamente cuando se trata de cantidades de aguas con una concentración de sólidos de hasta 100 mg/l. En caso contrario, los costos de operación asociados a la incineración son demasiado altos para ser utilizados como tecnología auxiliar, salvo en casos excepcionales. Aunque los costos de inversión son altos, la tecnología está bien establecida. Puede ser utilizada en combinación con una operación de separación de sólidos, por ejemplo, en el tratamiento de efluentes líquidos resulta una técnica costosa además de impopular.

#### b) Oxidación húmeda no catalítica: La oxidación húmeda es un proceso de tratamiento que se ha venido aplicando desde hace más de cincuenta años para la oxidación de materia orgánica, soluble o en suspensión, se oxida con oxígeno en corrientes gaseosas enriquecidas en oxígeno. La química involucrada es de tipo radicalaria, de forma que son los radicales formados a partir del oxígeno que reaccionan con la materia orgánica. Por este motivo se la clasifica como no catalítica, se incluye a veces entre los procesos avanzados de oxidación. Una característica definitoria es la implicación de radicales hidroxilo y peróxido de hidrógeno indirectos.

Una característica esencial de los procesos de oxidación húmeda no catalítica es la formación de ácidos carboxílicos como productos finales. Los ácidos formados son esencialmente corresponden a los ácidos fórmico, acético y propiónico. La formación de estos compuestos es variable en función de la naturaleza del contaminante, típicamente representa el 10% del carbono orgánico total (Total Organic Carbon) del efluente de partida. Puesto que se trata de compuestos biodegradables, se debe limitar la extensión de la oxidación para evitar la formación de compuestos que representan problemas de toxicidad en depuradoras. Si, por razones de costo, las concentraciones de contaminante son bajas y no es posible un pretratamiento antes de un sistema de depuración biológica, se pueden utilizar catalizadores con el fin de evitar temperaturas de proceso pro-

tratamiento de los procesos de oxidación húmeda es función de los compuestos que se deben degradar, pero en general oscila entre 20 y 200 bar dependiendo esencialmente del rendimiento de la oxidación, medido como porcentaje de demanda química de oxígeno oxidada. La oxidación húmeda puede utilizarse para el tratamiento de aguas con un contenido en materia oxidable oscile entre 500 y 15000 mg/L de materia orgánica y con valores de demanda química de oxígeno de hasta 20 g/L.

- c) Oxidación húmeda catalítica: En casos de aguas con una alta demanda química de oxígeno y una alta mineralización, el proceso de oxidación húmeda se puede utilizar con catalizadores con el fin de acelerar la velocidad de la reacción de los compuestos orgánicos. La oxidación húmeda catalítica es la práctica más utilizada para el tratamiento de aguas con alta mineralización y con compuestos orgánicos como cianuros y amoníaco y como la oxidación húmeda, puede utilizarse como agente oxidante. El catalizador hace posible operar a temperaturas más moderadas que la oxidación húmeda no catalítica y, por lo tanto, el balance económico de los catalizadores suelen ser metales soportados, también se han estudiado las distancias, tanto en sistemas homogéneos como heterogéneos. La oxidación húmeda catalítica permite la oxidación de compuestos orgánicos en agua a presiones moderadas (entre 20 y 200 bar) y a una temperatura comprendida entre 120°C y 250°C, que es función esencialmente del catalizador. La eficacia del proceso en cuanto a la reducción de la demanda química de oxígeno es del 75% y el 99%: el catalizador permite la oxidación de los compuestos orgánicos con menores tiempos de residencia a una eficacia reducida de un 25% de un contaminante a eliminar. La oxidación húmeda catalítica es adecuada para el caso de efluentes con concentraciones de oxígeno mayores que 100 mg/L, para las cuales el proceso de oxidación húmeda catalítica es más eficaz que los procesos de oxidación avanzada de compuestos no biodegradables. Los sistemas biológicos de depuración de aguas residuales no es eficaz frente a estos procesos avanzados de oxidación. En el caso de efluentes con una alta demanda química de oxígeno (mayor que 5000 mg/L).

d) Oxidación húmeda supercrítica: En los procesos de oxidación ahora el oxidante debe atravesar la líquida fase. Esto impone limitaciones al diseño de reactores puesto que debe tenerse en cuenta la limitación a la velocidad de transferencia de materia. Si se opera a (647.0 K y 22 MPa) desaparece la diferencia entre fases a los coeficientes de transporte alcanzan valores elevados, lo que permite velocidades de oxidación elevadas. De esta forma, los compuestos refractarios a la oxidación orgánica se oxidan con gran eficacia a temperaturas comprendidas entre 400 y 500 °C después de una residencia (usualmente) pequeña. Además, el proceso permite tratar efluentes con contaminantes metales, que son transformados en sus óxidos, la presión que requiere la oxidación supercrítica es muy elevada y en las condiciones de operación existe una fuerte incidencia de la corrosión debida al fósforo y azufre, lo que fuerza a utilizar materiales costosos. En el agua supercrítica la solubilidad de muchos compuestos inorgánicos y las sales tienden a depositarse en el reactor y en las conducciones provocando erosión y obstrucción.

La siguiente tabla muestra las condiciones de operación y los rendimientos de oxidación directa:

Tratamiento	Condiciones	Rendimientos
Incineración	>800 °C	>99%
Si el poder calorífico es inferior a 3000 kcal/kg (> 4000 g/L DQO) m		
Oxidación húmeda no catalizada	150-250 °C 20-200 bar	75-90%
DQO inicial < 5000 mg/L. Condiciones muy enérgicas. No alcanza m		
Oxidación húmeda catalizada	120-250 °C 5-25 bar	75-99%
DQO inicial > 10000 mg/L El proceso es muy dependiente del tipo de catalizador. La estabilidad de algunos catalizadores no es satisfactoria.		
Oxidación húmeda supercrítica	400-650 °C	>99.9%
DQO inicial > 50 g/L El medio de acción es corrosivo		

La deposición de sales puede bloquear el equipo  
 Los compuestos con nitrógeno mineralizan con facilidad.

Tabla 2a Limitaciones y condiciones de operación de los procesos de oxidación

## Procesos Avanzados de Oxidación

Los procedimientos avanzados de oxidación (Advanced oxidation processes) se refieren a aquellos procesos de oxidación que implican la generación de una cantidad suficiente para interaccionar con los contaminantes orgánicos. Se trata de una familia de métodos que utilizan la elevada capacidad oxidante de los radicales hidroxilo ( $\text{OH}\cdot$ ) que se generan. Los más comunes son: ozonización, peróxido de hidrógeno, radiación ultravioleta y fotólisis. En la tabla se indican los procesos avanzados de oxidación existentes:

Procesos homogéneos:
a) Sin aporte externo de energía: <ul style="list-style-type: none"> <li>* Ozonización en medio alcalino (<math>\text{O}_3/\text{OH}^-</math>)</li> <li>* Ozonización con peróxido de hidrógeno (<math>\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2</math>)</li> <li>* Peróxido de hidrógeno y Fenton (<math>\text{H}_2\text{O}_2/\text{Fe}^{2+}</math>)</li> </ul>
b) Con aporte externo de energía: <ul style="list-style-type: none"> <li>· Energía procedente de radiación ultravioleta (UV)               <ul style="list-style-type: none"> <li>* Ozonización y radiación ultravioleta (<math>\text{O}_3/\text{UV}</math>)</li> <li>* Peróxido de hidrógeno y radiación ultravioleta (<math>\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}</math>)</li> <li>* Ozono, peróxido de hidrógeno y radiación ultravioleta (<math>\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}</math>)</li> <li>* Fenton<sup>2</sup> (<math>\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}</math>).</li> </ul> </li> <li>· Energía procedente de ultrasonidos (US)               <ul style="list-style-type: none"> <li>* Ozonización y ultrasonidos</li> <li>* Peróxido de hidrógeno y ultrasonidos (<math>\text{H}_2\text{O}_2/\text{US}</math>)</li> </ul> </li> <li>· Electroquímica               <ul style="list-style-type: none"> <li>* Oxidación electroquímica</li> <li>* Oxidación anódica</li> <li>* Electro-Fenton</li> </ul> </li> </ul>
Procesos Heterogéneos



- a) Ozonización catalítica (O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub>)
- b) Ozonización catalítica (O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub>/UV)
- c) Fotocatálisis Heterogénea (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub>/UV)

Tabla 3. Procesos Avanzados de Oxidación

Se trata de procesos que utilizan reactivos costosos tales como el ozono, lo que su utilización debe restringirse a situaciones en las que otros métodos biológicos, no sean posibles. Se emplean cuando se consiguen con otros tratamientos, como la adsorción o los tratamientos biológicos, una economía de oxidante.

Una característica común a todos los procesos avanzados de oxidación de efluentes con concentraciones menores que 5 g/L de demanda química de oxidación, el elevado consumo de agente oxidante y la mejoría del proceso, hacen preferibles las técnicas de oxidación húmeda.

En la Tabla 4 se muestran las ventajas y desventajas de los métodos

Ozonización en medio alcalino (O <sub>3</sub> /OH <sup>-</sup> )	
<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Tecnología de relaciones gas/líquido</li> <li>· Flexibilidad para tratar altas concentraciones</li> <li>· Fácilmente automatizable</li> </ul>	<p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Baja solubilidad del ozono</li> <li>· Posible formación de bromoformo</li> <li>· Costo de generación del ozono</li> <li>· Presencia de carbonatos, bicarbonatos y otros neutralizantes de capacidad tampón</li> </ul>
Ozonización peróxido de hidrógeno (O <sub>3</sub> /H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /OH <sup>-</sup> )	
<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Eficacia y velocidad de degradación</li> <li>· Puede utilizarse para degradación de los compuestos</li> <li>· Tecnología conocida y fácil de operar</li> </ul>	<p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· A las desventajas consideradas en la ozonización en medio alcalino se le suma el costo del peróxido de hidrógeno</li> </ul>
Métodos ozonolíticos UV <sub>254</sub> /O <sub>3</sub> /UV y H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /UV	
<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· La velocidad de oxidación puede ser elevada</li> <li>· Reduce el costo de los reactivos</li> </ul>	<p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· El costo de la generación de ozono es muy elevado.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>La eficacia de la radiación</li> <li>La economía del proceso compuesto a degradar abs</li> </ul>
Peróxido de hidrógeno $H_2O_2$ / Catalizador	
<b>Ventajas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Método probado y con amplio desarrollo</li> <li>Eficaz como pretratamiento</li> </ul>	<b>Desventajas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Utiliza un catalizador homogéneo</li> <li>Se generan lodos de hidróxido de hierro</li> <li>El pH del medio debe de estar en un intervalo estrecho</li> <li>Los ácidos orgánicos reaccionan con el hierro.</li> </ul>
Fotólisis $H_2O_2$ / UV	
<b>Ventajas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Reduce la generación de residuos respecto al método clásico</li> <li>La velocidad de reacción es alta y depende del tamaño del reactor.</li> </ul>	<b>Desventajas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Baja eficacia de la radiación</li> <li>Necesidad de controlar estrechamente el pH.</li> </ul>
Oxidación Avanzada con $UV/H_2O_2$ / $UV/O_3$ / $UV/H_2O_2/O_3$	
<b>Ventajas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>No requiere radiación y reduce el consumo de energía</li> <li>Puede combinarse con otros procesos</li> </ul>	<b>Desventajas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Proceso intensivo en energía</li> <li>Tecnologías en primeras etapas de desarrollo.</li> </ul>
Métodos electroquímicos (Oxidación anódica)	
<b>Ventajas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mejoran la eficacia de los procesos</li> <li>Evitan o reducen la necesidad de catalizadores</li> </ul>	<b>Desventajas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Duración de los electrodos</li> <li>Costo elevado de energía</li> </ul>
Ozonización catalítica (O <sub>3</sub> / Catalizador)	
<b>Ventajas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Facilidad de separación de los catalizadores</li> <li>Diseño de reactores bien conocido</li> <li>Mejora de la economía del Ozonizado en sistemas homogéneos</li> <li>Nuevos materiales catalíticos e inorgánicos</li> </ul>	<b>Desventajas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Baja solubilidad del ozono en agua</li> <li>Dificultad de transferirse desde el gas al líquido</li> <li>Limitaciones a la transferencia de masa</li> </ul>
Procesos catalíticos (TiO <sub>2</sub> / UV y OH <sup>-</sup> / TiO <sub>2</sub> / UV)	
<b>Ventajas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Posibilidad de utilización de catalizadores sólidos y reutilización</li> <li>Se puede combinar con otros procesos</li> </ul>	<b>Desventajas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Eficacia reducida si no se genera suficiente cantidad de reactivos</li> <li>Bajo rendimiento de la radiación</li> </ul>

oxidación	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Limitación en la disponibilidad de catalizadores</li> <li>· Limitaciones a la transferencia de masa</li> </ul>
-----------	---

Tabla 4. Ventajas y Desventajas de los métodos de Oxidación Avanzada

### Aplicaciones de los métodos de oxidación directa

La tecnología de oxidación húmeda está establecida comercialmente desde los años sesenta con cientos de unidades operando bajo diferentes condiciones en diversas aplicaciones. En los años sesenta, se comenzó a aplicar para el tratamiento de lodos biológicos de depuradora y también, para la regeneración de catalizadores como aditivos de compuestos orgánicos.

A partir de los años setenta, la aplicación de la oxidación húmeda se extendió a industrias industriales. En la zona de baja temperatura (100-200 °C) se utiliza para la oxidación de cianuros y pesticidas no clorados. A mayor temperatura (200-300 °C) se utiliza para la oxidación de soluciones alcalinas utilizadas como absorbentes de gases ácidos en la operación de acondicionamiento térmico de los gases. A mayor temperatura se tratan los efluentes industriales con frentes de oxidación en el rango de 300-400 °C, la oxidación húmeda se utiliza para tratamiento de efluentes saturados en diversos compuestos orgánicos y en la mayoría de los casos para el tratamiento de efluentes industriales con disolventes orgánicos. La técnica se utiliza para la destrucción de lodos industriales y existen en el mundo un centenar de plantas y en algunas de las cuales se tratan efluentes de las industrias química, petroquímica y farmacéutica y para el tratamiento biológico de aguas residuales.

Las condiciones de la oxidación húmeda pueden variarse mediante el uso de catalizador. Los principales procesos comerciales utilizan catalizadores, sin embargo introduce el problema de su separación y recuperación posterior.

### Tendencias en el desarrollo de los métodos de oxidación avanzada

Aunque muchos de los procesos avanzados de oxidación que se iniciaron en el pasado aún del desarrollo en planta piloto, se dispone ya de tecnologías para el tratamiento de efluentes industriales. La mayoría de los sistemas de separación de sólidos se utilizan métodos basados en el uso de radiación ultravioleta. Su utilización está condicionada por las restricciones impuestas por la legislación ambiental.

Figura 7: Diagrama típico del método de oxidación húmeda

### Membranas

Las membranas son barreras físicas semipermeables que separan dos medios en contacto y restringiendo el movimiento de las moléculas a través de ellas. Este hecho permite la separación de sustancias contaminantes del agua, generando un agua depurada.

La rápida expansión, a partir de 1960, de la utilización de membranas a escala industrial ha sido propiciada por dos factores: la aparición de membranas para proporcionar elevados flujos de permeado y la fabricación de membranas y fácilmente intercambiables donde disponer grandes superficies de membrana.

Los procesos de separación por membranas se clasifican en:

- Permiten la separación de contaminantes que se encuentran en forma coloidal.
- Eliminan contaminantes que se encuentran en baja concentración.
- Las operaciones se llevan a cabo a temperatura ambiente.
- Procesos sencillos y diseños compactos que ocupan poco espacio.
- Pueden combinarse con otros tratamientos.
- No eliminan realmente el contaminante, únicamente lo concentran.
- Puede darse en caso de incompatibilidades entre el contaminante y la membrana.
- Problemas de ensuciamiento de la membrana: necesidad de otro tipo de limpieza, ajustes para paliar limpieza del equipo.
- Deficiente escalado debido a los equipos (equipos modulares)
- Ruido generado por los compresores para conseguir altas presiones.

Las membranas se pueden fabricar con materiales poliméricos, atendiendo a su estructura física se pueden clasificar en:

a) Membranas microporosas:

Estructuras porosas con una distribución de tamaño de poros. Las membranas que se encuadran en este grupo tienen una distribución de tamaño de poros entre 0.001  $\mu$ m y 10  $\mu$ m.

Los procesos de depuración de aguas que utilizan estas membranas son la ultrafiltración, donde se produce la exclusión del paso a través de la membrana, siendo parcialmente rechazadas aquellas sustancias cuyo tamaño es comprendido entre el mayor y el menor tamaño de los poros. En este tipo de membranas la fuerza impulsora responsable del flujo de agua a través de la membrana es una diferencia de presión.

Los filtros profundos actúan reteniendo en su interior, bien por adsorción o por su captura en los estrechamientos de los canales, las sustancias contaminantes que se quieren excluir del agua. Se utilizan habitualmente en microfiltración.

Los filtros tipo tamiz son membranas con una distribución de tamaño de poros que capturan y acumulan en su superficie las sustancias contaminantes.

los poros. Las sustancias de menor tamaño que pasan la membrana interior, sino que salen formando parte de la corriente que se produce en las membranas anisótropas y se utilizan en ultrafiltración.

b) Membranas densas:

Estructuras sin poros donde el paso de las sustancias a través de la membrana se realiza por un modelo de solución-difusión, en el que los componentes de la solución se disuelven en la membrana y posteriormente se difunden a través de ella. La difusividad de los componentes de la solución en la membrana depende del tamaño de moléculas e iones. Debido a que la interfase entre la solución y la membrana es de tipo anisótropo, los procesos de ultrafiltración y nanofiltración son procesos que utilizan este tipo de membranas.

c) Membranas cargadas eléctricamente:

Pueden ser porosas o densas, pero la estructura de la membrana es la que determina la separación. La separación es consecuencia de la carga de la membrana y de la carga de los componentes de la solución. Aquellos componentes cuya carga sea la misma que la de la membrana son atraídos y retenidos, mientras que los de carga opuesta son repelidos. La eficiencia de separación también depende de la carga y de la concentración de la solución: los iones monovalentes son excluidos menos eficazmente que los divalentes. Este tipo de membranas se utilizan en los procesos de electrodiálisis.

d) Membranas anisótropas:

Las membranas anisótropas son estructuras laminares o tubulares. En ellas, la porosidad o la composición de la membrana cambia a lo largo de su espesor. Están constituidas por una delgada película de membrana no porosa o de baja porosidad y otra más gruesa y porosa, de tal forma que la primera es la responsable de la separación y la segunda aporta al sistema la suficiente resistencia mecánica para soportar las condiciones de trabajo. La película delgada es responsable de la separación y la gruesa aporta la resistencia mecánica. Pueden estar fabricadas con materiales diferentes.

Debido a que la velocidad de paso de las sustancias a través de la membrana es inversamente proporcional al espesor de la misma, las membranas deberán ser tan delgadas como sea posible. Mediante la fabricación de membranas anisótropas es posible conseguir espesores de membranas inferiores a 20  $\mu$ m, que

membranas convencionales (isótopos) en los procesos de separación, debido a este tipo de membranas, ha hecho que los procesos a escala industrial.

Las membranas pueden fabricarse en forma de láminas planas, tubulares o fibras huecas (hollow fiber).

Las fibras huecas se disponen en módulos compactos con mayor eficiencia que los módulos de láminas planas y de membranas tubulares, permitiendo

El desarrollo de materiales para la fabricación de membranas de separación más eficientes y su disposición en configuraciones o módulos de fácil instalación pueden agruparse para conseguir superficies filtrantes de grandes volúmenes aceptables, se ha condicionado la utilización de membranas a escala industrial.

Actualmente las configuraciones en las que se presentan las membranas son:

- Cartuchos de membranas: las membranas, convenientemente empaquetadas alrededor de un colector de permeado, empaquetándose en una carcasa de longitud y 6 cm de diámetro (ver fig. 8) que se disponen en línea para tratar (alimentación), quedando los contaminantes retenidos en la membrana y generándose el permeado (permeado). Los cartuchos de membranas son desechables.

Figura 8: Cartucho de membrana

- Membranas tipo placa bastidor: Las membranas se disponen en placas. La alimentación, irp p m l s a, d a c i p o u l a u r p a o r los- espacios membrana, concentrándose en contaminantes conforme tiene l a través de las paredes de las membranas.

Figura 9. Membrana tipo placa bastidor

- Membranas tubulares constituidos por carcassas cilíndricas que conti variable de membranas tubulares. La alimentación se bombe membranas, produciéndose un flujo lateral de permeado a tr carcasa tiene los adispositivos para recoger los flujos de p concentrado. Las membranas tubulares están constituidas por o fibra de vidrio sobre el que se deposita la superficie filtran materiales cerámicos.
- Membranas en espiral: estructura compleja donde una membrana plana , con un separador interno de las paredes de la memb alrededor del tubo colector de permeado, con el que se une bolsaa paredes exteriores de la membrana, que forman las separadas por estructuras huecas que permiten que la alimen ellas y que el permeado fluya, lateralmente, a través de las pa
- Fibra hueca (Hollow Fiber) estructuras semejantes a los intercambiado multitubulares, de 70 cm de longitud y 8 cm de 2010 metro don



membranas del tipo fibra hueca. Básicamente existen dos con que alimentación circule por el interior o el exterior de las fibras.

#### Figura 4. Membrana en espiral

Las membranas pueden sufrir ensuciamiento provocado por la presencia de sólidos que pueden interaccionar con la superficie o penetrando en su interior, en cuyo caso son adsorbidos reduciendo el diámetro de paso de estos. La consecuencia del ensuciamiento es la pérdida del flujo de agua, debido a una mayor resistencia de la membrana. Esto puede ser revertido de la diferencia de presión transmembrana, con el fin de mantener el proceso de ensuciamiento, pudiendo llegar a un punto de irreversibilidad de la membrana, lo que haría necesaria su sustitución.

Esta forma de mal funcionamiento es dependiente del tiempo de operación. La forma de corregirlo dependerá de las características del ensuciamiento. Si el ensuciamiento es en la superficie, un cambio en la dirección del flujo, bien continuo o bien definido o en forma de pulsos, puede ser suficiente para eliminarlo. En situaciones como ensuciamiento en el interior de la membrana o de la fibra, será necesario en empleo de productos químicos de limpieza.

La mejor forma de retrasar los problemas de ensuciamiento es prevenirlos. A veces esto es posible cuando se puede optimizar la diferencia de presión de trabajo para retrasar el ensuciamiento.

operando a presiones menores que las de flujo de permeado máximo. La relación flujo de permeado por unidad de área de membrana sea ventajosa; determinar si los procesos de adsorción son pH dependientes, y si este es el caso, determinar el tipo de pre tratamiento que podrían hacerse en la planta para mejorar el comportamiento de la membrana.

Los aspectos mencionados anteriormente, representan condiciones de operación de membranas, debido al acortamiento del periodo de vida de las membranas, lo que supone los paros necesarios para el reemplazo de las mismas, lo que se traduce en costos de operación.

Tecnologías en el tratamiento de Aguas Residuales Industriales con membranas:

Las tecnologías más utilizadas en el tratamiento de aguas residuales se agrupan atendiendo a la fuerza impulsora responsable de la fuerza de membrana modificará las velocidades de paso de las sustancias de ella, consiguiendo de esta forma un flujo de permeado de agua que cumpla las normativas del uso que se le pretenda dar y, en el retenido con una alta concentración de contaminantes de su vertido.

a) Microfiltración y Ultrafiltración:

En estas dos tecnologías las membranas actúan como tamices de tamaño de sustancias contaminantes/distribución de tamaño de exclusión de contaminantes en el permeado. Así, las sustancias de tamaño de los poros serán totalmente rechazadas por la membrana. Si el tamaño esté comprendido entre el mayor y menor tamaño de poro, serán rechazadas.

Aunque los procesos de ultrafiltración y microfiltración son principios de la filtración clásica: separación mecánica de partículas media

---

<sup>4</sup>Filtración tangencial: El efluente que se desea tratar se hace circular tangencialmente a la membrana, los contaminantes quedarán en la superficie de la membrana, siendo arrastrados por el flujo de permeado, evitando el ensuciamiento de la membrana.

que ésta solo es aplicable a suspensiones, mientras que en m la exclusión de partículas (membrana tiene lugar en el caso de coloidales y soluciones.

Microfiltración	
Puede separar tamaños de partículas (de 0,1 a 10 micras), partículas finas y algunos coloides	
a) Membranas: Se utilizan membranas microporosas del tipo que se instalan en línea y del tipo tamiz, que se disponen en la forma filtración tangencial.	
Microfiltración: en línea	Microfiltración: tangencial
<ul style="list-style-type: none"> <li>· Bajos costos de capital</li> <li>· Altos costos de operación después de cada proceso</li> <li>· Operación simple.</li> <li>· Elección en caso de altas concentraciones de partículas</li> <li>· Aplicaciones comunes: filtración y clarificación de cerveza.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Altos costos de capital</li> <li>· Bajos costos de operación de las membranas mediante limpieza).</li> <li>· Operación compleja por los</li> <li>· Elección en caso de bajas concentraciones de partículas</li> <li>· Aplicaciones comunes: remoción de microorganismos en los reactores de membranas. Depuración de dispersiones coloidales de</li> </ul>
b) Aplicaciones: tecnología plenamente consolidada en industria del agua para fabricación de soluciones, industria de cosméticos y eliminación de microcontaminantes de aguas de producción de alimentos y bebidas.	

Tabla 5a Características de la microfiltración

Ultrafiltración
Mediante la Ultrafiltración se separan partículas relativamente
a) La duración media de las membranas de ultrafiltración es de 3 años. Las membranas suelen disponer en módulos de tipo tubulares, de membrana de tipo fibra hueca. Los menores costos de los módulos de tipo fibra hueca han desplazado a las demás configuraciones.

b) La eliminación de las sustancias que habitualmente se encuentran en las aguas de dispersiones coloidales y materia en suspensión. Se requiere una frecuencia y duración de operación de más del parámetro que se indica. Las etapas de limpieza estándar podrían ser: i) enjuague con agua caliente y alta velocidad de flujo por 15 minutos; ii) lavado con solución de base, dependiendo de la membrana; iii) lavado del sistema con un detergente en caliente para eliminar los restos de detergente.

c) Aplicación de los costos de capital y de operación de esta tecnología para que pueda aplicarse como única tecnología de tratamiento residual, pero si tiene ya un importante campo de aplicación como es el caso de la ósmosis inversa de membrana o como pretratamiento de la ósmosis inversa.

Tabla 6. Características de la Ultrafiltración

b) Ósmosis inversa:

Consiste en generar, mediante una membrana permeable al agua, un flujo de agua con bajo contenido en sal a partir de otra con alto contenido en sal. Se utiliza para producir agua desalada a partir de agua de mar. Los objetivos de las plantas instaladas se distribuyen de la siguiente forma: 50 % de desalinización de agua de mar y agua salada; 40 % de agua ultrapura para las industrias electrónica, farmacéutica y química; y 10 % como sistemas de descontaminación de aguas urbanas e industriales. Esta aplicación se ve limitada por los altos costos de operación y mantenimiento a los problemas de ensuciamiento de las membranas. En el sector industrial, la ósmosis inversa se utiliza en aquellas industrias donde es importante el proceso mediante la recuperación de componentes que volver a reciclarse en el proceso de producción. En algunas industrias de estructuras metálicas, o donde la reutilización del agua es importante, se reduce el consumo de agua: industria textil.

c) Nanofiltración:

Las características de esta tecnología son las intermedias entre la ósmosis inversa y la ultrafiltración. Se utiliza para el tratamiento de aguas con un contenido de sólidos totales de hasta 200 mg/L y una dureza de hasta 500 mg/L. Elimina la dureza del agua y sirve como pretratamiento para la obtención de agua ultrapura.

d) Electrodialisis:

Utilizan membranas ~~de~~ ~~adorno~~ ~~de~~ ~~separado~~ grupos con cargas eléctricas para restringir el paso de ~~los~~ ~~iones~~ ~~en~~ ~~solución~~ acuosa. En estos procesos la fuerza impulsora ~~de~~ ~~los~~ ~~iones~~, a través de la membrana es la diferencia de ~~potencial~~.

Un equipo de electrodiálisis está formado por un conjunto de membranas ~~dis~~puestas en forma alterna y separadas por espaciadores. Esta configuración semejante a los filtros prensa (configuración de membranas y espaciadores provocan turbulencias que evitan las deposiciones en las superficies de las membranas y homogenizan la concentración).

Las aplicaciones más importantes de la electrodiálisis son la desalación de saladas y la producción de salmueras, con una incipiente presencia en el tratamiento de agua industriales.

Aunque con un mercado pequeño, los procesos de electrodiálisis se aplican al tratamiento de la dureza del agua, el desalado del suero de leche, el clarificado de los vinos y recuperación de ~~iones~~ ~~de~~ ~~ácidos~~ ~~de~~ ~~frutas~~. En el tratamiento de las aguas industriales, la electrodiálisis se emplea en la desalación, en los baños electrolíticos y en la eliminación de metales pesados como el níquel en galvanoplastia.

## Reactores ~~biológicos~~ de membranas

Es un sistema biológico de tratamiento de agua residual, donde la membrana separa la zona donde se produce la degradación biológica de los sólidos suspendidos de la zona tratada, libre de contaminación ~~microbiológica~~.

Las membranas pueden estar dispuestas en el interior del reactor (membranas sumergidas o integradas), en cuyo caso el efluente del reactor pasa a través de las membranas en su exterior (configuraciones ~~de~~ ~~membranas~~ ~~externas~~) en cuyo caso el efluente del reactor (mezcla reaccionante) se hace circular a través de una microfiltración/ultrafiltración con el fin de separar el agua depurada del efluente éste al reactor. Los ~~reactores~~ ~~sumergidos~~, al no tener que circular el efluente a través de las membranas, presentan una mayor vida útil.

volúmenes de agua, consumen menos energía que los diseños convencionales. Estos son menos complejos de funcionamiento y pueden tratar aguas residuales a temperatura ambiente, altos valores de pH, alta toxicidad.

#### Figura 1. Membrana dentro de un reactor biológico

Los reactores biológicos de membranas se utilizan en el tratamiento de aguas industriales, urbanas y municipales con características especiales para proporcionar un agua de calidad suficiente para cumplir los límites de un tratamiento posterior que permita su reutilización.

Actúan como reactores de microorganismos. Los MBR tienen una concentración de sólidos mayor que la de los sistemas convencionales, y tiempos de retención de sólidos mayores. Como consecuencia la producción de lodos es menor y predomina el crecimiento de microorganismos, ampliándose las posibilidades de degradación de materia orgánica compleja y refractaria. Además de necesitar: menos terreno para el tratamiento, hecho importante en el caso de industrias; menor tiempo de puesta en marcha del proceso; y ser más eficientes en el caso de aguas industriales.

Los principales inconvenientes de los MBR son la formación de espumas y membranas ciegas de altas velocidades de transferencia de oxígeno relacionadas con las altas concentraciones de microorganismos de

## 2.5 METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN

### 2.5.1 Conceptos

#### Proyecto

Es un conjunto de ideas, datos, cálculos, diseños gráficos y documentos que describen cómo una obra debe realizarse, cuánto costará y los beneficios que habrá de obtenerse; dicho conjunto es sometido a análisis y evaluaciones para fundamentar la decisión de inversión (Coss y Bu, 2005)

#### Inversión

Desde el enfoque económico, se define como el empleo productivo de recursos que resulta una magnitud de estímulos empleada

Para el empresario, es inversión, todo que se realiza para mantener o mejorar el funcionamiento, reemplazar o para aumentar el equipo productivo

#### Proyecto de Inversión

Así, un proyecto de inversión, es una aplicación de recursos a actividades que generan ingresos por varios años, esa erogación de insumos materiales, humanos y financieros que se llevan a cabo en el presente y cuyo objetivo es obtener beneficios razonables que se ve cristalizado al incrementar la productividad, la rentabilidad y la prestación de servicios (Coss, Buc, 2005)

Como lo dice Coss y Bu, (2005) es importante tener en cuenta que la acepción de proyecto en el medio financiero tiene el concepto de inversión, pero no solo involucra la inversión para llevar a cabo cierta tarea, sino tiene además implícito el sentido de supervisión y vigilancia, y por supuesto el de análisis y evaluación.

La evaluación de proyectos se puede entender como un proceso de análisis de los procesos que pretenden modificar una situación existente para llegar a una situación que genere valor (Sáenz y Chain, Evaluación de Proyectos de Inversión en

Mientras en la evaluación de un proyecto de innovación, todos los considerados parámetros en la selección de proyectos de modernización incluirse aquellos que son relevantes para la comparación.

### 2.5.2 Tipología Proyectos

Raúl Coss, en su libro *Análisis y evaluación de proyectos de inversión* (Coss de B., 2005) presenta una clasificación de proyectos de inversión que considera la más planeación financiera inversiones en bienes de capital (inmuebles, maquinaria, etc.). Esta clasificación se desarrolla de acuerdo a:

El tipo de proyecto de inversión

Agropecuarios. Todos aquellos dedicados a la producción animal o vegetal.

Industriales. Abarcan la industria manufacturera, extractiva y de transformación. Incluyen actividades de agricultura, pesca y ganadería.

De servicios. Todos aquellos que se efectúan para atender necesidades de un individuo o grupo, como ejemplo salud, educación, comunicación, etc.

Los resultados a obtener

No rentables. Son aquellos que no tienen por objetivo obtener utilidades.

No medibles. Aquellos cuyo objetivo es lograr una utilidad en forma cualitativa, no se puede cuantificar la misma.

De reemplazo. La finalidad es sustituir activos fijos debido al deterioro o a la baja eficiencia de la planta productiva.

De expansión. Tienen como objetivo lograr una mayor capacidad productiva. Incluye el reemplazo del equipo por el mismo para la modernización del mismo para obtener mayor productividad y de ésta manera poder hacer frenar a la tendencia creciente de inversión en el proceso de desarrollo o bien, porque la empresa desea ganar mayor utilidad.



Su naturaleza

Dependientes. Se denominan así a los proyectos que se encuentran condicionados entre sí. Si A, B y C, la aprobación de uno de ellos sólo será posible si los otros dos son aceptados.

Independientes. Se denominan así puesto que la aprobación de uno de ellos no influye en la adquisición de B, C, etc., ya que el objetivo de cada uno de ellos es independiente de la posibilidad de la aceptación posterior de cualquiera de los restantes.

Mutuamente excluyentes. Se denominan así cuando los proyectos no pueden realizarse dentro de la misma zona, por ésta razón la aceptación de uno de ellos provoca la exclusión de los demás.

Su enfoque

En función a su enfoque, los estudios de inversión se clasifican en:

- Estudios de Oportunidades de nuevas inversiones
- Estudios de Prefactibilidad
- Estudios de Factibilidad

La Meta del Estudio de oportunidades de nuevas inversiones, tiene como objetivo identificar y evaluar los proyectos dentro del total de las oportunidades de inversión. Este estudio incluye un análisis detallado de la situación general para establecer prioridades y determinar los proyectos que sirvan de base para los proyectos existentes. La segunda parte del estudio es un análisis general de las oportunidades para inversiones, que (Erossa, 2009) propone (Erossa, 2009) Martín, 2009)

De igual forma Eugenia Erossa Martín en su libro "Proyectos de Inversión" (Erossa, 2009) propone que el estudio de prefactibilidad es la segunda etapa del estudio de oportunidades de inversión, basado en las prioridades establecidas en la parte de oportunidades de inversión. Este estudio incluye un análisis más detallado de los proyectos de inversión detectados.

Por otro lado, un estudio de factibilidad abarca todos los datos e información necesarios para un proyecto de inversión; este material se procesa y presenta en un informe que es suficientemente detallada y de tal manera que facilite una decisión técnica y económica del proyecto.

Su propósito es construir un ~~modelo de~~ ~~estudio de~~ ~~factibilidad~~ ~~que~~ ~~en~~ ~~este~~ ~~caso~~, a proyectos de inversión. Por tanto, la ~~recolección~~ ~~de~~ ~~datos~~ ~~y~~ ~~realización~~ ~~de~~ ~~investigación~~ de acuerdo con este propósito, lo que significa que todos los datos relevantes para el proyecto y para el propósito señalado, no deben faltar. Sin embargo, en muchos casos es casi imposible determinar la importancia de los datos ~~antes~~ ~~de~~ ~~la~~ ~~investigación~~ ~~pueden~~ ~~determinarse~~ ~~con~~ ~~antelación~~. Si la información

En este contexto, con referencia al mercado únicamente se requiere un estudio general sin que se considere la fabricación de un producto determinado. La información debe ordenarse ~~de~~ ~~manera~~ ~~que~~ ~~proporcione~~ ~~un~~ ~~resultado~~ ~~claro~~ ~~y~~ ~~objetivo~~ ~~que~~ ~~es~~ ~~muy~~ ~~importante~~ ~~para~~ ~~la~~ ~~toma~~ ~~de~~ ~~decisiones~~, y debe de ser objetivo tanto en los aspectos positivos como los negativos. El término ~~estudio~~ ~~de~~ ~~factibilidad~~ ~~debe~~ ~~ser~~ ~~suficientemente~~ ~~detallado~~ ~~pero~~ ~~debe~~ ~~ser~~ ~~conciso~~ ~~y~~ ~~compacto~~, ~~para~~ ~~no~~ ~~poner~~ ~~en~~ ~~peligro~~ ~~la~~ ~~toma~~ ~~de~~ ~~decisiones~~.

Un estudio de factibilidad cubrirá tanto las características técnicas del proyecto para poder tomar una decisión positiva. La ~~evaluación~~ ~~de~~ ~~factibilidad~~ ~~debe~~ ~~relacionarse~~ ~~estrechamente~~ ~~con~~ ~~la~~ ~~económica~~ ~~y~~ ~~la~~ ~~decisión~~ ~~final~~ ~~es~~ ~~una~~ ~~combinación~~ ~~de~~ ~~ambos~~ ~~factores~~ (Esossa Martín, 2009)

Las condiciones locales de inversión prevalecientes, forman un conjunto de incentivos y restricciones a nuevas inversiones, estos factores no son determinantes de la factibilidad, no obstante de que ejercen una influencia definitiva sobre la decisión por lo tanto deben mencionarse como factores ~~que~~ ~~deben~~ ~~mencionarse~~ ~~en~~ ~~el~~ ~~estudio~~ ~~de~~ ~~factibilidad~~.

El objetivo de un estudio se limita a la investigación de la factibilidad de un proyecto, todas las consideraciones y detalles del seguimiento de un proyecto principal, no ~~se~~ ~~incluyen~~ ~~en~~ ~~un~~ ~~estudio~~ ~~de~~ ~~factibilidad~~. Entre estas consideraciones de importancia son las que se refieren al financiamiento del proyecto. El estudio de factibilidad es el instrumento para las negociaciones ~~con~~ ~~los~~ ~~potenciales~~ ~~inversores~~ ~~o~~ ~~financiantes~~ ~~potenciales~~, razón por la cual no se incluyen propuestas o ~~planes~~ ~~de~~ ~~financiamiento~~ ~~de~~ ~~un~~ ~~proyecto~~. Este no es el caso si el mismo interesado ~~en~~ ~~el~~ ~~estudio~~ ~~de~~ ~~factibilidad~~ ~~quiere~~ ~~ofrecer~~ ~~algunas~~ ~~condiciones~~ ~~o~~ ~~ventajas~~ ~~especiales~~. Sin embargo, con frecuencia, en el estudio tampoco se incluyen detalles acerca de los

tal como la selección de proveedores de maquinaria, detalles de administración, etc. El propósito de un estudio de factibilidad es enfocar y proporcionar información para tomar una decisión sobre una inversión y por lo tanto, su finalidad es determinar si alguna actividad que se realizaría posteriormente (figura 1.2) decisión muestra la secuencia tradicional de un estudio de factibilidad.

Un estudio de factibilidad se inicia con la investigación del mercado del producto propuesto. El término producto se refiere a la producción de bienes o la producción de servicios, como por ejemplo, servicios telefónicos. La investigación del mercado se extiende hasta el pronóstico del volumen de producción.

El objetivo de la investigación es el determinar la viabilidad del proyecto. Las posibilidades de exportar parte de la producción se investigan cuando el proyecto está orientado a la exportación o cuando los resultados de otras partes del estudio de investigación del mercado de exportación. Los estudios regionales pueden abarcar a varios países que formarían un mercado mayor o a la región.

La investigación de la demanda tiene como resultado un pronóstico de la demanda. La información es a menudo la más determinante para juzgar la viabilidad del proyecto, el uso de los resultados del análisis del mercado y del tamaño de la planta, igual que para un segundo propósito que es determinar las ventas y diseñar un sistema de canales de distribución. La existencia de un mercado necesariamente garantiza la venta de producción prevista ya que se requiere una eficiente organización de ventas.

Después del pronóstico de la demanda, se investigan las posibilidades técnicas. Posibles métodos de producción cuyo empleo depende de la naturaleza del producto. deben señalarse las ventajas y las desventajas de cada proceso. La parte técnica del estudio del proyecto cubrirá todos los aspectos de terrenos, edificios, maquinaria, calidad y cantidad de las materias primas. Se investigan todos los factores e insumos técnicos necesarios para la producción de insumos, que es la siguiente fase de la investigación para determinar los costos y precios. En este caso se hace referencia tanto al mercado de abastecimiento como al mercado de venta.

importaciones, empleando el método de comparación en encontrar la solución posible.

La disponibilidad de mano de obra es tan importante como el abastecimiento de cualquier inversión nueva. Debe considerarse la disponibilidad, la cantidad de personal administrativo y de mano de obra capacitada y no capacitada. Los problemas de un nuevo proyecto pueden resultar debido a problemas de personal.

Para el análisis y selección de una localización adecuada, ésta debe ser estudiada desde el punto de vista económico. La investigación técnica del transporte, la disponibilidad de recursos humanos y existentes se combinan para una comparación de los costos implicados. El estudio económico determina la región, y un análisis empírico de condiciones de fijación de localizarse el proyecto.

Las investigaciones de la tecnología, del abastecimiento de mano de obra y de recursos proporcionan los datos básicos para calcular las inversiones necesarias. Una inversión incluye tanto los activos fijos como los circulantes. La estimación de un activo circulante y su proyección en relación al programa de ventas y producción, así como los activos fijos.

Por lo general, la estimación de factibilidad de un proyecto es el último paso y el fundamento de un estudio de factibilidad. Todos los resultados anteriores se resumen en los resultados económicos que pueden esperarse de una inversión. El estudio de factibilidad también tiene que incluir los costos de operación desde el punto de vista de una institución de crédito, de un prestador de servicios de factibilidad es la más importante para la realización de un proyecto.

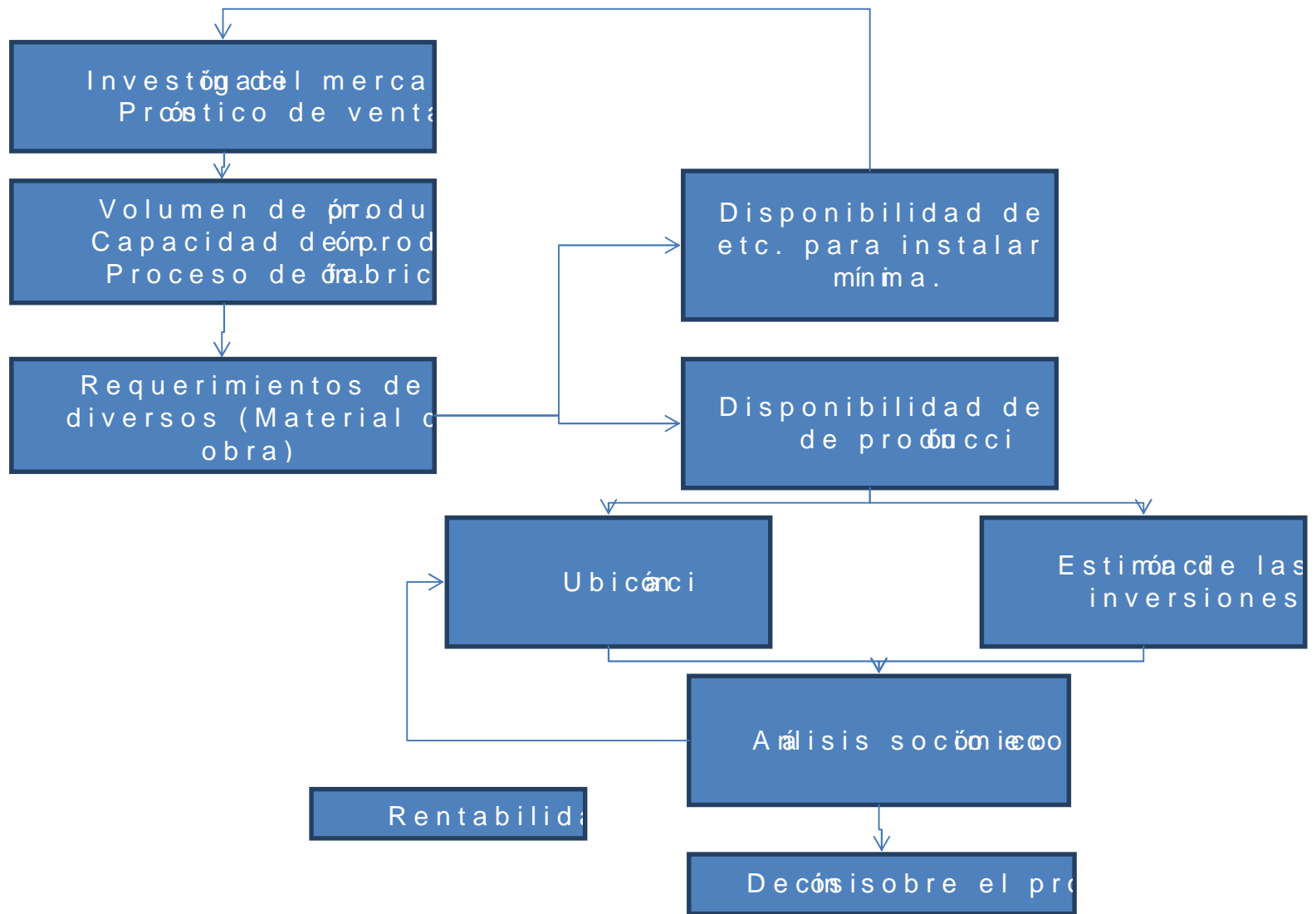


Figura 2 Secuencia de un estudio de factibilidad

### 2.5.3 Contenido del proyecto

Al iniciarse la elaboración de un proyecto es conveniente resumir las restricciones y problemas. Este resumen constituye el fundamento sobre el cual se desarrollan las demás actividades.

Metodológicamente el proyecto se divide en cuatro grandes áreas:

El estudio de mercado

El estudio técnico

El estudio financiero

La evaluación económica

a) Estudio de mercado

Se enfoca hacia los siguientes aspectos:

- Determinar el volumen de las ventas y precios
- Especificar el bien o servicio
- Problemas de comercialización

b) Estudio Técnico

Abarca la descripción técnica del proyecto como:

- Las investigaciones técnicas preliminares y los problemas que plantea el proyecto.
- Selección de los procesos de elaboración
- Especificación de los equipos y estructura adoptada.
- La cantidad y localidades requeridos.
- Los problemas técnicos y diagramas de circulación relativos al proyecto.
- La determinación de la capacidad de producción a instalar
- La localización de la unidad productora

c) Estudio Financiero

- Cálculo de las inversiones: Se refiere al cálculo de las inversiones nacionales y extranjera que el proyecto requiere, considerando

y el capital de trabajo establecido así, la estructura del proyecto.

- Presupuesto de costos e ingresos y organización de los datos: refiere al cálculo estimativo de los costos e ingresos de funcionamiento del proyecto; también aquellos antecedentes necesarios para evaluar el proyecto, tales como presupuestos y disposiciones de obra, análisis sobre costos fijos y variables, etc.
- Financiamiento: Se analizan problemas relacionados con las fuentes financieras a que se recurrirá, y la manera en que se utilizarán los recursos para convertir en realidad la iniciativa.

#### d) La evaluación

El objeto básico de todo estudio económico de un proyecto es evaluarlo compararlo con otros proyectos de acuerdo con una determinada metodología y establecer un orden de prioridades para su inicio. En cuanto a criterios de selección financiero o de rentabilidad y el llamado **Criterio social de evaluación** de referencia, y atendiendo al objetivo del proyecto, los criterios pueden ser:

#### 2.5.4 Estudio de Mercado

Se entienden por objetivos del estudio de mercado los siguientes:

- Ratificar la existencia de una **empresa** que ofrezca la posibilidad de brindar un mejor servicio que el que ofrecen los productos existentes.
- Determinar la cantidad de bienes o servicios provenientes de la producción que la comunidad está dispuesta a adquirir.
- Conocer cuáles son los medios que se emplean para hacer llegar los productos a los usuarios.
- Se propone dar una idea al inversionista del riesgo que su proyecto puede ser aceptado en el mercado.

#### Mercado y tiempos de vida

Se entiende por mercado el área en que concluyen las fuerzas de oferta y demanda para realizar las transacciones de bienes y servicios. (Balcázar y Paredes, 2013)

Los mercados por su naturaleza pueden ser:

- De libre competencia o competencia perfecta: gran número de compradores, tipificación del producto, libertad de entrada y salida, divisibilidad de producto y de propiedad, ausencia de poder de mercado.
- Monopolio: Influencia de un solo productor o vendedor sobre el precio, enfrenta una demanda menos que perfectamente elástica.
- Monopsonio: Influencia de un solo comprador o grupo de compradores sobre el precio, ausencia de poder de mercado.
- Oligopolio: Un pequeño número de vendedores que obra de acuerdo a reglas.

## Demanda

La demanda es un componente determinante cuyo análisis permite determinar la cantidad demandada y las variaciones de precios. El objeto de la demanda es demostrar y cuantificar la existencia, en ubicaciones geográficas, de entidades organizadas que son consumidores actuales o potenciales de un bien o servicio que plantea ofrecer.

Se entiende por **demanda** a la relación existente entre una serie de precios y las cantidades demandadas y la serie de sus correspondientes precios. La cantidad demandada es aquella que los consumidores adquirirán a un determinado precio e

## Proyección de la demanda

Para proyectar la demanda de bienes y servicios de consumo final se utilizan los siguientes métodos:

- Extrapolación de la tendencia: Consiste en establecer una línea de tendencia entre las cantidades consumidas en una serie histórica, años o meses, para estimar la futura demanda de acuerdo con la tendencia de las series. Este método será válido para series largas para que la línea de tendencia no sufra alteraciones de corto plazo.
- Proyección o extrapolación de la demanda por el método de mínimos cuadrados: Este método se basa en la tesis de crecimiento asintótico, que acepta que



sigue una ley de crecimiento que se representa por una curva se admite también que los hechos del pasado determinaron el ritmo de crecimiento histórico de la producción o consumo continuará siendo previsible, y tendrán el mismo efecto que en el pasado.

- Coeficiente de elasticidad dada en el conocimiento de los coeficientes de elasticidad, y supone que salvo el ingreso, todos los demás factores afectan la cantidad de la demanda actuarán, en el periodo de estudio, que su resultado neto permanezca constante e igual al que en el periodo de estudio. La diferencia entre ambos métodos es que en el primero se supone que las variables permanecerán igual que en el periodo estudiado; en el segundo todas se mantienen iguales, menos el ingreso. En este método el ingreso es arbitrario, pero, a falta de información suficiente, puede ser el ingreso nacional bruto.

La proyección de la demanda puede perfeccionarse al efectuar el análisis de sensibilidad.

#### Metodología de la investigación de mercados

El objetivo del estudio de mercado en un proyecto consiste en estimar la demanda de los servicios provenientes de una nueva unidad de producción que la empresa desea conseguir a determinados precios; con ello se elabora un plan de acción de la investigación del mercado se resumen como sigue:

- Fase I: Determinación del tema y definición del objetivo de la investigación.
- Fase II: Recopilación. Información y registro de fuentes primarias y secundarias. Selección de métodos de recolección de datos.
- Fase III: Requisitos de confiabilidad. Diseño de sistemas de recolección de datos.
- Fase IV: Diseño de formas de presentación. Procesamiento de datos.

#### 2.5.5 Localización del proyecto

El estudio de localización consiste en determinar las variables consideradas como factores de localización, las que determinan el lugar donde el proyecto logra los menores costos unitarios. El análisis y la selección de la localización se resume en los principales:

- Un macro análisis, relacionado con los aspectos sociales y basándose en las condiciones regionales de la oferta, la demanda y el costo de los insumos.
- Un micro análisis, que entra en detalles relacionados con la comparación de los componentes del costo y otros factores, para un estudio de costos para cada alternativa de llegar a una selección definitiva del lugar donde se localizará el proyecto.

Los elementos más importantes a considerar en un análisis de localización son:

- La suma de los costos de flete de insumos a la planta y productos.
- La disponibilidad y los costos relativos a los insumos (según el tipo de insumo).
- Estímulos fiscales, leyes y condiciones generales de vida, facilidades administrativas, factores externos, preferencias sociales.

#### 2.5.6 Estudio técnico

El aspecto operativo de un proyecto comprende todo aquello que tiene que ver con el funcionamiento y la operatividad del proyecto. (Baca Urbina, 2013) El estudio técnico tiene como objetivo cuantificar el monto de las inversiones y de los costos de operación pertinentes.

Según Baca Urbina los objetivos específicos de un estudio técnico son:

- Verificar la posibilidad técnica de la fabricación del producto.
- Analizar y determinar el tamaño óptimo y la localización óptima del proyecto.
- Analizar la disponibilidad de los suministros e insumos.
- Identificar y describir el proceso.
- Determinar la organización humana y jurídica que se requiera para el desarrollo del proyecto.

Análisis y determinación del tamaño óptimo del proyecto.

El tamaño óptimo de un proyecto es su capacidad instalada y se expresa en unidades de producción por año, mes o semana. Se considera óptimo cuando coincide con el tamaño que maximiza el beneficio neto del proyecto.

totales o la máxima rentabilidad económica. Para determinar el tiempo requerido con precisión tiempos determinados o tiempos y movimientos, su defecto, diseñar y calcular los datos en base a estándares.

Es necesario determinar el tipo de manufactura que se requiere para elaborar el producto bajo estudio. El proceso de producción se define como la serie de insumos se transforman en productos mediante la aplicación de tecnología: combinación de mano de obra y maquinaria, método operativo (Sapag Chain & Sapag Chain, Preparación y Evaluación de Proyectos).

Los distintos tipos de procesos productivos pueden clasificarse en función del tipo de producción. Cada tipo de producción posee características y condiciones diferentes para que sea eficaz su implantación y operación. Tradicionalmente se clasifica en tres tipos: (Llorca y Barja, 1998, p. 167)

La producción por trabajos, por pedidos, discontinua o por proyectos, es aquella en la que una obra completa por un operario o grupo de operarios. Implica producción por lotes con ciertas características. Se requiere de personal con habilidad y experiencia y que utilizan equipo especializado. Para elaborar la producción se requiere de tiempo. La demanda se caracteriza por ser irregular y de poca frecuencia. Ejemplos de cumplir con los requerimientos. La construcción de puentes, la instalación de maquinaria, la construcción de diques o presas son ejemplos comunes.

El proceso de manufactura por lotes es cuando se fabrican un producto en cantidades sobre la base de operaciones repetitivas. Este tipo de producción se caracteriza por órdenes por producción, con la diferencia que en los lotes, el producto se produce en volúmenes mientras que en el otro, es una aplicación permanente de cierto grado de especialización de la mano de obra y la inversión de capital se realiza. La manufactura por lotes es el más utilizado en los productos de consumo popular.

La manufactura de procesamiento continuo es aquella en la que el contenido del producto aumenta en forma continua. La materia prima pasa a través de ella se elaboran diversos productos sin interrupción. Al terminar

operación, la pausa da la siguiente etapa de trabajo sin esperar a terminar el lote. Los procesos se diseñan para trabajar continuamente debido a que la producción tiene un costo muy bajo. (Loomis & Sevring, pág. 173)

Según el tipo de producto, el proceso se clasificará en función de cómo se produce: por ejemplo, procesos extractivos, de transformación y de transporte. (Sapag Chain & Sapag Chain, Preparación y Evaluación de Procesos, pág. 135)

Una vez definido el tipo de manufactura necesario para el producto, se debe optimizar la capacidad de la planta, no borrarla de la planta. Según Urbina, se debe de considerar:

- La capacidad deseada para producir dependiendo de la demanda, se calcula en el estudio de mercado y de la disponibilidad de recursos, generalmente determinada en el proceso de manufactura a seleccionar.
- La intensidad en el uso de la mano de obra, se deberá de considerar procesos automatizados. Este tema lo define el costo de inversión con el que se cuenta y la que un proceso requiere una mayor inversión.
- Cantidad de turnos trabajados y duración de cada turno.
- Optimización física de la disposición de equipos dentro de la planta. Entre mayores sean las distancias entre ellos, se disminuirá la productividad.
- La capacidad individual de cada máquina que interviene en el proceso.
- La optimización de mano de obra con un sistema de trabajo, se bajará productividad y se aumentarán los costos.

Es importante para las empresas analizar y estudiar el sistema de producción para implementar, todo esto con el fin de poder abarcar la mayor cantidad de utilidades para la empresa y con el tiempo contemplar la posibilidad de aumentar su mercado y brindar un mejor servicio de calidad y satisfacción a la mayor parte de la población consumidora del producto.

La capacidad es la tasa de producción que puede obtenerse de un sistema en unidades de salida por unidad de tiempo. La capacidad diseñada que quisiera tener una empresa en condiciones normales; es también el que diseñó el sistema. La capacidad máxima es la tasa de producción cuando se emplean de manera óptima los recursos productivos. Si los recursos pueden ser deficientes, por ejemplo, incrementos en el costo del trabajo extraordinarias, mayores costos de mantenimiento

La capacidad del sistema de producción define los límites competitivos de una empresa. Establece la tasa de respuesta de la empresa a un mercado con una composición de su personal, tecnología y recursos. Si la capacidad no es adecuada, una compañía puede perder su competitividad en el mercado. Si la capacidad es excesiva, es probable que la compañía subutilice su personal, lleve un exceso de inversiones adicionales, menos rentables, para seguir en actividad.

Los factores que influyen en la decisión del tamaño responden a algunas variables. Las relaciones recíprocas que existen entre el tamaño de la demanda, los suministros e insumos, la tecnología y los equipos de organización son factores a considerar.

La demanda es uno de los factores más importantes en la decisión del tamaño de un proyecto. Hay tres situaciones básicas del tamaño que pueden identificarse en que la cantidad demandada total sea claramente menor que la capacidad productiva posible de la planta: la cantidad demandada sea igual a la capacidad mínima que se puede instalar y aquella en que la cantidad demandada sea mayor que la capacidad productiva posible de la planta. Si la demanda es menor que la capacidad productiva posible de la planta, el tamaño propuesto se aceptará en caso de que la demanda sea claramente superior. Si la demanda es mayor que la capacidad productiva posible de la planta, no sería recomendable instalar, a menos que sería más rentable.

Para los hermanos Sapag Chain, un aspecto vital en el desarrollo de un proyecto es la disponibilidad suficiente en cantidad y calidad de materia prima. Si estos insumos

cantidad de capacidad deseada, se limita la capacidad de uso del proyecto a su abastecimiento. Es preciso analizar, además de los niveles de recursos de estudio, aquellos que se esperan a futuros años en relación a las reservas de recursos renovables, y la existencia de sustitutos e incidencia de cambios en los precios reales de los insumos a futuros. En caso de no estar totalmente seguro se recomienda bajar el nivel de provisión, cambiar de tecnología en caso de ser posible.

En algunos casos, la tecnología seleccionada permite la ampliación de los tramos fijos. En otras ocasiones, la tecnología seleccionada puede permitir lo que puede ser recomendable invertir inicialmente en una capacidad requerida en una primera etapa si se prevé que en el futuro el costo de disponibilidad de insumos u otros recursos será variable y la utilización de esa capacidad. El análisis de los rangos de variación del tamaño del proyecto dentro de los cuales se fijará el tamaño del proyecto.

Si los recursos financieros son insuficientes para el desarrollo del proyecto de tamaño mínimo es claro que la realización del proyecto es factible si los recursos económicos propios y ajenos permiten escoger entre varios tamaños de planta, entre los cuales existe una gran variedad de rendimientos económicos. Se aconsejará escoger aquel que se financie con mayor comodidad y si es posible, los menores costos y un alto rendimiento de capital. Se debe considerar todos los factores mencionados para tomar la mejor elección.

Si existe flexibilidad en la instalación de la planta, es decir, si se permiten, se puede considerar la implantación del proyecto por etapas si es viable.

Es muy importante que una vez decidido el tamaño más apropiado del proyecto, se disponga de personal suficiente y apropiado para cada uno de los puestos de trabajo, y sobre todo al personal técnico el cual debe ser de alta calidad.

Análisis y determinación de la localización óptima del proyecto, disponibilidad y costos de suministros e insumos.

La localización óptima de un proyecto es la que contribuye en mayor medida a la mayor tasa de rentabilidad sobre el capital u o (Bancos Ue bioasto u Evaluación de Proyectos, 2013, pág. 107)

Existe una gran cantidad de factores que pueden influir en la localización de un proyecto, variando su importancia de una industria a otra y para cada empresa en diferentes circunstancias y sus objetivos concretos. No se puede ser exhaustivos al enumerar los factores o criterios importantes para cualquier empresa.

No obstante, los principales factores que pueden influir sobre la localización de un proyecto siempre tienen carácter tangible son:

Cercanía a las fuentes de abastecimiento. Las empresas se localizan próximas a las fuentes de materias primas o a sus proveedores. Se puede citar las siguientes razones:

- Por la necesidad de asegurarse el abastecimiento. Es el caso de las empresas que explotan o extraen recursos naturales.
- Cuando los inputs son perecederos o se deterioran con el tiempo a largas distancias antes de ser procesados.
- Por razones de transporte. Cuando es más fácil o más económico transportar las salidas que las entradas. Por ejemplo, con aquellos procesos que generan una pérdida de volumen o peso de los productos, de tal forma que las entradas son más voluminosas o pesadas que las salidas, generándose mucho desperdicio.

Cercanía al mercado. La localización de los clientes o usuarios es también un factor importante. En muchos casos, como en el comercio minorista, la rapidez de los productos es una condición para las ventas, siendo fundamental una estrecha relación o conexión con el cliente. De la competencia también forma parte de las consideraciones estratégicas en la localización de los servicios. Así, la existencia de un competidor en una zona puede ser un factor de atracción o repulsión.

en cambio, las empresas buscan localizarse cerca de sus competidores para tener un mayor poder de atracción de clientes.

#### Medios y costos de transport

- Por agua. Es en general, el más barato para largas distancias y es ideal para productos voluminosos o pesados. Pero siendo a su vez el más lento.
- Por ferrocarril. Se torna más efectivo que el transporte por carretera, pero no tiene tanta accesibilidad. También se puede transportar en diversos tamaños, pero tiene un costo unitario mayor.
- Por carretera. Suele realizarse a través de camiones, aun cuando es el más flexible en cuanto a carga y el costo todavía mayor.
- Aéreo. Es el más rápido de todos, permite reducir tiempo y acorta distancias, pero tiene la desventaja de que es el más caro de todos. Se usa para productos de alto valor agregado, productos perecederos, etc.

Disponibilidad y costo de mano de obra: En un mundo cada vez más competitivo y tecnológicamente desarrollados, suele seguir siendo uno de los factores más importantes en las decisiones de localización, sobre todo para empresas de trabajo intensivo.

Disponibilidad de suministros: El acceso a insumos básicos como materias primas, el agua y la energía, por ello es especialmente crítico en las industrias pesadas, notablemente cuando las cantidades requeridas son altas y afectan significativamente los costos.

La calidad de vida: Es un factor muy importante para las empresas en la localización de instalaciones, pues influye en la capacidad de atraer y retener talento humano. Es crítico en empresas de alta tecnología o en las dedicadas a la investigación y desarrollo. Dentro de esto se incluye la educación, la vivienda, las ofertas culturales y deportivas, la criminalidad, sanidad adecuada, transporte público, etc.

Las condiciones climáticas: El desempeño productivo puede verse afectado por la temperatura, el umbral de humedad, etc. Incrementa costos por implementar medidas para retrasar la producción.



El marco jurídico: normas comunitarias, nacionales, regionales y locales de las empresas, pudiendo variar con la localización. Una ley favorable puede ser una ayuda para las operaciones, mientras que una desfavorable puede ser una carga para las mismas.

Estructura impositiva: impuestos, condiciones medioambientales, subsidios, construcción, entre otros los impuestos públicos. La presión fiscal en diferentes localidades, si esta es alta reduce el atractivo de un lugar para los empleados. Pero, si las tasas son demasiado bajas puede ser una carga para los públicos. En general, las autoridades intentan atraer las empresas como fuente de riqueza, empleo y contribuciones fiscales. También puede ocurrir que puede no coincidir con la de las autoridades locales con

Costo y disponibilidad de terrenos y construcción de terrenos donde ubicar las plantas. Precios razonables como los costos de construcción, son factores adicionales a considerar, pues ambos pueden variar en el lugar.

Otros factores: la elección sobre el tipo de maquinaria se debe de obtener mayor información posible para poder comparar todos los factores. La información necesaria para poder determinar la elección deberá contemplar los costos del proveedor, precio, dimensiones, capacidad, flexibilidad, mano de obra, mantenimiento, consumo de energía eléctrica, otro tipo de energía, costo de equipos auxiliares, seguros y de seguros, costo de instalación y presencia de refacciones en el país.

En base a estos factores antes mencionados, algunos autores han realizado una evaluación de la localización óptima de un proyecto, destacando:

#### Método cualitativo por puntos

Sapag Chai utilizó el método cualitativo por puntos, ya que consideró los principales factores determinantes de una localización, para asignar un peso relativo, de acuerdo con la importancia que se le atribuye. Este método es cuantitativo de diferentes sitios. El peso relativo, sobre la base de

fuertemente del criterio y experiencia del evaluador. Se puede medir para jerarquizar los factores cualitativos:

- Desarrollar una lista de factores relevantes
- Asignar un peso a cada factor para indicar su importancia relativa. El peso asignado debe sumar 1.00. El peso asignado depende del evaluador.
- Asignar una escala común a cada factor y elegir cualquier mínimo y máximo.
- Calificar a cada sitio potencial de acuerdo con la escala y multiplicar la calificación por el peso.
- Sumar la puntuación de cada sitio y elegir el de máxima puntuación.

### Método cuantitativo de Vogel

Baca Urbina describe el método cuantitativo de Vogel para analizar el transporte de materias primas como de productos terminados. El método consiste en determinar los costos de transporte necesarios para satisfacer los requerimientos totales de abastecimiento de materiales. Algunas desventajas del método son: la función lineal del número de unidades embarcadas; tanto la oferta como la demanda son homogéneas; los costos unitarios de transporte no varían con la distancia transportada; la oferta y la demanda deben de ser iguales; las capacidades de los puertos varían con el tiempo; y, no considera más efectos para el costo de transporte.

Entre sus ventajas destacan que: es un método preciso y totalmente cuantitativo. Se llevan a una matriz origen destino. Se escogerá aquel sitio que presente los menores costos de transporte de materia prima como del producto terminado.

Todos los métodos de localización dejan de lado hechos importantes como preferencias de los inversionistas por instalarse en un lugar determinado. Independientemente de los resultados del análisis, lo cual invalidaría cualquier conclusión. Baca Urbina, Evaluación de Proyectos, 2013, pág. 110)

Identificación y descripción del proceso.

## Ingeniería del Proyecto

El análisis del método y la medición del trabajo son los pilares que sustentan el estudio de métodos y medición del trabajo. La finalidad del diseño del trabajo es encontrar las mejores formas de realizar las funciones necesarias.

Históricamente, este estudio, como lo diseñó Taylor, se aplicó con el uso de tiempos estándar para realizar el trabajo. El estudio de métodos, tenía por objeto mejorar la forma en que se realizan los trabajos. En algunas disciplinas se entremezclaron con la ergonomía (Rinaga, 2002, pág. 334.)

El objetivo del estudio de ingeniería del proyecto es resolver todo lo relacionado con el funcionamiento de la planta. Desde la descripción óptima de la planta física, estructura jurídica y de organización que habrá tener la planta proyectada.

## Proceso de producción

Un sistema de producción es el proceso de diseño mediante el cual los insumos se transforman en productos útiles. Un proceso es un procedimiento que implica la conversión de insumos en productos. Entiéndase como insumos a aquellos recursos a los cuales se efectuará el proceso de transformación (Rinaga, 2002, pág. 29.)

En el momento de elegir la tecnología que se empleará hay que tener en cuenta la investigación de mercado, ya que dictará las normas de calidad que se deben cumplir. Otro aspecto importante a considerar es la flexibilidad de los procesos para poder procesar varias clases de insumos, lo cual ayudará a evitar tener que cambiar fácilmente la producción en un momento dado.

Técnicas de análisis del proceso de producción.

Para representar y analizar el proceso productivo existen varios diagramas: diagrama de flujo del proceso, iconograma, diagrama de hilos y diagrama de recorridos (Barré y Wirtz, Evaluación de Proyectos, 2013, p. 100).

Estos diagramas o gráficos expresan esquemáticamente una secuencia de actividades de un conjunto de símbolos para gráficos de procesos. El objetivo es que pueda ser examinado, analizado y mejorado al máximo detalle.

Cada tipo de herramienta utilizada para representar la dirección de un objeto particular de estudio. Estas herramientas se aplican a la construcción de una planta nueva, evaluación de la ampliación de la capacidad de lanzar al mercado un producto nuevo dentro de una planta. Los diagramas de hilos y los iconogramas son de utilidad para evaluaciones; el cursogramma y los diagramas de recorrido y de hilos son apropiados para los estudios de ampliación de capacidad o en la elaboración de nuevos productos. El iconograma es auxiliar para representar procesos muy complejos.

#### a) Diagrama de bloques.

Este es el método más sencillo para representar un proceso. Consiste en que sobre la materia prima se encierra en un bloque rectangular; cada uno está conectado anterior y posterior por medio de flechas que indican la secuencia y dirección del flujo. Este diagrama no da el detalle del flujo de proceso general de la secuencia de las operaciones.

#### b) Diagrama de flujo del proceso.

Este diagrama se basa en el método de bloques, con mucho más detalle. Es internacionalmente aceptada para representar las operaciones efectuadas. Es una imagen rápida de un proceso en sus pasos o secuencias detalladas, así como la dirección del flujo del material.

c) Cursograma analítico.

Es una técnica que consiste en hacer un análisis muy detallado de la intención de reducir el tiempo, o ambos parámetros dentro de un proceso funcionando. En un cursograma analítico se tiene la oportunidad de comparar entre el método actual y el método propuesto. Se espera que con esta comparación, el tiempo o ambos se reduzcan.

d) Diagrama de hilos y diagrama de recorrido.

Estas herramientas son utilizadas para registrar el movimiento de la materia prima gráficamente la ruta que recorre la materia prima, desde que se convierte en producto final. En el diagrama de recorrido se registran los movimientos realizados en un periodo.

e) Iconograma.

Es la representación de un proceso por medio de imágenes estilizadas de un proceso. Es una herramienta para representar procesos de manera sencilla y entendible para cualquier persona familiarizada con el proceso. Se pueden mostrar tantos detalles del proceso como se considere conveniente.

f) Diagrama sinóptico.

Este diagrama sinóptico sólo utiliza los símbolos internacionales de transporte.

### Distribución de la planta

Una buena distribución de planta proporciona beneficios a la empresa: aumento de la eficiencia y competitividad. Se espera que la distribución de planta elegida proporcione condiciones de trabajo aceptables, que sea de bajo costo y que mantenga condiciones óptimas de seguridad y de salud de los trabajadores.

La palabra distribución indica la disposición física de la planta y de la misma. La distribución comprende tanto la localización del equipo como la disposición de los departamentos en el emplazamiento (Emplaza, m1998, página 123)

Considerando como criterio exclusivamente al tipo de movimiento de producción, existen tres tipos clásicos de distribución de planta.

a) Distribución por posición fija.

Se emplea principalmente en proyectos de gran magnitud, en que el equipo es estático, en lo que los operarios, los materiales y las máquinas se mueven a la operación. Generalmente se trata de grandes producciones de los que se manejan de manera discontinua en el tiempo. Ejemplo: fabricación de barcos, obras públicas.

b) Distribución por producto, en cadena, en serie o en línea.

Agrupar a los trabajadores y al equipo de acuerdo a la línea de ensamblaje del producto. Las líneas de ensamble son características de este tipo de distribución. transportadores y equipo automatizado para producir grandes volúmenes.

c) Distribución por proceso, por función o por secciones.

Este tipo de distribución se utiliza cuando la producción se organiza en personas y a los equipos que realizan funciones similares y hacen grandes volúmenes de producción. El trabajo es especializado y el personal es flexible para trabajo rutinario. El equipo es poco costoso pero requiere personal calificada para manejarlo.

### 2.5.7 Estudio Económico

Su objetivo es ordenar y sistematizar la información de carácter económica de las etapas anteriores y elaborar los cuadros analíticos que sirven para el estudio económica. En otras palabras, el análisis económico del proyecto consiste en determinar los recursos económicos necesarios para la realización del proyecto, durante la operación de la planta (considerando producción, administración y mantenimiento).

indicadores que servirán de apoyo a la principal y definitiva de un proyecto económica.

De acuerdo con los principios de contabilidad, el ingreso y el costo, pérdidas y ganancias, cuyo propósito es presentar el estado económico preciso de la empresa. En un nuevo proyecto de inversión, la clasificación de los ingresos resultan de gran importancia. El lineamiento básico para la clasificación de los ingresos implica la investigación de la actividad de la empresa. Además, es importante determinar la evaluación correcta de costos e ingresos. Se entienden los esfuerzos que se invierten para producir un bien o un servicio. Los principales costos de inversión y los costos corrientes o gastos de operación se basan en las cantidades producidas; por lo tanto deben elaborarse los factores de insumo en función de las cantidades requeridas. Las cantidades se multiplican por su costo unitario correspondiente, determinando el costo total.

Se tiene en cuenta que su valor varía por posibles fluctuaciones en la utilización de diferentes porcentajes de capacidad.

Los elementos de costo de un proyecto son:

#### A. Gastos técnicos de operación

- Preparación del terreno donde se desarrollará el proyecto
- Depreciación de edificios e instalaciones
- Depreciación de maquinaria y equipo
- Patentes
- Registros de marcas
- Derechos de propiedad industrial
- Licitaciones

#### B. Compras

- Materias primas directas
- Materiales indirectos
- Materiales de mantenimiento
- Combustibles o energéticos
- Suministros para talleres

- Suministros para almacenes
- Suministros para oficinas
- Materiales para trabajos

#### C. Gastos de personal

- Sueldos y Salarios
- Prestaciones
- Prestaciones e incentivos
- Comisiones
- Honorarios
- Gastos de Representación
- Aportaciones al seguro social y otros

#### D. Impuestos y Obligaciones

- Impuestos y obligaciones directos
  - Obligaciones de contribuciones
  - Impuesto predial
  - Impuestos y obligaciones municipales y regionales
- Impuestos y obligaciones indirectos
  - Impuesto sobre el valor agregado (IVA)
  - Impuesto sobre servicios prestados
  - Impuesto sobre la renta
  - Impuestos locales
- Impuestos y derechos
  - Derechos de registro y actas de contrato
  - Impuestos del timbre
  - Derechos aduanales
  - Impuestos mercantiles
  - Cuotas e impuestos para organizaciones internacionales

#### E. Trabajos, suministros y servicios ajenos

- Arrendamientos
- Mantenimiento y reparaciones
- Trabajos realizados por compañías externas en base de
- Suministro de agua, gas y energía eléctrica



- Regalías pagadas sobre patentes, licencias y marcas
- Estudios, investigaciones y documentación
- Pagos efectuados a agentes
- Horarios varios
- Primas ~~de~~ ~~se~~

#### F. Transporte y viajes

- Transporte de Personal
- Gastos de viaje y reubicación del personal
- Flete de transporte de las compras realizadas
- Flete y transporte de ventas

#### G. Diversos gastos administrativos

- Publicidad
- Suministro de oficinas
- Teléfono, fax, correo.
- Documentos jurídicos
- Subvenciones y aportaciones
- Costos de asesoría y de reuniones.

#### Determinación de ~~ingresos~~ ~~costos~~

La determinación de ingresos se efectúa en base a las cantidades que se venden. Esta determinación se finca en:

#### Relación ~~es~~ entre costos e ingresos

En este aspecto se presenta:

- Alguna información sobre los factores principales que afectan el comportamiento de los costos e ingresos, pero más importante
- Información sobre los efectos que ~~generan~~ ~~los~~ ~~costos~~ ~~e~~ ~~los~~ ~~ingresos~~ ~~en~~ ~~dichos~~ ~~factores~~

Tanto costos como ingresos se consideran dependientes de:

- El nivel de precios
- Grado de utilización de la capacidad instalada

- Procesos tecnológicos de producción
- El pronóstico de la demanda, proporcionado en el estudio
- La cuantificación de la producción determinada por la producción. La magnitud de la capacidad a instalarse por razones técnicas y operativas, es en los grados de capacidad durante el periodo de proyección.

Cuando se cuantifica la producción a vender, y se agrupa en productos, es fácil determinar los ingresos mediante la multiplicación por los precios respectivos. Para la determinación de los ingresos se recomiendan hechas para los costos, de tal manera que no o bien que se estimen de manera incorrecta.

#### Efectos por cambios en los precios

Los cambios en los precios se manifiestan de diversas maneras: un aumento general del nivel de precio o un cambio irregular, en el caso de un aumento o una reducción en el consumo de algunos productos. El aumento de precios de los productores en un mismo sector, un aumento de los precios de factores de insumo en otras industrias, la rentabilidad se ve afectada. Además, el aumento en los precios de fabricación, por lo común es acompañado por un aumento en los precios de insumos, así como la emisión de dinero en la industria, así como resulta negativo para la rentabilidad. Así como en un uniforme de inflación, sólo una transformación persistente en un aumento.

En la práctica, se observa que la influencia es distinta para cada producto.

#### El efecto de cambios en la capacidad utilizada

La capacidad aprovechada se mide entre la producción real y el activo fijo. Parecen obvios los dos componentes de esta relación, o sea la producción real con respecto al activo fijo existente y cambios en la ampliación o reducción del activo fijo.

Los costos totales abarcan una variedad de comportamientos de diferentes maneras en cuanto a cambios de la producción. Algunos son constantes, otros aumentan o disminuyen de acuerdo con los cambios de la producción. Los costos fijos son aquellos que se consideran constantes respecto a la producción, mientras que los costos variables están directamente relacionados con las cantidades producidas. Los costos fijos: consisten en depreciación de maquinaria, administración, primas de seguros, salarios de personal, etc. Los costos variables: son agrupados bajo los siguientes renglones:

- Materias primas
- Mano de obra productiva, de contratación eventual
- Mantenimiento
- Transporte y distribución
- Gastos directos de venta

En su relación con la producción, los costos variables en teoría tienden a decrecer en forma proporcional o progresiva. Sin embargo, por supuesto, la suposición de una reacción en forma progresiva es una aproximación.

El sistema de contabilidad requiere una separación de los dos tipos de costos. El procedimiento para dividir el total de costos fijos y variables depende de la naturaleza de los costos. Se hace hincapié en que la clasificación de costos en fijos y variables a veces se hace arbitraria y depende del periodo considerado.

Esto lleva a la reacción de costos ante un posible cambio de la capacidad productiva. Un aumento del activo fijo: es evidente que una fábrica no puede operar indefinidamente a su capacidad productiva. El aumento de la capacidad productiva resulta en un aumento de los costos fijos, sobre todo en lo referente a depreciaciones y salarios. El número de máquinas, por ejemplo, requiere de más personal para operarlas y a su vez implica un mayor costo de administración.

Para completar la lista de factores que influyen en el comportamiento de los costos, se menciona el avance tecnológico, cuyo efecto impacta la necesidad de nuevas inversiones; a los planes del proceso de producción de activos fijos, o simplemente para incrementar la eficiencia en la producción.

Por lo general, el uso de tecnología intensiva conduce a la operación; incremento de los costos de depreciación, a la amortización de los costos de intereses, y aumentos de ingresos debido a la mejora siempre y cuando el tamaño de la demanda y el nivel de ingresos.

Estos elementos se conjugan en un análisis de rentabilidad, ahorrando costos en los sectores operacionales y el ingreso adicional involucrado del costo de capital. Esta tarea se difiere de las alternativas tecnológicas y los estudios de costo-beneficio que son interrelacionados, por lo que el economista obtendrá del estudio de las alternativas de inversión y los costos de capital que evalúan estas soluciones en cuanto a sus costos, transformándolos a presentaciones más sencillas.

Las alternativas económicas del problema son las siguientes:

- La inversión adicional resultará en cierto aumento de los costos de capital, pero un menor incremento de costos de capital en comparación con la inversión menor, pero a la vez con una disminución de los costos de operación.
- La inversión logrará un incremento menor de la producción, pero con menores costos de capital, pero con la misma reducción de los costos de operación.
- La inversión resultará en un aumento menor de la producción que en las alternativas anteriores, acompañada de un incremento más fuerte de los costos de capital, pero con una reducción más lenta de los costos de operación.
- La inversión resultará en el mismo aumento de producción que en la alternativa de menor inversión, pero con los mismos costos de capital en comparación con la inversión menor, pero a la vez con una disminución considerable de los costos de operación.
- La inversión proporcionará el mismo aumento elevado de la producción que en la alternativa de mayor inversión, pero con un menor aumento de los costos de capital que en el caso de la inversión menor, pero con una disminución de los costos de operación.

Con lo anterior se demuestra que los análisis de rentabilidad económica se refieren a:

- Un aumento de producción.
- El incremento del costo de capital
- La disminución del costo de operación

La selección de la inversión más rentable se determinará mediante un cálculo de costos.

La estimación de costos e ingresos implica:

- La determinación de los costos para la realización y en marcha del proyecto a realizar.
- El pronóstico de los costos del proyecto después del periodo en marcha, es decir, cuando ya está en operación normal.

Las fuentes de errores en la estimación de costos e ingresos son:

- Fallas en el análisis técnico. Pueden ocurrir por falta de datos básicos que conduce a experimentos costosos y a errores en el proyecto.
- Estimaciones demasiado bajas de las inversiones. Un exceso de reales de inversión sobre el presupuesto estimado, en parte se debe a una subestimación del tiempo que se requiere para el proyecto, es decir, del tiempo permisible para la construcción de materiales, y el montaje.

Cualquier atraso en la terminación de una parte del proyecto o un retraso en otras partes en consecuencia se originan costos adicionales así como la pérdida de ganancias previstas.

- Estimaciones demasiado optimistas de costos y de la producción en los primeros años de operación. Aunque se sabe que una inversión puede pasar por un periodo en marcha y de ajustes, su eficiencia reducida de los trabajadores durante el periodo de toma en cuenta en la planificación. Por lo tanto, es necesario considerar los costos de entrenamiento y para el montaje de las máquinas y energía, igual que para un mayor número de productos.

- Falta de previsión del desarrollo futuro de costos e ingresos de operación de una variación en el curso del tiempo, en especial los costos prima, energía y mano de obra.

Asimismo, cada renglón de costos e ingresos debe examinarse con precios. A pesar de que los estudios de costos a menudo se realizan y se completan sin haber omitido ningún renglón, siempre queda cierta inseguridad en la inversión y a los gastos de operación. El margen de las variaciones no se puede fijarse de antemano, en su totalidad depende de las características de la inversión considerada y de la experiencia de los consultores y promotores de la solución del problema de las variaciones se puede trabajar con un margen del 10% de costos calculados.

#### El punto de equilibrio

El análisis del punto de equilibrio es una técnica para estudiar la relación entre los costos variables y los beneficios. El punto de equilibrio es el punto en el que los beneficios por ventas son exactamente iguales a la suma de los costos fijos. Es importante mencionar que no es una herramienta para medir la rentabilidad, sino podríamos decir que ayuda en la respuesta a la pregunta: ¿Qué nivel de ventas experimentará el porcentaje aprovechado de la capacidad para que la empresa no opere con pérdidas?

Para efectuar este análisis conviene separar los costos en dos grupos:

- Los costos fijos. Aquellos que tienen que erogarse en cantidad constante en una misma planta, independientemente del nivel de actividad.
- Los costos variables. Se relacionan con la producción y disminuyen en proporción directa al volumen de la producción.

Al expresarlos en una gráfica, los costos fijos quedarán representados en el eje de las abscisas, ya que serán iguales cualquiera que sea la capacidad utilizada, el 100%. En este mismo eje se expresará el volumen de producción anual, en unidades físicas; o bien, el porcentaje de capacidad utilizada. Las ordenadas se anotarán los valores monetarios que se utilizarán.

Como los costos variables son directamente proporcionales a la producción, los representa una línea recta que parte de la línea del costo fijo y cuya inclinación depende de la proporción de los costos variables.

La función de los costos anuales totales está dada por la ecuación:

$$CT = CF_x + CV$$

Dónde  
 CT Costo total anual (costo fijo + costo variables)  
 X Unidades producidas

La fórmula para calcular matemáticamente el punto de equilibrio es:

$$PE = \frac{CF}{1 - \frac{CV}{V}}$$

Dónde  
 CF Costos fijos  
 CV Costos variables  
 V Ventas

Al calcularse, el punto de equilibrio define las áreas de pérdidas y utilidad. Una empresa aspira a vender sólo su punto de equilibrio puesto que su operación genera beneficios básicos requeridos para justificar su existencia.

Figura 2 Gráfica del punto de equilibrio

La gráfica del Punto de Equilibrio no muestra:

- El punto donde las ventas absorben el monto del costo

- La intersección de la venta y el costo donde se equilibran los ingresos, no pérdidas ni utilidades.

#### 2.5.8 La estructura financiera del proyecto

La realización de un proyecto implica utilizar recursos para dos actividades:

- La instalación o montaje del proyecto
- La etapa del funcionamiento u operación del proyecto.

Los recursos necesarios para la etapa de instalación, constituyen el costo de inversión, mientras que, los necesarios para la etapa de operación, constituyen el capital de trabajo.

Las partes técnicas de la obra de la planta, definen el proceso de producción, las alternativas de producción y la capacidad, así como los detalles de la planta. Para este momento de la investigación se debe disponer de toda la información sobre la planta, a las dimensiones y al rendimiento de la maquinaria, el costo de los edificios, construcciones y en general, el costo de los activos fijos.

Esto permite la estimación del valor de todos los activos fijos necesarios para la inversión requerida.

Al utilizar la metodología de la contabilidad se agrupan los costos en activos fijos, que comprenden el conjunto de bienes que no son objeto de transacción con la empresa; son su patrimonio que se obtienen durante la etapa de instalación del proyecto y se usan durante toda la vida útil del proyecto. Su valor se registra como un activo fijo de la empresa. El dinero y el crédito destinados para el pago de los activos fijos son iguales.

#### Activo fijo

Los activos fijos se clasifican en:

- Activos fijos sujetos a depreciación, obsolescencia o agotamiento. Dentro de estos están los activos fijos tangibles e intangibles. Dentro de los componentes de los activos fijos tangibles están las máquinas y equipos con sus costos de instalación, los edificios, etc.



complementarias, en su caso el terreno y los recursos naturales. Además del capital fijo intangible están las patentes, los derechos de organización y puesta en marcha de la planta, y el estudio de pre-

Los conceptos del activo fijos son:

- El terreno o la preparación del terreno. En la mayoría de los casos se selecciona para la localización de la planta antes de iniciar las obras de construcción, como son el nivelación del terreno, el drenaje, la excavación de pozos, también se incluyen las vías de acceso, terminales ferroviarias del terreno de la planta, sistemas para eliminar los residuos contaminados. Estos últimos a veces se agrupan por separado por su valor con respecto a otros activos.
- Los edificios y construcciones incluyen además de los edificios para las oficinas y los servicios auxiliares como almacenes, laboratorios, talleres y garajes. Si el nuevo edificio está a gran distancia de la zona urbana, se considera la construcción de viviendas para los empleados obreros. En circunstancias tales como cuando son necesarios los edificios sociales, como comedores, dispensarios, escuelas, etc. Se incluyen también las instalaciones deportivas y albercas. Los honorarios de arquitectos e ingenieros y los pagos por permisos de construcción y seguros sociales forman parte de inversión a los edificios. Las construcciones efectuadas para propósitos productivos se clasifican por separado de maquinaria y equipo.
- Maquinaria y equipo. Este rubro comprende bienes de capital para la producción, además de los artículos que se usan en los servicios de apoyo como el laboratorio, la planta de mantenimiento, el departamento de transporte y oficinas o departamentos similares. Este grupo de activos se especifican por los artículos del proyecto técnico apoyados por la estructura administrativa para el funcionamiento del proyecto.

Los gastos para el transporte de la maquinaria y el equipo, así como el transporte a la planta, forman parte de los costos de inversión. En el detalle de los gastos de transporte y seguro marítimo desde el puerto, el transporte y el seguro terrestre, los costos de instalación incluyen los salarios, la supervisión, la energía y el alquiler de equipos como grúas, soldadoras, plantas portátiles de energía, etc. Los gastos para probar la maquinaria y ponerla en funcionamiento se contabilizan bajo el concepto de gastos de organización e instalación. Los gastos que podrían incluirse en los costos para maquinaria y equipo de ingeniería y de comisiones sobre préstamos se tratan de igual manera. Lo común, para un nuevo proyecto con nuevas máquinas en juego de piezas de repuesto. Por su naturaleza de costo de inversión se consideran activo circulante y, por lo tanto, forman parte de los costos de inversión. Sin embargo, con frecuencia se incluye el primer juego de piezas de repuesto en los costos de maquinaria y se desglosan los demás costos de repuesto bajo los costos de mantenimiento. Para la adquisición de piezas de repuesto bajo los costos de mantenimiento, para estimar el costo de inversión es muy importante que la lista de los costos de inversión, sea completa.

Gastos preliminares. Estos gastos son originados antes del inicio del proyecto. Son gastos que resultan de investigaciones económicas como pruebas químicas del agua y de la mano de obra, estudios preliminares del mercado, de servicios o de impuestos, asuntos fiscales y de procedimientos para conseguir licencias, en especial cuando se trata de proyectos de gran magnitud. Los gastos de selección de proveedores se originan a raíz de las visitas a los proveedores. Por último algunos gastos también resultan de negociaciones preliminares con bancos.

Gastos iniciales de organización en instalación. Los gastos para establecer una empresa son semejantes a los gastos preliminares. Siempre es fácil distinguir el uno del otro. Por tanto, los dos grupos se integran en uno solo.

Al establecer una nueva empresa, los gastos para su preparación de los acuerdos de inversión escriturados con préstamo. Con frecuencia, estos documentos son elaborados por el departamento jurídico de un banco de fomento. Los gastos de una compañía se deben pagar directamente.

El interés que se acumula durante el periodo de la construcción de equipo, es la partida más importante de los gastos que se originan durante la etapa de realización del proyecto.

Estos intereses, junto con las comisiones por apertura de crédito, ascienden a sumas considerables en relación a las magnitudes con tiempos de construcción relativamente cortos. El técnico debe proporcionarse para este tiempo de proyecto una estimación de tiempo para la implementación de la planta. Se calculan los intereses causados durante el periodo de construcción. Los gastos financieros que surgen durante este tiempo son pagados para emitir acciones o para la suscripción de valores con garantía de la emisión.

Por último, están los gastos de operación para pagar la planta comercial para el reclutamiento y la capacitación del personal como los sueldos del administrativo que inicia sus actividades de que la planta comience a producir. Si se trata de un nuevo mercado de una nueva línea de productos, surgirán gastos de ventas.

Si contra el pago de una suma se adquieren patentes, marcas registradas o derechos similares para fabricar y vender un producto y pertenece al activo fijo de la empresa. Sin embargo, los gastos de estos derechos, basados por ejemplo en licencias, ventas y otros, constituyen costos de operación y no se incluyen en las

Contingencias. Hasta la estimación más cuidadosa y detallada de inversión no garantiza que la lista del activo fijo y de

completa. Por consiguiente para cubrir partidas imprevistas se  
cantidad de las inversiones, cuyo monto depende de  
dinero.

#### Activo circulante

Inventario: Las exigencias de ciertos bienes esenciales para  
obtenerse antes de comenzar a producir, y siempre habrá un volumen  
existencia para no interrumpir el flujo continuo de bienes a  
productivo. Por lo común, éstos se clasifican en materia prima  
bienes en bruto o productos terminados.

En la parte técnica del estudio de factibilidad, se determina  
prima necesaria para la producción. El material auxiliar como  
lubricantes, piezas de repuesto, de talla y de sec. etc. no más  
semilaborados depende en su totalidad del proceso de  
producción está organizada de acuerdo a departamentos  
sus propias existencias.

Los inventarios de productos terminados garantizan  
independiente de la producción de la fábrica, tienen una  
entre la demanda de los clientes y el abastecimiento de  
Estos inventarios se determinan de acuerdo al programa de

Cuentas por Cobrar se extienden líneas de crédito a los clientes  
de los bienes, se habla de cuentas por cobrar; se encue  
actividades comerciales, ya que las ventas de contado, don  
entrega de los bienes muy frecuentes, y pueden lograrse ún  
circunstancias excepcionales. En los demás casos el  
financiamiento en las ventas, y será incluido en las estimaciones

Caja y bancos. Esta partida de los activos bancarios o en el  
para realizar pagos de contado. En los estudios de factibilidad  
para caja y bancos para cubrir los primeros pagos de sueldos  
administrativos por servicios suministrados, y para reserva general  
liquidez. Al poner en marcha un proyecto, se establece

sobregiros bancarios, para cubrir este tipo de pagos, y así efectivo.

Otros activos circulantes. Estudios para algunos proyectos incluyen otros tipos de activo circulante. Sin embargo, en tienen en forma de: anticipos a proveedores y empleados, subsidiarias, impuestos pagados por anticipados, y otros.

Los elementos descritos aparecen estructurados en los estados f estado de resultados.

Métodos para estimar los costos de inversión ACTIVO FIJO

Comparación con inversiones similares. Un método aproximado c estudios de factibilidad, es la comparación del proyecto que se inv inversión de un proyecto similar ya realizado. Este enfoque da por se puede comenzar a trabajar, e indica el aumento de costo. En este enfoque se encuentra en la compatibilidad de los proyectos, sector industrial con una línea de productos totalmente comparab nuevo proyecto estará de acuerdo con el referente y el proceso c será idéntico, en particular en el caso de proceso químicos con p cumplen estos primeros requisitos de comparación, las discre aproximarse en algún ajuste en el costo básico, con lo que se prov los aumentos inflacionarios en los precios de adquisición. La local manera considerable tanto en los costos de transporte de com marítimo en relación al puerto de origen y al puerto de destino.

La ventaja de este método consiste en que se emplean cifras real (es decir, a la fecha en que se realizó el gasto y de los costos de las instalaciones necesarias y el equipo auxiliar, que la experiencia tanto, la lista de activos es completa, siendo posible revaluar una comparable, en caso de que se disponga de

Para el propósito de los estudios de preinversión, se dispone d estándar que por lo regular se denominan perfiles industriales

financieras o de fomento, que estén totalmente en los valores prefijos, proporcionan información necesaria para una estimación

El método más usual y seguro para calcular el costo de inversión es a base de cotizaciones de los proveedores. Como parte técnica del estudio de factibilidad, el activo fijo se especifica de manera que permita seleccionar los actuales que satisfagan las especificaciones dadas. Las cotizaciones incluyen la entrega, la instalación, los precios de repuestos, los costos de embalaje y el activo se divide en gastos en moneda nacional y en divisas. Para un activo con varios cientos de partidas, podría resultar necesario recurrir a los ingenieros consultores quienes conocen las empresas suministradoras, especializado y también los requisitos de calidad.

El método para calcular el costo mediante cotizaciones, puede emplearse para los activos clasificados como maquinaria y equipo. Los precios pagados se obtienen a base de cotizaciones sin obligación de las compañías. Las compañías están en posición de proporcionar los precios actuales de los trabajos preparativos, como la nivelación del terreno.

Los gastos de montaje de maquinaria, la supervisión y la puesta en marcha por compañías especializadas como a los proveedores, se solicitan y proporcionan, tanto, se solicitarán los respectivos presupuestos. Por lo común, el presupuesto incluye los gastos de materia y prima y los salarios iniciales; es necesario la estimación de los costos de operación.

Los costos de inversión se calculan a base de cotizaciones y otros datos. Se consideran un poco elevados en comparación con la inversión real, ya que se enteran los proveedores de la recopilación de los datos de inversión y los precios preferenciales que podrían conceder. Sin embargo, el método es bastante aceptable, porque deja un margen de seguridad.

#### Financiamiento y costo de capital

El financiamiento es el abastecimiento de dinero, el línea de crédito y cualquier clase que se emplean en la realización de un proyecto de una empresa.

El financiamiento del proyecto señala las fuentes de recursos para su ejecución y funcionamiento, y describen los mecanismos a través de los cuales se obtienen los recursos para los usos específicos del proyecto. Se demostrará que las fuentes señaladas y los mecanismos propuestos están de acuerdo con la realidad.

Las fuentes de financiamiento están definidas desde el punto de vista de su origen. Las fuentes externas son todos los fondos originados en el exterior, mientras que las fuentes internas de la misma empresa provienen de fuentes internas.

Una fuente externa importante es el comercio mayorista y detallista, que otorga créditos a proveedores para material y mercancía. Estos créditos se otorgan a través de contratos. Los créditos de proveedores de maquinaria se otorgan a través de contratos. En algunos casos se extienden a préstamos de largo plazo.

Las fuentes internas de financiamiento por su definición, se generan dentro de la empresa. Se originan en forma de utilidades y en forma de depreciaciones generadas durante un periodo. Estos fondos pueden invertirse dentro de la empresa.

#### Capital social

Se paga por los propietarios cuando se forma la empresa o durante su vida cuando se necesitan nuevos fondos. Desde el punto de vista de la empresa, el capital social no se deriva de las operaciones de la compañía. El término capital social se refiere a la estructura legal que por lo común, se encuentra en empresas medianas y grandes, en forma de acciones.

También las reservas forman parte del patrimonio de una empresa. Normalmente, las reservas son efectivo o no se han aportado u obtenido por contribuciones sino que se acumulan y mantienen como parte de las utilidades no repartidas. Por lo tanto, las reservas pueden ser retenidas, acumuladas o no distribuidas, otro método de formar reservas es a través de acciones a un valor sobre la par. La diferencia entre el precio de las acciones y el valor nominal se suma a las reservas. Bajo circunstancias especiales, las reservas pueden ser distribuidas, lo que supone que permanecen en la empresa durante un periodo limitado.

## Pasivos

Son aquellos fondos que una empresa pide prestados, y que debe devolver. No obstante que los términos varían considerablemente para diferentes pasivos, son disponibles por tiempo limitado. Esta obligación de devolver constituye la diferencia principal en comparación con el capital regular se exige garantías para obtener créditos. Los acreedores reciben la garantía acordada y no la incluyen en la administración de la empresa.

Los pasivos se clasifican de acuerdo con su plazo de vencimiento. Los pasivos a largo plazo son de vencimiento de más de un año; su plazo puede ser más de 20 años; ejemplos de pasivos a largo plazo son las obligaciones, de bancos de fomento y de instituciones similares. Los créditos a corto plazo, de vencimiento de hasta 5 años, son extendidos por ejemplo, por proveedores.

Las deudas pagaderas en un plazo menos de un año se denominan pasivos a corto plazo. Se generan por las operaciones comerciales que se realizan con el acreedor los concede sin acuerdo crediticio formal, como por ejemplo proveedores de materias primas. Los sobregiros bancarios que ocurren sin contrato, constituyen pasivos a corto plazo. Entre estos también los anticipos a clientes a cuenta de pedido, créditos fiscales, cuentas por pagar y otros pasivos de acreedores diversos.

## Los estados financieros

Para estructurar los estados financieros se parte del análisis de los datos que se basa en la clasificación de cuatro tipos fundamentales:

- Relaciones con respecto a la liquidez, que se desarrollan a través de la evaluación de las posibilidades de una empresa de financiar sus operaciones que tiene que enfrentar a corto plazo.
- Relaciones de poder económico, que se relacionan con las estructuras de financiamiento especial al comparar la contribución de los propietarios con el financiamiento externo.
- Relaciones de manejo financiero, que se refieren al uso eficiente de los fondos.



- Relaciones de rentabilidad, que evalúan el manejo general de las operaciones. Estas evaluaciones se basan en las tasas internas de ganancias sobre las ventas y sobre las inversiones.

El análisis financiero se puede realizar a través del financiamiento continuo de las operaciones o con fondos propios, capital propio y utilidades generadas. Aparte de los costos de inversión para ampliaciones o sustituciones de activos:

- Consumo de activos
- Uso de los factores: mano de obra y materiales.
- Procesos de financiamiento
- Cargas fiscales

El análisis financiero de periodos pasados permite la explicación de los cambios en los ingresos netos en estos periodos. Para ello se debe investigar los factores determinantes del ingreso neto.

Un aumento o disminución:

- Del volumen de unidades vendidas.
- De precios de venta
- De los costos de los bienes vendidos debido a variaciones en los precios de venta unitarios, de los costos de producción o de precios de adquisición de materiales.
- De los gastos de operación debido a variaciones del número de unidades o a un cambio de la política empresarial de pago o descuentos en compras y ventas.
- Cambios del régimen fiscal en cuanto a los ingresos.
- Cambios de los sistemas de contabilidad, que dificulten la interpretación de los datos.

De la lista anterior se desprende el tipo de datos que se necesitan para el análisis.

- Los estudios financieros pueden elaborarse a partir de los estados de pérdidas y ganancias y del balance general, pero

información dada en estos estados no es la más adecuada. Los factores físicos en el volumen producido y el costo no se toman en cuenta.

- Se necesitan datos de ventas y producción, así como una información detallada del volumen de materiales requeridos para la producción.
- Se solicita información adicional con respecto a la capacidad de la planta y los procesos de producción.
- Se dispondrá de información adecuada de cambios en los precios de los factores de insumo y producto, para distinguir en qué medida los cambios en los precios de los factores de insumo y producto emanan de las transacciones comerciales y de los cambios en los precios.

Hay que enfatizar que no bastan estas informaciones solamente para la evaluación del proyecto. Se requiere la comparación de varios periodos de operación, para determinar las causas.

## 2.6 Conclusión

A manera de resumen, en este capítulo se realizó una descripción de las tecnologías existentes en el mercado para la generación de energía eléctrica, se seleccionó de acuerdo a los criterios presentes en el agua y cuáles son los factores de información que servirán para la adecuada selección de la tecnología. De igual manera con el objeto de determinar el tipo de proyecto a desarrollar relacionada a los tipos de proyectos que se han mencionado en el momento de la evaluación.

Una vez que se han presentado en este marco teórico las tecnologías y la evaluación del proyecto, en el capítulo siguiente se dará a cabo el desarrollo del proyecto atendiendo a la información de factibilidad técnica y económica.

## Capítulo 3 DESARROLLO DEL PROYECTO

### 3.1 Introducción

En el presente capítulo se describe el desarrollo del proyecto en términos reales, la cual se analiza la factibilidad técnica y económica de compra e instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales para el Complejo Petroquímico Independiente. En primer lugar se realiza la estimación de la capacidad de la planta para proyectar el tamaño del proyecto. Posteriormente se describe el escenario sin proyecto en el cual se detalla el modo de operación del Complejo Petroquímico Independiente. Finalmente en el escenario con proyecto se hace una comparación de la mejor tecnología (de acuerdo a los requerimientos detectados) y la correspondiente inversión económica.

Debido a que se trata de una empresa pública, algunos de los datos se obtuvieron de los contratos de manera discrecional con el objeto de mantener la confidencialidad. Únicamente se presentarán a manera de referencia para el desarrollo del proyecto.

### 3.2 Estudio de Mercado

#### 3.2.1 Análisis de la Demanda

Se realizó el análisis de la demanda para la planta de tratamiento de aguas residuales del Complejo Petroquímico Independiente. El estudio se realizó en el periodo de 2015 a 2017.

Se recolectaron datos mensuales de la planta de tratamiento de aguas residuales. Durante estos periodos las corrientes presentaron ciertas variaciones que se relacionan con la producción, de la cantidad de energía eléctrica generada y de las aguas residuales registradas.

Debido a que la cantidad de agua descargada depende directamente de la producción, y el aprovechamiento en el proceso productivo se va a analizar.

conocer el porcentaje promedio de agua que se descarga en los emisores de agua.  
centro de trabajo.

Los datos mencionados se muestran en la siguiente tabla:

Mes	Año 1		Año 2		Año 3		Año 4		Año 5	
	Extracc	Emis	Extracc	Emis	Extracc	Emis	Extracc	Emis	Extracc	Emis
ENERO	21241	6298	17346	5235	13264	4654	20355	7381	13070	5787
FEBREF	19003	5214	89246	2779	15824	4342	17675	5000	13552	9913
MARZO	27833	5427	17500	5171	17372	4912	12525	1583	13687	6202
ABRIL	37173	9048	22759	7756	15794	5145	10659	1923	14476	5033
MAYO	38024	8358	19536	7643	23146	9038	17461	5164	15970	1241
JUNIO	33552	7710	15764	6465	24800	10161	16527	6997	12592	1257
JULIO	38653	8926	15764	5847	18189	7331	10069	2760	12860	1194
AGOST	33755	8320	17614	5949	13340	4781	10485	4312	11599	2014
SEPTIEM	27307	8154	20866	7323	11304	2927	12944	8070	78625	1926
OCTUBI	34575	8301	22478	7599	81989	5278	19434	10731	10474	1250
NOVIEMI	26988	7484	27665	9006	98429	3736	24225	13711	91976	1152
DICIEME	29104	7350	11002	3404	98784	3042	13056	7743	91976	1152

Tabla Datos de extracción de agua en el periodo de Año 1 a Año 5

Con el histórico antes presentado se efectúa el análisis y se obtiene el porcentaje de descarga respecto de la cantidad de agua que se consume en este periodo de tiempo.

De igual manera los datos sirvieron para realizar la proyección de agua para el futuro, así poder estimar la capacidad de tratamiento que requiere tener el sistema con los datos de extracción de agua proyectada mediante el método de promedios estacionales. El objetivo de realizarlo de esta manera es para tener una tendencia variable que los datos presentan en los diferentes meses del año y a las temperaturas que se registran en épocas del año y a los programas de trabajo. De tal forma que la demanda proyectada de agua se describe en la siguiente tabla:

Estimado de extracción		2190712	M <sup>3</sup>
Factor estacional	Mes	Estimado mensual de extracción	
0.96	Enero	175639	
0.88	Febrero	160924	
0.92	Marzo	168677	

0.97	Abril	176768
1.22	Mayo	222636
1.15	Junio	209307
1.00	Julio	182412
0.92	Agosto	167417
0.92	Septiembre	168549
1.08	Octubre	198005
1.21	Noviembre	221730
0.84	Diciembre	152738

Tabla Proyección mensual de extracción de agua mediante promedios estacionales

Cabe hacer mención que el estimado de extracción anual surge de los datos anuales en el Años 1 a 5

Una vez que se tienen los datos de la extracción de agua de pozo se procede a estimar la cantidad de agua que será descargada en referencia lo calculado anteriormente (el porcentaje aproximado de extracción de agua de pozo = 29%)

Estimado mensual de extracción M <sup>3</sup>	Pronóstico de descarga M <sup>3</sup>
175639	50935
160924	46668
168677	48916
176768	51263
222636	64565
209307	60699
182412	52900
167417	48551
168549	48879
198005	57421
221730	64302
152738	44294

Tabla Proyección mensual de la descarga mediante promedios estacionales

Con base en los datos estimados en la tabla anterior y por las características de la demanda promedio mensual a ser utilizada se considerará constante para efectos de este estudio de 12 años.

En base al análisis histórico antes presentado ~~ad continuación~~ ~~se describen~~ ~~los~~ ~~datos~~ describe la situación ~~del~~ ~~objeto~~ ~~del~~ estudio (situación sin proyecto) y el caso de llevarse a cabo el proyecto (situación con proyecto)

### 3.3 Situación sin proyecto:

PEMEX es considerada como ~~la~~ ~~mayor~~ ~~empresa~~ ~~de~~ ~~América~~ ~~Latina~~, es una de las empresas petroleras del mundo que desarrolla toda la cadena productiva desde la exploración hasta la distribución y comercialización de productos. Su principal ~~maximiza~~ ~~el~~ ~~valor~~ ~~económico~~ ~~de~~ ~~los~~ ~~hidrocarburos~~ ~~y~~ ~~sus~~ ~~derivados~~ ~~en~~ ~~el~~ ~~desarrollo~~ ~~sustentable~~ ~~del~~ ~~país~~ ~~al~~ ~~ser~~ ~~considerado~~ ~~el~~ ~~mayor~~ ~~contribuyente~~

Su tecnología le ha permitido aumentar sus reservas y ~~se~~ ~~configura~~ ~~al~~ ~~vendiendo~~ ~~al~~ ~~exterior~~ ~~crudo~~ ~~de~~ ~~mayor~~ ~~calidad~~ ~~y~~ ~~valor~~, además de ~~servicios~~ ~~de~~ ~~gas~~ ~~natural~~. Abastece materias primas, productos y servicios ~~de~~ ~~alta~~ ~~calidad~~ ~~mundialmente~~ ~~competitivos~~. Cuenta ~~además~~ ~~con~~ ~~una~~ ~~estructura~~ ~~operativa~~

PEMEX tiene el compromiso de producir hidrocarburos y sus derivados y comercializarlos, tanto en el mercado nacional como en el internacional, ~~así~~ ~~como~~ ~~servicios~~ ~~relacionados~~ ~~con~~ ~~su~~ ~~actividad~~ ~~de~~ ~~petroquímica~~ ~~dentro~~ ~~del~~ ~~marco~~ ~~normativo~~ ~~aplicable~~ ~~en~~ ~~este~~ ~~sector~~ ~~de~~ ~~energía~~ ~~en~~ ~~el~~ ~~respeto~~ ~~al~~ ~~medio~~ ~~ambiente~~, con la finalidad de lograr la satisfacción ~~del~~ ~~cliente~~ ~~y~~ ~~el~~ ~~valor~~ ~~agregado~~ ~~de~~ ~~la~~ ~~empresa~~. Para ello, la mayoría de sus certificaciones ~~en~~ ~~los~~ ~~procesos~~ ~~particulares~~ ~~o~~ ~~de~~ ~~forma~~ ~~integral~~ ~~en~~ ~~las~~ ~~áreas~~ ~~de~~: producción, transporte, comercialización, planeación, mantenimiento, seguridad, suministro, finanzas, contabilidad y costos.

PEMEX opera por conducto de ~~cuatro~~ ~~organismos~~ ~~subsidiarios~~:

1. PEMEX Exploración y Producción
2. PEMEX Refinación
3. PEMEX Gas y Petroquímica Básica
4. PEMEX Petroquímica
5. PMI Comercio Internacional S.A. de C.V.

1. PEMEX Exploración y Producción: La misión de PEMEX Exploración y Producción es maximizar el valor económico a largo plazo de las reservas de petróleo y gas natural, garantizando la seguridad de sus instalaciones y su personal, y el medio ambiente. Sus actividades principales son la exploración, producción, transporte, almacenamiento y comercialización de petróleo y gas natural; su transporte, almacenamiento y comercialización se realizan en cuatro regiones geográficas del territorio mexicano: norte, sur, centro y suroeste. PEMEX Exploración y Producción ocupa el tercer lugar en términos de producción de hidrocarburos y reservas de crudo y el primer lugar en ingresos.

2. PEMEX Refinación: Las funciones básicas de la industria de Refinación, el procesamiento y derivados de petróleo, su distribución, almacenamiento y comercialización de PEMEX Refinación realiza la planeación, administración y control de sus operaciones de contratos con inversionistas privados mexicanos para el establecimiento de estaciones de servicio integradas a PEMEX para atender el mercado de combustibles automotrices.

3. PEMEX Gas y Petroquímica Básica: Dentro de la cadena de la Petroquímica Básica ocupa una posición estratégica al tener el procesamiento del gas natural y sus líquidos, así como del transporte y almacenamiento de sus productos.

En el ámbito internacional, PEMEX Gas y Petroquímica Básica es una de las principales empresas procesadoras de gas natural, con un volumen promedio de 1.5 millones de pies cúbicos (m<sup>3</sup>) al día de líquidos, con una producción de 451 mil barriles diarios de gas a cargo promedio. Cuenta con una extensa red de gasoductos de 3,160 kilómetros, a través de la cual se transporta el gas a 160 ciudades y la ubica en el décimo lugar entre las principales empresas energéticas en Norteamérica.

---

<sup>5</sup> Costa fuera: Exploración y producción de la costa

4. PEMEX Petroquímica: elabora, comercializa y distribuye productos de acuerdo a la demanda del mercado a través de sus filiales y centros de trabajo. Los procesos fundamentales son los procesos petroquímicos no básicos de transformación del gas natural, metano, etano, propano y nafta. PEMEX Petroquímica estructura una red de relaciones comerciales con empresas nacionales dedicadas a la elaboración de fertilizantes, plásticos, fármacos, refrigerantes, aditivos, etc.
5. PMI Comercio Internacional: PMI S.A. de C.V. es una subsidiaria de PEMEX que opera en el mercado internacional. Con operaciones en todo el mundo, PMI realiza importaciones y exportaciones de crudo y derivados de PEMEX, abasteciendo a las refinerías alrededor del mundo.

En la siguiente figura se muestran todas las instalaciones pertenecientes a PEMEX distribuidas a lo largo del país con el propósito de cumplir con el objetivo de mejorar la productividad del estado.

Figura 4 Instalaciones de Petróleos Mexicanos





## Política

Satisfacer los requisitos acordados con nuestros clientes, cuidar la integridad de las instalaciones, el desarrollo y salud del personal transparente y de mejora continua.

## Valores

### a) Integridad.

Unir partes diversas en un todo coherente que mantiene un equilibrio objetivo. La integridad ética se sustenta en valores que forman es actuar cotidiano de los individuos. Es el principio de equidad que hace.

### b) Innovación.

Generar nuevos conocimientos, productos, tecnologías o servicios concretar o relacionar la creatividad con la inteligencia para cubrir

### c) Competitividad.

Aprovechar de la mejor manera las fortalezas únicas de cada uno de los sinergia de manera que la organización, muestre un desarrollo exponencial que reflejara en mayor productividad y en un mejor servicio al cliente.

### d) Sustentabilidad.

Es la visión del futuro y el compromiso con el mismo. La organización vinculación estratégica con la sociedad, el medio ambiente y seguridad compromete a establecer con los servicios o mutualidad a largo plazo.

### e) Compromiso Social.

En PEMEX, hablar de este compromiso, es reconocer la pertenencia al ámbito social nacional. Es aceptar los compromisos que se establecen en el país, a fin de fortalecer los vínculos entre la organización y los mexicanos.

## COMPLEJO PETROQUÍMICO INDEPENDENCIA

El Complejo Petroquímico Independencia pertenece a Pemex, la más importante de Petróleos Mexicanos. Se encuentra ubicado a 76.5 kilómetros del kilómetro 76.5 de la Carretera Federal México-Toluca, en el poblado de Santa Moyotzingo, perteneciente al municipio de San Martín Texmelucan, el año de 1969.

Este centro de trabajo tiene como objetivo satisfacer la demanda de especialidades petroquímicas y nuevos productos petroquímicos del altiplano del país.

El Complejo Petroquímico Independencia es el más grande y cuenta con una de las tres plantas químicas de la República Mexicana. Su misión ha sido satisfacer la demanda de productos derivados del petróleo.

Entre los usos que se hacen de él se encuentran la producción de proteínas sintéticas por fermentación, metilparatión, salicilato de metilo, propionato de metilo, benzoato de metilo.

En 1995 el Complejo Independencia obtuvo la certificación bajo la norma internacional ISO 9001 de las plantas de nitrilo; en febrero de 2000 bajo la norma ISO 14001; y en diciembre de 1999 la PROFEPA de la Secretaría de Recursos Naturales le otorgó el certificado de Industria Limpia; el año 2000 la compañía SGS otorgó el certificado ambiental bajo la norma ambiental ISO 14001. Certificaciones que se mantienen vigentes hasta la fecha.

La siguiente figura muestra el Plot Plan del Centro de Trabajo:

---

<sup>6</sup> Malatión: Encuentra aplicación agrícola en el control de plagas de insectos succionadores.

<sup>7</sup> Paratión Metílico: Insecticida que se absorbe por las plantas que es absorbido por hojas, corteza y raíces, que circulan en la savia haciéndola tóxica para los insectos.

<sup>8</sup> Salicilato de Metilo: Se emplea como agente aromatizante y posee la capacidad de ser absorbido a través de la piel.

<sup>9</sup> Acetato de Metilo: acción tóxica actualmente ha sido sacado del mercado.

<sup>10</sup> Benzoato de Metilo: Actualmente utilizado como conservador en alimentos.

#### Figura 5 Plot Plan del Complejo Petroquímico Independencia

El Complejo Petroquímico e h t e p e m d e p t a a t a s l e t a r d e e s b a p r a c i ó n  
de aceites lubricantes, planta de é t e m e p e t r o q u í m i c a , p l a n t a d e G e n e r a c i ó n d e V a p o r  
Generación Eléctrica, Tratamiento de Agua Es, especialidades Petroquímicas,  
planta Metanol I y Metanol II. En ellas se elaboran productos que sirven a la  
industria química y del país.

Actualmente por las estrategias de Negocio que PEMEX Petroquímico enfrenta por las  
constantes fluctuaciones en la economía del país, el Complejo Petroquímico opera  
sólo con las siguientes líneas de negocio:

1. Producción de Petroquímicos
  - " Metanol
  - " Especialidades Petroquímicas
  - " Lubricantes
2. Suministro de energía eléctrica (porteo) y de servicios
  - " Porteo de Energía Eléctrica
  - " Rehabilitación de cambiadores de calor
  - " Guardamanejo de Gas LP y Amoniaco

## PRODUCCIÓN DE METANOL:

El Complejo Petroquímico Independencia cuenta con las únicas plantas de producción de Metanol en México, con una capacidad de 500 toneladas de metanol por día.

El proceso de producción de metanol se basa en la reacción de reformación natural y el vapor de agua a condiciones de presión y temperatura para la síntesis de dicho alcohol. Este proceso se inició en 1969 con la construcción de la primera planta con capacidad de 100 TON, tiempo después debido a la demanda se llevó a cabo la construcción de la segunda planta con capacidad de 500 TON de tecnología más avanzada.

La producción actual de metanol se realiza por los requerimientos comerciales de PEMEX Petroquímica establece acorde a los contratos tanto en el mercado nacional como el internacional.

## PRODUCCION DE ESPECIALIDADES PETROQUÍMICAS:

En el caso de especialidades petroquímicas se producen aproximadamente 10 productos los cuales podemos englobar en: detergentes, inhibidores de corrosión, desparafinantes, desmutantes, desulfurantes, para el tratamiento de aguas. Cuenta con 5 reactores en lo que se lleva a cabo la producción es un sistema por lotes.

## PRODUCCIÓN DE LUBRICANTES

El proyecto de elaboración de lubricantes en el Complejo Petroquímico Mexicano de Independencia se inició en 2004 ante la declaración de la Ley de Comercio Exterior (LCE) de C.V. (Mexlub) y Pemex Refinación (PRE) para el suministro de los lubricantes contaba con un proveedor confiable en calidad y cantidad en ese momento.

Actualmente esta actividad se lleva a cabo en parte de las instalaciones que no cuenta con un plano propio y sirve como área de producción y almacenamiento de aceites (ver anexo):  
Aceite hidráulico MH90, SAE 46, API CF

## GENERACIÓN DE VAPOR Y ENERGÍA ELÉCTRICA:

De igual forma el Complejo Petroquímico Independencia cuenta con una planta de Energía Eléctrica con capacidad de 60 MW que además de proveer energía dentro del centro de trabajo, es uno de los principales proveedores de energía para el organismo PEMEX obtenerlo a un costo menor que el que se obtiene en las plantas que utilizan gas natural y combustible para llevar a cabo la combustión. Este tipo de turbinas producen 11 toneladas de vapor en cada una, además que la energía producida es enlazada a la red de CFE (Comisión Federal de Electricidad) como: Refinería Cadereyta, CP Cangrejera, Hospital General de Ejecutivas, etc.

## TALLER DE REPARACION DE CAMBIADORES DE CALOR

El taller de reparación de cambiadores de calor es uno de los más importantes a nivel nacional y proporciona servicios a organismos de Petróleos Mexicanos (Petróleos Mexicanos y Petroquímica) con una capacidad de 70 equipos anuales. Actualmente se está iniciando con la actividad de fabricación de éstos equipos lo que representa un negocio para el Complejo.

Para llevar a cabo las actividades antes mencionadas, el Complejo cuenta con 14 pozos de extracción de agua profunda que proveen agua alrededor de 207734 metros cúbicos al día (según el análisis preliminar presentado).

Los pozos se encuentran distribuidos en las áreas de trabajo, y se encuentran constituida por los siguientes pozos: P1, P2, P3, P4, P5, P6, 7 y 13. Dichos pozos se encuentran en las áreas nuevas (conocidas así por ser las últimas áreas integradas al sistema de pozos de las áreas viejas correspondientes). Se encuentran ubicadas las plantas de Metanol I y II, pozos tales como

---

<sup>11</sup> Turbogenerador eléctrico (alternador) que se usa para producir energía eléctrica, normalmente son movidos por turbinas de vapor

Se tiene un acumulado de los consumos que se encuentran en el Anexo 1 del Informe de Consumo de Agua de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la Empresa de Servicios Públicos de Bogotá, D.C. Petroquímico Independiente. En la siguiente tabla se muestran los consumos aproximados a los pozos:

POZOS AREAS NUEVAS	METROS CÚB	POZOS AREAS	METROS CÚB
PA-2	1074589	BU-1	228486
PA-3	63958	BU-2	118448
PA-4	291547	BU-3	986493
PA-5	187586	BU-4	987883
PA-6	845561	BU-5	940263
PA-7	816562		
PA-8	341383		

Tabla 10. Extracciones de agua cruda registradas en los pozos a

Los consumos en los diferentes pozos de la planta se ven afectados por el tipo de actividad que se realiza en el momento de la explotación de los mismos es variante o muchas veces

El agua de pozo es enviada al proceso de tratamiento de agua potable. Los pozos de agua están contruidos de acuerdo a la capacidad de bombeo máxima de 200 barriles.

El agua que se extrae es distribuida como se muestra en la tabla

AREA	CONSUMO (m <sup>3</sup> /día)
Sistema de Tratamiento de Agua Potable	5224
Plantas de Tratamiento de Agua Potable	38224
Servicios Generales	2754
Torre de Enfriamiento	92027
Planta de Metanol	519
Planta de Metanol	65820

Tabla 11. Distribución típica del destino del agua cruda en la planta de Tratamiento de Agua Potable de la Empresa de Servicios Públicos de Bogotá, D.C. Petroquímico Independiente.

Las características del agua que se extrae de los pozos de la planta son las siguientes:

- 1) Dureza máxima de 150<sub>3</sub> ppm como CaCO<sub>3</sub>
- 2) Alcalinidad al Anaranjado de Methyl 150 ppm.

- 3) Alcalinidad a la Fenolftaleína de 0 ppm
- 4) Conductividad máxima de 450 micromhos
- 5) Sílice de 70 ppm máximos como SiO
- 6) pH entre 5.8 y 7.
- 7) Contenido de cloruros máximo de 30 ppm
- 8) Turbidez de 2 NTU.

Dichos parámetros son monitoreados constantemente para asegurar que el agua requiere en los procesos productivos del centro de trabajo

De igual manera es de considerarse que el agua que es suministrada a la planta de tratamiento de aguas, la cual se encarga de producir vapor de agua superior que sirva como materia prima para la obtención de vapor para las turbinas producen energía eléctrica para consumo propio y para la venta (Federal de Electricidad) o bien, como medio de calentamiento o motor del meta. En la siguiente figura se muestran los usos actuales del agua en el Complejo Petroquímico Independencia:

Figura 5.8 Diagrama actual de usos de agua en el Complejo Petroquímico Independencia



El tratamiento del agua se lleva a cabo para modificar el suministro adecuado para el propósito específico (agua a calderas) de manera que el proceso de acondicionamiento de agua (de la planta de la zona del Complejo Petroquímico Independencia) es un proceso de intercambio iónico que se realiza brevemente como sigue:

- 1) El agua que se encuentra en la Bocatoma es transportada hacia la planta desmineralizadora de agua a través de un filtro (con el objeto de remover partículas y sólidos suspendidos en la misma)
- 2) Después el efluente del filtro es enviado a la planta de intercambio catiónico donde son removidos los iones metálicos como Calcio, Magnesio y Sodio por acción del intercambiador catiónico. El efluente de estas unidades es ácido.
- 3) El efluente ácido es transportado a la planta de intercambio aniónico para remover el Calcio presente en el agua.
- 4) Una vez ha pasado a través del intercambiador aniónico es enviado a las unidades de intercambio aniónicas con el objeto de remover los iones de la corriente anterior.
- 5) Con el objeto de pulir el efluente se pasa a través de un lecho mixto de intercambio iónico donde los iones básicos se transfieren al lecho mixto (compuesto de unidades de intercambio iónico).
- 6) El agua que se obtiene de esta unidad es agua pulida y tiene un pH de 7.5 para la producción de vapor para la planta de la zona del Complejo Petroquímico Independencia.

Otro uso del agua que se extrae y representa el agua de la planta de la zona del Complejo Petroquímico es aquel que sirve para la operación de las plantas de Servicios Auxiliares (Caldera de Vapor y Generación de Energía Térmica) y de metanol (Metanol I y II). El consumo de agua para la operación de estas plantas es de aproximadamente 3000 m<sup>3</sup> por día para el enfriamiento para los equipos de intercambio de calor que requieren para los procesos que se desarrollan dentro de las plantas.

## FUNCIÓN DE LAS TORRES DE ENFRIAMIENTO

Las torres de enfriamiento son los equipos encargados de disipar el calor que se genera en los procesos industriales.

El agua es el medio más utilizado para la circulación de los equipos más eficientes para su disipación. En ellas, el agua caliente corriente de aire para favorecer el enfriamiento.

La torre de enfriamiento CT 36A01 proporciona servicio a los condensadores de superficie de los turbogeneradores, cuya capacidad de generación es de 30 MW cada uno de ellos. Dependiendo de la demanda que se tenga, es necesario que disminuya la cantidad de agua reutilizada en los equipos de intercambio de calor.

La torre de enfriamiento CT 36A01 dispone de 725 Hp c/u (VBA01-G) y 7 celdas con capacidad de 13,100 galones cada una, y permite un rango de enfriamiento de 43° a 14° C, además para operar con 5 bombas conectadas (3 motobombas y 2 turbobombas) las cuales se regulan de acuerdo al momento.

## OPERACIÓN Y TRATAMIENTO DE LAS TORRES DE ENFRIAMIENTO

Con el propósito de dar cumplimiento a los principios de desarrollo de recursos naturales de manera sostenible, la implantación de un proceso químico a base de productos que permitan incrementar el ciclo de vida (base sílice) de una planta con la finalidad de disminuir el consumo de agua de repuesto de la torre de enfriamiento CT 36A01.

Para la implantación de este tratamiento se planteó la necesidad de repuesto y adecuar los productos a estas condiciones así como también de trabajo en el equipo paulatinamente la concentración de sal en el agua de repuesto, hasta lograr el valor antes mencionado en una planta.

---

<sup>12</sup>Ciclos de concentración se obtienen del cociente de reposición para el flujo de agua de purga. Los ciclos, por lo tanto las sales, y en general las impurezas se concentran viceversa.

## SILICE EN EL AGUA DE ENFRIAMIENTO

La sílice alta en el agua de repuesto para torres de enfriamiento es un obstáculo para poder concentrar las torres a niveles de enfriamiento han sido operadas de 2 a 2.5 ciclos como medida para éstas se presentan en México.

Las aguas altas en concentración de sílice, se encuentran en las aguas del país, en los estados de México, Hidalgo, Aguascalientes, Guanajuato, Potosí y Morelos, principalmente.

El uso de agua con alto contenido de sílice en torres de enfriamiento han encontrado con el problema de tener que trabajar a bajos ciclos, tradicionalmente los tratamientos convencionales solamente operan hasta 180 ppm máxima la consecuente alta cantidad de purga y alta cantidad de agua.

El uso de un tratamiento químico para alta sílice en torres de enfriamiento ahorra agua, recurso tan importante y caro en la actualidad.

## TRATAMIENTO QUÍMICO

El tratamiento químico propuesto consideró los siguientes efectos:

- a) Prevención de incrustación y depósitos mediante la adición de dispersantes<sup>13</sup>
  - a. Modificación de la solubilidad de las sales
  - b. Dispersión de sólidos en suspensión
- b) Inhibición de la corrosión
  - a. Formación de una película protectora sobre la superficie
  - b. Control adecuado del pH
- c) Control de proliferación de microorganismos
  - a. Aplicación de un biocida<sup>14</sup> eficaz
- d) Biodispersión o biocapa de

---

<sup>13</sup>Compuestos orgánicos poliméricos o mezclas de ellos que permiten inhibir la incrustación.

<sup>14</sup>Biocida: Compuesto químico utilizado para eliminar la materia orgánica en el agua.

a. Aplicación de un removedor para dispersar la materia orgánica en la superficie en donde fluye el agua de enfriamiento. Los productos para lograr estos efectos son los siguientes:

a) **IMPE15**. Es un producto multifuncional, no corrosivo y dispersante para agua de torres de enfriamiento.

Es un inhibidor de la corrosión para agua de torres de enfriamiento, inhibidor de la incrustación y dispersante de lodos, ya que posee una estructura de bajo peso molecular.

b) **IMPE50M**. Las contaminaciones procedentes de las diversas plantas, reducen la eficiencia de los biocidas oxidantes de uso común, como el cloro y el hipoclorito de sodio microbiológico.

El **IMPE50M** es un biocida de amplio espectro y de acción inmediata, que elimina algas y bacterias tanto aerobias como anaerobias.

c) **IMPE35**. Es un producto biodispersante conocido como removedor, que penetra, desmenuza y dispersa la biocapa. Está constituido por agentes perfluorados orgánicos a base de tensoactivos, biocidas, y aceites dispersantes.

Su efecto se hace evidente por la limpieza de los equipos, además de ser más eficiente la aplicación de los biocidas oxidantes y no oxidantes.

El tratamiento consistente en la aplicación de estos reactivos a la torre de enfriamiento mensual de estos reactivos se presenta en la siguiente tabla (tabla 2).

Reactivo	IMPE15	IMPE35	IMPE50	TTA	ACIDO CLORO	
Dosificación	2479.41	295.18	750	719.96	7164.9	1399.0
Precio (\$)	41.1	30.53	47.78	30.3	1.3	8
Gasto mensual (\$)	101903.7	9011.84	35835	21814.8	9314.3	11192

Tabla 2. Tratamiento químico en torres de enfriamiento. Fuente: CEMSA. QUÍMICO INDEPENDENCIA

A continuación se presenta el comparativo del comportamiento de los equipos auxiliares a 3 y 3.8 (en promedio) de concentración de biocida.

La tabla 3 y 14 muestra el comportamiento en 3.0 ciclos de ley con 30 extracción  
 ciclos de concentración, ambas en base sílice

3.0 CICL									
	CICLO	REPUE	PURG	IMPTB1	IMPTB3	IMPTB5	TTA	ACID	CLOR
1	3.0	4088.7	735.98	81.76	9.81	70	23.93	257.4	55
2	3.0	4088.7	735.98	81.76	9.81	0	23.93	263.6	45
3	3.0	4088.7	735.98	81.76	9.81	0	23.93	178.7	35
4	3.0	4088.7	735.98	81.76	9.81	100	23.93	181	35
5	3.0	4088.7	735.98	81.76	9.81	0	23.93	183.1	30
6	3.0	4088.7	735.98	81.76	9.81	0	23.93	371.6	30
7	3.0	4088.7	735.98	81.76	9.81	0	23.93	93.9	30
8	3.0	4088.7	735.98	81.76	9.81	100	23.93	188.8	30
9	3.0	4088.7	735.98	81.76	9.81	0	23.93	190.2	20
10	3.0	4088.7	735.98	81.76	9.81	0	23.93	191.3	10
11	3.0	4088.7	735.98	81.76	9.81	100	23.93	192.2	15
12	3.0	4088.7	735.98	81.76	9.81	0	23.93	193	15
13	3.0	4088.7	735.98	81.76	9.81	0	23.93	193.7	15
14	3.0	4088.7	735.98	81.76	9.81	0	23.93	97	15
15	3.0	4088.7	735.98	81.76	9.81	100	23.93	97.1	15
16	3.0	4088.7	735.98	81.76	9.81	0	23.93	97.2	30
17	3.0	4088.7	735.98	81.76	9.81	0	23.93	194.5	30
18	3.0	4088.7	735.98	81.76	9.81	100	23.93	194.7	30
19	3.0	4088.7	735.98	81.76	9.81	0	23.93	194.5	30
20	3.0	4088.7	735.98	81.76	9.81	0	23.93	194.3	37
21	3.0	4088.7	735.98	81.76	9.81	0	23.93	290.7	40
22	3.0	4088.7	735.98	81.76	9.81	100	23.93	289.2	45
23	3.0	4088.7	735.98	81.76	9.81	0	23.93	96	30
24	3.0	4088.7	735.98	81.76	9.81	0	23.93	191.3	30
25	3.0	4088.7	735.98	81.76	9.81	100	23.93	95.2	25
26	3.0	4088.7	735.98	81.76	9.81	0	23.93	189.6	35
27	3.0	4088.7	735.98	81.76	9.81	0	23.93	281.7	40
28	3.0	4088.7	735.98	81.76	9.81	0	23.93	278	35
29	3.0	4088.7	735.98	81.76	9.81	100	23.93	273.8	35
Promedio					Suma				
	3	114485.	20607.3	2289.2	274.68	800	670.04	5475.	812
Preci		7.5	7.5	41.1	30.53	47.78	30.3	1.3	8
Promedio		4088.7	735.98						

Tabla 3 Comportamiento de extracción CT36A01 a 3.0 ciclos de concentración

Costo Total por Tratamiento		
Reactivos	174613	\$/mes
Perdidas por agua	-9999.	\$/mes
Pérdida total por Tratamiento	-184613	\$/mes
	-6365.	\$/dia

Tabla 4. Pérdidas al aplicar el tratamiento y mantenimiento a las seis bases de

3.8 CIC									
	CICLO	REPUE:	PURG	IMPTB1	IMPTB3	IMPTB5	TTA	ACID	CLOR
1	3.71	3415.3	614.7	94.66	8.092	70	19.73	659.6	40
2	4.12	2742.2	493.6	67.43	8.092	0	19.73	191.3	40
3	4.12	2910.4	523.8	67.43	8.092	0	19.73	385.2	40
4	4.04	3373.3	607.2	69.09	8.291	70	20.22	387.8	40
5	3.99	3244.3	583.9	74.32	8.919	0	21.75	291.7	40
6	3.65	3394.4	611.0	88.24	10.58	0	25.82	292.0	60
7	3.68	2342.7	421.7	87.27	10.58	0	25.82	291.5	60
8	3.82	3801.1	684.2	82.72	10.47	70	25.54	290.7	40
9	3.62	2181.6	392.6	89.04	10.68	0	26.06	193.0	60
10	3.62	2777.0	499.8	89.04	10.68	0	26.06	96.2	45
11	3.82	2969.2	534.4	86.86	10.68	70	26.06	191.8	45
12	3.57	2883.4	519.0	90.76	10.89	0	26.56	285.7	45
13	3.53	2929.9	527.4	96.96	11.63	0	28.38	188.8	50
14	3.79	2884.3	519.1	91.96	11.03	0	26.91	187.5	50
15	3.78	1568.4	282.3	84.14	10.09	70	24.62	278.0	50
16	3.97	4040.2	727.2	86.49	10.38	0	25.31	183.1	50
17	3.97	3254.7	585.8	86.49	10.38	0	25.31	181.0	47
18	3.99	4078.7	734.1	82.15	9.858	100	24.04	355.1	47
19	3.60	3465.8	623.8	89.74	10.76	0	26.26	87.2	50
20	3.57	3661.3	659.0	95.30	11.43	0	27.89	257.4	50
21	3.67	2709.8	487.7	91.97	11.03	0	26.92	332.5	50
22	4.12	3254.7	585.8	74.92	8.991	100	21.92	81.0	50
23	4.06	3129.9	563.3	76.38	9.166	0	22.35	237.6	50
24	4.06	3137.8	564.8	76.38	9.166	0	22.35	228.6	50
25	4.06	3447.8	620.6	76.38	9.166	100	22.35	218.9	50
26	3.90	3238.9	583.0	80.63	9.676	0	23.59	274.9	50
27	3.73	3703.8	666.7	85.52	10.26	0	25.03	169.4	50
28	3.33	4179.6	752.3	110.35	13.24	0	32.29	172.3	50
29	3.41	3306.1	595.1	106.65	12.79	100	31.21	175.1	50
Promedi					Suma				
	3.80	92027.	16564.	2479.4	295.1	750.0	719.9	7164.1	1399.
Precis		7.50	7.50	41.10	30.53	47.78	30.30	1.3	8
Promedi		3173.3	571.2						

Tabla 5. Comportamiento de la concentración de CT36A01 a 3.8 ciclos de concentración

	Costo Total por Tratamiento	Costo Total por Tratamiento
Reactivos	189071	\$/mes
Ahorro por agua	365896	\$/mes
Ahorro Total por Tratamiento	176824	\$/mes
	6097.	\$/día

Tabla 6. Ahorros por tratamiento con el uso de sílice

El gasto aproximado mensual de reactivos de aproximadamente \$189,071 se obtiene por la no extracción del agua de la planta que representa un ahorro mensual aproximado de 50% destinado a pago por extracción.

Una vez que el agua ha sido aprovechada para las actividades de los cuerpos receptores, Río Atoyac y Arroyo San Bartolo, los cuales pertenecen al complejo. Se vierten mediante dos unidades emisoras un promedio de 250 metros cúbicos al día que recibe flujos de las unidades operativas del centro de extracción de 1 metro cúbico de agua está valuado para este centro de extracción de \$200 aproximadamente a descargas consideradas menores representan aproximadamente \$5000 vertidos a los cuerpos receptores.

### 3.4 Situación con Proyecto

Como se mencionó al principio de este trabajo, el objetivo del mismo es la compra e instalación de un sistema de tratamiento de aguas residuales en el Complejo Petroquímico Independencia.

El sistema de tratamiento de aguas residuales del Complejo Petroquímico Martín Texmelucan a aproximadamente 125 km del tratamiento actual (mismo que se lleva a cabo en la planta) consiste básicamente en una clarificación por gravedad y debido a la presencia de gran cantidad de grasas y aceites por gravedad y debido a la presencia de gran cantidad muestra una buena eficiencia de remoción, el siguiente paso es el tratamiento no es suficiente para ser reutilizado en los procesos productivos que se llevan a cabo. Aunque la eficiencia del tratamiento puede mejorarse mediante una tecnología más avanzada que sea adecuada a este recurso para su reingreso al proceso productivo.

Como las torres de enfriamiento representan la mayor parte de la inversión en el centro de trabajo, para el caso específico que se presenta el siguiente análisis:

Tomando en cuenta que la conductividad del agua estará en un valor de 100 micromhos/cm, lo que garantiza una concentración de sólidos disueltos de 100 ppm.

Balance actual:

Volumen de evaporación actual de las tres torres: 4250.10 m<sup>3</sup>/día

Purga actual de las tres torres: 1949.70 m<sup>3</sup>/día

Agua de repuesto actual: 6151.15 m<sup>3</sup>/día  
= 71.2 lps

Ciclos de concentración: 3.2

Balance proyectado a la adopción de una tecnología de tratamiento:

Volumen de evaporación actual de las tres torres: 4250.10 m<sup>3</sup>/día

Purga actual de las tres torres: 627.03 m<sup>3</sup>/día

Agua de repuesto actual: 4828.53 m<sup>3</sup>/día  
= 55.9 lps

Ciclos de concentración: 7.7

Reducción de consumo de agua: 1322.62 m<sup>3</sup>/día

Equivale a un ahorro de 21.5 %

Reducción del volumen de purga: 68 %

Tomando en cuenta que el costo del agua de 2.00 \$/m<sup>3</sup> se acerca aproximadamente a esta estimación la adopción de una nueva tecnología de tratamiento

representa un ahorro de \$1,364.00 por día o \$570,360.00 anuales.

### 3.5 Estudio Técnico

El presente proyecto tiene como objetivo evaluar los procesos productivos del Centro de Tratamiento de Aguas Residuales del Complejo Petroquímico Independencia provenientes de las plantas Metanol y Auxiliares.

El caudal será procesado en el sistema de Torres de Enfriamiento de acuerdo al siguiente sistema de tratamiento:

- Tratamiento preliminar (homogeneizado y desbaste fino)



- Tratamiento secundario aeróbico, (a base de cultivos en suspen-
- Tratamiento primario: sedimentación
- Tratamiento terciario:
- Tratamiento terciario: floculación.
- Tratamiento terciario por medio de foto oxidación

Esquemáticamente se representa de la siguiente manera en la

#### Figura 7 Diagrama propuesto de Planta de Tratamiento de Aguas

Los requerimientos de volumen de agua para cada una de las torres de enfriamiento quedan cubiertos con un caudal de 56 lps (litros por s-

El proyecto incluye el agua residual que se descarga en el sistema de torres de enfriamiento.

El análisis de calidad del agua residual que descarga la petroquímica de materia orgánica putrescible en dicho efluente, con una DBO de Para sostener un sistema biológico estable que permita obtener un un buen equilibrio entre las Demandas Químicas y Bioquímicas de caudal de agua residual municipal que se descarga en la comunidad San Buenaventura Tecaltzingo, San Francisco Tepeyecac y el Ra

Texmelucan. Dicho caudal cuenta con un alto contenido orgánico y la biomasa necesaria en el biológico. Además este caudal de agua requiere con un sistema de tratamiento ni punto de vertido hacia el cuerpo de agua grave problema de contaminación. También cabe destacar que se encuentran instalaciones de petroquímica y a una corta distancia, de tal manera para su conducción hasta el punto donde se ubicará la planta de tratamiento al tratar el agua residual municipal será necesario un sistema de bombeo en esta zona

El efluente ingresará en un tanque de mezcla y se mezclará con la salida actual del agua residual de la petroquímica, para iniciar el flujo continuo hacia el sistema biológico a través de una criba de desbaste

El caudal a tratar entra directamente al proceso biológico en un reactor anóxico. La siguiente operación consiste en un tratamiento biológico bacteriano en reactores biológicos activados.

Después el flujo de licor mezclado pasa a un tanque clarificado biológico por decantación.

El efluente que sale del biológico entra a la primera etapa de tratamiento físicoquímico o de remoción de sólidos por flotación.

Después del desnatado avanzado, el caudal pasa a la segunda etapa de tratamiento permeando a través de un filtro de arena. Después de esto se termina el tratamiento de desinfección de los sólidos coloidales por medio de foto

### 3.5.1 Descripción del proceso

#### Pretratamiento

Los afluentes provenientes de las descargas de agua residual municipal ingresan en un tanque de homogeneización y se mezclan en mezcladores mecánicos para estandarizar la calidad del agua residual y de este tanque se bombea hacia el sistema biológico para remover sólidos de hasta 0.1 mm antes de ingresar al reactor biológico

### Tratamiento secundario

En la primera etapa del tratamiento biológico el caudal de agua residual se mezcla con lodos activados en condiciones anóxicas en un tanque de mezclado.

A la mezcla de agua residual con lodos activados se le denomina licor mezclado. Este licor mezclado pasa del tanque anóxico a un reactor primario aerobio donde se realiza la principal transformación de la materia orgánica por medio de bacterias aerobias.

Con la condición de flujo continuo se opera en un reactor donde se mantiene constante la aireación en forma secuencial para inducir la biología nitrificante, y así incrementar la remoción de nitrógeno reduciendo la carga de nitrógeno en el efluente final.

### Tratamiento secundario

Después el flujo de licor mezclado pasa a un tanque de sedimentación biológica. Los lodos que se acumulan en el fondo de los tanques de sedimentación son retornados a los reactores por medio de bombas en forma intermitente. Esta operación se denomina RAS (en inglés Returned Activity Sludge), y es controlada automáticamente por temporizadores, válvulas actuadas con actuador neumático controlado por PLC.

Aquí termina el tratamiento secundario de las aguas residuales. Los lodos producidos en exceso en el sistema biológico son remanidos automáticamente y enviados a su propio tren de tratamiento.

### Tratamiento terciario

La primera operación del tren de pulido del agua tratada en el biológico es la eliminación de sólidos por medio de un sistema de flotación (en inglés Dissolved Air Flotation). En esta unidad el caudal de agua se somete a una difusión de burbujas que eleva los sólidos previamente acondicionados para removerlos por decantación desnatándolos. Los sólidos removidos se envían al tanque digestor de lodos.

### Tratamiento terciario

El agua proveniente de la flotación, para por un proceso de permanganato de potasio, se somete a una filtración que incluye filtros de arena y filtros de bolsa.

Tratamiento de desinfección-oxidación.

La tercera etapa de tratamiento terciario a través de un proceso de oxidación avanzada para la desinfección del efluente de las plantas de tratamiento de aguas residuales, por el efluente filtrado. La oxidación avanzada es un proceso de oxidación avanzada. La tecnología está basada en el hecho científico que la luz ultravioleta destruye las moléculas orgánicas e inorgánicas de tal forma que ellas se oxidan químicamente. La oxidación se lleva a cabo en reactores especialmente diseñados de los cuales en presencia de oxidantes fuertes como el ozono se produce un agente oxidante que pasa por irradiación con la luz UV de alta densidad así logrando la destrucción de los contaminantes que se degradaron en el proceso biológico.

Aunque el diseño de los fotoreactores es distinto de esterilización ultravioleta, la desinfección de los efluentes es total.

### 3.5.2 Tratamiento de Lodos

Estabilización biológica aerobia

Durante el tratamiento biológico una parte de la materia orgánica se transforma en energía mediante el metabolismo de la biomasa activa, es decir, la carga orgánica transformada se convierte en nueva biomasa por síntesis. Esta biomasa se acumula en el sistema por lo que debe ser removida de manera constante mediante el desecho de una parte diaria equivalente al crecimiento en el medio. Esta operación se denomina desecho de lodos en los reactores estos lodos en exceso por medio de un programa de control semiautomático igualmente temporizado por un PLC y válvulas actuadoras.

El caudal de lodos desechados entra a un reactor, donde se mantiene la biomasa en condiciones de digestión endógena, lo que resulta en una eficiencia de hasta un 85%.

Estabilización química de cal.

Los lodos desactivados del digestor aerobio se bombean hacia un tanque de estabilización donde se adiciona cal para mantener un pH fuertemente alcalino, esto destruye los organismos patógenos adicionando al mismo tiempo el lodo

Desaguado de lodos.

Después de estabilizar y acondicionar los lodos de desecho se reanuda el proceso por medio de un filtro prensa para la disposición final en el CPE y destacar los sólidos provenientes del agua residual doméstica. Este proceso se aprueba fácilmente los requerimientos de norma y pueden disponer incluso reincorporarse al uso agrícola.

### 3.5.3 Características finales del efluente.

El efluente final cumplirá ampliamente con una calidad suficiente para ser reutilizado en las torres de enfriamiento del complejo petroquímico, sin embargo cabe destacar que se mantendrá casi inalterada la concentración de minerales disueltos que corresponden a los diferentes afluentes originales de la dotación de agua potable.

## 3.6 Estudio Económico y Evaluación financiera

Para determinar la factibilidad económica de la compra e instalación de equipos de tratamiento de aguas residuales en el Complejo Petroquímico Independencia se determinó la evaluación económica tales como el VAN (Valor Actual Neto), TIR (Tasa Interna de Retorno) y el periodo de recuperación del proyecto del que se trata.

Primero, se determinaron los costos de inversión requeridos para la compra e instalación de equipos para cada una de las etapas del tratamiento, instalaciones eléctricas y/o mecánicas. De igual manera se consideraron los costos de operación tales como energía eléctrica, de disposición de lodos, químicos necesarios y mano de obra. El desglose de todos éstos que sirvieron para llevar a cabo la evaluación económica.

El análisis se realizó en distintos escenarios, con el objeto de determinar el valor de la evaluación, además se tomó en cuenta una Tasa de Retorno Mínima aceptable referenciada de BANOBRAS debido a que se busca obtener un retorno mínimo aceptable de acceso a tasas más atractivas (Actualmente dicha tasa tiene un valor del 10% para proyectos de este tipo). Se consideró la evaluación económica para horizontes de 10, 12 y 15 años, siendo la primera instancia presentar valores aceptables y negativos y tasas de retorno inferiores a la mínima aceptable. De igual manera se realizó la generación de valor que es la razón de ser de un proyecto alternativo que nos arrojaran rentabilidades positivas.

La tabla 7 muestra la evaluación realizada con los datos presentados, algunos años, que representan el inicio y los más importantes para presentar el desempeño de todo el periodo considerado.

	0	1	2	5	7	11	12
Ahorro en extracción de		406464	406464	406464	406464	406464	406464
Inversión Inicial	-1383693						
Costos de operación (USD)		-66727.8	-66727.8	-66727.8	-66727.8	-66727.8	-66727.8
Depreciación (USD)		-115307.	-115307.	-115307.	-115307.	-115307.	-115307.
Flujo Neto de Efectivos (USD)	\$ -1,383,693	\$ 224,428	\$ 224,428	\$ 224,428	\$ 224,428	\$ 224,428	\$ 224,428
TREMA = i + f + i	10.00%	Tasa de interés aplicada para BANCOS de la zona para proyectos relacionados con este estudio					
VA (\$USD)	-1383693	\$ 204,028	\$ 185,478	\$ 139,352	\$ 115,167	\$ 86,526	\$ 71,509
VAcumulado (USD)	-1383693	-1179667	-994189	-532932	-291081	-4677.78	73983.0
TRI (Tasa de Rentabilidad)	16%						
VAN con fórmula	\$ 145,492						
TIR	12%						

Tabla 7 Evaluación financiera

Con la información previamente presentada en la tabla 7 se puede concluir lo siguiente:

La inversión se recupera en el año 12, es decir, a partir de este año se comienza a recuperar la inversión inicial. Esto indica que el proyecto está siendo rentable y la inversión ha sido recuperada con el tiempo.

El Valor Actual Neto (VAN) es el valor monetario que resulta de la suma de los flujos descontados a la inversión inicial y en este caso es de \$145,492, lo cual indica que la evaluación refleja actualmente una ganancia neta después de haber liquidado la inversión inicial. Para que el proyecto sea rentable, el VAN debe ser mayor a cero, lo cual en este caso se cumple.

La Tasa de Retorno Mínima Aceptable (TIR) considerada en este estudio es del 12%, lo cual indica que el proyecto es rentable ya que la TIR es mayor a la tasa de descuento utilizada.

considerada BANCORRAS (Banco Nacional de Uruguay) para servicios relacionados con agua. de que la TREMA es el porcentaje mínimo requerido para llevar a cabo el proyecto, se obtiene en este caso un 2%2 puntos porcentuales más que lo solicitado. De manera que de llevar a cabo el proyecto.

Finalmente se contó con el Tabla de Rentabilidad Inmediata) que indica socialmente óptimo de operación del proyecto nos da idea de cuándo iniciarse la construcción del proyecto, ésta es útil cuando se ha rentabilidad del proyecto mediante la aplicación del VAN. Para este año 1 lo que refleja que la construcción del proyecto debería de pronosticado.

En base a lo anteriormente comentado y a los criterios elegidos para proyecto, podemos concluir que es factible financiar la construcción de tratamiento de agua para el Complejo Petroquímico Independencia

### 3.7 Enfoque Social

Tal y como se observó en el estudio económico, el VAN (Valor Actual) de estudio de 12 años tiene un \$ 145, 492, 801. Si se toma como carga este monto bajo no resulta atractivo para cualquier inversionista. Este monto puede ser obtenido mediante un instrumento de inversión de bajo riesgo a cabo todas las acciones que la implantación del proyecto implica. El resultado de rentabilidad social (Tasa Interna de Retorno) es superior a la considerada para efectos de este estudio (menor que la de referencia) que para muchos beneficios económicos pueden ser significativos para llevar a cabo el proyecto

Es también importante considerar que la razón de ser de este estudio de valor a través de la adopción de proyectos de este tipo, sino de transformación del petróleo y comercialización de los hidrocarburos.

tipo de proyectos son analizados para llevar a cabo las actividades de una manera más eficiente en búsqueda de disminuir los costos de las operaciones.

Dentro de la evaluación de proyectos se debe tener en cuenta el efecto que la ejecución del mismo tendrá sobre el medio ambiente. Una vez que ha sido evaluado económicamente, se caracteriza por una ganancia positiva (aunque sea pequeña) y una inducción de beneficios sociales debido a que como se comentó desde el inicio del presente estudio se trata de un aprovechamiento y reutilización del agua mediante la adopción de tecnologías más modernas.

El cuidado del agua y la promoción de este tipo de proyectos de las empresas de transformación que utilizan agua en sus procesos representan ahorros que generan beneficios de gran magnitud, tanto para el medio ambiente como para la sociedad. En el caso del proyecto que reduce significativamente la extracción de agua subterráneo de los pozos profundos del Complejo Petroquímico Independencia, los cuales debido a la extracción desmesurada han disminuido considerablemente, lo que en un futuro puede significar una escasez y una consecuente incapacidad operativa de este recurso. Los beneficios que actualmente se obtienen al reducir la extracción de agua podrían dejar de realizarse ocasionando una merma en el ingreso gubernamental y consecuentemente una afectación social.

Las tendencias actuales nos exigen que las empresas adopten con mayor responsabilidad social en donde la operación del negocio se ve afectada por los colaboradores, la comunidad en donde se opera y la preservación del medio ambiente para las generaciones futuras.

### 3.8 Conclusión

En este capítulo de acuerdo a la información disponible se llevó a cabo el estudio de compra e instalación de una planta de tratamiento de agua en el Complejo Petroquímico Independencia. Se realizó el análisis comparativo de las situaciones



beneficio económico que puede representarse para una empresa de este tipo. De igual manera, la importancia que un proyecto con estas características tiene a nivel social y político, lo cual permite motivar a los inversionistas, es precisamente que la responsabilidad social justifica

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El desarrollo del estudio nos permitió cumplir con los objetivos planteados.

- En general, se llevó a cabo la evaluación y de factibilidad para la instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales Independencia, a partir de una necesidad detectada de aprovechar el recurso hídrico.
- Se realizó una reseña de la situación actual de los recursos hídricos y el impacto que tienen éstos en las actividades de producción y transformación, ya que en la mayoría de los casos, éste es un recurso que por su cada vez más limitado procesos productivos no es eficiente atendiendo al problema de escasez que se enfrenta.
- De igual forma se realizó un abstracto de las principales metodologías de tratamiento de aguas residuales de la fuente a tratar, así como sus ventajas y desventajas. Cabe hacer mención que toda la eficiencia dependerá en gran medida de la caracterización que se logre de las mismas.
- Se expuso de igual forma la situación del Complejo Petroquímico Independencia y la importancia del agua dentro del mismo. En la mayoría de las actividades de este centro de trabajo se relaciona el recurso hídrico y que existe oportunidad en las cuales se pueden aprovechar para llevar a cabo el aprovechamiento de éste.
- En base a la detección de esta necesidad se propone la instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales que permita ahorrar aproximadamente 1250 metros cúbicos del vital líquido en actividades, así de dejar de extraer esta misma cantidad de los pozos con los que se cuenta en éste centro parte de Pemex Petroquímica.
- Posteriormente la realización económica se demostró que la inversión en la compra e instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales Independencia es económicamente factible dentro de un horizonte de 2 años ya que el VAN es (valor neto) positivo con un \$145,492.81 USD.

- La TIR (Tasa Interna de Retorno) fue superior a la TREMA Aceptable en puntos porcentuales, último dato de referencia de BANOBA.
- Dentro de esta evaluación se definieron los recursos materiales que la ejecución del proyecto incluiría, mismos que fueron estimación precisa de los costos de operación.
  - Se realizó una acotación para resaltar la importancia de la implantación de un proyecto de estas características. El tratamiento de la comunidad en este proyecto y la disminución en la extracción de beneficios intangibles que los efectos ambientales permiten la preservación del medio ambiente, mismos que se verán reflejados tendrán una repercusión en un futuro.
  - De manera que en base a lo anteriormente comentado, se recomienda la instalación de la planta de tratamiento de aguas del Complejo Petrolero Independencia, ya que además de representar un beneficio económico también juega un papel importante al ser un proyecto que impacta positivamente al ambiente y a la sociedad en su conjunto, al permitir el aprovechamiento del recurso acuático, el cual como ya se ha comentado en varias ocasiones ha sido atendido para procurar el suministro por más generaciones.

## BIBLIOGRAFIA

- Comisión Nacional de Agua (2009). Informe sobre el uso del agua en México. Recuperado el 21 de Marzo de 2009, de CONAGUA [http://www.conagua.gob.mx/Espanol/Informes/Informe2009-04-13\\_eba8d39bd2493](http://www.conagua.gob.mx/Espanol/Informes/Informe2009-04-13_eba8d39bd2493) |%20%20%20%20%20%20%20%20%20ACERCA%20DEL%20
- Baca Urbí (2015). Evaluación de (Bog y d) México. ILM. McGraw-Hill Interamericana.
- Comisión Nacional de Estudios Ambientales (2008). El Agua en México. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Coss Bu, RA (2005). y evaluación de proyectos de México. ILM. McGraw-Hill Interamericana.
- Erossa Martín, P. R. (2009). Inversión en México. ILM. McGraw-Hill Interamericana.
- Fernández, A. R. T. (2006). Tratamiento Avanzado de Aguas Residuales Industriales. España: CEIM.
- Lockyer, K. L. (1998). Producción Industrial, (3ª ed.). México: Alfaomega Group Editor.
- Riggs, J. S. (2002). Gestión de Producción. Planeación y Control. México: Cengage Learning.
- Sapag Chain, N. (2004). Gestión de Proyectos. Edición Argentina. Prentice Hall.
- Sapag Chain, N., & Sapag Chain, N. (2004). Evaluación de Proyectos. México: McGraw Hill Interamericana.
- SEMARNAT. (2014). Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Ley de 19 de 2014, de [www.semarnat.gob.mx](http://www.semarnat.gob.mx): <http://www.semarnat.gob.mx/ley-residuales>

# ANEXOS

## ANEXO 6 Cálculo del Índice Estacional

		Demanda m <sup>3</sup>	Demanda m <sup>3</sup>	Promedio	Promedio móvil	Índice estacional	I.E. Ajustado
Año	ENERO	2124	3672149				0.96
	FEBRERO	1900					0.88
	MARZO	2783					0.92
	ABRIL	3717					0.97
	MAYO	3802					1.22
	JUNIO	3355					1.15
	JULIO	3865		3060	3043	1.26986	1.00
	AGOSTO	3375		3027	2985	1.13058	0.92
	SEPTIEMBRE	2730		2943	2900	0.94144	0.92
	OCTUBRE	3457		2857	2797	1.23595	1.08
	NOVIEMBRE	2698		2737	2660	1.01444	1.21
	DICIEMBRE	2910		2583	2509	1.15989	0.84
Año	ENERO	1734	2172249	2435	2339	0.74135	12
	FEBRERO	8924		2244	2177	0.40991	
	MARZO	1750		2109	2083	0.84014	
	ABRIL	2275		2056	2005	1.13466	
	MAYO	1953		1955	1958	0.99767	
	JUNIO	1576		1961	1885	0.83604	
	JULIO	1576		1810	1793	0.87914	

	AGOSTO	1761		1776	1804	0.97587	
	SEPTIEMBRE	2086		1833	1833	1.13830	
	OCTUBRE	2247		1832	1803	1.24633	
	NOVIEMBRE	2766		1774	1789	1.54586	
	DICIEMBRE	1100		1804	1842	0.59721	
Año	ENERO	1326	1809567	1879	1890	0.70178	
	FEBRERO	1582		1900	1882	0.84068	
	MARZO	1737		1864	1824	0.95205	
	ABRIL	1579		1784	1725	0.91544	
	MAYO	2314		1665	1591	1.45426	
	JUNIO	2480		1517	1512	1.63952	
	JULIO	1818		1507	1537	1.18302	
	AGOSTO	1334		1567	1574	0.84715	
	SEPTIEMBRE	1130		1582	1562	0.72355	
	OCTUBRE	8198		1542	1520	0.53915	
	NOVIEMBRE	9842		1499	1475	0.66703	
	DICIEMBRE	9878		1451	1417	0.69690	
Año	ENERO	2035	1854195	1382	1349	1.50876	
	FEBRERO	1767		1315	1303	1.35610	
	MARZO	1252		1291	1298	0.96469	
	ABRIL	1065		1305	1352	0.78840	
	MAYO	1746		1398	1458	1.19700	
	JUNIO	1652		1518	1531	1.07883	
	JULIO	1006		1545	1514	0.66474	
	AGOSTO	1048		1484	1467	0.71459	
	SEPTIEMBRE	1294		1450	1454	0.88972	
	OCTUBRE	1943		1459	1475	1.31695	

	NOVIEM	2422		1491	1485	1.63091			
	DICIEME	1305		1479	1462	0.89256			
Año	ENERO	1307	1445399	1446	1457	0.89645			
	FEBRER	1355		1469	1474	0.91925			
	MARZO	1368		1478	1457	0.93894			
	ABRIL	1447		1436	1399	1.03459			
	MAYO	1597		1361	1299	1.22916			
	JUNIO	1259		1236	1220	1.03165			
	JULIO	1286		1204					
	AGOSTO	1159							
	SEPTIE	7862							
	OCTUBR	1047							
	NOVIEM	9197							
	DICIEME	9197							
	Año	ENERO		17563	2190712				
		FEBRER		16092					
MARZO		16867							
ABRIL		17676							
MAYO		22263							
JUNIO		20930							
JULIO		18241							
AGOSTO		1674							
SEPTIE		16854							
OCTUBR		19800							
NOVIEM		22172							
DICIEME		15273							

Estimado de extracción	21971	M <sup>3</sup>	
Factor estacional	Mes	Estimado mensual de	Pronóstico de desc
0.96	Enero	175639	50935
0.88	Febrero	160924	46668
0.92	Marzo	168677	48916
0.97	Abril	176768	51263
1.22	Mayo	222636	64565
1.15	Junio	209307	60699
1.00	Julio	182412	52900
0.92	Agosto	167417	48551
0.92	Septiembre	168549	48879
1.08	Octubre	198005	57421
1.21	Noviembre	221730	64302
0.84	Diciembre	152738	44294



### 3.9 Anexo B Desglose del proyecto

Partida	Descripción	Unidad Medida	Cantidad	Costo Un USD	Costo T USD
<b>1.0 MAGNETOS</b>					
1.	Unidad de tratamiento magnético incrustación 16" ID 16", caudal de 160 GPM	PIEZA	2	33541	67082
1.	Unidad de tratamiento magnético incrustación 24" ID 24", caudal de 240 GPM	PIEZA	2	68541	137082
1.	Unidad de tratamiento magnético incrustación 36" ID 36", caudal de 360 GPM	PIEZA	2	158853	317706
	<b>SUBTOTAL</b>				<b>521870</b>
<b>2.0 PRETRATAMIENTO</b>					
2.	Criba estática para 800 gpm	PIEZA	1	11200	11200
2.	Agitador flotante, según cálculo, para vaso regulador	PIEZA	3	9082	27246
	<b>SUBTOTAL</b>				<b>38454</b>
<b>3.0 BOMBEO AFLUENTE A PLANTA</b>					
3.	Bomba sumergible 3/4 hp para 500 gal en aguas negras y lodos con sistema de control	PIEZA	2	4660	9320
	<b>SUBTOTAL</b>				<b>9320</b>
<b>4.0 REACTOR BIOLÓGICO</b>					
4.	Agitador sumergible de 2.2 kW, para reactor biológico	PIEZA	2	3919	7838
4.	Aireador superficial, según cálculo rpm, para reactor biológico	PIEZA	1	27994	27994
4.	Aireador superficial, según cálculo rpm, para reactor biológico	PIEZA	2	1204	2408

4.	Aireador superficial de 1.5 m de diámetro, 120 rpm, para digestor	PIEZA	1	1204.	1204.
	SUBTOTAL				71959
<b>5.0 TRATAMIENTO DE LODOS</b>					
5.	Bomba sumergible de 3 hp para el mar	PIEZA	1	3381.	3381.
5.	Agitador para tanque de floculación, 20 rpm, propela de 1.5 m de diámetro	PIEZA	1	4784.	4784.
5.	Agitador para tanque de cal, 4 kW, de 0.2 m de diámetro	PIEZA	1	2984.	2984.
5.	Tanque de carbón, fondo plano	PIEZA	1	3478.	3478.
5.	Tanque de floculación de lodos, acero al carbón, fondo plano	PIEZA	1	7313.	7313.
5.	Bomba neumática para alimentación de floculados a filtro prensa, 1" de diámetro	PIEZA	1	1259.	1259.
5.	Bomba dosificadora para agente	PIEZA	1	1062.	1062.
5.	Tanque de químicos	PIEZA	1	226.	226.
5.	Bomba neumática para alimentación de floculados a filtro prensa, 2" de diámetro	PIEZA	1	3759.	3759.
5.1	Filtro prensa con placas de 630 mm x 1000 mm, capacidad para 10 pies cúbicos	PIEZA	1	32899.	32899.
	SUBTOTAL				61148
<b>6.0 PULIMIENTO DEL EFLUENTE</b>					
6.	Bomba sumergible de 5 hp para el mar, 30 kW	PIEZA	2	5303.	10606

6.	Bomba dosificadora para agente	PIEZA	2	1062	212
6.	Tanque de químicos	PIEZA	2	226.	452.
6.	Agitador para tanque de químico	PIEZA	2	62	125
6.	Floculador línea para un caudal de	PIEZA	1	1947	1947
6.	Unidad de flotación con aire disu	PIEZA	1	13475	13475
6.	Tanque de agua tratada	PIEZA	1	735.	735.
	<b>SUBTOTAL</b>				<b>169393</b>
<b>7.0 PULIMIENTOS FUENTE</b>					
7.	Bomba de alimentación a filtros	PIEZA	2	5475.	10950
7.	Bomba dosificadora para agente	PIEZA	1	1062	1062
7.	Tanque de químicos	PIEZA	1	226.	226.
7.	Filtros múltiples 60x60	PIEZA	3	1298	3894
7.	Portfiltros para filtros tipo bolsa	PIEZA	1	312	312
7.	Reactor para foto oxidación, par	PIEZA	2	24581	49162
7.	Generador de ozono	PIEZA	1	15677	15677
7.	Sistema de inyección de peróxido	PIEZA	1	250	250
7.	Tanque de químicos	PIEZA	1	226.	226.
	<b>SUBTOTAL</b>				<b>121876</b>
<b>8.0 CONTROL Y EQUIPOS ADICIONALES</b>					
8.	Tablero de control para el control	PIEZA	1	3125	3125

8.	Compresor de aire de 15 hp	PIEZA	1	2953.	2953.
8.	Medidor de caudal electromagnético	PIEZA	1	227.	227.
8.	Medidor de oxígeno	PIEZA	1	275.	275.
	SUBTOTAL				39223.
<b>9.0 OBRA CIVIL E INSTALACIÓN DE REACTOR Y</b>					
	Ruptura y demolición de concreto armado	METRO CUBICO	40	17.6	704.
	Cimbra de madera para acabados	METRO CUADRA	56	13.4	7643.
	Fabricación y colado de concreto 250 kg/cm <sup>2</sup>	METRO CUBICO	85	131.	11155.
	Acero de refuerzo	KG	2868	0.2	7176.
	Fabricación y colado de concreto 100 kg/cm <sup>2</sup>	METRO CUBICO	61	99.5	6092.
	Suministro y colocación de junta premoldeada con espesor de 2.5 peralte	METRO	81	5.1	419.
	Aplanados y boquillados con todos los tipos de mano de obra con mortero de 1:3 cm de espesor	METRO CUADRA	148	5.5	824.5
	Puente de concreto con canaleta transportado y andador de rejilla	METRO	13	307.	4061.
	Tubo de PVC RD.26 de 4''	METRO	96	35.4	3406.
	Codo de 45° RD.26	PIEZA	32	32.6	1045.
	Tubo de PVC RD.26 200 mm	METRO	54	35.3	1910.
	Tubo PAD RD.21 de 14''	METRO	52	34.3	1788.
	Instalación de tubería PAD RD.2	METRO	52	1.6	84.7

	Tubo hid clase 5 PVC de 355 mm	METRO	48	48.6	2337.
	Soporte de pared acero inoxidable 14''	PIEZA	16	18.	289
	Soporte de piso acero inoxidable	PIEZA	22	27.1	597
	Codo de 90° PVC hid 8'' x 8''	PIEZA	31	155.	4825.
	Tubo de acero galvanizado de 3/4''	METRO	30	1.4	42
	Codo de 90° acero galvanizado 3/4''	PIEZA	8	0.3	3.0
	Tee acero galvanizado 3/4''	PIEZA	18	0.4	8.8
	Tuerca unión acero galvanizado	PIEZA	4	1.4	5.9
	Reducción flange acero galvanizado	PIEZA	36	0.5	21.2
	Adaptador manguera acero inoxidable	PIEZA	36	1.8	65.1
	Manguera de alta presión 1/4''	METRO	72	9.0	651
	Hidrotoma PVC 4'' c/tornillería de	PIEZA	18	13.7	247
	Válvula actuada de 3/4'' de acero	PIEZA	2	135.	271
	SUBTOTAL				120214.
<b>10. INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y MECÁNICA</b>					
	Instalación eléctrica y mecánica pruebas de arranque y estandarización. El cliente es el responsable de proporcionar la energía eléctrica.	SERVICIO	1	3937	3937
	SUBTOTAL				3937
<b>12. SUBTOTAL</b>					
<b>13. IVA 15%</b>					
<b>14. TO (TASL)</b>					
					119283
					178925.
					137176

COSTOS DE OPERACIÓN					
1.1 CAUDAL DE AGUA		1252	M3/d		
		52.	M3/h		
		14.	lps		
		229	gpm		
PARIDAD		13.	\$/USD		
1.2 COSTOS UNITARIOS					
Energía		0.4	\$/kWh		
Disposición de lodos no tóxicos		10	\$/TON		
Disposición de lodos tóxicos		0	\$/TON		
Polímero para acondicionamiento		3.	USD/T		
Solución de hipoclorito de sodio		2	\$/TON		
Costo de extracción de 1 m <sup>3</sup>		12	\$/m <sup>3</sup>		
2.0 COSTOS DE ENERGÍA					
	Unida	HP	kW	Tiempo de operación h/d	kWh/m <sup>3</sup>
Bomba entrada	1	3	2.2	24	0.0
Agitación tanque homogéneo	3	3	2.2	24	0.1
Aireación I	1	50	37.1	24	0.7
Aireación II	1	15	11.0	12	0.1
Aireación III	1	15	11.0	12	0.1
Aireación digestor	1	15	11.0	12	0.1
Compresor	1	15	11.0	8	0.0
Bomba alimentación	1	4	3.0	24	0.0
DAF	1	1.5	1.1	24	0.0

Bomba recirculación	1	1.0	1.0	24	0.0
Rastras	1	0.0	0.0	24	0.0
Bomba filtros	1	20.0	15.0	24	0.2
Ozono	1	9.0	7.0	24	0.1
Lampara UV	2	3.0	2.0	24	0.0
Agitador cal	1	0.0	0.0	24	0.0
Energía kWh/m3					1.9
Energía MXP/m3					0.8
2.1 COSTOS DE DISPOSICIÓN					
Producción de lodos			0.36 Kg/m3		
Costo de lodos			0.04 \$/m3		
2.2 COSTO DE MANO DE OBRERA					
			Cantid	Sueldo	
Operador		3	450	\$/mes	
Ayudante		0	150	\$/mes	
Total			1350	\$/mes	
Factores			1.4		
			1957		
			0.5	\$/m3	
2.3 COSTO DE QUIMICOS					
Costo de Químicos			0.5	\$/m3	

3.0 RESUMEN DE COSTOS				
Costos sin operador			1.4	\$/m <sup>3</sup>
Costos con operador			1.9	\$/m <sup>3</sup>



### 3.10 Anexo: Evaluación Financiera

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ahorro en extracción de agua		406464	406464	406464	406464	406464	406464	406464	406464	406464	406464	406464	406464
Inversión Inicial (U)	-1383693.												
Costos de operación		-66727.8	-66727.8	-66727.8	-66727.8	-66727.8	-66727.8	-66727.8	-66727.8	-66727.8	-66727.8	-66727.8	-66727.8
Depreciación (US)		-115307.	-115307.	-115307.7	-115307.	-115307.	-115307.	-115307.	-115307.	-115307.	-115307.	-115307.	-115307.
Flujo Neto de Efecto	-\$1,383,693.	\$224,428	\$224,428.	\$ 224,4	\$ 224,42	\$ 224,42	\$ 224,42	\$ 224,42	\$ 224,42	\$ 224,42	\$ 224,42	\$ 224,42	\$ 224,42
TREMA= $i + f + if$	10.00%	Tasa de interés aplicada para ANCORSA proyectos relacionados con este tema en bec											
VA (\$USD)	-1383693.	\$204,025	\$185,478	\$168,616.	\$153,287	\$139,352	\$126,683	\$115,167	\$104,697	\$95,179.	\$86,526.	\$78,660.	\$71,509.
V Acumulado (USD)	-1383693.	-1179667	-994189.	-825572.9	-672285.	-532932.	-406248.	-291081.	-186384.	-91204.6	-4677.78	73983.0	\$145,492
TRI (Tasa de Rentabilidad In	-16%												
VAN con fórmula (U	\$145,492.												
TIR	12%												