

61  
2ej.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

CAMPUS  
A R A G Ó N

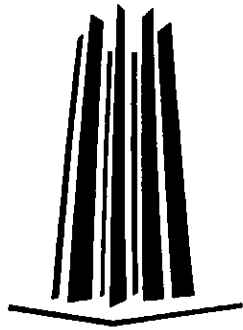
“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICO-  
ECONÓMICA DE UNA BATERÍA DE  
SEPARACIÓN DE ACEITE Y GAS EN  
ALTA PRESIÓN ”

**TESIS PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

P R E S E N T A

**VICENTE PÉREZ BELTRÁN**



ENEP ARAGÓN

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

257203

MÉXICO, D.F. 1998.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

## *Agradecimientos*

*A mis padres*

*Fermin y Francisca les doy las gracias por haberme dado la oportunidad de tener una profesión, darme su comprensión y consejos en los momentos de flacidez y el haberme dado la vida.*

*A mis hermanos*

*Por so apoyo en mis estudios, pero en especial a Janett (†) por sus consejos y estimulación para alcanzar las metas propuestas en la vida y no olvidarse de la sencillez que llevamos dentro.*

*A Pedro, Felipe y Rodolfo*

*Pedro gracias por haberme dedicado tanto tiempo y enseñarme a desarrollarme como profesionista.*

*Felipe y Rodolfo les agradezco el haberme dado su apoyo incondicional en el desarrollo de mi tesis.*

*A mi novia*

*Por su comprensión, cariño y ayuda en los momentos difíciles.*

*A las siguientes personas*

*Rosario, Nereo, Manuel, Guadalupe, Lauro, José, Antelmo, Lino, Fernando, Juan, Mario, Jorge, Edgar y Gaspar por el apoyo y las facilidades otorgadas.*

# Estudio de Factibilidad Técnico-Económica de una Batería de Separación de Aceite y Gas en Alta Presión.

## Contenido.

Objetivo.	1
Introducción.	2
Capitulo 1 Conceptualización del proyecto.	
1.1.- Antecedentes.	3
1.2.- Problemática.	8
1.3.- Solución técnica.	8
1.4.- Alcance.	10
Capitulo 2 Desarrollo de ingeniería.	
2.1.- Ingeniería básica conceptual.	11
2.1.1.- Bases de diseño.	13
2.1.2.- Selección del proceso.	31
2.1.3.- Esquema de flujo de proceso.	32
2.1.4.- Balance de materia y energía.	34
2.1.5.- Predimensionamiento de equipo/lista de equipo.	40
2.1.6.- Esquema de localización general de equipo.	61
2.1.7.- Esquemas de tubería e instrumentación.	64
2.1.8.- Servicios auxiliares.	68
2.1.9.- Instrumentación y control.	73

2.2.- Infraestructura.	77
2.2.1.- Seguridad industrial.	77
2.2.2.- Eléctrico.	79
2.2.3.- Tuberías y soportería.	83
2.2.4.- Arquitectura.	86
2.2.5.- Civil acero.	88
2.2.6.- Civil concreto.	90
2.2.7.- Telecomunicaciones.	92
Capitulo 3 Estimación de costo.	
3.1.- Generalidades.	94
3.2.- Costo total de un proyecto.	95
3.2.1.- Costos de inversión fija.	96
3.2.2.- Costos de operación.	98
3.3.- Métodos de estimación.	98
3.3.1.- Tipos de estimado.	98
3.3.1.1.- Estimado de orden de magnitud.	99
3.3.1.2.- Estimado de estudio.	100
3.3.2.- Métodos para estimar costos de inversión.	101
3.4.- Estimación del costo de inversión de la planta de separación.	103
3.4.1.- Integración y alcance del estimado.	103
3.4.2.- Bases y premisas del estimado.	106
3.4.3.- Desglosé detallado del estimado.	108
3.4.4.- Resumen global del estimado.	112
3.4.5.- Programa de erogaciones.	113

3.5.- Estimación del costo de operación de la planta de separación.	114
3.5.1.- Integración y alcance del estimado.	114
3.5.2.- Bases y premisas del estimado.	114
3.5.3.- Resumen global del estimado.	117
3.6.- Estimado de ingresos.	118
Capitulo 4 Evaluación económica.	
4.1.- Introducción (conceptos).	120
4.1.1.- Valor presente neto (VPN).	122
4.1.2.- Tasa interna de retorno (TIR).	123
4.1.3.- Periodo de retorno (PR).	124
4.2.- Evaluación económica de la planta de separación.	126
Conclusiones.	127
Bibliografía.	128

**Objetivo.**

El presente trabajo tiene por objetivo desarrollar los pasos que se siguen durante una evaluación Técnico-Económica mostrando los cálculos de ingeniería para el dimensionamiento de equipo de proceso, dando solución a un problema de alta presión en ductos de transporte, explicando las razones económicas de la aceptación o rechazo para la ejecución del proyecto de inversión.

## **Introducción.**

Se analizan las necesidades del desarrollo de un proyecto de inversión en la industria petrolera a través del mismo y se plantean las diferentes etapas de un proyecto determinado a fin de plasmar la interrelación que existe entre; necesidades-ingeniería-economía-industria.

Para tal fin fueron diseñados los capítulos que comprenden el trabajo y que describen lo siguiente.

En el capítulo uno se plantea una clara visión del origen y la necesidad de resolver problemas mediante el desarrollo de un proyecto de inversión. Se menciona de donde proviene el petróleo, su extracción, la problemática de su manejo en alta presión, la solución técnica a este problema mediante el estudio de factibilidad para el establecimiento de una batería de separación lo mas cerca posible de los pozos y los alcances y limitaciones del presente trabajo.

Para el capítulo dos se presenta el desarrollo de la ingeniería necesaria para estimar el costo de equipos, servicios auxiliares e infraestructura. Se muestra el esquema de flujo de proceso y ejemplifica la simulación del proceso (balance de materia y energía) para poder predimensionar el equipo de proceso, se elabora el esquema de localización de equipo y los diagramas de tubería e instrumentación para establecer los requerimientos de instrumentación y control al igual que los servicios auxiliares requeridos.

Así mismo se definen los requerimientos de infraestructura; seguridad, tubería, estructuras metálicas, cimentaciones, vialidades, cuarto de control y equipo de telecomunicaciones, para la estimación del costo de inversión.

En el capítulo tres se describe como se estiman los costos de inversión y operación para el análisis de factibilidad económica.

Finalmente en el capítulo cuatro se describen los métodos de evaluación económica y se procede a la evaluación del proyecto.



## Capítulo 1 Conceptualización del proyecto.

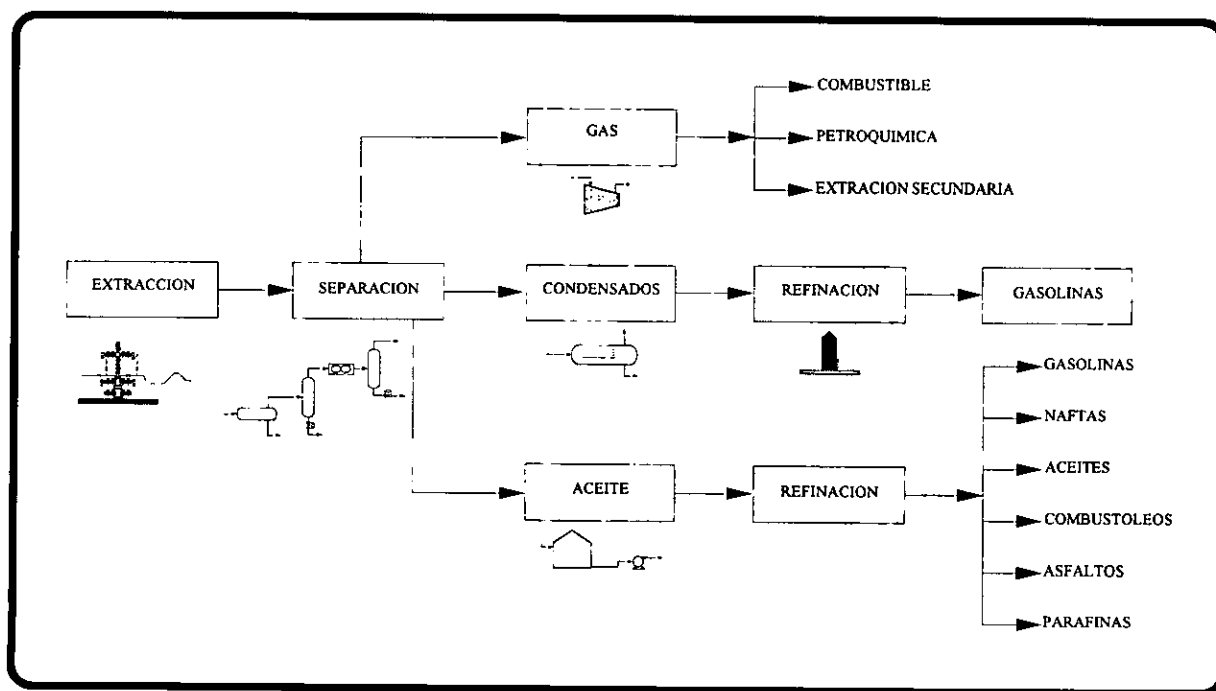
### 1.1 Antecedentes.

El petróleo que se obtiene del yacimiento (subsuelo) es una mezcla de; líquidos (aceite), gas y agua, esta mezcla se debe separar para poderse procesar y emplear en las diferentes aplicaciones que tiene el petróleo, al líquido obtenido del yacimiento y sin procesar se le denomina petróleo crudo, al petróleo estabilizado se le denomina aceite.

El petróleo crudo varía en su composición, lo cual depende del tipo de yacimiento de donde provenga, a nivel molecular podemos considerar que en promedio contiene entre 83 y 86% de carbono y entre 11 y 13% de hidrógeno por tal motivo se le denomina hidrocarburo, contiene una gran cantidad de productos; gases (metano, propano, etc.) gasolina, keroseno, diesel, asfaltos, parafinas, etc. y pequeñas cantidades, del orden de partes por millón, de compuestos con átomos de nitrógeno, o de metales como fierro, níquel, cromo, vanadio y cobalto.

Los yacimientos se clasifican en forma general, de acuerdo a los tipos de crudo; yacimientos de crudo pesado, ligero, superligero (o de aceite volátil), de gas y condensados.

Esquema No. 1 Proceso general del petróleo.

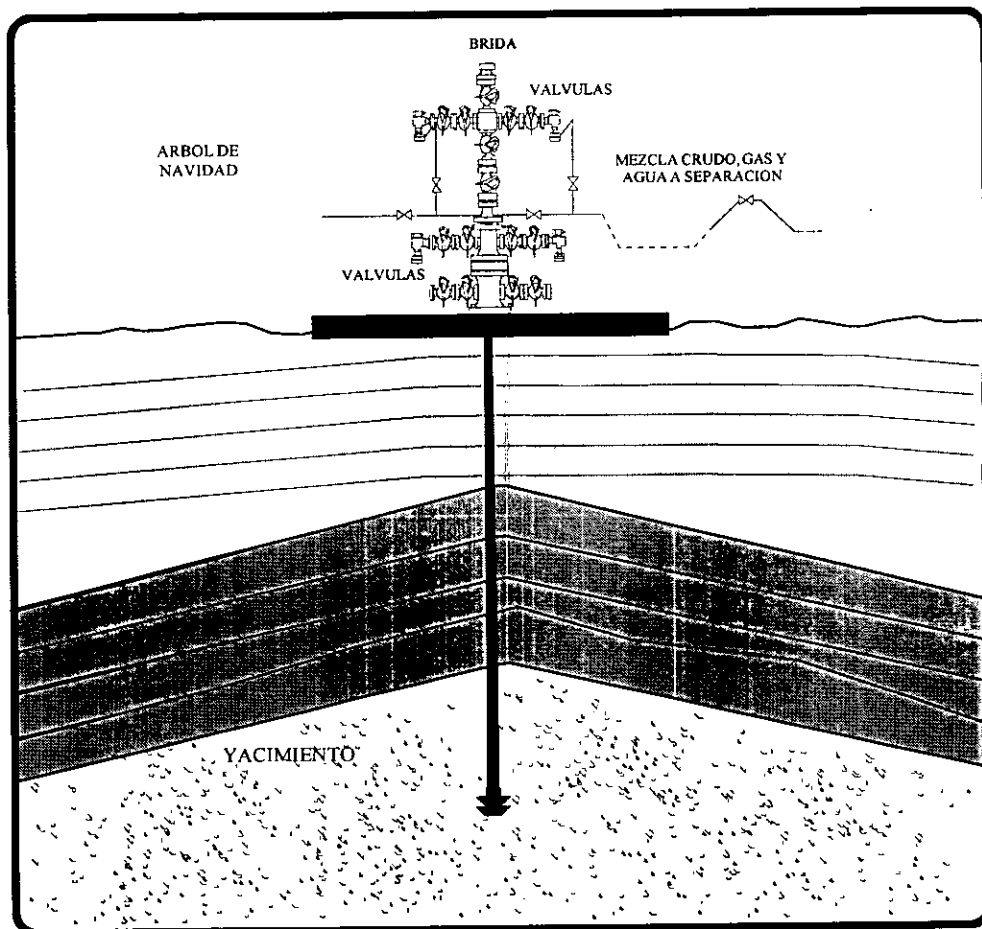


El ámbito del presente trabajo se ubica solo en la problemática existente entre la extracción y la separación de crudo, gas y agua.

### Extracción.

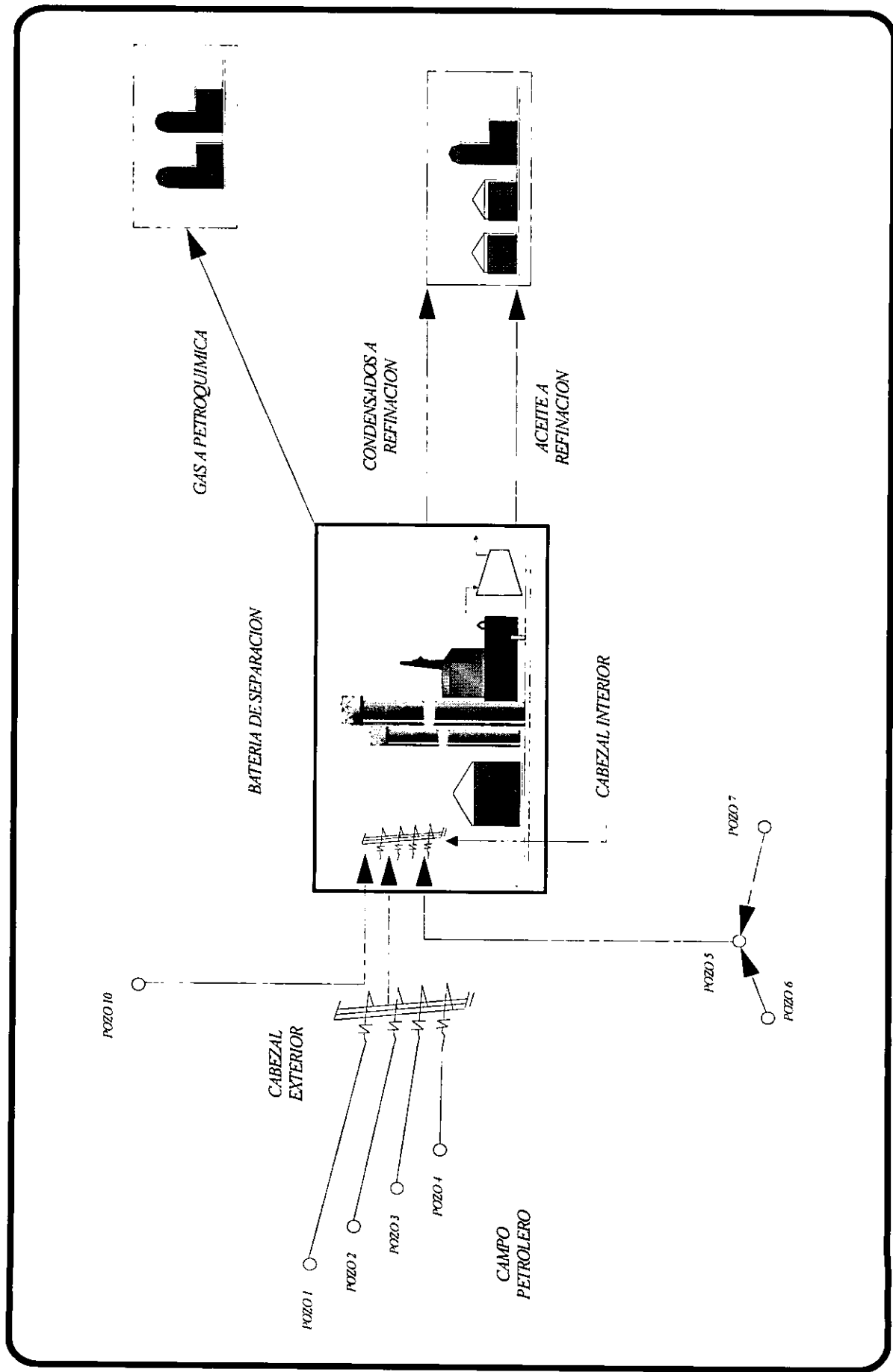
La extracción del crudo se lleva a cabo mediante perforación de pozos, los cuales tienen profundidades que van de unos cuantos metros hasta los miles de metros, en tierra y en suelo marino, pudiendo existir unos cuantos metros entre pozo y pozo y/o hasta miles de metros entre un yacimiento y otro, a continuación se muestra el esquema tipo de un pozo de producción.

Esquema No. 2 Pozo de producción.



La producción de los pozos se conduce hasta la batería de separación mediante tubería denominada "líneas de escurrimiento" las cuales pueden unirse en una sola tubería en los llamados "cabezales de recolección", como a continuación se muestra en el siguiente esquema No. 3.

Esquema No. 3 Conducción de producción de pozos a la batería de separación.



### Cabezales de recolección.

Un cabezal de recolección como su nombre lo indica es un arreglo de tubería en forma de cabezal que recolecta la producción de los pozos, esta compuesto de tubería o cabezal de alta presión, intermedia presión, baja presión y cabezal para medición del flujo de los pozos.

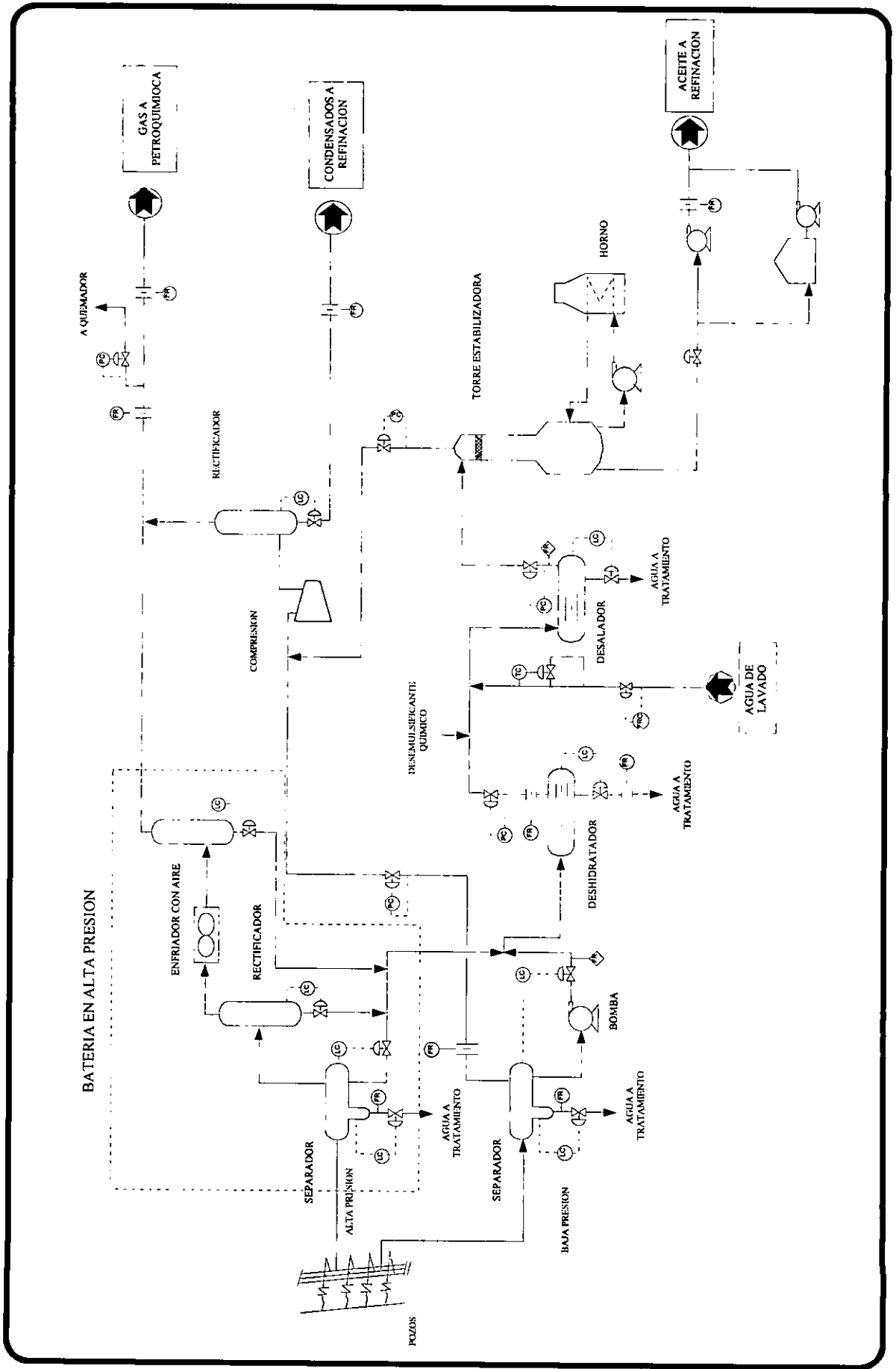
El cabezal de alta recolecta la producción de los pozos de alta presión ( $80 \text{ kg/cm}^2$  o mas), el cabezal de intermedia recolecta producciones con presiones de alrededor de  $40 \text{ kg/cm}^2$  y el cabezal de baja presión recolecta la producción de todos aquellos pozos que no exceden los  $8 \text{ kg/cm}^2$ . El cabezal de medición se emplea para recolectar y conducir individualmente hasta un separador de medición la producción del pozo que se debe medir para determinar su producción de crudo, gas y agua.

### Batería de Separación.

La instalación denominada “Batería de Separación” tiene como objetivo principal la separación de la mezcla de hidrocarburos líquidos-gaseosos y agua en alta, intermedia y baja presión, proveniente de los diferentes pozos y que se recolecta en la batería mediante un cabezal de recolección interior, la producción de crudo se envía a un grupo de separadores de acuerdo a la presión de cada cabezal obteniendo corrientes de aceite, agua y gas de forma independiente facilitando su transporte y bombeo, el aceite se estabiliza y envía a los centros de consumo y/o almacenamiento, el agua es inyectada a pozos abandonados y el gas se envía a compresión para su transporte y distribución.

La batería de separación esta compuesta de equipos, tales como: separadores, enfriadores de gas, rectificadores de gas, bombas, compresores, tanques de almacenamiento, tuberías, válvulas, accesorios y servicios auxiliares. Lo cual se muestra en el siguiente esquema No. 4.

Esquema No. 4 Bateria de separación.



## 1.2 Problemática.

Se tiene un yacimiento altamente productor de crudo de gran calidad (altos °API, es decir rico en gasolinas) y que no se cuenta con alguna instalación de separación cercana; la producción de este yacimiento es de muy alta presión (mayor a 100 Kg/cm<sup>2</sup>).

Para el manejo actual de la producción de este yacimiento se emplean dos oleogasoductos para transportar la mezcla hasta la batería de separación mas cercana (mayor a 60 Km.). Estos oleogasoductos están diseñados para soportar una presión máxima de 100 kg/cm<sup>2</sup> por lo que el yacimiento sufre una contrapresión.

La alta presión que se maneja en las líneas de descarga, cabezal y oleogasoductos tiene como consecuencia inseguridad y riesgo en el transporte de la mezcla de hidrocarburos, así como el tener que estrangular los pozos y por lo tanto reducir la producción de petróleo crudo.

Adicionalmente la mezcla de crudo y gas ocasiona problemas de transporte en los oleogasoductos, ya que se tienen muchas perdidas por fricción, baches de flujo, taponamientos, etc.

## 1.3 Solución técnica.

Una solución sería la instalación de uno o mas oleogasoductos hacia la batería de separación lejana diseñados para las condiciones de proceso requeridas, otra solución es la instalación de una batería de separación lo más cercano posible al campo productor.

La primera alternativa fue desechada debido a que cuando la presión de producción decaiga se requiere de equipo de bombeo para el manejo de la producción de crudo, y no se están eliminando los problemas que conlleva el transporte de las diferentes fases sin segregar.

La segunda solución que es el de construir una instalación de separación cercana al yacimiento, diseñada para las condiciones de proceso de manera que la contrapresión disminuya y permita operar a mayor presión los pozos con un incremento en la producción obteniéndose un transporte seguro de los productos (aceite, gas y condensados), tiene un tiempo de implementación muy grande (ingeniería, compra de equipo, construcción y puesta en marcha) continuando la problemática existente hasta su arranque.

Una tercera solución y la mas viable por el costo y tiempo de implantación consiste en instalar una batería de separación en solo alta presión con una mínima infraestructura y en forma posterior desarrollar toda la instalación de separación (baja presión, deshidratación, estabilización, almacenamiento, etc.) para explotar óptimamente el yacimiento del campo petrolero y obtener una mayor recuperación de hidrocarburos.

Por lo anterior, para abatir rápidamente las altas presiones a las que opera el sistema y eliminar los riesgos de transporte, se decidió instalar una batería de separación con solo una etapa, alta presión y con rectificación y enfriamiento del gas.

### **Descripción del proyecto.**

La batería de separación de alta presión, será diseñada para manejar 53,000 BPD de crudo muerto y 120 MMPCD de gas.

El proyecto contempla:

- Abatir las altas presiones a las que operan las líneas de transporte.
- Incrementar el volumen de producción de hidrocarburos.
- Manejar la producción adicional obtenida por la explotación de nuevos pozos.
- Tener la capacidad suficiente, en el manejo del volumen total de producción del campo.
- Transportar los hidrocarburos en una sola fase.
- La integración a futuro de las secciones adicionales que integran una batería central (deshidratación, estabilización, almacenamiento, refrigeración, compresión, etc.).

#### **1.4 Alcance.**

Los alcances de este proyecto son los siguientes:

- a). Desarrollar la ingeniería básica conceptual para una batería de separación en alta presión, los requerimientos mínimos de infraestructura para su instalación, los requerimientos de servicios auxiliares y de mano de obra para su operación.
- b). Estimado de costos de inversión por equipo de proceso, servicios auxiliares e infraestructura, estimado de costo de operación y estimado de ingresos o beneficios por implementar el proyecto.
- c). Evaluar económicamente el sistema propuesto.
- d). Emitir el dictamen de factibilidad del proyecto.



## Capítulo 2 Desarrollo de ingeniería.

### 2.1.- Ingeniería Básica Conceptual.

El desarrollo de la ingeniería para cotización abarca la definición y/o elaboración de los siguientes documentos:

- Bases de diseño.
- Esquema de flujo de proceso.
- Balance de materia y energía.
- Predimensionamiento de equipos.
- Esquema de localización general de equipo.
- Esquemas de tubería e instrumentación.

Con la definición de lo anterior estaremos en condiciones de estimar el costo de los equipos de proceso y de los servicios auxiliares.

La ingeniería básica principia a partir de la elaboración de las bases de diseño, las cuales nos muestran las “bases” para desarrollar todo el diseño de la batería, esto es; su función, flexibilidad, capacidad, especificaciones de la alimentación y los productos, etc., las condiciones climatológicas y se mencionan los servicios e infraestructura requeridos.

Dado lo anterior se propone en forma gráfica un esquema de flujo de proceso donde se muestra la secuencia de operaciones y ciertas condiciones de operación, esto nos permite desarrollar el balance de materia y energía, con la composición de la mezcla de entrada, y con esto predimensionar el equipo de proceso; el (los) separador(es), rectificadores y soloaires. De lo anterior obtenemos una lista del equipo de proceso y servicios auxiliares.

Teniendo definida la lista de equipo, instrumentación, sistemas de tubería y el área para la ubicación de la batería se representa la distribución en un esquema de localización general de equipo el cual nos muestra el arreglo en planta más adecuado de los equipos y sistemas de la batería.

Con el dimensionamiento de equipos y el esquema de localización tendremos las bases para estimar los requerimientos de infraestructura como lo son:

- Terreno, accesos y terracerías.
- Tuberías.
- Eléctrico.
- Cimentaciones y edificios.
- Estructuras auxiliares.
- Seguridad.
- Telecomunicaciones.

Considerando el esquema de flujo de proceso y el esquema de localización general, se procede a elaborar el esquema de tubería e instrumentación el cual nos muestra toda la instrumentación necesaria para el control y operación del proceso, y nos ayuda a cuantificar las dimensiones y características de la tubería, además de las señales enviadas al cuarto de control. De esta forma definimos y especificamos los requerimientos del sistema de instrumentación y control.

Todo lo anterior nos permite estimar el costo total de inversión fija.

Tomando los servicios auxiliares en conjunto con la plantilla del personal y el mantenimiento de la batería se obtiene el costo de operación.

Tomando el costo de inversión fija mas el costo de operación, obtenemos el costo total de la planta.

### 2.1.1.- Bases de diseño.

Generalidades.

Las bases de diseño se desarrollan para que las diferentes especialidades de ingeniería tengan las mismas bases y consideraciones bajo las cuales desarrollaran sus ingenierías (proceso, control, civil, eléctrico, mecánica, etc.) y definan la situación actual y futura de la instalación, se describen a continuación las bases de diseño consideradas en el desarrollo de la ingeniería básica conceptual para el diseño del proyecto.

Actualmente las instalaciones de separación de crudo deben seguir filosofías de operación y diseño que permitan generar corrientes independientes de aceite y gas, que cumplan con normas de seguridad e higiene industrial más estrictas y que contemplen reducir al mínimo las pérdidas económicas por dispendio de hidrocarburos. Además contando con el establecimiento de nuevas estrategias de comercialización se origina la necesidad de tener procesos de un grado de modernización y automatización adecuados al tipo de fluidos procesados.

Con el objetivo de cumplir con tal necesidad, se analizará la factibilidad de la instalación de una planta de separación en alta presión ("Batería de Separación) lo mas cerca posible al campo productor, permitiendo entre otros conceptos, obtener el máximo aprovechamiento de los hidrocarburos, aumentar los niveles de producción e incrementar la seguridad en las instalaciones.

El proyecto de la batería de separación se desarrollará con equipo nuevo y con la mínima infraestructura requerida, para que su tiempo de implementación sea corto pero que sin embargo cumpla con el esquema de procesamiento conforme a lo requerido y cumplir con las siguientes bases de diseño.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
ESCUELA DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGÓN

BASES DE DISEÑO  
Batería de Separación de  
Alta Presión

Elaboro: VPB  
Reviso:

Revisión: 0  
Fecha: Octubre 1997

### 1.- Función de la planta.

El objetivo de la batería de separación es procesar una mezcla de crudo-gas proveniente de los pozos del campo petrolero, obteniendo principalmente gas de alta presión que se envía a la planta petroquímica para su consumo y una mezcla de aceite/gas que se envía a otra batería para su posterior acondicionamiento.

### 2.- Tipo de proceso.

#### 2.1.- Cabezal de recolección.


La corriente de crudo-gas proveniente de los pozos será recolectada en un cabezal de alta presión, de aquí mediante las interconexiones requeridas se alimentará a la batería de separación la mezcla de crudo-gas proveniente de los pozos de alta presión ( 84 Kg/cm<sup>2</sup> man ).

#### 2.2.- Sección de separación.

La corriente de crudo-gas será manejada en un separador bifásico con internos de alta eficiencia. El crudo separado será enviado a otra batería para su posterior procesamiento. El gas separado se envía a la sección de rectificación.

#### 2.3.- Sección de rectificación.

El gas que se produce en la sección de separación es rectificado mediante un separador (primario) por gravedad vertical con internos de alta eficiencia para eliminar arrastre de líquidos provenientes de la sección de separación, después la corriente de gas es enfriada mediante enfriadores con aire ( solo aires ) y rectificada nuevamente en otro separador (secundario) por gravedad vertical para su acondicionamiento. El gas obtenido del rectificador secundario a una presión de 82.6 Kg/cm<sup>2</sup> man. será enviado a la petroquímica para su consumo.

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	BASES DE DISEÑO
	ESCUELA DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON	Batería de Separación de Alta Presión
Elaboro: VPB		Revisión: 0
Reviso:		Fecha: Octubre 1997

### 3.- Capacidad, rendimiento y flexibilidad.

3.1. Factor de servicio: 1.0. La batería de separación estará diseñada para operar las 24 horas de los 365 días del año.

#### 3.2.- Capacidad y rendimiento.

- a) Diseño.- 53,000 BPD de crudo y 120 MMPCS de gas.
- b) Normal.- Igual a la de diseño (Batería Central a futuro).
- c) Mínima.- Igual a la de diseño (no se espera decaimiento en la producción).

#### 3.3.- Flexibilidad de operación.

La batería de separación contará con las facilidades para operar a falla de energía eléctrica y de aire de instrumentos.

a) Falla de electricidad: Si  No .

Observaciones: Solo se deberán prever sistemas de respaldo en los puntos críticos y para el alumbrado exterior (un 20%), el alumbrado en el cuarto de operadores y el radio.

b) Falla de aire: Si  No .

Observaciones: El paquete de instrumentos deberá tener un compresor de relevo el cual entrará en operación automática a falla del principal.



#### 4.- Especificación de la alimentación.

Las siguientes son las características de la carga a la batería de separación, de un pozo; esta composición será tomada para el diseño de los sistemas.

Componente (base seca)	% mol	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Peso Molecular
Nitrógeno	1.28		
Bióxido de carbono	1.01		
Metano	61.84		
Etano	10.14		
Propano	5.18		
i-Butano	0.95		
n-Butano	2.33		
i-Pentano	0.64		
n-Pentano	1.43		
Hexanos	1.92		
Heptanos	1.17	0.7316	101.0
Octanos	1.47	0.7448	110.0
Nonanos	1.41	0.7726	127.0
Decanos	1.22	0.7847	140.0
Undecanos	1.01	0.7895	152.0
Dodecanos	0.81	0.7947	164.0
Tridecanos	0.72	0.8132	171.0
Tetradecanos	0.57	0.8177	180.5
Pentadecanos	0.47	0.8313	186.0
Hexadecanos (+)	4.43	0.8848	280.0
Total	100.00		

Notas : 1) EL contenido de H<sub>2</sub>S en la mezcla de alimentación es de 0.65% mol

2) La composición deberá ajustarse a la relación gas-aceite de 2400 ft<sup>3</sup>/bl y humedad de saturación.


 Elaboro: VPB  
 Reviso:

 Revisión: 0  
 Fecha: Octubre 1997

### 5.- Especificación de los productos.

No se requieren.

### 6.- Condiciones de la alimentación en límites de batería.

Alimentación	Procedencia	Estado físico	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> man)	Temperatura (°C)
Alta presión	Pozos y Cabezal	Mezcla Líquido/Vapor	93/84	95

### 7.- Condiciones de los productos en límites de batería.

Corriente	Estado físico	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> man)	Temperatura (°C)
Gas amargo	Gas	82.0	52
Crudo	Líquido/gas	65.0	93

### 8.- Agentes químicos.

Se deberán instalar los sistemas de dosificación de agentes químicos que garanticen la operación eficiente de los procesos.

Agente químico	Tipo	Estado físico	Forma de recibo	Disponibilidad
Inhibidor de corrosión	Amina	Líquido	Tambores	La requerida



**9.- Condiciones climatológicas.**

9.1.- Temperatura.

Máxima extrema	41 °C
Mínima extrema	14.5 °C
Media anual	26.7 °C
Bulbo seco	26.6 °C
Bulbo húmedo	24.6 °C

9.2.- Precipitación pluvial.

Horaria diaria	154.5 mm
Horaria máxima	295.0 mm
Anual media	1693-2097
Días de lluvia al año	120

9.3.- Viento.

Dirección de los vientos	
Dominantes (todo el año)	Alisios, noreste-suroeste
Reinantes (de máxima intensidad)	Nortes, norte-sur
Velocidad de los vientos	
Dominantes por nortes (máxima)	35 m/seg
Reinantes	5 m/seg

9.4.- Humedad relativa.

Máxima	95.0 %
Promedio	80.0 %
Mínima	70.0 %





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
ESCUELA DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGÓN

BASES DE DISEÑO  
Batería de Separación de  
Alta Presión

Elaboro: VPB  
Reviso:

Revisión: 0  
Fecha: Octubre 1997

#### 9.5.- Atmósfera.

La presión atmosférica es de 760 mm Hg (14.7 psia.)

#### 9.6.- Clima.

Cálido húmedo con abundantes lluvias en verano, lluvias (Mayo-Octubre), con periodo corto de sequía intermedia -canícula- entre Agosto y Septiembre y secas (Noviembre-Abril), con un periodo de lluvias invernales. Clasificación: Am.



Elaboro: VPB

Revisión: 0

Reviso:

Fecha: Octubre 1997

## 10.- Servicios auxiliares.

### 10.1.- Drenaje aceitoso abierto.

Proporcionar un sistema de drenaje aceitoso que cubra las necesidades de la instalación. Circunscribir dentro de un sardinel de 10 cm. sobre NPT los equipos de separación y rectificación e interconectar ésta área con la presa recolectora, tipo API.

Construir una presa recolectora separadora agua-aceite tipo API, para la captación y tratamiento del agua aceitosa proveniente del área de proceso.

El aceite recuperado será manejado por medio de autotanques.

Purgas de los equipos de proceso.

Instalar un sistema colector de purgas en equipos e instrumentos, el cual se canalizará al drenaje aceitoso.

### 10.2.- Drenaje aceitoso cerrado.

Los productos de los fondos de los rectificadores y del separador, deberán estar conectados a una línea de drenaje a presión el cual estará interconectado a quemador de fosa para líquidos.

### 10.3.- Drenaje sanitario.

Debido a la importancia de preservar el medio ambiente en las áreas aledañas a la batería de separación, el drenaje sanitario deberá diseñarse de acuerdo a las necesidades de la instalación. Para el diseño y construcción de la red se debe considerar una capacidad para 6 usuarios; el sistema para el tratamiento de agua de desecho sanitario (aguas negras y jabonosas), tendrá como objetivo, eliminar sustancias indeseables evitando así la contaminación de los cuerpos receptores de agua.

Elaboro: VPB  
Reviso:Revisión: 0  
Fecha: Octubre 1997

#### 10.4.- Drenaje pluvial.

Será superficial con desniveles.

#### 10.5.- Sistema de desfogue y quemadores.

Proporcionar un sistema cerrado para quemar los hidrocarburos líquidos de desecho en un quemador de fosa y los hidrocarburos gaseosos en quemador elevado. Con el propósito de cumplir con las regulaciones de emisiones atmosféricas. Estos sistemas deben contar con encendido electrónico.

#### 10.6.- Agua de desecho sanitario.

Construir un sistema para tratar los efluentes sanitarios provenientes de retretes, mingitorios, lavabos y regaderas en un equipo paquete de tratamiento de aguas negras y jabonosas. Dicho equipo debe contar con las siguientes secciones:

- Trampa de grasas.
- Captación.
- Aireación.
- Clorificación.
- Desinfección.
- Filtración superficial.

#### 10.7.- Agua para servicios y usos sanitarios

Proporcionar un sistema de agua de servicios y uso sanitario adecuado a las necesidades de la instalación. Se deberá perforar un pozo con tubería tipo "puyón" como fuente de suministro a usuarios.

#### 10.8.- Agua potable.

El agua potable será suministrada mediante garrafones.



Elaboro: VPB

Revisión: 0

Reviso:

Fecha: Octubre 1997

### 10.9.- Agua contraincendio.

Se deberá perforar un pozo de captación, dentro del límite de batería para la instalación de cuatro bombas verticales centrífugas de 500 GPM (1890 LPM) a una descarga de 2.5 Kg/cm<sup>2</sup> man. Contando con un tanque de almacenamiento de 10,000 BLS, y para el suministro de agua a la red contraincendio se utilizarán dos bombas horizontales centrífugas (una con motor eléctrico y otra de combustión interna) de 2000 GPM (7560 LPM) a una potencia de 200 HP.

### 10.10.- Aire de instrumentos.

Características	Unidades	Especificación
Capacidad	m <sup>3</sup> /min	1.7
Filtrado y secado		Si
Presión del sistema	Kg/cm <sup>2</sup> man.	8.8
Punto de rocío	°C	-40

### 10.11.- Alimentación de energía eléctrica.

Fuente de suministro	C.F.E
Tensión, Kvolts	34.5
Número de fases	3
Frecuencia, ciclos	60
Factor de potencia	0.9 mínimo
Material del conductor	ACSR 477 MCM
Aislamiento del conductor	Desnudo
Acometida	Aérea



### 11.- Instrumentación.

La instrumentación será del tipo local, electrónica e inteligente con comunicación de 4-20 mA C.D., alimentación 127 VCA, se implementará un controlador local, el cual deberá ser de arquitectura abierta y contar con puerto de comunicación RS-232 y data high plus. Deberá considerarse con 30% de ampliación futura en entradas/salidas digitales y analógicas.

La calibración de los instrumentos será en las siguientes unidades:

Presión.	Kg/cm <sup>2</sup>
Temperatura.	°C
Flujos:	
Líquidos	BDP a 15.6 °C
Gas	m <sup>3</sup> /hr a 20 °C y 1 Kg/ cm <sup>2</sup> abs.
Químicos	LPM a Temperatura de operación.
Aislamiento del conductor	Desnudo



## 12.- Sistema de seguridad.

### 12.1.- Sistema contraincendio.

La instalación debe contar con una red, en forma de anillo, de distribución de agua contraincendio capaz de proteger al personal e instalaciones, prevenir riesgos de propagación de incendio en todas las áreas de proceso, equipos e instalaciones en general de la batería de separación a través de hidrantes e hidrantes-monitores. Esta red deberá ser únicamente contraincendio. Tendrá una fuente primaria de suministro para mínimo 8 Hr en base al riesgo mayor y una fuente primaria a través de un tanque de almacenamiento para mínimo 2 Hr en base al riesgo mayor.

Parámetro	Unidades	Condiciones
Producto		Agua
Fuente		Pozo de captación/tanque de almacenamiento
Disponibilidad		La requerida
Presión mínima de suministro al hidrante mas desfavorable cuando se abastece el gasto de agua requerido para riesgo mayor	Kg/cm <sup>2</sup>	7.0
No. de bombas requeridas motor eléctrico		Uno
No. de bombas requeridas motor de combustión interna		Uno
Capacidad de bomba en base a riesgo mayor	LPM	7560

### 12.2.- Extintores.

De acuerdo al área a proteger, se deberán instalar extintores en cantidad y capacidad suficientes del tipo portátil manual para fuegos tipo "ABC" de polvo químico seco y/o bióxido de carbono, así como extintores tipo "ABC" de polvo químico seco montados sobre ruedas, los cuales deberán estar localizados estratégicamente; los mas comunes son:

- Portátil de polvo químico seco tipo ABC de 20 libras, para cuarto de operadores.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
ESCUELA DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGÓN

BASES DE DISEÑO  
Batería de Separación de  
Alta Presión

Elaboro: VPB  
Reviso:

Revisión: 0  
Fecha: Octubre 1997

- Portátil de bióxido de carbono de 20 libras, para cuarto de control (CCM).
- De polvo químico seco tipo ABC de 150 libras, montado sobre ruedas para el área de separación.
- De polvo químico seco tipo ABC de 350 libras, montado sobre ruedas para el área de cabezales.

#### 12.3.- Detectores de gas tóxico.

El propósito del detector de gas tóxico ( $H_2S$ ) es el de prevenir al personal de una alta concentración de este, los detectores estarán localizados en los equipos de proceso, es decir, en el separador y los dos rectificadores tanto en la entrada como en la salida.

#### 12.4.- Protección de personal.

En lo referente a la protección y seguridad del personal se deben tener presentes los siguientes puntos:

El personal de la batería deberá contar con el equipo de seguridad como uniformes, cascos, zapatos de seguridad, mascarillas, guantes, etc., cuando se encuentren en el área de proceso.


Los equipos y tuberías dentro del límite de batería que operen a más de  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ , deberán ser aisladas para protección al personal de acuerdo a normas aplicables.

#### 12.5.- Señalización.

La señalización tiene el objeto de ubicar, prevenir accidentes, mostrar la ruta de evacuación en caso de siniestros y poner en alerta al personal.

Se deberán proporcionar señalizaciones prohibitivas, de advertencia e informativas en la instalación, debiéndose indicar la ruta de escape en forma racional y funcional para el desalojo de la instalación en caso de emergencia.

En los lugares visibles de la instalación deberán colocarse carteles con los procedimientos escritos y sus respectivos diagramas, para el arranque y paro de los equipos de las mismas, incluyendo procedimientos de emergencia, además de las alarmas audibles y visibles.

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO ESCUELA DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGÓN	BASES DE DISEÑO Batería de Separación de Alta Presión	
		Elaboro: VPB Reviso:	Revisión: 0 Fecha: Octubre 1997

#### 12.6.- Protección de descargas eléctricas.

Se requiere un sistema de disipación de descargas eléctricas (red de tierras) el cual deberá diseñarse para protección de las personas, equipos e infraestructura de la batería, con la finalidad de evitar la caída de descarga atmosférica en el área de las instalaciones. Así como un sistema de protección contra los efectos secundarios de la caída de descarga atmosférica.

El sistema de disipación deberá consistir en tres elementos básicos; un disipador constituido por puntas de cobre, un cable de puesta a tierra de baja resistencia y un colector conformado por un sistema de tierras.

#### 12.7.- Sistema de desfogue.

Se deberá implementar un sistema cerrado para recolectar los desfogues de las válvulas de seguridad de los equipos de proceso; para lo cual se requiere construir un cabezal de recolección e interconexión a la línea de desfogue de gas al quemador (después del paquete de regulación).

#### 12.8.- Quemadores.

##### Quemador de fosa.

Para el manejo de los drenajes a presión del (los) separador(es) y de los rectificadores, se deberá construir un quemador de fosa con las dimensiones y características adecuadas al oeste de la batería, a dicho quemador se le instalará la boquilla así como el sistema de encendido electrónico con control digital en el cuarto de operadores.

##### Quemador vertical de gas.

Para el manejo de los desfogues de gas de alta presión de la batería se deberá construir un quemador vertical con la altura y dimensiones apropiadas a un costado del quemador de fosa, se le deberá instalar boquilla y encendido electrónico con control digital en el cuarto de operadores.





**13.- Suministro de energía eléctrica.**

Para cumplir con los requerimientos de suministro de energía eléctrica se propone una subestación intemperie en marco de postes para 34.5 KV, dentro de los límites de la batería, con postes de concreto, crucetas de acero, dados aisladores, conectores para línea primaria, aislador de alfiler, apartarrayos, corta circuitos, fusibles y transformador trifásico con relación de transformación 34.5/0.480 KV. Tipo pedestal (para montaje a N.P.T.).

El suministro de energía eléctrica a los equipos eléctricos localizados en el área de proceso será a través de ductos subterráneos provenientes del equipo de distribución, localizado en el área de la subestación.

El alumbrado interior debe ser del tipo fluorescente a 127 volts, 60 Hz. El alumbrado exterior deberá ser a base de luminarios del tipo vapor de sodio alta presión 220 volts, 250 Watts y control automático por medio de fotocelda.

La instalación deberá tener un sistema de red de tierra a la cual se aterrizarán los equipos eléctricos y las estructuras en el área de proceso.

La batería de separación deberá contar con un sistema de alumbrado de emergencia para cubrir las necesidades de: el 20% de alumbrado exterior

Características de alimentación eléctrica a equipos e instrumentos.

Equipo o sistema	Volts	Fases	Ciclos
Motores			
De hasta 3/4 HP	127	1	60
De 1 a 200 HP	480	3	60
De 201 a 2,000 HP	4,160	3	60
Alumbrado			
Interior	127	1	60
Exterior	220	1	60
Instrumentos de Control	127	1	60



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
ESCUELA DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGÓN

BASES DE DISEÑO  
Batería de Separación de  
Alta Presión

Elaboro: VPB

Revisión: 0

Reviso:

Fecha: Octubre 1997

#### 14.- Obra arquitectónica.

Cuarto de control y centro de control de motores.

Se contará con un cuarto para 6 operadores, el cual contará con oficina, área para radio y teléfono, baño con inodoro, mingitorio y lavabo. Además de un centro de control de motores (CCM) para la distribución de tableros.

#### 15.- Obra civil.

##### 15.1.- Camino de acceso.

Construcción del camino de acceso a la batería de separación.

##### 15.2.- Cerca perimetral.

El área de la batería de separación estará delimitada por una cerca perimetral de malla tipo ciclón, de alambre galvanizado y recubierto con PVC, con remate de 3 (tres) alambres de púas en ambos lados y accesorios galvanizados; llevará como base una cimentación formada de pedestales de concreto donde se hincaran postes tubulares y constará de 2 puertas del mismo material tipo abatible de 2 hojas cada una.

El área de la subestación eléctrica estará también delimitada por una cerca perimetral de las mismas características de la cerca perimetral principal con una puerta abatible de 2 hojas.

##### 15.3.- Urbanización.

El acceso y la vialidad contará con una sola calle perimetral construida a base de concreto asfáltico con banquetas y guarniciones de concreto hidráulico.

El drenaje pluvial será superficial de acuerdo al diseño del área de proceso.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
ESCUELA DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGÓN

BASES DE DISEÑO  
Batería de Separación de  
Alta Presión

Elaboro: VPB  
Reviso:

Revisión: 0  
Fecha: Octubre 1997

El drenaje aceitoso será en sistema subterráneo de acuerdo al diseño del área de proceso.

Los pisos dentro de los límites de batería serán a base de grava, excepto el área de proceso que tendrá pavimento de concreto hidráulico, teniendo las pendientes necesarias para el escurrimiento de las aguas pluviales.

Los accesos y pasillos serán diseñados para que el personal pueda laborar y transitar fácilmente, sin tener restricciones en caso de peligro.

#### 15.4.- Cimentación de equipos.

Para el soporte de los equipos y cuarto de control se construirán losas de cimentación, contratraveses y soportes (mochetas) de concreto para los racks de tuberías y líneas menores.

#### 15.5.- Arreglo de tuberías.

Toda la tubería de proceso que se instale dentro del área de la batería, será superficial y soportada con mochetas de concreto. La tubería que se localice fuera del área de la batería será subterránea.

Todas las tuberías estarán trazadas con un arreglo adecuado y económico con las trayectorias más cortas posibles y con un mínimo de accesorios.

Los racks de tuberías correrán en espacio libre horizontal entre los equipos, de tal manera que permitan su desmontaje o mantenimiento y que no impidan el traslado, operación o inspección del equipo.

#### 15.6.- Canalizaciones.

Las tuberías conduits para el sistema eléctrico estarán alojadas en bancos de concreto de sección tal que sean cubiertas totalmente, ductos subterráneos; el concreto deberá ser pigmentado en color rojo.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
ESCUELA DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGÓN

BASES DE DISEÑO  
Batería de Separación de  
Alta Presión

Elaboro: VPB

Revisión: 0

Reviso:

Fecha: Octubre 1997

## 16.- Telecomunicaciones.

### Teléfono.

Por medio de la red telefónica a instalar en la batería, se tendrá la facilidad de comunicación local y de larga distancia, además se deberá diseñar de tal forma que tenga la capacidad de absorber cuando se requiera un incremento en el servicio telefónico local, de 100%.

### Sistemas de comunicación.

Para realizar la transmisión de información de voz/datos se requiere lo siguiente:

- Equipo de radiocomunicación, punto a multipunto para operar en la banda de UHF, para transmisión de datos.
- Equipo de radiocomunicación punto a punto para operar en la banda de UHF, para transmisión de voz/datos.
- Mástil.
- Sistema de radiación.
- Sistema de alimentación eléctrica.
- Sistema de tierras.

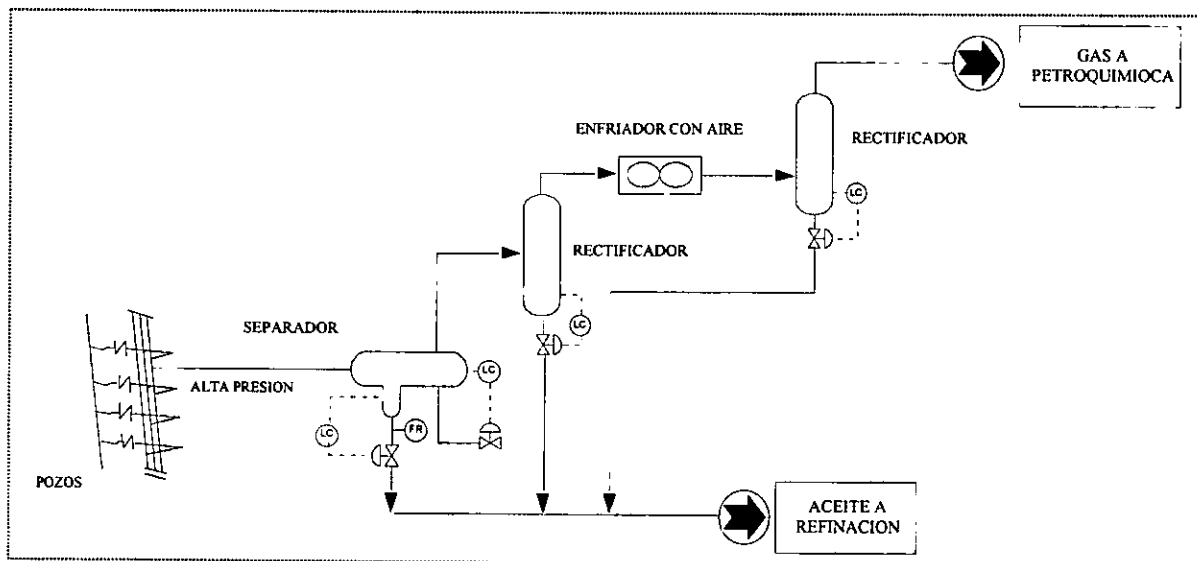
Para la transmisión y recepción de señales de radio y telefonía se construirá un mástil de acero de aproximadamente 20 m. de altura.

### 2.1.2.- Selección del proceso.

Dado que solo se implementará la separación en alta presión para resolver el problema de manera inmediata se estableció que el proceso integraría solo las siguientes operaciones:

- Separación bifásica en alta presión.
- Rectificación primaria de la corriente gaseosa.
- Enfriamiento con aire.
- Rectificación secundaria de la corriente gaseosa.
- Servicios auxiliares.

En el siguiente esquema se aprecia lo establecido en los puntos que se acaban de mencionar.



### 2.1.3.- Esquema de flujo de proceso.

El esquema de flujo de proceso muestra en forma gráfica la secuencia de operaciones unitarias para pasar de materias primas a productos, indicando las características del equipo principal, las condiciones de operación, los controles básicos y un cuadro sinóptico del balance de materia y energía. En particular para la batería de separación el proceso seleccionado del esquema correspondiente de flujo de proceso se muestra en la siguiente página.

#### Descripción del proceso.

La mezcla de hidrocarburos proveniente de los pozos de alta presión se recibe en el separador bifásico horizontal de alta presión FA-101 con internos separación de alta eficiencia, que operará a 84 kg/cm<sup>2</sup> man. de presión y a 95 °C de temperatura, separándose en este una corriente gaseosa y una mezcla de gas-aceite en alta presión.

El gas amargo separado se alimenta al rectificador vertical primario FA-102 con internos de separación de alta eficiencia, que opera a 84 Kg/cm<sup>2</sup> man. de presión y 95 °C de temperatura, el objeto de este es eliminar los arrastres de líquidos, posteriormente el gas será alimentado a los enfriadores con aire EC-101 AD, para disminuir su temperatura de 95 °C a 52 °C, los líquidos generados durante el enfriamiento son separados en un rectificador vertical secundario FA-103 con internos de separación de alta eficiencia, que operará a 82.7 kg/cm<sup>2</sup> man. de presión y 52 °C de temperatura; el gas se mide mediante placas de orificio y previa inyección de inhibidor de corrosión se envía mediante su misma presión a la petroquímica para su procesamiento.

Los líquidos de los rectificadores mediante control de nivel se unen con la mezcla proveniente del separador FA-101 para ser integrados al sistema de transporte de aceite a la batería mas cercana para su posterior acondicionamiento.



FALTA PAGINA

No. 33



#### 2.1.4.- Balance de materia y energía.

Una vez determinado el esquema de flujo de proceso para el dimensionamiento requiere de un balance de materia y energía el cual se obtiene a partir de la composición de las corrientes de entrada de la mezcla de líquido y gas como son nitrógeno, bióxido de carbono, metano, hexanos, pentanos, etc.

Del resultado de este balance podemos predimensionar el equipo de proceso como el separador, los rectificadores, los soloaires, las bombas y la tubería.

En términos generales, la función de un sistema de procesamiento químico es la de convertir materias primas en productos mas útiles o de mayor precio, por medio de alguna transformación fisicoquímica. Los balances de materiales se realizan actualmente por medio de simuladores de procesos.

La simulación de procesos es la representación del comportamiento de un proceso químico por medio de un modelo matemático, el cual es generalmente un programa de computo el cual se conoce como Simulador de Procesos.

Un simulador de procesos (SP), es un programa que realiza los balances de materia y energía de diversos procesos químicos de refinación y petroquímicos en estado estacionario y la evaluación de las propiedades termofísicas de las corrientes involucradas en los mismos, proporcionando información suficiente para llevar a cabo la ingeniería básica y de detalle de un proyecto industrial, como lo es el diseño de equipos y tuberías, sistemas de servicios auxiliares, etc.

Los simuladores son desarrollados para presentar una mayor variedad de plantas o procesos, por lo que brindan una gran flexibilidad de aplicación, siendo muy usados por firmas de ingeniería y por universidades para la enseñanza de la ingeniería química industrial.

Los elementos básicos de este tipo de simuladores son: un conjunto de módulos (relaciones funcionales en forma de subprogramas) que representan a los equipos u operaciones unitarias comúnmente presentes en los procesos; un conjunto de correlaciones generalizadas para el cálculo de propiedades termofísicas y un programa ejecutivo para dirigir el orden de resolución de los diferentes módulos y controlar el flujo de información entre los mismos.

Mediante el SP, también es posible estudiar el comportamiento de plantas existentes bajo diversas condiciones de operación y analizar las respuestas del proceso a las modificaciones en las variables de operación.

Para llevar a la práctica la “Simulación” de un proceso, es necesario disponer de un programa de flujo o esquema de proceso, que contenga todos los equipos y procesos que lo integran. Estos equipos o procesos, tal como se mencionó anteriormente, se representan por modelos matemáticos equivalentes a uno del SP; la resolución se efectúa recibiendo información de las corrientes relacionadas al módulo y a los parámetros de diseño del mismo.

Cada módulo representa distintas opciones de cálculo que difieren esencialmente de la información requerida y generada por la opción y en el tipo de equipo considerado.

La organización del programa provee al SP de una gran flexibilidad, en cuanto a que no se limita al número de veces que se puede utilizar el mismo tipo de módulo en una simulación. Finalmente, la secuencia de resolución de una simulación queda establecida mediante el orden en el cual el usuario suministra la información. La simulación que se plantea más adelante se realiza en un Simulador General de Procesos.

Finalmente la simulación del proceso nos proporciona la siguiente información:

- Representación esquemática de los equipos de proceso y de las corrientes que los unen.
- Procesamiento de las alimentaciones y destino de los productos de proceso.
- Balance de materia, en el que se indican las propiedades y condiciones específicas de las corrientes principales.
- Características básicas del equipo de proceso, que incluye para cada uno de ellos: clave, número de unidades, servicio y sus dimensiones específicas.
- Representación esquemática de los controles mínimos requeridos por el proceso.
- Condiciones de operación de los puntos esenciales del proceso.
- Identificación de los servicios auxiliares utilizados en los distintos equipos del proceso.

El balance de materia y energía para la batería de separación en alta presión se realizó en un simulador comercial Pro-II (versión 4) y los resultados se muestran en las siguientes tablas.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
 ESCUELA DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON

BALANCE DE MATERIA Y  
 ENERGIA  
 Bateria de Separación de Alta Presión

Elaboro: VPB

Revisión: 0

Reviso:

Fecha: Octubre de 1997


SIMULATION SCIENCES INC.  
 PROJECT PRODUCCION  
 PROBLEM TRES ET. SEP

R  
 PRO/II VERSION 4.1  
 OUTPUT  
 STREAM SUMMARY

PAGE P-1  
 386/EM

STREAM ID	S1	S2	S3	S4
NAME	MEZCLA POZOS	ACEITE		
PHASE	MIXED	LIQUID	VAPOR	VAPOR
----- TOTAL STREAM -----				
RATE KG-MOL/HR	9566.700	2679.061	6887.639	6887.639
K*KG/HR	378.694	225.877	152.817	152.817
STD LIQ RATE M <sup>3</sup> /HR	756.044	335.083	420.962	420.962
TEMPERATURE C	95.000	95.000	95.000	95.000
PRESSURE KG/CM <sup>2</sup>	84.000	84.000	84.000	84.000
MOLECULAR WEIGHT	39.585	84.312	22.187	22.187
ENTHALPY M*KCAL/HR	25.185	11.124	14.061	14.061
KCAL/KG	66.505	49.248	92.011	92.011
MOLE FRACTION LIQUID	.2800	1.0000	.0000	.0000
REDUCED TEMP (KAYS RULE)	1.2735	.8097	1.6387	1.6387
PRES (KAYS RULE)	1.9363	2.3947	1.8021	1.8021
ACENTRIC FACTOR	.0971	.2421	.0407	.0407
WATSON K (UOPK)	14.622	12.692	17.475	17.475
STD LIQ DENSITY KG/M <sup>3</sup>	500.888	674.092	363.020	363.020
SPECIFIC GRAVITY	.5014	.6748	.3634	.3634
API GRAVITY	150.719	78.205	257.902	257.902
----- VAPOR -----				
RATE KG-MOL/HR	6887.654	N/A	6887.639	6887.639
K*KG/HR	152.818	N/A	152.817	152.817
K*M <sup>3</sup> /HR	2.299	N/A	2.299	2.299
NORM VAP RATE(1) K*M <sup>3</sup> /HR	154.380	N/A	154.379	154.379
SPECIFIC GRAVITY (AIR=1.0)	.766	N/A	.766	.766
MOLECULAR WEIGHT	22.187	N/A	22.187	22.187
ENTHALPY KCAL/KG	92.011	N/A	92.011	92.011
CP KCAL/KG-C	.633	N/A	.633	.633
DENSITY KG/K*M <sup>3</sup>	66482.396	N/A	66482.345	66482.345
Z (FROM DENSITY)	.8981	N/A	.8981	.8981
----- LIQUID -----				
RATE KG-MOL/HR	2679.046	2679.061	N/A	N/A
K*KG/HR	225.876	225.877	N/A	N/A
M <sup>3</sup> /HR	379.204	379.206	N/A	N/A
GAL/MIN	1669.583	1669.592	N/A	N/A
STD LIQ RATE M <sup>3</sup> /HR	335.081	335.083	N/A	N/A
SPECIFIC GRAVITY (H2O=1.0)	.6748	.6748	N/A	N/A
MOLECULAR WEIGHT	84.312	84.312	N/A	N/A
ENTHALPY KCAL/KG	49.248	49.248	N/A	N/A
CP KCAL/KG-C	.577	.577	N/A	N/A
DENSITY KG/M <sup>3</sup>	595.657	595.657	N/A	N/A
Z (FROM DENSITY)	.3809	.3809	N/A	N/A

(1) NORMAL VAPOR VOLUME IS 22.414 M3/KG-MOLE (0 C AND 1 ATM)

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	BALANCE DE MATERIA Y ENERGIA
	ESCUELA DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON	Batería de Separación de Alta Presión
		Elaboro: VPB
		Revisión: 0
		Reviso:
		Fecha: Octubre de 1997

SIMULATION SCIENCES INC.  
PROJECT PRODUCCION  
PROBLEM TRES ET. SEP

R  
PRO/II VERSION 4.1  
OUTPUT  
STREAM SUMMARY

PAGE P-2  
386/EM

STREAM ID NAME PHASE	S6	S7	S8	S9
----- TOTAL STREAM -----				
RATE KG-MOL/HR	6887.639	6887.639	133.372	6754.267
K*KG/HR	152.817	152.817	8.636	144.181
STD LIQ RATE M <sup>3</sup> /HR	420.962	420.962	14.143	406.819
TEMPERATURE C	94.760	52.000	52.000	52.000
PRESSURE KG/CM <sup>2</sup>	83.100	82.600	82.600	82.600
MOLECULAR WEIGHT	22.187	22.187	64.753	21.347
ENTHALPY M*KCAL/HR KCAL/KG	14.061 92.011	9.553 62.510	.232 26.815	9.321 64.648
MOLE FRACTION LIQUID	1.7423E-04	.0194	1.0000	.0000
REDUCED TEMP (KAYS RULE)	1.6376	1.4473	.8116	1.4700
PRES (KAYS RULE)	1.7828	1.7720	2.1465	1.7659
ACENTRIC FACTOR	.0407	.0407	.1899	.0378
WATSON K (UOPK)	17.475	17.475	13.288	17.726
STD LIQ DENSITY KG/M <sup>3</sup>	363.020	363.020	610.636	354.411
SPECIFIC GRAVITY	.3634	.3634	.6112	.3548
API GRAVITY	257.902	257.902	99.997	267.360
----- VAPOR -----				
RATE KG-MOL/HR	6886.439	6754.264	N/A	6754.267
K*KG/HR	152.716	144.181	N/A	144.181
K*M <sup>3</sup> /HR	2.323	1.887	N/A	1.887
NORM VAP RATE(1) K*M <sup>3</sup> /HR	154.353	151.390	N/A	151.390
SPECIFIC GRAVITY (AIR=1.0)	.766	.737	N/A	.737
MOLECULAR WEIGHT	22.176	21.347	N/A	21.347
ENTHALPY KCAL/KG	92.040	64.648	N/A	64.648
CP KCAL/KG-C	.631	.659	N/A	.659
DENSITY KG/K*M <sup>3</sup>	65739.646	76391.708	N/A	76391.703
Z (FROM DENSITY)	.8987	.8373	N/A	.8373
----- LIQUID -----				
RATE KG-MOL/HR	1.200	133.375	133.372	N/A
K*KG/HR	.101	8.636	8.636	N/A
M <sup>3</sup> /HR	.170	14.971	14.971	N/A
GAL/MIN	.749	65.915	65.914	N/A
STD LIQ RATE M3/HR	.150	14.143	14.143	N/A
SPECIFIC GRAVITY (H2O=1.0)	.6754	.6112	.6112	N/A
MOLECULAR WEIGHT	84.573	64.752	64.753	N/A
ENTHALPY KCAL/KG	49.079	26.815	26.815	N/A
CP KCAL/KG-C	.577	.573	.573	N/A
DENSITY KG/M <sup>3</sup>	596.721	576.870	576.876	N/A
Z (FROM DENSITY)	.3776	.3363	.3363	N/A

(1) NORMAL VAPOR VOLUME IS 22.414 M3/KG-MOLE (0 C AND 1 ATM)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
 ESCUELA DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON

BALANCE DE MATERIA Y  
 ENERGIA  
 Bateria de Separación de Alta Presión

Elaboro: VPB  
 Reviso:

Revisión: 0  
 Fecha: Octubre de 1997

SIMULATION SCIENCES INC.  
 PROJECT PRODUCCION  
 PROBLEM TRES ET. SEP

R  
 PRO/II VERSION 4.1  
 OUTPUT  
 STREAM SUMMARY

PAGE P-3  
 386/EM

STREAM ID	S10	S12
NAME		
PHASE	MIXED	MIXED
----- TOTAL STREAM -----		
RATE KG-MOL/HR	2679.061	133.372
K*KG/HR	225.877	8.636
STD LIQ RATE M <sup>3</sup> /HR	335.083	14.143
TEMPERATURE C	94.184	50.338
PRESSURE KG/CM <sup>2</sup>	65.000	65.200
MOLECULAR WEIGHT	84.312	64.753
ENTHALPY M*KCAL/HR	11.124	.232
KCAL/KG	49.248	26.814
MOLE FRACTION LIQUID	.9110	.9043
REDUCED TEMP (KAYS RULE)	.8079	.8075
PRES (KAYS RULE)	1.8531	1.6943
ACENTRIC FACTOR	.2421	.1899
WATSON K (UOPK)	12.692	13.288
STD LIQ DENSITY KG/M <sup>3</sup>	674.092	610.636
SPECIFIC GRAVITY	.6748	.6112
API GRAVITY	78.205	99.997
----- VAPOR -----		
RATE KG-MOL/HR	238.481	12.764
K*KG/HR	5.377	.274
K*M <sup>3</sup> /HR	.104	4.610E-03
NORM VAP RATE(1) K*M <sup>3</sup> /HR	5.345	.286
SPECIFIC GRAVITY (AIR=1.0)	.778	.741
MOLECULAR WEIGHT	22.547	21.463
ENTHALPY KCAL/KG	96.454	69.106
CP KCAL/KG-C	.608	.621
DENSITY KG/K*M <sup>3</sup>	51746.290	59432.065
Z (FROM DENSITY)	.9094	.8585
----- LIQUID -----		
RATE KG-MOL/HR	2440.580	120.608
K*KG/HR	220.500	8.362
M <sup>3</sup> /HR	359.608	14.115
GAL/MIN	1583.304	62.146
STD LIQ RATE M <sup>3</sup> /HR	320.332	13.369
SPECIFIC GRAVITY (H2O=1.0)	.6890	.6261
MOLECULAR WEIGHT	90.347	69.335
ENTHALPY KCAL/KG	48.097	25.429
CP KCAL/KG-C	.570	.562
DENSITY KG/M <sup>3</sup>	613.167	592.444
Z (FROM DENSITY)	.3075	.2782

(1) NORMAL VAPOR VOLUME IS 22.414 M3/KG-MOLE (0 C AND 1 ATM)  
 THE FOLLOWING STREAMS WERE NOT PRINTED BECAUSE THEY HAVE ZERO FLOW RATES OR THEIR TEMPERATURES OR PRESSURES ARE AT ABSOLUTE ZERO

S5 S11



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
 ESCUELA DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON

BALANCE DE MATERIA Y  
 ENERGIA  
 Bateria de Separación de Alta Presión

Elaboro: VPB  
 Reviso:

Revisión: 0  
 Fecha: Octubre de 1997

SIMULATION SCIENCES INC.  
 PROJECT PRODUCCION  
 PROBLEM TRES ET. SEP

R  
 PRO/II VERSION 4.1  
 OUTPUT

PAGE P-4  
 386/EM

HEAT EXCHANGER SUMMARY

UNIT 3, 'E1', 'SOLOAIRE'

OPERATING CONDITIONS

DUTY, M\*KCAL/HR 4.508

HOT SIDE CONDITIONS

INLET

OUTLET

FEED

S6

MIXED PRODUCT

S7

VAPOR, KG- MOL/HR

6886.439

6754.264

K\*KG/HR

152.716

144.181

CP, KCAL/KG-C

.631

.659

LIQUID, KG- MOL/HR

1.200

133.375

K\*KG/HR

.101

8.636

CP, KCAL/KG-C

.577

.573

TOTAL, KG-MOL/HR

6887.639

6887.639

K\*KG/HR

152.817

152.817

CONDENSATION, KG-MOL/HR

132.175

TEMPERATURE, °C

94.760

52.000

PRESSURE, KG/CM²

83.100

82.600

### 2.1.5.- Predimensionamiento de equipo/lista de equipo.

En la evaluación técnico-económica del procesamiento, es necesario conocer el número y características de los equipos de proceso, ya que esta información define el costo propio de los equipos, cimentaciones, áreas de operación, tuberías, controles, etc., es decir, a partir del dimensionamiento de los equipos se dimensionan los requerimientos de infraestructura y operación y por lo tanto el costo total de inversión de la planta y de operación.

Dentro del presente inciso, se describe en forma general los métodos que se utilizan para su dimensionamiento.

Para el tipo de proceso establecido, los recipientes que se recomiendan son los denominados separadores bifásicos, ya que la principal función de este tipo de recipientes es separar mezclas vapor-líquido y entregar vapores sustancialmente libres de líquidos a otras unidades de proceso; los separadores pueden ser horizontales y verticales.

Los separadores verticales se recomiendan para el manejo de mezclas con una elevada relación de flujo en masa vapor/líquido, mientras que los separadores horizontales se prefieren cuando la relación de flujo en masa vapor/líquido es pequeña.

De acuerdo a lo anterior, los predimensionamientos de los separadores se hizo de tal manera que cumplan con el servicio requerido y con la metodología de cálculos siguiente:



Elaboro: VPB

Revisión: 0

Reviso: PALA, FTS,

Fecha: Octubre 1997

### Predimensionamiento del separador horizontal bifásico FA-101

Características de alimentación.

- Condiciones de presión y temperatura.
- Características de los fluidos, densidad, viscosidad y tensión superficial.

Cálculo de los flujos volumétricos para las dos fases.

$$Q = \frac{W}{\rho}$$

Q = Gasto volumétrico en m<sup>3</sup>/hr.

W = Gasto en masa Kg/Hr.

$\rho$  = Densidad en Kg/m<sup>3</sup>.

$$Q_L = \frac{225877}{595.657} = 379.21 \text{ m}^3/\text{hr} = 6.32 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$Q_V = \frac{152817}{66.5} = 2298 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Cálculo del flujo volumétrico total (Q<sub>t</sub>).

$$Q_t = Q_L + Q_V = 2677.21$$

Q<sub>L</sub> = Flujo volumétrico de la fase líquida (m<sup>3</sup>/hr).

Q<sub>V</sub> = Flujo volumétrico de la fase vapor (m<sup>3</sup>/hr).

Cálculo del diámetro mínimo requerido (D).

$$D = \sqrt{\frac{Q_t}{0.785V}} \text{ (m)}$$

V = Velocidad recomendada de separación.

$$V = 0.107 \sqrt{\frac{\rho_L - \rho_V}{\rho_V}}$$

$\rho$  = Densidad en Kg/m<sup>3</sup>.





$$V = 0.107 \sqrt{\frac{595.657 - 66.5}{66.5}} = 0.302 \text{ m / seg} = 1087.2 \text{ m / hr}$$

$$D = \sqrt{\frac{2298}{0.785(1087.2)}} = 1.64 \text{ m} = 5.38 \text{ ft} \approx 5.5 \text{ ft}$$

Área mínima requerida para la separación ( $A_v$ )

$$A_v = \frac{Q_v}{V} \text{ (m}^2\text{)}$$

$$A_v = \frac{2298}{1087.2} = 2.11 \text{ m}^2$$

Cálculo del volumen de líquido residente ( $V_r$ )

$$V_r = Q_L \times \theta_r$$

$\theta_r$  = Tiempo de residencia.

$$V_r = 6.32 (5) = 31.6 \text{ m}^3$$

El tiempo de residencia es el tiempo mínimo que se requiere para permitir una separación adecuada del líquido y el gas, para este tipo de tanques, el tiempo tiene que ser al menos 5 minutos.

Cálculo del diámetro requerido para almacenar líquido.

$$D = \sqrt[3]{\frac{V_r}{0.785 L / D}}$$

$L/D$  = Se sugiere un valor ( $1 \leq L/D \leq 5$ ) en función de la presión de operación (2.5).

$$D = \sqrt[3]{\frac{31.6}{0.785 (2.5)}} = 2.52 \text{ m} = 8.27 \text{ ft} \approx 8.5 \text{ ft (comerciales)}$$


 Elaboro: VPB  
 Reviso: PALA, FTS,

 Revisión: 0  
 Fecha: Octubre 1997

Cálculo del área disponible para el líquido ( $A_L$ ).

$$A_L = \frac{\pi D^2}{4} = 0.785(2.52)^2 = 5 \text{ m}^2$$

Determinar el área total  $A_T$

$$A_T = A_V + A_L$$

$$A_T = 5 + 2.11 = 7.1 \text{ m}^2$$

Determinar el diámetro total  $D_T$

$$D_T = \sqrt{\frac{A_T}{0.785}}$$

$$D_T = \sqrt{\frac{7.1}{0.785}} = 3 \text{ m} = 9.86 \text{ ft} \approx 10 \text{ ft}$$

Determinación del área transversal ocupada por el líquido en el nivel mínimo ( $A_b$ ).

Para su cálculo, se obtiene la relación  $h_b/D$ , que es la relación entre la altura del nivel mínimo y el diámetro del recipiente. Esta relación es directamente proporcional a la relación entre el área transversal del nivel mínimo y el área total del tanque ( $A_b/A_T$ ). Una vez obtenida la relación  $A_b/A_T$ , se multiplica ésta por el valor  $A_T$  y se determina  $A_b$ .

$h_b$  se fija en 15 cm (0.5 ft) por la práctica normalizada de proporcionar un sello de líquido en el tanque.

$$\frac{h_b}{D} = \frac{0.15}{3} = 0.05$$

$$\frac{A_b}{A_T} = 0.0187 \text{ (tablas)}$$

$$A_b = 0.0187 (7.1) = 0.133 \text{ m}^2$$



Elaboro: VPB

Revisión: 0

Reviso: PALA, FTS,

Fecha: Octubre 1997

Determinación del área transversal que ocupa el vapor sobre el nivel máximo ( $A_V$ ).

El cálculo de esta área, esta en función de la velocidad recomendada de separación y el flujo volumétrico del gas ( $Q_V/V$ ). Esta variable se comprueba de la siguiente manera: Se calcula la relación entre el área mínima para el vapor, sobre el área total ( $A_V/A_T$ ), esta relación esta en función directa con el cociente de la altura mínima del espacio vapor y el diámetro del recipiente  $h_v/D$ .

$$\frac{A_V}{A_T} = \frac{2.11}{7.1} = 0.2972 \quad \frac{h_v}{D} = 0.3380 \text{ (tablas)}$$

Con este dato se calcula  $h_v$  y este no debe ser menor al especificado para recipientes con malla separadora que es de 457 mm (1.5 ft).

$$h_v = 0.3380 (3) = 1 \text{ m} \approx 3.28 \text{ ft}$$

La altura que resulte mayor será la considerada para la estimación de  $A_V$  y el cálculo de  $A_L$  por la siguiente expresión:

$$A_L = A_T - (A_V + A_S)$$

$$A_L = 7.1 - (2.11 + 0.133) = 4.86 \text{ m}^2$$

Determinación de la longitud del recipiente (L).

$$L = \frac{V_R}{A_L}$$

$$L = \frac{31.6}{4.86} = 6.5 \text{ m} = 21.32 \text{ ft} \approx 24 \text{ ft}$$

Por lo tanto la  $\frac{L}{D} = \frac{24}{10} = 2.4$



**Predimensionamiento del rectificador primario FA-102.**

Siguiendo la misma metodología de cálculo empleada en el separador horizontal FA-101; calculamos los rectificadores FA-102 y FA-103; tomando en cuenta que estos se consideran verticales.

Cálculo de los flujos volumétricos para las dos fases.

$$Q = \frac{W}{\rho}$$

Q = Gasto volumétrico en m<sup>3</sup>/hr.

W = Gasto en masa Kg/Hr.

ρ = Densidad en Kg/m<sup>3</sup>.

Como en el balance la corriente líquida que sale del rectificador es igual a cero. Tomamos como criterio de diseño que existe 0.1 GPM por cada millón de pies cúbicos standard por día (MMPCD) por lo tanto:

$$Q_L = 2.72 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$Q_V = \frac{152817}{66.5} = 2298 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Cálculo del flujo volumétrico total (Q<sub>t</sub>).

$$Q_t = Q_L + Q_V = 2300.72$$

Q<sub>L</sub> = Flujo volumétrico de la fase líquida (m<sup>3</sup>/hr).

Q<sub>V</sub> = Flujo volumétrico de la fase vapor (m<sup>3</sup>/hr).

Cálculo del diámetro mínimo requerido (D).

$$D = \sqrt{\frac{Q_V}{0.785V}} \text{ (m)}$$

V = Velocidad recomendada de separación.

$$V = 0.107 \sqrt{\frac{\rho_L - \rho_V}{\rho_V}}$$

ρ = Densidad en Kg/m<sup>3</sup>.



$$V = 0.107 \sqrt{\frac{595.657 - 66.5}{66.5}} = 0.302 \text{ m / seg} = 1087.2 \text{ m / hr}$$

$$D = \sqrt{\frac{2298}{0.785(1087.2)}} = 1.64 \text{ m} = 5.38 \text{ ft} \approx 5.5 \text{ ft}$$

Área requerida para la separación ( $A_t$ )

$$A_t = \frac{Q_v}{V} \text{ (m}^2\text{)}$$

$$A_t = \frac{2298}{1087.2} = 2.11 \text{ m}^2$$

Cálculo del volumen de líquido residente ( $V_r$ )

$$V_r = Q_L \times \theta_r$$

$\theta_r$  = Tiempo de residencia.

$$V_r = 0.045 (10) = 0.45 \text{ m}^3$$

El tiempo de residencia es el tiempo mínimo que se requiere para permitir una separación adecuada del líquido y el gas, por la cantidad de líquido a separar en este tanque se recomienda un tiempo de 10 min., este tiempo no tiene que ser menor a 5 minutos.

Cálculo de la altura entre el nivel máximo y mínimo ( $h_r$ ).

$$h_r = \frac{V_r}{A_t}$$

$$h_r = \frac{0.45}{2.11} = 0.21 \text{ m} = 0.7 \text{ ft}$$

Cálculo de la longitud total ( $L$ ).

$$L = h_t + s + h_v + h_{bn} + h_r + h_b$$



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
 ESCUELA DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGÓN

HOJA DE CÁLCULO  
 Batería de Separación de  
 Alta Presión

Elaboro: VPB

Revisión: 0

Reviso: PALA, FTS,

Fecha: Octubre 1997

$h_t$  = Espacio vapor arriba de la malla separadora, de acuerdo al diseño se considera igual a 305 mm (1 ft).

$s$  = Espesor de la malla separadora, de acuerdo al diseño se considera igual a 152.5 mm (0.5 ft).

$h_v$  = Altura del espacio vapor, siendo:

$$h_v = 0.2 \text{ DI} + 91 \text{ cm} = 0.2(5.5) + 3 = 4.1 \text{ ft}$$

$h_{bn}$  = Altura del nivel máximo, siendo:

$$h_{bn} = 0.2 \text{ DI} + 15.2 \text{ cm.} = 0.2(5.5) + 0.5 = 1.6 \text{ ft}$$

$h_b$  = Nivel mínimo del sello de líquido(0.5 ft).

$$\underline{L = 1 + 0.5 + 4.1 + 1.6 + 0.7 + 0.5 = 8.4 \text{ ft} \approx 10 \text{ ft}}$$



Elaboro: VPB

Revisión: 0

Reviso: PALA, FTS,

Fecha: Octubre 1997

### Predimensionamiento del rectificador secundario FA-103.

Cálculo de los flujos volumétricos para las dos fases.

$$Q = \frac{W}{\rho}$$

Q = Gasto volumétrico en m<sup>3</sup>/hr.

W = Gasto en masa Kg/Hr.

$\rho$  = Densidad en Kg/m<sup>3</sup>.

$$Q_L = \frac{8636}{576.876} = 14.97 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$Q_V = \frac{144181}{76.39} = 1887.43 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Cálculo del flujo volumétrico total (Q<sub>t</sub>).

$$Q_t = Q_L + Q_V = 1902.4$$

Q<sub>L</sub> = Flujo volumétrico de la fase líquida (m<sup>3</sup>/hr).

Q<sub>V</sub> = Flujo volumétrico de la fase vapor (m<sup>3</sup>/hr).

Cálculo del diámetro mínimo requerido (D).

$$D = \sqrt{\frac{Q_V}{0.785V}} \text{ (m)}$$

V = Velocidad recomendada de separación.

$$V = 0.107 \sqrt{\frac{\rho_L - \rho_V}{\rho_V}}$$

$\rho$  = Densidad en Kg/m<sup>3</sup>.

$$V = 0.107 \sqrt{\frac{576.876 - 76.39}{76.39}} = 0.274 \text{ m / seg} = 986.4 \text{ m / hr}$$

$$D = \sqrt{\frac{1887.43}{0.785(986.4)}} = 1.56 \text{ m} = 5.12 \text{ ft} \approx 5.5 \text{ ft}$$



Elaboro: VPB

Revisión: 0

Reviso: PALA, FTS,

Fecha: Octubre 1997

Area requerida para la separación ( $A_t$ )

$$A_t = \frac{Q_v}{V} (m^2)$$

$$A_t = \frac{1887.43}{986.4} = 1.91 m^2$$

Cálculo del volumen de líquido residente ( $V_r$ )

$$V_r = Q_L \times \theta_r$$

$\theta_r$  = Tiempo de residencia.

$$V_r = 2.5 (5) = 1.25 m^3$$

El tiempo de residencia es el tiempo mínimo que se requiere para permitir una separación adecuada del líquido y el gas, para este tipo de tanques, este tiempo no tiene que ser menor a 5 minutos.

Cálculo de la altura entre el nivel máximo y mínimo ( $h_r$ ).

$$h_r = \frac{V_r}{A_t}$$

$$h_r = \frac{1.25}{1.91} = 0.654 m = 2.15 ft$$

Cálculo de la longitud total (L).

$$L = h_t + s + h_v + h_{bn} + h_r + h_b$$

$h_t$  = Espacio vapor arriba de la malla separadora, de acuerdo al diseño se considera igual a 305 mm (1 ft)

$s$  = Espesor de la malla separadora, de acuerdo al diseño se considera igual a 152.5 mm (0.5 ft).

$h_v$  = Altura del espacio vapor, siendo:

$$h_v = 0.2 DI + 91 \text{ cm} = 0.2(5.5) + 3 = 4.1 \text{ ft}$$

$h_{bn}$  = Altura del nivel máximo, siendo:

$$h_{bn} = 0.2 DI + 15.2 \text{ cm.} = 0.2(5.5) + 0.5 = 1.6 \text{ ft}$$

$h_b$  = Nivel mínimo del sello de líquido (0.5 ft).

$$L = 1 + 0.5 + 4.1 + 1.6 + 2.15 + 0.5 = 9.85 \text{ ft} \approx 10 \text{ ft}$$





**Predimensionamiento térmico de enfriadores con aire.**

Para este tipo de intercambio los equipos recomendados son los enfriadores con aire, este tipo de intercambiadores que pertenecen a la clasificación de equipos de superficie extendida (tubos aletados), se seleccionan principalmente para mejorar la transferencia de calor de un gas o vapor en uno o ambos lados del cambiador, cuando su coeficiente de transferencia de calor es bajo. Su aplicación clásica es el uso de tubos aletados en los enfriadores con aire para la condensación de vapores.

En seguida se describe la metodología que se utilizó para el predimensionamiento de este tipo de enfriadores.

a) Datos requeridos para el fluido de proceso:

Fase; propiedades físicas: densidad, calor específico, viscosidad, conductividad térmica; temperatura promedio, carga térmica (Q); flujo (W); temperatura de entrada y salida ( $T_1$ ,  $T_2$ ); factor de ensuciamiento ( $R_d \text{ mín.} = 0.0002 \text{ H m}^2 \text{ }^\circ\text{C/KCal}$ ); caída de presión permitida.

b) Datos requeridos para el aire.

Temperatura ambiente ( $t_1 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ ) = 86 °F.  
 Altitud: Nivel del mar.

c) Suposiciones básicas.

Este tipo de suposiciones están apoyadas en gran cantidad de investigaciones y recomendaciones.

Arreglo de los tubos	Triangular
Tubo	Aletado
Pitch de tubo	2½
Tipo	Tiro forzado
Diámetro exterior	1"
Altura de las aletas	Varía de 0.5 a 0.625 de pulgada
Número usual de aletas por pulgada	Transversalmente, oscilan de 7 a 11 (tomamos 10)



Elaboro: VPB

Revisión: 0

Reviso: PALA, FTS,

Fecha: Octubre 1997

 d) Determinación del coeficiente de transferencia global ( $U_x$ ):

Se obtiene de los recomendados de acuerdo al método y se obtiene con los siguientes datos:

Altura de aletas.

Número de aletas/pulgada de tubo.

 Este valor varía de a 4 a 5  $\frac{\text{BTU}}{\text{Hr ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}}$ .

Presión del gas a enfriar.

 e) Gradiente de temperatura del aire ( $\Delta T_a$ )

$$\Delta T_a = \left( \frac{U_x + 1}{\# \text{ ALET} / \text{P lg. tubo}} \right) \left( \frac{T_1 + T_2}{2} - t_1 \right)$$

$$\Delta T_a = \left( \frac{5 + 1}{10} \right) \left( \frac{203 + 125.6}{2} - 86 \right) = 47 \text{ } ^\circ\text{F}$$

## f) Cálculo de la diferencia de temperaturas media logarítmica (LMTD):

$$LMTD = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln (\Delta T_1 / \Delta T_2)}$$

$$LMTD = \frac{70 - 39.6}{\ln 1.78} = 53.36 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Corrección del LMTD.

$$P = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1}$$

$$P = \frac{133 - 86}{203 - 86} = 0.4$$

$$R = \frac{T_1 - T_2}{t_2 - t_1}$$

$$R = \frac{203 - 125.6}{133 - 86} = 1.65$$



Elaboro: VPB

Revisión: 0

Reviso: PALA, FTS,

Fecha: Octubre 1997

$$F = 0.96 \text{ (tabla)}$$

$$\Delta T_m = 53.36(0.96) = 51.22 \text{ } ^\circ F$$

g) Cálculo del área de transferencia de calor requerido ( $A_x$ ):

$$A_x = \frac{Q}{U_x LMTD}$$

$$A_x = \frac{17888888}{5(51.22)} = 69851.12 \text{ ft}^2 \approx 6489.17 \text{ m}^2$$

h) Se determina el área de transferencia de calor por  $\text{ft}^2$  de área de proyección del banco de tubos (APSF) en función del espaciamiento de tubos, arreglos y suposición del número de camas de tubos.

El espaciamiento de tubos por el arreglo es de:  $\Delta = 2.25$

El número de camas será de 6

Por lo tanto el APSF = 178.2 (tablas)

i) Cálculo del área de proyección total ( $F_a$ ):

$$F_a = \frac{F_x}{APSF} = \frac{\text{transferencia}}{\frac{\text{transferencia}}{\text{área de proyección}}} = \text{área de proyección} \quad F_a = \frac{69851.12}{178.2} = 392 \text{ ft}^2$$

j) Cálculo del ancho de la unidad (WTH), suponiendo una longitud de tubos (L).

$$WTH = \frac{F_a}{L} = m$$

suponemos que  $L = 20 \text{ ft}$

$$WTH = \frac{392}{20} = 19.6 \text{ ft} \approx 20 \text{ ft} = 6.1 \text{ m}$$

k) Obtención del área de transferencia de calor por m de longitud de tubo aletado (APF), en función de los dimensiones de los tubos aletados.

Entonces  $APF = 5.58$



Elaboro: VPB

Revisión: 0

Reviso: PALA, FTS,

Fecha: Octubre 1997

l) Cálculo del número de tubos aletados ( $N_t$ ):

$$N_t = \frac{A_r}{(APF)(L)}$$

$$N_t = \frac{69851.12}{(5.58)(20)} = 626$$

m) Cálculo de la masa velocidad del fluido de proceso ( $G_t$ ), suponiendo un número de pasos ( $N_p = 2$ )

$$A_t = 1'' \text{ OD (16 BWG)} = 0.5945 \text{ in}^2$$

$$G_t = \frac{144 (W_t) (N_p)}{3600 (N_t) (A_t)} = \text{lb/ft}^2 - \text{seg}$$

$$G_t = \frac{((0.4) (336900.35) (2))}{(626) (0.5945)} = 72.42 \text{ lb/ft}^2 - \text{seg}$$

n) Cálculo de la caída de presión del lado de los tubos ( $\Delta P_t$ ):

$$\Delta P_t = \frac{f Y L N_p}{\varnothing} + B (N_p)$$

En donde:  $f$  = Factor de fricción, para su determinación se calcula el número de Reynolds ( $N_r$ )

$$N_r = \frac{(D_i) (G_t)}{\mu}$$

$$N_r = \frac{(0.87) (72.42)}{0.015} = 4200.36$$

Con  $G_t$  y la densidad del gas, se obtienen los factores de corrección  $y = 7$  y  $B = 0.07$

Con el número de Reynolds se obtiene de gráficas el factor de fricción ( $f$ ).

De la grafica  $f = 0.0012$



Elaboro: VPB

Revisión: 0

Reviso: PALA, FTS,

Fecha: Octubre 1997

Como  $\mu \approx \mu_w = 1 \Rightarrow \phi = 1$

$$\Delta P_t = \frac{(0.0012)(7)(20)(2)}{(1)} + 0.07 (2) = 0.476$$

ñ) Cálculo del flujo másico del aire ( $W_a$ ):

$$W_a = \frac{Q}{C_p \text{ aire } \Delta T_a} = (\text{lb} / \text{Hr}) \quad C_p \text{ aire} = 0.24 \text{ KCal/Kg } ^\circ\text{C}$$

$$W_a = \frac{17888888}{0.24(47)} = 1585894.33 (\text{lb} / \text{Hr})$$

o) Cálculo de la masa velocidad del aire ( $G_a$ ).

$$G_a = \frac{W_a}{F_a} (\text{lb} / \text{Hr ft}^2) \quad G_a = \frac{1585894.33}{392} = 4045.65 (\text{lb} / \text{hr ft}^2)$$

p) Cálculo del área cubierta por cada ventilador (FAFP).

Para su cálculo se supone el número de ventiladores (4), así como el porcentaje de área de proyección que cubra el ventilador, se considera de un 40%.

$$FAFP = \frac{0.40 F_a}{\text{No. de vent.}} \quad FAFP = \frac{0.40 (392)}{4} = 39.2 \text{ ft}^2$$

q) Cálculo del diámetro del ventilador (D).

$$D = \sqrt{\frac{FAFP}{0.785}} \quad D = \sqrt{\frac{39.2}{0.785}} = 7.07 \approx 7.5 \text{ ft}$$



Elaboro: VPB

Revisión: 0

Reviso: PALA, FTS,

Fecha: Octubre 1997

r) Cálculo de la presión estática del aire ( $\Delta P_a$ ).

$$\Delta P_a = \frac{(FP) (\text{Número de camas de tubos})}{DR}$$

$$\Delta P_a = \frac{(0.22) (6)}{0.97} = 1.36$$

En donde:

FP = Factor de caída de presión del lado del aire: Se determina gráficamente en función de Ga.

DR = Relación de densidad del aire, se obtiene en función de la altitud y la temperatura ambiente.

$$FP = 0.22$$

$$DR = 0.97$$

s) Cálculo del flujo volumétrico real del aire (ACFM)).

$$ACFM = \frac{0.222 \text{ } Wa}{(DR)} \quad (Ft^3 / Hr)$$

$$ACFM = \frac{0.222 (1585894.33)}{(0.97)} = 362957.26$$

$$\therefore ACFM = \frac{362957.26}{4} = 90739.3 \quad \text{para cada uno}$$

t) Cálculo de la presión del ventilador aproximada (PF):

$$PF = \Delta P_a + \left( \frac{ACMF / \text{VENTILADR}}{4000 (0.785) D^2} \right)^2 \quad (DR)$$

D = Diámetro del ventilador

$$PF = 1.36 + \left( \frac{90739.3}{4000 (0.785) (7.5)^2} \right)^2 (0.97) = 1.62$$



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
 ESCUELA DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON

HOJA DE CALCULO  
 Batería de Separación de  
 Alta Presión

Elaboro: VPB

Revisión: 0

Reviso: PALA, FTS,

Fecha: Octubre 1997

u) Cálculo de la potencia del ventilador (HP).

$$HP = \frac{(ACFM / VENTILADORES) (PF)}{6370 (\% EFICIENCIA)}$$

Se supone una eficiencia del motor de 70%

$$HP = \frac{(90739.3) (1.62)}{6370 (0.7)} = 32.97 \approx 40$$

Siguiendo la metodología plasmada anteriormente se obtienen las características principales de estos equipos.

- 1.- Superficie extendida 69851.12 ft<sup>2</sup>
- 2.- Cuatro unidades de 10 ft x 10 ft
- 3.- Cuatro ventiladores D = 7.5 ft
- 4.- Cuatro motores de 40 HP



Elaboro: VPB

Revisión: 0

Reviso: PALA, FTS,

Fecha: Octubre 1997

### Dimensionamiento hidráulico de las bombas de proceso.

En este trabajo se seleccionó a las bombas de tipo centrífugo porque tienen las siguientes características:

- El flujo de descarga está prácticamente libre de variaciones.
- Su diseño mecánico le permite manejar grandes volúmenes de líquido, por lo que su capacidad raramente es una limitación.
- Tiene un gran rango de cabezas de descarga (Presión).
- Bajo costo de mantenimiento.
- Seguridad de operación.

Para las bombas de agua contra incendio horizontales (GA-200/R):

Cálculo de la diferencia de presiones ( $\Delta P$ ).

$$\Delta P = P_{desc} - P_{succ}$$

$\Delta p$  = Diferencia entre la presión de descarga y de succión de la bomba.

$$P_{desc} = 99.56 \text{ psi}$$

$$P_{succ} = H - \Delta_{fricción}$$

$$\Delta_{fricción} = 0$$

$$H = \text{Altura de la bomba}$$

$$H = 1.3 \text{ psi}$$

$$\Delta P = 99.56 - 1.3 = 98.26 \text{ psi}$$

Potencia del freno.

La potencia que la bomba recibe del accionador (motor), es la potencia conocida como BHP o potencia al freno:

$$BHP = \frac{GPM (\Delta p)}{1715 (\eta)}$$

GPM = 2000 Galones por minuto.

$\eta$  = Eficiencia, se considera de 0.60

$$BHP = \frac{2000 (98.26)}{1715 (0.6)} = 191 \approx 200$$





Elaboro: VPB

Revisión: 0

Reviso: PALA, FTS,

Fecha: Octubre 1997

Para la bomba del pozo de captación de agua vertical (GA-201):

Calculo de la diferencia de presiones ( $\Delta P$ ).

$$\Delta P = P_{desc} - P_{succ}$$

$\Delta p$  = Diferencia entre la presión de descarga y de succión de la bomba.

$$P_{desc} = 35.56 \text{ psi}$$

$$P_{succ} = H - \Delta_{fricción}$$

$$\Delta_{fricción} = 0$$

$$H = \text{Altura de la bomba}$$

$$H = (-70.85) \text{ psi}$$

$$\Delta P = 35.56 + 70.85 = 106.41 \text{ psi}$$

Potencia del freno.

La potencia que la bomba recibe del accionador (motor), es la potencia conocida como BHP o potencia al freno:

$$BHP = \frac{GPM (\Delta p)}{1715 (\eta)}$$

GPM = 500 Galones por minuto.

$\eta$  = Eficiencia, se considera de 0.60

$$BHP = \frac{500 (106.41)}{1715 (0.6)} = 51.7 \approx 60$$



Elaboro: VPB

Revisión: 0

Reviso: PALA, FTS,

Fecha: Octubre 1997

Para la bomba de aceite recuperado vertical (GA-202):

Calculo de la diferencia de presiones ( $\Delta P$ ).

$$\Delta P = P_{\text{desc}} - P_{\text{succ}}$$

$\Delta p$  = Diferencia entre la presión de descarga y de succión de la bomba.

$$P_{\text{desc}} = 56.9 \text{ psi}$$

$$P_{\text{succ}} = H - \Delta_{\text{fricción}}$$

$$\Delta_{\text{fricción}} = 0$$

$$H = \text{Altura de la bomba}$$

$$H = (-2.8) \text{ psi}$$

$$\Delta P = 56.9 + 2.8 = 59.7 \text{ psi}$$

Potencia del freno.


La potencia que la bomba recibe del accionador (motor), es la potencia conocida como BHP o potencia al freno:

$$BHP = \frac{GPM (\Delta p)}{1715 (\eta)}$$

GPM = 50 Galones por minuto.

$\eta$  = Eficiencia, se considera de 0.60

$$BHP = \frac{50 (59.7)}{1715 (0.6)} = 2.9 \approx 4$$

	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	LISTA DE EQUIPO	
	ESCUELA DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGÓN	Batería de Separación de Alta Presión	
		Elaboro: VPB	Revisión: 0
		Reviso: PALA, FTS	Fecha: Octubre 1997

## LISTA DE EQUIPO PRINCIPAL DE PROCESO

CLAVE	DESCRIPCION	CARACTERISTICAS POR EQUIPO	No. DE EQUIPOS
FA-101	Separador bifásico de alta presión.	3048 mm D.I. x 7315 mm Long. T-T.	1
FA-102	Rectificador primario.	1676 mm D.I. x 3048 mm Long. T-T.	1
FA-103	Rectificador secundario.	1676 mm D.I. x 3048 mm Long. T-T.	1
EC-101 AD	Enfriador de gas (soloaires)	4508 Mkal/Hr x 1.1	4
GA-200	Bomba de agua contraincendio con motor eléctrico.	2000 GPM x 1.1, (7560 LPM) $\Delta P = 6.9 \text{ Kg/cm}^2$	1
GA-200/R	Bomba de agua contraincendio con motor diesel.	2000 GPM x 1.1, (7560 LPM) $\Delta P = 6.9 \text{ Kg/cm}^2$	1
GA-201 AD	Bomba de agua de pozo.	500 GPM x 1.1, (1890 LPM) $\Delta P = 7.5 \text{ Kg/cm}^2$	4
GA-202	Bomba de aceite recuperado	50 GPM x 1.1, (189 LPM) $\Delta P = 4.2 \text{ Kg/cm}^2$	1
FB-101	Tanque de agua contrincendio	CAP = 10000 BLS	1
TD-1	Tanque de almacenamiento	CAP = 200 LTS	1

### 2.1.6.- Esquema de localización general de equipo.

El esquema de localización general de equipo es el documento de ingeniería básica, fundamental para el diseño y construcción de una instalación de proceso. En él muestran distribuidos y localizados en forma lógica cada uno de los equipos que conforman el proceso, además del cuarto de control, racks de tuberías, servicios auxiliares, caminos, vías de acceso y todo lo necesario para la operación segura y eficiente de la instalación.

El arreglo del equipo para cualquier instalación, debe considerar la dirección de los vientos y los espacios adecuados para su correcta operación y mantenimiento.

En particular, el plano o esquema de localización general de equipo para la batería de separación, muestra la localización de los equipos que intervienen en el proceso y sus características más importantes. Este esquema elaborado a escala, proporciona las dimensiones y áreas de operación y mantenimiento de todos los equipos de proceso. Esta información es necesaria para llevar a cabo la evaluación de la instalación.

La batería de separación cuenta con las siguientes secciones de proceso, servicios auxiliares e infraestructura:

- I. Separación.
  - Separación gas-aceite.
  
- II. Rectificación y enfriamiento.
  - Rectificación primaria de gas.
  - Enfriamiento de gas.
  - Rectificación secundaria de gas.

### III Servicios auxiliares.

- Aire de instrumentos.
- Inyección de reactivos químicos.
- Drenaje sanitario.
- Desfogue y quemadores.

### IV Infraestructura.

- Urbanización.
- Red de agua contra incendio.
- Cuarto de operadores.
- Mástil de telecomunicaciones.
- Subestación eléctrica.
- Rack de tuberías.
- Cobertizos.

El arreglo del equipo que conforma cada una de estas secciones, se muestra en el esquema de localización de equipo siguiente (DIB. No. 010).



FALTA PAGINA

No. 63

### 2.1.7.- Esquemas de tubería e instrumentación.

Los diagramas de tubería e instrumentación (DTI) son los documentos de ingeniería básica que se elaboran a partir del esquema de flujo de proceso con la finalidad de representar el proceso y su filosofía operacional de cada una de las secciones, compuesto por equipos, tuberías, instrumentación, válvulas de control, válvulas de seguridad y accesorios.

Mediante este documento el esquema de localización de equipo y las características de los equipos, las demás especialidades involucradas en la ingeniería de detalle elaboran sus documentos base para poder construir e instalar lo que el DTI representa.

Para cualquier proyecto en etapa de evaluación técnico económica se emiten solo esquemas de tubería e instrumentación (ETI), ya que no se calcula con detalle la instrumentación y tubería.

Los siguientes ETI's nos muestran ciertas características de los equipos de proceso, instrumentación, válvulas y tuberías, las cuales nos ayudaran a definir el costo de inversión.

El primer ETI (DIB. No. 020) nos muestra la simbología de instrumentos, elementos de medición, válvulas y accesorios en tuberías, código de tuberías, tuberías y accesorios en tuberías, los dibujos de referencia y notas generales.

El segundo ETI (DIB. No. 021) nos muestra el separador bifásico (FA-101) y el rectificador primario (FA-102) en la etapa de separación de crudo y su envío a batería, además la rectificación primaria del gas.

En el tercer ETI (DIB. No. 022) nos muestra los soloaires y el rectificador secundario (FA-103) en la etapa de enfriamiento de gas, rectificación secundaria e inyección de inhibidor de corrosión para su envío a petroquímica.



FALTA PAGINA

No. 65, 66, 67







### 2.1.8.- Servicios auxiliares.

En este punto se describen los requerimientos de servicios para el proceso. Especificaciones generales y el alcance de los trabajos, para el cálculo, diseño, fabricación, suministro, instalación, puesta en operación y mantenimiento de los servicios listados y descritos a continuación:

- Aire de instrumentos.
- Drenaje aceitoso abierto y cerrado.
- Sistema de desfogue y quemadores (elevado y de fosa).
- Encendido electrónico.
- Inyección de inhibidor de corrosión.

Aire de instrumentos.

Este sistema tiene como función suministrar aire seco y libre de impurezas a la instrumentación neumática que controla el proceso.

Especificación del sistema.

- a).- El sistema debe tener capacidad para manejar un flujo de aire máximo estimado de 1.7 metros cúbicos estándar por minuto (MCSM), para suministro de los instrumentos de control y accionadores de válvulas de control de presión y nivel:
- b).- Se deben considerar dos unidades de compresión de aire, una en operación normal y otra de relevo.

El equipo listado a continuación se deberá suministrar por partida doble, montado en un patín rígido de acero estructural.

- Compresor recíprocante del tipo no lubricado de dos etapas, enfriado por aire.
- Motor eléctrico de inducción, tropicalizado.
- Interenfriador.
- Postenfriador.
- Filtros de aire.
- Separador de agua condensada.
- Tablero de control local.
- Lote de instrumentos, tubería y conduits eléctricos.

El equipo listado a continuación se deberá montar en un segundo patín de características similares al anterior:

- Secadora de aire tipo regenerativa, de doble torre con alúmina como agente desecante.
  - Tablero de control local.
  - Prefiltro.
  - Postfiltro.
  - Tanque acumulador de aire.
  - Lote de instrumentación, tubería y conduits eléctricos.
- c).- Los compresores deben tener la potencia para mantener una presión en la red de 8.8 Kg<sup>2</sup>/cm man.
- d).- Se debe contemplar el accionamiento del compresor de relevo y sistema de secado en forma automática a falla del que esté operando, mediante un control local en forma eficiente y segura.
- e).- El equipo de compresión debe estar bajo techo para protección contra la intemperie, con la ventilación adecuada.

Drenaje aceitoso.

Este sistema tiene como función coleccionar y desalojar los desechos aceitosos de equipos e instrumentos que van a ser drenados periódicamente. El cual está compuesto de drenaje abierto y cerrado.

Especificación drenaje cerrado.

El sistema debe tener capacidad para manejar los efluentes aceitosos generados en operación normal o mantenimiento.

- Separador bifásico de alta presión.
- Rectificadores de alta presión.
- Purgas de instrumentos.

Se debe proporcionar e interconectar los drenajes de los fondos del separador y de los rectificadores a una línea de drenaje cerrado que se ubicará en el mismo rack de tuberías de proceso e interconexión de esta línea con el quemador de líquidos (fosa).

Especificación del drenaje abierto.

Se debe instalar la red de drenaje aceitoso abierto, de acuerdo a los volúmenes máximos esperados, realizando las interconexiones correspondientes para que su desalojo sea hacia la fosa API.

Sistema de desfogue y quemadores.

Este sistema tiene como función coleccionar y enviar al quemador los desfogues de alta presión provenientes de los equipos de proceso, que en determinado momento puedan presentar un aumento excesivo de presión.

Especificación del sistema.

- a).- El sistema debe tener como función coleccionar y enviar hacia el quemador en situación de emergencia los desfogues de los equipos de proceso y del sistema de regulación de presión.  
Debido a las características del gas, los desfogues y venteos de los equipos de proceso deben canalizarse al quemador elevado el cual debe tener la altura suficiente para garantizar una adecuada dispersión de los productos contaminantes y radiación permisible.
- b).- Se debe utilizar un sistema de desfogue cerrado, con el propósito de evitar emisiones atmosféricas de hidrocarburos así como mezclas explosivas.
- c).- El sistema cerrado para los desfogues de gas, consistirá de un cabezal y ramales, a los cuales se integrarán las descargas de los dispositivos de seguridad de los recipientes, conduciendo la masa relevada hacia el quemador.
- e).- El sistema de desfogue debe estar constituido principalmente por el siguiente equipo:
  - Cabezal de desfogue hasta cada quemador.
  - Ramales de los dispositivos de seguridad.
  - Paquete de regulación de presión a base de válvulas controladoras de presión automática y un by-pass para operación manual del desfogue.
  - Quemador elevado de hidrocarburos gaseosos.
  - Boquillas para quemador de fosa para hidrocarburos líquidos.

- f).- Todas las válvulas de seguridad deberán diseñarse como elementos del tipo balanceado.
- g).- El arreglo de las válvulas de seguridad de los recipientes de proceso, deben diseñarse para que su instalación sea lo más abajo posible sobre la tubería, debiendo tener el acceso adecuado, para su inspección y mantenimiento.

#### Encendido electrónico.

Este sistema tiene como función obtener una ignición eficiente continua o intermitente de los quemadores que se utilizarán para manejar el gas y líquidos provenientes del control de presión, desfuegos y drenajes de los equipos involucrados.

#### Inyección de inhibidor de corrosión.

Este sistema tiene como función proporcionar la dosificación adecuada de inhibidor de corrosión en la línea de envío de gas de alta presión.

La inyección de este producto debe mantener una protección adecuada del interior de las tuberías y los equipos, evitando el ataque corrosivo del  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  y  $\text{H}_2\text{O}$ .

#### Especificación del sistema.

- a).- El sistema debe ser suministrado en un patín rígido de acero estructural; que contenga un tanque acumulador y dos bombas de desplazamiento positivo.
- b).- El equipo que conforma el sistema de inyección deberá estar bajo techo para protección contra la intemperie, con la ventilación adecuada.



Tabla resumen de los servicios auxiliares:

SERVICIOS	CARACTERISTICAS	CANTIDAD	UNIDAD
Aire de instrumentos.	Dos compresores (Q=60 PCSM, $P_D=8.8$ kg/cm <sup>2</sup> ), una secadora (Q=60 PCSM), accesorios, tubería, lote de instrumentación y patín estructural. Dimensiones A = 1500 mm x L = 3000 mm.	1	Paq.
Drenaje aceitoso abierto.	Fosa API, accesorios, tubería e instrumentación. Dimensiones A = 2400 mm x L = 6000 mm. H = 2000 mm..	1	Pza.
Lote de tubería	De acero al carbón ASTM A53 Gr. B, cédula 80 y $\varnothing = 2''$	70	m
Drenaje aceitoso cerrado.	Quemador de fosa, boquillas de $\varnothing=8''$ , accesorios, tubería e instrumentación. Dimensiones H = 2000 mm. A = 35000 mm x L = 35000 mm.	1	Pza.
Lote de tubería	De acero al carbón ASTM A53 Gr. B, cédula 80 y $\varnothing = 2''$	70	m
Drenaje sanitario.	Paquete de tratamiento de aguas negras y jabonosas, Cap=1000 LPD, accesorios, tubería e instrumentación	1	Paq.
Desfogue.	Quemador elevado, boquilla de $\varnothing=4''$ , accesorios, tubería e instrumentación para 120 MMPCSD. H = 30000 mm	1	Pza.
Lote de tubería	Diám. = 24'', acero al carbón ASTM A-53 Gr. B,	164	m
Encendido electrónico.	Suministro eléctrico 220 V, tres pilotos, suministro de gas combustible a pilotos, tres termopares, sistema retráctil, controladores, tablero independiente de encendido y software de control digital.	2	Paq.
Inyección de inhibidor de corrosión.	Tanque de almacenamiento, bomba de inyección de inhibidor de corrosión, control digital, lote de instrumentación, tubería y conduits eléctricos. Dimensiones A = 1500 mm x L = 3000 mm.	1	Paq.

### 2.1.9.- Instrumentación y control.

Alcance.

Se requiere el suministro, instalación y puesta en operación la instrumentación, equipo, dispositivos y accesorios necesarios para el control local y monitoreo remoto garantizando la seguridad y óptimo funcionamiento de la instalación.

El sistema de instrumentación, monitoreo, control y seguridad para la batería de separación de alta presión tiene como alcance:

1. Monitoreo de las condiciones operativas principales de la batería, como son: flujo, nivel, presión y temperatura
2. Control modulante sobre el nivel de separadores y presión de operación.
3. Seguridad a través de la detección de gas y fuego y su correspondiente acción de paro de emergencia.

Descripción funcional (arquitectura).

En el cuarto de control de la batería. Ubicado en un área segura, se instalarán los equipos del sistema para desarrollar las siguientes funciones:

- Recolección de datos (señales) provenientes de las áreas o equipos de la batería, a través de una unidad de procesamiento maestra (UPM).
- Procesamiento de la información recolectada para generar alarmas, acciones de control y cálculos de flujo a través de la (UPM).
- Monitoreo de las condiciones operativas y alarmas de la batería a través de estaciones de trabajo (WS).
- Almacenamiento de información para futuro análisis estadístico, revisión de tendencias y generación de archivos históricos, con las WS.
- Generación de reportes diversos como alarmas, condiciones de operación, totalización de flujo, etc., a través de WS e impresora.
- Recolección confiable de información sobre alarmas para gas y fuego en la batería, a través de equipo triple modular redundante (TMR).
- Disponibilidad de transmitir información hacia otro centro de control, a través de un sistema de radio comunicación.
- Disponibilidad de comunicación telefónica.

En las diferentes áreas de la batería se requieren los transmisores para poder enviar información (señales) de los diferentes parámetros operativos y de seguridad hacia el cuarto de control. Las áreas a cubrir serán cabezal de pozos, medición de fluidos separados, rectificadores de gas, enfriadores de gas y servicios auxiliares.

En la figura siguiente de la sección se muestra un esquema con la arquitectura sugerida del sistema de instrumentación y control del proceso.

Componentes del sistema.

El sistema esta compuesto principalmente por instrumentación de campo, válvulas, unidades de procesamiento, computadoras e impresoras.

En relación al monitoreo, control y adquisición de datos del proceso de la batería y sus servicios auxiliares se tienen los componentes mostrados en la tabla siguiente:



Tabla resumen del equipo de instrumentación y control.

EQUIPO	CARACTERISTICAS	CANTIDAD	UNIDAD
Estación de trabajo (WS)	Computadora personal tipo industrial, con procesador Pentium, 64 MB RAM, disco duro 2 GB, drive 3½". Monitor 20" alta resolución, mouse, teclado industrial.	3	Pza.
Impresora láser	Velocidad 16 pág./min., 33 Hz, 4 MB expandible a 68, resolución 600 x 600 PDI, puerto paralelo y uno serial tipo RS232C.	1	Pza.
Unidad de procesamiento (UPM)	Tipo DPC, memoria RAM 512 Kb, comunicación RS 423/485, gabinete metálico, señal de salida 4-20 mA y clasificación NEMA 7	1	Pza.
Equipo triple modular redundante	Tarjetas E/S analógicas y digitales, fuente de alimentación y memoria, módulos de comunicación TMR en gabinete.	1	Pza.
Transmisor de flujo (FT)	Tipo inteligente, alimentación 24 VCD, señal de salida 4-20 mA y clasificación NEMA 4X	2	Pza.
Transmisores de nivel (LT)	Tipo DPCELL (celda de presión diferencial) inteligente, alimentación 24 VCD, señal de salida 4-20 mA y clasificación NEMA 4X con seguridad intrínseca.	3	Pza.
Vidrio de nivel (LG)	Tipo reflex, 2 de una sección y 2 de tres secciones.	4	Pza.
Transmisores de presión (TP)	Tipo inteligente, alimentación 24 VCD, señal de salida 4-20 mA y clasificación NEMA 4X con seguridad intrínseca.	9	Pza.
Manómetro (PI)	Tipo Burdon, carátula 4 ½", graduado en kg/cm <sup>2</sup> y cubierta de cristal inastillable.	6	Pza.
Transmisores de temperatura (TT)	Sensor termopar "J" o RTD, tipo inteligente, alimentación 24 VCD, señal de salida 4-20 mA y clasificación NEMA 4X con seguridad intrínseca.	5	Pza.
Termómetro bimetalico (TI)	Termopar "J" o RTD con termopozo integrado, carátula 5", graduado en °C y posición de la carátula ángulo variable.	5	Pza.
Placa de orificio fitting (FE)	Orificio concentrico de 12", acero inoxidable 316, instalada en fitting de doble cámara.	2	Pza.
Válvulas de control	Tipo globo, tamaño 12", con actuador neumático tipo diafragma, filtro regulador y posicionador neumático	6	Pza.
Válvulas de corte	Tipo bola de 12", auto operada, con actuador hidroneumático.	2	Pza.
Válvulas de seguridad	Balanceada, bonete cerrado	3	Pza.

## 2.2.- Infraestructura.

### 2.2.1.- Seguridad industrial.

Alcance:

Se requiere el suministro e instalación del sistema de bombeo de agua contra incendio para controlar sofocar cualquier siniestro provocado por alguna fuga o exposición de gas o crudo en los equipos de proceso o en las líneas vivas, manteniendo la seguridad de las instalaciones, incluyendo todos los equipos auxiliares y accesorios necesarios para un buen funcionamiento.

Especificaciones del sistema.

El sistema estará compuesto de bombas centrífugas horizontales tipo turbina, adecuadas para el manejo de agua proveniente del pozo de captación. Estas serán empleadas en un servicio intermitente del sistema de agua contra incendio. Las bombas serán accionadas por un motor eléctrico de inducción y un motor de combustión interna diesel, totalmente instrumentados por el servicio que se prevé.

El suministro deberá incluir como mínimo lo siguiente:

- a).- Dos (2) bombas centrífugas horizontales para el servicio de agua contra incendio.
- b).- Un (1) motor eléctrico de inducción, adecuado para la operación del servicio.
- c).- Un (1) motor de combustión interna diesel (MCID).
- d).- Coples.
- e).- Embragues mecánicos para el acoplamiento MCID con bomba centrífuga.
- f).- Base común para motor-bomba.
- g).- Accesorios necesarios para un buen funcionamiento y control.
- h).- Instrumentación necesaria (manómetros, termómetros, tacómetros, etc.) para la operación segura y confiable.
- i).- Tablero local de control.

El sistema esta integrado principalmente de motobombas y equipo portátil de extinción requerido en incidentes menores.

Tabla resumen del equipo de seguridad industrial.

EQUIPO	CARACTERISTICAS	CANTIDAD	UNIDAD
Bomba de agua contrincendio	Tipo centrifuga horizontal, potencia de 200 HP, Q = 2000 GPM (7560 LPM), accesorios, tubería, lote de instrumentación.	1	Pza.
Motor eléctrico.	De inducción, trifásico para 200 HP	1	Pza.
Bomba de agua contrincendio	Tipo centrifuga horizontal, potencia de 200 HP, Q = 2000 GPM (7560 LPM), accesorios, tubería, lote de instrumentación.	1	Pza.
Motor de combustión interna.	Tipo multicilindros, cuatro tiempos, servicio pesado e ignición por compresión, sistema de enfriamiento y sistema de disparo de seguridad para 200 HP	1	Pza.
Extintores portátiles	De polvo químico seco tipo ABC de 20 libras, para caseta de operadores.	1	Pza.
	De bióxido de carbono de 20 libras, para cuarto de control (CCM).	1	Pza.
	De polvo químico seco tipo ABC de 150 libras, montado sobre ruedas para el área de separación.	1	Pza.
	De polvo químico seco tipo ABC de 350 libras, montado sobre ruedas para el área de cabezales.	1	Pza.
Detector de gas tóxico.	Tipo inteligente, clasificación NEMA 7, señal de salida 4-20 mA, certificado, sensor de gas tóxico con principio electroquímico y rango de 0-100% LEL.	6	Pza.
Tanque de agua contraincendio	Capacidad de 10000 BLS.	1	Pza.
Bomba de captación de agua.	Tipo centrifuga vertical, potencia de 60 HP, Q = 500 GPM (1890 LPM), accesorios, tubería, lote de instrumentación.	1	Pza.

### 2.2.2.- Eléctrico.

Alcance.

Suministro e instalación de equipos, accesorios, materiales y conexiones eléctricas de acuerdo a las requerimientos de la instalación.

Descripción del sistema.

El sistema esta compuesto de :

- Subestación eléctrica.
- Tablero de distribución.
- CCM's.
- Sistema eléctrico para equipos de proceso.
  - Estaciones de botones.
  - Cajas de conexión y alambrado.
  - Motores eléctricos.
  - Alimentadores.

#### Subestación eléctrica.

Se suministrará un transformador tipo intemperie relación de voltaje 34.5/0.48 K.V., 500 K.V.A. y además cumpla con los siguientes requerimientos.

- Tipo OA.
- Servicio intemperie.
- Temperatura 65 °C sobre elevación respecto al ambiente promedio 30 °C y máxima 40 °C a la capacidad nominal.
- Conexión en el primario delta y en el secundario estrella con neutro fuera del tanque con cuatro derivaciones de 2.5% c/u 2 arriba y 2 abajo del voltaje nominal de alta tensión con impedancia garantizada.
- Frecuencia de operación 60 Hz.
- Altitud de operación a nivel de mar en clima húmedo y altamente corrosivo.
- Pintura acabado color verde tierno.

ESTA ES LA  
SALA DE LA SUBESTACION



- En el lado de alta tensión las boquillas estarán ubicadas en la parte superior del tanque.
- En el lado de baja tensión las boquillas estarán protegidas con garganta de lámina y tapa atornillada.
- Radiadores tipo tubular.
- Patín de soporte para anclarse en piso.

### Tablero de distribución de baja tensión (TDB)

El secundario del transformador alimentará a un tablero de distribución el cual contará con un interruptor principal, dos interruptores para el CCM y un gabinete para alojar al arrancador a tensión plena que alimentará en forma independiente a la bomba de agua contra incendio.

### Centro de control de motores.

Se deberá tener un centro de control de motores (CCM) a pruebas de intemperie que alimente a las siguientes cargas 480 volts.

- 4 Ventiladores de enfriadores ( $\approx 40$  HP c/u).
- 2 Compresores aire de instrumentos, uno en operación y otro de relevo ( $\approx 10$  HP c/u).
- 2 Bomba paquete químicos ( $\approx 1$  HP c/u), (1 en operación y 1 de relevo).
- 1 Bomba de agua contra incendio ( $\approx 200$  HP)
- 4 Bomba agua de captación de agua ( $\approx 60$  HP)
- 1 Bomba de recuperación de aceite ( $\approx 4$  HP)
- 1 Transformador tipo seco para alumbrado y distribución (20 KVA, 480-220/127 VCA).
- 1 Tablero con interruptores termomagnéticos para control de alumbrado interior, exterior, clima y U.P.S.

Todo el equipo que conforme el CCM (centro de control de motores) estará formado por gabinetes metálicos tipo intemperie.

La estructura, los accesorios y equipo que en el tablero se alojen deberán soportar los esfuerzos por la potencia de falla en el sistema de 600 Volts.

El control de los arrancadores será un interruptor selector de 3 posiciones "Automático-Fuera-Normal" y una estación de botones de arranque y paro.

La medición de voltaje-corriente se hará a través de un voltímetro y amperímetro digital con conmutador selector de fase.

El CCM contará con 1 interruptor de enlace el cual deberá ser de potencia, tipo electromagnético, de montaje removible y operación eléctrica; y deberá diseñarse para que su capacidad soporte la carga total en el momento que el sistema lo requiera.

El tablero deberá utilizar para protección de alimentadores, interruptores termomagnéticos de montaje removible.

El tablero incluirá en una de las secciones un transformador tipo seco para los servicios generales (alumbrado exterior, interno, clima, control, etc.) y un contactor magnético para el control del alumbrado exterior que será controlado externamente por una celda fotoeléctrica.

Se deberá incluir bus mímico sobre el frente del tablero.

#### Estaciones de botones.

Estaciones de botones para el control local de los motores eléctricos de los equipos:

- Enfriadores de gas.
- Motor eléctrico de la bomba de agua contraincendio.
- Motores eléctricos de la bomba dosificadora de químicos.
- Motores eléctricos de compresores de aire.
- Motor eléctrico de la bomba de captación de agua.
- Motor eléctrico de la bomba de recuperación de aceite.

En áreas no peligrosas las estaciones de botones serán de cuerpo de aluminio libre de cobre con acabado de laca de aluminio y flechas de operación de acero inoxidable, a prueba de agua e intemperie NEMA 3, 4 y 12. En áreas peligrosas las mismas deberán ser clase I grupos C y D.

Tabla resumen del sistema eléctrico.

EQUIPO	CARACTERISTICAS	CANTIDAD	UNIDAD
Subestación eléctrica	Tipo OA, servicio intemperie, 60 Hz, radiadores tipo tubular, patín de soporte con voltaje de 34.5/0.48 KV. y 500 KVA	1	Pza.
Tablero de distribución	Con interruptor principal y 2 para el CCM electromagnéticos a 480V.	1	Epo.
Centro de control de motores (CCM)	Con 6 secciones, tablero de alumbrado, voltímetro, amperímetro, interruptor de enlace, arrancador de baja tensión, transformador seco 20 KVA, 30 polos.	1	Epo.
Sistema electrico	Botoneraas, cables, conduits, accesorios, etc.	1	Pqte.

### 2.2.3.- Tuberías y soportería.

Alcance.

Se requiere el suministro e instalación de los sistemas de tuberías, válvulas, accesorios y conexiones, así como montar todas las soporterías de tuberías dentro de los límites de la batería.

Descripción del sistema.

El sistema de tuberías comprende lo siguiente:

- Cabezal de alimentación (mezcla).
- Tuberías de interconexión de separador, rectificadores, enfriadores, sistema de medición, regulación y dosificación de químicos.
- Cabezales de salida (gas y aceite).
- Cabezales de desfogues (líquidos y gas) y drenajes (alta presión).

Los arreglos de interconexión de la tubería con cada uno de los equipos se deberán hacer por medio de un rack sobre patines, previendo áreas necesarias de acceso, mantenimiento y operación. Se deberá prever que en futuro sea fácil desmantelar las tuberías, válvulas, instrumentos y equipos.

Todas las líneas de entrada, salida y de interconexión entre equipos, serán montadas sobre mochetas o sobre patín, soportadas adecuadamente.

Contemplar una red de suministro de aire para instrumentos y la alimentación a cada uno de éstos que requieran el servicio.

Deberá considerar boquillas de interconexión a límite de batería para la entrada y salida de productos, así como la de los desfogues y drenajes cuidando que la orientación sea como se indica en el arreglo de localización.

El tipo de tubería a utilizar es el siguiente:

- a. Aire de instrumentos: acero al carbón galvanizado A-53 Gr. B de 3/4" Ø a 1" Ø.
- b. Mezcla: acero al carbón ASTM A-53 Gr. B de 16" Ø.
- c. Aceite: acero al carbón ASTM A-53 Gr. B de 3" y 12" Ø.
- d. Gas amargo: acero al carbón ASTM A-53 Gr. B hasta 4", 6", 8" y 12" Ø.
- e. Desfogue: acero al carbón ASTM A-53 Gr. B de 24" Ø.

Toda la tubería deberá protegerse contra la corrosión mediante la aplicación de recubrimientos primario y secundario, se debe considerar radiografiado al 100% de las juntas por soldadura y pruebas hidrostáticas de cada uno de los sistemas de tubería.

Soportería.

Alcance.

Se requiere el suministro y colocación de la soportería adecuada para los diferentes sistemas de tubería, de tal manera que estos presenten un buen comportamiento estructural en condiciones generales de operación.

Descripción del sistema.

Los elementos de soporte requeridos tienen que ser de acero estructural y mocheta de concreto dependiendo del diámetro de la tubería.

Tabla resumen del sistema de tubería y soportería.

TUBERÍA DE PROCESO.	CARACTERÍSTICAS	CANTIDAD	UNIDAD
3" Ø Cédula 80 ASTM A-53 Gr. B	Tubería.	25	m
	Codo 90°	9	Pza.
	Codo 45°	1	Pza.
	Bridas.	6	Pza.
	Weldolet.	3	Pza.
4" Ø Cédula 80 ASTM A-53 Gr. B	Tubería.	14	m
	Codo 90°	3	Pza.
	Bridas.	4	Pza.
	Weldolet	3	Pza.
6" Ø Cédula 80 ASTM A-53 Gr. B	Tubería.	6	m
	Codo 90°	1	Pza.
	Bridas.	1	Pza.
	Weldolet.	1	Pza.
8" Ø Cédula 80 ASTM A-53 Gr. B	Tubería.	12	m
	Codo 90°	2	Pza.
	Bridas.	4	Pza.
	Weldolet.	2	Pza.
12" Ø Cédula 80 ASTM A-53 Gr. B	Tubería.	144	m
	Codo 90°	20	Pza.
	Codo 45°	6	Pza.
	Codo RL (radio largo).	3	Pza.
	Bridas.	11	Pza.
	Te.	3	Pza.
	Weldolet.	1	Pza.
16" Ø Cédula 80 ASTM A-53 Gr. B	Tubería.	46	m
	Codo 90°	3	Pza.
	Bridas.	1	Pza.
	Weldolet.	1	Pza.
24" Ø Cédula 80 ASTM A-53 Gr. B	Tubería.	164	m
	Bridas.	2	Pza.

### 2.2.4.- Arquitectura.

Cuarto de operadores.

Se necesita para la instrumentación y control un cuarto para (6) seis operadores, totalmente equipada con lo siguiente:

- Cuarto de operadores.
  - Silla y escritorio.
  - Area y base para UTR (unidad de transmisión remota) radio y teléfono.
  - Area para control.
  - Aire acondicionado.
  - Gabinetes para ropa y equipo.
  - Puertas y ventanas con protección de tela mosquitero.
- Cuarto de baño.
  - Inodoro.
  - Mingitorio.
  - Regadera.
- Cocineta.
- Servicios de alumbrado eléctrico y tomas de 110 y 220 volts C.A.

Deberá contar con los ventanales requeridos para tener una visión adecuada de la instalación, con posibilidad de ventilación natural a falla del equipo de aire acondicionado.

Cuarto de control de motores.

Se necesita para la distribución de los tableros de control en el CCM (centro de control de motores) los cuales ocuparán seis secciones; el cuarto estará equipado con:

- Area y base para el CCM.
- Aire acondicionado.
- Piso falso.
- Servicios de alumbrado eléctrico y tomas de 110 y 220 volts C.A.
- Puerta y ventana.

Tabla resumen de la arquitectura de la instalación.

Cuartos	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
De operadores	Con baño, cocineta y alumbrado eléctrico, además de considerar acabados en muros interiores y exteriores, piso, plafones, puertas, ventanas, instalación sanitaria e hidráulica.	48	m <sup>2</sup>
De control de motores	Con alumbrado eléctrico, además de considerar acabados en muros interiores y exteriores, pisos, plafones, puerta, ventana e instalación hidráulica.	32	m <sup>2</sup>



### 2.2.5.- Civil acero.

Alcance.

Se requiere la fabricación de estructuras de acero para el apoyo, buen funcionamiento y operación de los equipos que instalarán en la batería de separación de alta presión.

Descripción de las estructuras requeridas.

Bastidores de apoyo.

La estructuración de los bastidores de apoyo será de forma reticular y se requiere para recibir equipos paquete.

Cobertizos para resguardar paquetes.

Estos cobertizos se utilizarán para cubrir paquetes que contengan equipos de pequeñas o medianas dimensiones (por ejemplo paquete de aire de instrumentos, paquete de inyección de inhibidor de corrosión, sistemas de encendido electrónico incluyendo su tablero de operación, paquete de medición, etc.), siendo su función principal la de resguardar estos equipos de las condiciones climatológicas. La estructuración de estos cobertizos en su totalidad (columnas y techo) será fabricada a base de perfiles tubulares o perfiles laminados y la cubierta de techo a dos aguas deberá considerarse de lámina de acero acanalada.

Plataformas para operación de válvulas y/o acceso a instrumentos en equipos.

Se debe tener en cuenta la fabricación de plataformas y escaleras de acceso, las cuales prestarán el servicio para la operación de válvulas y/o acceso a instrumentos en los equipos que así lo requieran.

Las plataformas contarán con barandales de seguridad y el acceso a estas será por medio de escaleras marinas conectadas a dichas plataformas y barandales de seguridad. Estas plataformas y escaleras se apoyarán sobre la cimentación mediante placas base conectadas en el extremo inferior de las columnas.

La estructuración de estas plataformas será de forma reticular y sobre esta se apoyará la rejilla o placa antiderrapante componente del sistema de piso.

Tabla resumen de la estructura metálicas.

ESTRUCTURAS	CARACTERISTICAS	UNIDAD
Bastidor	A base de perfiles laminados IR, CE y ángulo LI de acero estructural ASTM A-36 de aprox. 4 y 5 m.	Kg o Ton.
Cobertizos	A base de perfiles tubulares tanto en columnas como en techo de acero ASTM A-53 Gr. B, techo de dos aguas con lamina de acero acanalada, el cobertizo para el de las bombas será de 5.6 x 8.1 x 4 m. y el de los paquetes de 4 x 5 x 3 m.	Kg o Ton.
Plataformas	A base de perfiles laminados canales CE y ángulo LI de acero estructural ASTM A-36. El piso será a base de rejilla de acero de base dentada, las columnas y barandales de seguridad serán a base de perfiles tubulares de acero ASTM A-53 Gr. B, las escaleras marinas serán a base de perfiles redondos OS y solera. La plataforma del separador será de 1.20 x 7.0 x 2.5 m. y las de los rectificadores de 1.5 x 1.5 x 1.5 m.	Kg o Ton.

### 2.2.6.- Civil concreto.

#### Cimentaciones.

Se requiere la construcción de los diferentes tipos de cimentaciones o estructuras en las cuales se apoyarán los siguientes equipos y paquetes.

- Recipiente horizontal FA-101.
- Recipientes verticales FA-102 y FA-103.
- Enfriadores (Soloaires) EC-101A,B,C y D.
- Paquetes de servicios auxiliares.
  - Aire de instrumentos.
  - Reactivos (inhibidor de corrosión).
  - Fosa de drenajes aceitosos.
  - Quemador elevado.
  - Fosa de quemado de líquidos.
- Patín de soportería para apoyo de los sistemas de tubería para el paquete de proceso, los paquetes de medición y regulación de presión.
- Bombas de agua contraincendio apoyadas en patín.
- Bombas de captación de agua apoyadas en patín.

Todos los paquetes deberán estar soportados sobre un bastidor o patín estructural metálico, el cual se apoyará en una losa de cimentación.

Tabla resumen de la obra civil.

OBRAS CIVILES	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
Accesos.	Terracerías	7760	m <sup>2</sup>
Cerca perimetral.	De malla tipo ciclón de alambre galvanizado forrado de PVC con remate de púas, llevará pedestales de concreto con postes tubulares y contará con dos puertas abatibles del mismo material.	580	m <sup>2</sup>
Calles y explanadas.	Concreto hidráulico y asfáltico.	3021	m <sup>2</sup>
Banquetas y guarniciones.	Concreto hidráulico	407	m <sup>2</sup>
Cimentaciones de equipos.	Soportes (mochetas), losas y contratrabes de concreto hidráulico	125	m <sup>3</sup>
Cuarto de control y CCM.	Cimentaciones, losas, muros y pisos.	86	m <sup>2</sup>

### 2.2.7.- Telecomunicaciones.

Alcance.

Se requiere de un sistema de telecomunicaciones para la comunicación local y de larga distancia así como la transmisión de señales de datos a las áreas operativas cercanas a la batería

Descripción del sistema.

Estará constituido de una estación remota para proporcionar transmisión de datos y equipo para la transmisión de voz.

El sistema de telecomunicaciones será totalmente digital, estará compuesto de un equipo de radio digital con capacidad para datos y un sistema de radiación.

El equipo de la batería deberá cumplir con las siguientes características técnicas:

Potencia de transmisión	4 watts/+36 dBm (estándar)
Banda de frecuencia	390 - 470 MHz (sintetizado)
Velocidad de transmisión	hasta 9.6 Kbp, configurable
Impedancia de salida	50 Ohms
Tiempo de retorno de datos	10 mseg (incluyendo RTS/CTS)
Tipo de recepción	Doble conversión superheterodina
Estabilidad en frecuencia	$\pm 0.00015\%$ (estándar)
Separación de frecuencias Tx/Rx	10 MHz (simplex)
Método de modulación	FSK, $\pm 2.5$ KHz (máximo)
Tasa de error (VER)	$1 \times 10^{-6}$ (máxima a 9.6 Kbps y -108 dBm)
Alimentación	+ 24 VCD
Temperatura de operación	- 10 a + 55 ° C
Interfases físicas	RS-232

La tasa de fallas (MTBF) del sistema.

La estación deberá contar con un módulo para mantenimiento; canal de datos con una tasa de error de  $1 \times 10^{-6}$ ; y una confiabilidad de 99.99% (cantidad mínima); además de una antena direccional incluye su instalación; soporte-bastidor para equipo de comunicación; todo ello deberá construirse de acero inoxidable.

Servicios requeridos.

Los equipos del sistema requieren de cierta infraestructura para su pleno funcionamiento.

EQUIPO	CARACTERISTICAS	CANTIDAD	UNIDAD
Radio maestro.	Banda UHF, puerto de datos RS-232, velocidad de 9.6 Kbps configurable y módulo de voz y datos.	1	Equipo
Antena.	Tipo dipolo omnidireccional en la banda UHF, 9.2 db, 50 ohms.	1	Pieza
Línea de transmisión.	Tipo heliax de 7/8" y 50 ohms de impedancia máxima.	20	Metros
Servicio telefónico	Teléfono analógico.	1	Pieza
Mástil.	Tipo telescópico de acero de 8" de diámetro y altura de 20 m.	1	Pieza

## Capítulo 3 Estimado de costo.

### 3.1 Generalidades.

Al inicio del proyecto se definió y estableció el "Alcance del Proyecto" y las "Bases de Diseño" puesto que a partir de ellos son generados la mayoría de los documentos de ingeniería y de estos, el estimado de costos de inversión.

El estimado de costo de inversión es una predicción en unidades monetarias de la manera en la cual se espera que un proyecto sea ejecutado. Las bases que se emplearon para desarrollar el estimado deberán reflejar paso a paso el plan de realización del trabajo.

Las bases del estimado son los documentos y consideraciones que se toman como partida para su elaboración y que a medida que el proyecto progresa se irán modificando y aumentando, estos documentos son, por ejemplo; "Bases de Diseño", "Alcance del Proyecto", "Horas Hombre de Ingeniería", "Programa Ejecutivo del Proyecto", "Listas de Equipo", "Listas de materiales", etc. Tomando estos documentos y mediante métodos de estimación y bases económicas los transformamos a su valor en unidades monetarias.

Al hacer lo anterior estamos prediciendo cuanto costará y cuando se comprará el equipo y/o materiales, asimismo se hacen pronósticos del país de origen de los bienes y servicios (tipos de divisas a emplear), y sobre la base de todo lo anterior podemos desarrollar un plan o programa de compromisos de pagos (flujo de devengable) y un plan de como se efectuarán estos, esto es; anticipos, pagos parciales, pagos totales, escalación, financiamiento, etc. (flujo de efectivo).

Sin embargo un estimado de costos es llanamente lo que su nombre nos indica; "un estimado" o "predicción", esto es un cálculo aproximado del valor económico, en conjunto o individual, de algún elemento sea este un equipo, material, actividad de ingeniería o construcción, o cualquier cosa que represente un costo al proyecto y no se le debe confundir con "cotizaciones".

Todo estimado de costo de inversión debe estar documentado para su revisión, validación y debe estar conformado por los siguientes documentos:

- Integración y alcance del estimado.
- Lista de las bases y premisas del estimado.
- Desglose detallado del estimado.
- Resumen global del estimado.

Durante las primeras etapas de estudio del proyecto la precisión del estimado del costo de inversión que se logra tener es de un  $\pm 40\%$  y durante las últimas etapas se considera bueno el alcanzar cuando más un  $\pm 5\%$  de aproximación al costo real final del proyecto.

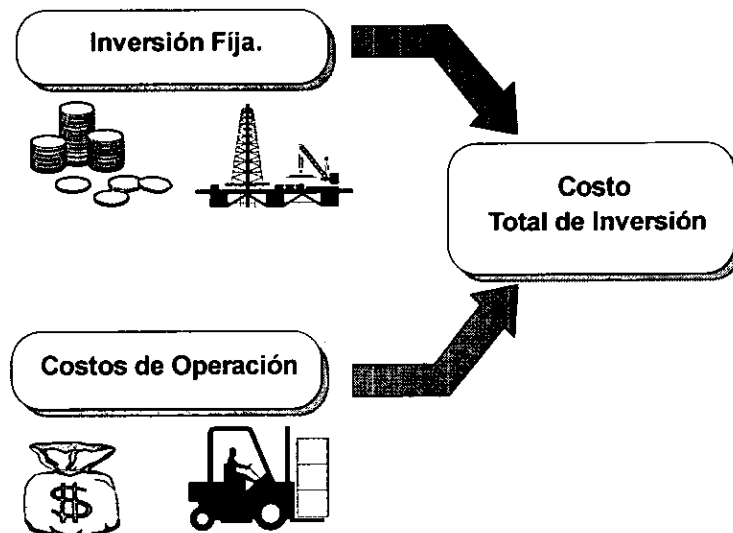
Generalmente toda estimación se apoya en la información histórica, en comparaciones con proyectos similares, en el factor de experiencia y en el conocimiento del entorno económico (inflación, devaluación, políticas económicas, etc.). En épocas de inflación la incertidumbre de los estimados se incrementa cuando se programan pagos a futuro dado que en estos casos resulta necesario recurrir a la formulación de pronósticos (tipos de cambio, tasas de interés, etc.) para la proyección de los costos.

De lo anterior resulta evidente la necesidad de contar con una metodología formal con la cual se pueda efectuar la estimación de costos de inversión de cualquier proyecto, estudio o análisis que se requiera.

### 3.2 Costo total de un proyecto.

A través del ciclo vital de un proyecto es necesario efectuar en forma continua desembolsos de capital; invertir en su diseño y construcción, gastar en nóminas, comprar materia prima e insumos durante su operación, comprar refacciones y pagar reparaciones para su mantenimiento e inclusive se requiere invertir en su paro, cierre de operaciones y desmantelamiento.

El costo total del proyecto se conoce como “Costo Total de Inversión”, se integra por los gastos antes y después de la puesta en operación de la planta:





### 3.2.1 Costos de inversión fija.

A los costos de inversión fija también se les conoce como gastos de “Inversión inicial”, y son todos los gastos en que se incurre para el diseño, construcción y puesta en operación de la instalación, adicional al costo del equipo de proceso y servicios auxiliares deben incluirse los gastos de edificios administrativos, cuartos de control y de todos aquellos componentes que son una parte permanente de la instalación.

La realización de un proyecto implica utilizar recursos para dos acciones o etapas distintas:

- a) La instalación y montaje del proyecto.
- b) La etapa del funcionamiento u operación del proyecto.

Los recursos necesarios para la etapa de instalación, constituyen el capital fijo del proyecto y señalan los requisitos para la inversión, mientras que, los necesarios para el funcionamiento, constituyen el capital de trabajo.

El estudio técnico determina el proceso de producción y la capacidad, así como detalles de los insumos de materia prima. Para este momento de la investigación se debe disponer de toda información relativa a la distribución de la batería, a las dimensiones, las características técnicas y el costo de los edificios, construcciones y servicios auxiliares, etc. Esto permite la estimación del valor de todos los activos necesarios para obtener el total de la inversión requerida.

Los activos fijos se clasifican en:

- a) Activos fijos sujetos a depreciación, obsolescencia o agotamiento y activos que no lo están.
- b) Activos fijos tangibles o intangibles. Dentro de los componentes del capital fijo tangible, están las maquinarias y equipos con sus costos de instalación, los edificios e instalaciones complementarias, en su caso el terreno y los recursos naturales. Entre los componentes del capital fijo intangible están las patentes, los derechos del autor, los gastos de organización y puesta en marcha de la batería, y el estudio de pre-inversión entre otros (aunque estos no serán causa de estudio en el proyecto).

Los conceptos de activo fijo son:

El terreno o la preparación del terreno. En la mayoría de los casos, el lugar que se selecciona para la localización de la batería necesita trabajos preparativos antes de iniciar la obras de construcción, como son

el estudio de suelos, la nivelación del terreno, el drenaje, la excavación de pozos. En este concepto también se incluyen las vías de acceso, calles dentro del terreno de la batería, sistemas para eliminar los efluentes o aguas contaminadas. Estos últimos a veces se agrupan por separado debido a su alto valor con respecto a otros activos.

Los edificios y construcciones, que incluyen además de los edificios de la batería, a los edificios para las oficinas y servicios auxiliares. Los honorarios que perciben los arquitectos e ingenieros y los pagos por permisos de construcción y aportaciones al seguro social forman parte de inversión en los edificios. Las construcciones que se efectúen para propósitos productivos se clasifican por lo común bajo la cuenta de maquinaria y equipo.

Maquinaria y equipo. Este rubro comprende bienes necesarios para la producción, además de los artículos que se usan en los departamentos de servicios de apoyo. Este grupo de activos se especifican por lo regular de acuerdo al proyecto técnico apoyados por la estructura administrativa diseñada para el funcionamiento del proyecto.

Los gastos para la instalación de la maquinaria y el equipo, así como de su transporte a la batería, forman parte de los costos de inversión. Los gastos para probar la maquinaria y ponerla en funcionamiento se agrupan a veces bajo el concepto de “gastos de organización e instalación” pero también podrán incluirse en los costos para maquinaria y equipo. Los gastos de ingeniería y de comisiones sobre préstamos se tratan de la misma manera. Por lo común, para un nuevo proyecto se adquiere junto con las máquinas un juego de piezas de repuesto. Por su naturaleza de compra, los repuestos se consideran activo circulante y, por lo tanto, forman parte de juego de estas piezas en los costos de maquinaria y se desglosan los demás costos originados por adquisición de piezas de repuesto bajo el costo de producción. En términos generales, para estimar el costo de inversión es muy importante revisar que la lista de los conceptos, objetos de inversión, sea completa.

Gastos iniciales de organización e instalación. Los gastos necesarios para establecer una batería son semejantes a los gastos preliminares y no siempre es fácil distinguir el uno el otro. Por tanto, en muchas ocasiones los dos grupos se integran en un solo.

Contingencias. Hasta la estimación más cuidadosa y detallada de los gastos de inversión no garantiza que la lista del activo fijo y de gastos similares sea completa. Por consiguiente, para cubrir partidas imprevistas se reserva cierta cantidad de la inversión, cuyo monto depende de la responsabilidad de dinero.

### 3.2.2 Costos de operación.

Una vez que la instalación ha iniciado su operación estable principia la fase operativa del proyecto o funcionamiento de la instalación, todos los gastos o desembolsos de capital que se requiere efectuar a partir de este momento son denominados “Costos de Operación”, “Capital de Trabajo” o “Costos de Producción”.

El costo de producción se integra por gastos “Fijos” y “Variables”, los “Costos fijos” no cambian con el volumen total de las ventas o la cantidad de cambios de producción, estos costos pueden incluir sueldos administrativos, depreciación, seguros, publicidad, licencias e impuestos sobre los terrenos o derechos de vía, etc..

Los costos variables aumentan o disminuyen de acuerdo a la producción de la planta, estos incluyen la mano de obra directa, materiales directos, costos de servicios (gas, electricidad, agua, vapor, agentes químicos, etc.), fletes y empaques, comisiones, etc..

### 3.3 Métodos de estimación.

#### 3.3.1 Tipos de estimado.

Un estimado de costos está destinado a cubrir ciertas necesidades en función del grado de desarrollo del proyecto, por lo cual se acostumbra identificar a los diferentes estimados con un nombre que nos indica el avance del proyecto y por lo tanto el nivel de precisión que debe esperarse de cada estimado.

Para fines de control de costo y presupuesto se establecen cinco diferentes niveles o tipos de estimado que de acuerdo con la “Asociación Americana de Ingeniería de Costos (AACE)” son:

- Orden de magnitud.
- Estudio.
- Preliminar.
- Detallado.
- Definitivo.

Aunque no es una norma general el emplear los cinco tipos de estimado ya que es práctica común el emplear solo tres niveles distintos debido a las interrelaciones que existen entre un tipo de estimado y otro.

Tabla de requerimientos técnicos para definir el grado del estimado de costos en un estudio de inversión.

INFORMACION Y NIVEL REQUERIDO		DEFINITIVO	DETALLADO	PRELIMINAR	ESTUDIO	ORDEN DE MAGNITUD
		± 5%	± 10%	± 25%	± 25 A ± 40%	± 40%
• ALCANCE DEL PROYECTO;						
TIPO, CAPACIDAD, CANTIDAD, EQUIPOS, QUEMADORES, CONDICIONES GENERALES, PESOS APROX.	B	*	*	*	*	*
	P	*	*	*	*	
	D	*	*	*		
• LOCALIZACION						
DESC. GRAL., VIENTOS DOMINANTES Y PRECIPITACION PLUVIAL.	B	*	*	*	*	*
	P	*	*	*	*	
	D	*	*	*		
• DIAGRAMAS						
DE FLUJO DE PROCESO (BALANCE MASA Y ENERGIA), LOCALIZACION GENERAL, PLANOS ARQUITECTONICOS, PROGRAMAS DEL PROYECTO, HOJAS DE DATOS.	B	*	*	*	*	
	P	*	*	*		
	D	*	*			
• LISTA DE EQUIPO Y/O MATERIALES						
LISTA DE EQUIPO; CARACTERISTICAS GENERALES, CAPAC., CONSUMOS ENERGÍA, PESOS.	B	*	*	*	*	
	P	*	*	*		
	D	*	*			
LISTA DE MATERIALES; CARACTERISTICAS GENERALES, ESP.						
• CONTRATOS DE CONSTRUCCION						
CATALOGOS DE CONCEPTOS Y CANTIDADES DE VOLUMEN DE OBRA PARA ESTRUCTURAS, CUBIERTAS, PUENTES, DUCTOS, RISERS, ETC.	B	*	*	*	*	
	P	*	*	*		
	D	*	*			
• INGENIERIA Y SERVICIOS						
HORAS HOMBRE DE INGENIERIA (HH)	B	*	*	*	*	
	P	*	*	*		
	D	*	*			
HH DE SUBCONTRATADOS Y/O ASESORIA						
• INTERCONEXION						
EQUIPO, PERSONAL, TRANSPORTE, HERRAMIENTA, ETC.	B	*	*	*		
	P	*	*			
	D	*				
• PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA						
EQUIPO, PERSONAL, HERRAMIENTA	B	*	*	*		
	P	*	*			
	D	*				

NOTAS: B=BOCETO, P=PRELIMINAR, D=DEFINITIVO

ESTA TABLA ES DESCRIPTIVA Y DE NINGUNA FORMA MUESTRA CON EXACTITUD TODA LA INFORMACION REQUERIDA.

Para nuestro proyecto el estimado de costo estará entre el de orden de magnitud y estudio de acuerdo a la información técnica que se encuentra por lo cual solo explicaremos el alcance de estos.

### 3.3.1.1 Estimado de orden de magnitud.

Este tipo de estimado se prepara cuando tenemos un mínimo de información disponible acerca del proyecto y no se justifica el hacer un gasto mayor.

Generalmente es empleado para, cuando menos, cubrir uno de los siguientes puntos:

- Conocer la magnitud aproximada del costo del proyecto.
- Seleccionar un proyecto entre otros.
- Seleccionar un tipo de tecnología.
- Seleccionar algunas características del proyecto (capacidad, localización, etc.)

El mínimo de precisión que se puede esperar de un estimado en este nivel es aproximadamente de un  $\pm 40\%$  de desviación con respecto al costo real.

La información mínima necesaria para desarrollar este tipo de estimado es:

- Información general definida.
- Localización casi definida.

Lo primero se refiere al tipo de proceso, capacidad y equipo de proceso, y lo segundo nos proporciona información acerca de las condiciones climatológicas del lugar y el área geográfica donde será construida la batería de separación de alta presión; que inciden en el estimado de costos. A este nivel de detalle el interés se centra sobre el costo total de la inversión y no importa ni es factible el tener un costo detallado de cada elemento que integra el proyecto.

### **3.3.1.2 Estimado de estudio.**

El estimado se prepara o desarrollara cuando se justifica el gasto para continuar con un estudio más detallado generalmente por alguna de las siguientes razones:

- Existe una diferencia de costo mínima entre dos o mas alternativas (proyecto, tecnología, etc.)
- Existe duda en el costo y se requiere mayor detalle.
- Se desea continuar con el proyecto y se requieren mas estudios (selección de: equipos, materiales, etc.).

El rango de precisión en el que estaremos al desarrollar este estimado será de cuando mas un  $\pm 40\%$ , hasta cuando menos  $\pm 25\%$  de desviación con respecto al costo real del proyecto, es obvia la interrelación que guarda este estimado con el anterior, y el aproximarnos a una precisión mayor estará en función de que las bases de diseño del proyecto se establezcan rápidamente y permanezcan fijas.

La información básica necesaria para el desarrollo de este estimado es la siguiente:

1. Información general definida.
2. Localización definida.
3. Alcance del proyecto definido.
4. Diagrama de flujo de proceso (bosquejo).
5. Balance de materia y energía (bosquejo).
6. Lista de equipo (bosquejo).
7. Programas de ejecución (bosquejo).

### 3.3.2 Métodos para estimar costos de inversión.

De acuerdo a los estimados descritos anteriormente, la información disponible, la precisión esperada y el tiempo disponible; la estimación de los costos de inversión se desarrollara con alguno de los siguientes métodos.

Comparación con inversiones similares.

Un método aproximado que con frecuencia se emplea en estudios de pre-factibilidad, es la comparación del proyecto que se investiga con el costo de inversión del proyecto similar ya realizado. Este enfoque da por lo menos algunas cifras con que se puede comenzar a trabajar, o indica la magnitud aproximada de la inversión. El problema de este enfoque se encuentra en la compatibilidad de los proyectos, aunque ambos pertenezcan al mismo sector industrial con una línea de productos totalmente comparables. Además la capacidad del nuevo proyecto estará dentro del mismo parámetro que el referente y el proceso de producción será idéntico, en particular en el caso de procesos de producción iguales y en el caso de procesos químicos con posibles alternativas. Cuando se cumplen estos primeros requisitos de comparación, las discrepancias restantes pueden aproximarse mediante algún ajuste en el costo básico, con lo que se prevé un margen relativo a los aumentos inflacionarios en los precios de adquisición.

La ventaja de este método consiste en que se emplean cifras reales, aunque a precios corrientes, es decir, a la fecha en que se realizó el gasto, de referencias y el equipo auxiliar, que la experiencia demuestra como esenciales. Por tanto, la lista de activos fijos es completa, siendo posible reevaluar una lista de activos de un proyecto comparable, en caso de que se disponga de ella.

Para el propósito de los estudios de preinversión, se dispone de una colección de proyectos estándar que por lo regular se denominan “perfiles industriales”, elaborados en instituciones financieras o de fomento,

que aun cuando no estén totalmente al corriente en los valores, proporcionan información necesaria para una estimación aproximada de costos.

Mediante cotizaciones.

El método más usual y seguro para calcular el costo de inversión es por medio de cotizaciones de los proveedores de maquinaria y equipo. En la parte técnica del estudio de factibilidad, el activo fijo se especifica de manera que permita solicitar cotizaciones de precios actuales que satisfagan las especificaciones dadas. Las cotizaciones incluyen los tiempos de entrega, las garantías, los precios de repuestos, los costos de embalaje y en su caso el costo del activo se divide en gastos de moneda nacional y en divisas. Para proyectos grandes, que incluyen varios cientos de partidas, podría resultar necesario y además beneficioso, emplear la asesoría de ingenieros consultores quienes conocen las empresas suministradoras de equipo altamente especializado y también los requisitos de calidad.

El método para calcular el costo mediante cotizaciones, puede emplearse por lo regular para todos los activos clasificados como maquinaria y equipo. Los precios para los edificios y estructuras se obtienen basándose en cotizaciones sin obligación de las compañías constructoras locales. Estas están en posición de proporcionar los precios actuales de terreno y costo de los trabajos preparativos, como la nivelación del terreno.

Los gastos de montaje de maquinaria, la supervisión y la puesta en marcha, se pagarán tanto a compañías especializadas como a los proveedores que proporcionan personal técnico y, por lo tanto, se solicitarán los respectivos presupuestos. Por lo común, el costo para la puesta en marcha incluye los gastos de materia prima y los salarios iniciales; este costo puede deducirse de la estimación de los costos de operación.

El costo de inversión calculado basado en cotizaciones y otras informaciones, puede considerarse un poco elevado en comparación con la inversión real, sin embargo el costo calculado mediante este método es bastante aceptable, por que deja un margen de seguridad.

Diversos métodos.

Existen diferentes métodos de costeo de baterías que pueden ser exactos como: El método detallado de Fully Detailed y el método de los costos unitarios. O métodos menos rigurosos como el método de Lang o factor de Lang y la ecuación de Williams o factor de las seis décimas y el método de los porcentajes. Este último método se puede considerar como un resumen de los muchos métodos porcentuales que existen para estimar el costo total de inversión.

Puesto que el objetivo es el de evaluar de una manera preliminar el costo de inversión de acuerdo a la ingeniería básica (lista de equipo predimensionado y esquema de flujo) consideramos el de los porcentajes en combinación con el de cotizaciones, el cual nos da un costo mas real pues esta basado en la experiencia y trato con proveedores a través de la realización de otros proyectos..

### 3.4 Estimación del costo de inversión de la planta de separación.

Los costos de inversión están constituidos por la inversión original de los equipos e instalaciones requeridas en activos, pasivos y capital; los costos de operación se integran por los costos de materias primas, servicios, mantenimiento, mano de obra, supervisión, gastos generales de la batería, etc. En los siguientes incisos se muestra el alcance de los puntos anteriores.

#### 3.4.1 Integración y alcance del estimado.

Para la integración y alcance del estimado del costo de inversión debemos documentar lo mas posible el proyecto, por lo que se desglosan a continuación los conceptos que integran el costo de inversión de la batería de separación.

#### Alcance del costo de inversión.

<b>Suministros:</b>	
<b>Equipos.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Todos los equipos de proceso y servicios auxiliares indicados en la lista de equipo y comprendidos en el alcance del proyecto (incluye equipo eléctrico, de seguridad y telecomunicaciones).</li> <li>✓ Partes de repuesto para dos años de operación.</li> <li>✓ Impuestos, empaque, fletes y seguros, LAB (Libre A Bordo) en la instalación.</li> </ul>
<b>Instrumentos.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Todos los instrumentos, válvulas y accesorios requeridos por el proceso y servicios auxiliares indicados en EFP, ETI's y hojas de datos.</li> <li>✓ Partes de repuesto para dos años de operación.</li> <li>✓ Impuestos, empaque, fletes y seguros, LAB en la instalación.</li> </ul>
<b>Materiales.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Todos los materiales requeridos por el proceso y la infraestructura (tuberías, eléctrico, acero).</li> <li>✓ Impuestos, empaque, fletes y seguros, LAB en la instalación.</li> </ul>
<b>Insumos.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Todos los químicos, grasas y lubricantes requeridos para la carga inicial, pruebas y arranque de la instalación.</li> <li>✓ Impuestos, empaque, fletes y seguros, LAB en la instalación.</li> </ul>



### Alcance del costo de inversión.

<b>Terrenos.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Todos los terrenos que se requieren para la ejecución del proyecto.</li> <li>✓ Impuestos y permisos de construcción.</li> </ul>
<b>Fabricación:</b>	
<b>Paquetes.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Todos los equipos tipo "paquete" que tienen un proceso de fabricación o integración especial, montados sobre un patín común.</li> <li>✓ Impuestos, empaque, fletes y seguros, LAB en la instalación.</li> <li>✓ Partes de repuesto para dos años de operación.</li> </ul>
<b>Obra Civil.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Todas las obras civiles requeridas por el proyecto: Topografía, geotécnia, sondeos, cuartos de control, vialidades, banquetas, pavimentos, cimentaciones de equipo, bancos de ductos, drenajes pluviales, sanitarios, aceitosos, desplantes, terracerías, etc.. Incluye suministro de materiales y obra civil (concretos, armados, etc.).</li> <li>✓ Impuestos, empaque, fletes y seguros de materiales LAB en la instalación.</li> <li>✓ Indirectos.</li> </ul>
<b>Obra Electromecánica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Todas las obras electromecánicas requeridas por el proyecto incluye: Obra eléctrica, suministro de equipos, acometidas, subestaciones, centros de control de motores, distribución de fuerza, red de tierras, protecciones contra descargas eléctricas, alumbrado, etc. Toda la tubería requerida para el manejo de productos o insumos. Incluye el suministro de materiales, prefabricación, lastrado, montaje, protección catódica, mecánica, transporte, tendido, interconexión, instalación de equipos, cableado, accesorios, materiales para conexión de instrumentos y ductos para aire acondicionado, etc..</li> <li>✓ Impuestos, empaque, fletes y seguros de equipo y materiales LAB en la instalación.</li> <li>✓ Partes de repuesto para dos años de operación (si se requiere).</li> <li>✓ Indirectos.</li> </ul>
<b>Obra Arquitectónica.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Toda la obra "arquitectónica" requerida por el proyecto en cuartos de control. Incluye suministro de materiales y obra para acabados en pisos, paredes, techos, suministro de mobiliario, muebles de baños, instrumental, cocina, comedor, etc.</li> <li>✓ Partes de repuesto para dos años de operación (si se requiere).</li> <li>✓ Impuestos, empaque, fletes y seguros de equipo y materiales LAB en la instalación.</li> <li>✓ Indirectos.</li> </ul>
<b>Instalación:</b>	
<b>Equipos.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Instalación de todos los equipos que constituyen la instalación. (La instalación de los equipos y materiales debe considerarse dentro del contrato de fabricación de estructuras o en los contratos de obra civil, eléctrica, electromecánica y arquitectónica según corresponda). Incluye maniobra de izaje, montaje y fijación del paquete o equipo.</li> <li>✓ Impuestos.</li> <li>✓ Indirectos.</li> </ul>

### Alcance del costo de inversión.

#### Transporte:

- Equipos.** ✓ Transporte de todos los equipos que constituyen la instalación (el transporte de equipos y materiales desde almacén de proveedor a sitio de su instalación ya está considerado en el costo de adquisición). Incluye movilización y limpieza de chalán, maniobra de carga y amarre, transporte al sitio de su instalación y despido del chalán/remolcador.
- ✓ Impuestos y flete.
  - ✓ Indirectos.

#### Interconexión, pruebas y arranque:

- Equipos y paquetes.** ✓ Interconexión de todos los equipos, paquetes y sistemas que constituyen la instalación. Incluye el personal, herramientas equipos y materiales de consumo.
- ✓ Impuestos y seguros.
  - ✓ Indirectos.

#### Ingeniería y administración durante la construcción:

- Ingeniería.** ✓ Cálculo, diseño, selección y especificación de tipo proceso, equipos, tipos de control y materiales, incluye elaboración de balances, planos, hojas de datos, especificaciones, revisión de dibujos de fabricante, etc.
- ✓ Impuestos y licencias.
  - ✓ Indirectos, utilidad y reembolsables solo en caso de que sea contratada.
- Administración** ✓ Planeación, coordinación, control y seguimiento del proyecto. incluye programación, facturación, procura, expeditación, inspección, supervisión de ingeniería y construcción, asesorías externas, etc.
- ✓ Impuestos.
  - ✓ Indirectos y reembolsables solo en caso de que sea contratada.
- Certificación.** ✓ Revisión externa de cualquier fase del proyecto para garantizar su correcta ejecución.
- ✓ Impuestos.
  - ✓ Indirectos y reembolsables.

#### Otros:

- Imprevistos:** ✓ Usualmente se incluye un factor por eventos impredecibles que pueden ocurrir durante la construcción, tales como tormentas, inundaciones, huelgas, etc., y/o para cubrir conceptos menores no incluidos en el alcance y omitidos inadvertidamente durante la planeación.

### 3.4.2 Bases y premisas del estimado.

La base del método que se empleo considera el costo total del equipo como el 100%, al cual se le agregan como porcentajes referidos a la base de cálculo los conceptos que involucran el estimado de costo de inversión tales como instalación de equipo de proceso, instrumentos, cuarto de control, etc.

El estimado de costos se realizó a través de cotizaciones del equipo principal de otros proyectos, siendo las características de estos equipos similares a las que requieren.

Los costos de materiales llamándoseles a estos a los necesarios para interconectar un equipo con otro y con el sistema de conducción y alimentación de la batería son:

- Tubería y conexiones.
- Válvulas.
- Material eléctrico.
- Cimentación.
- Instrumentación.
- Aislamientos.
- Acero estructural.

El estimado de costo del equipo de proceso se efectúa de acuerdo a la información de ingeniería disponible, ya que se puede desarrollar elemento por elemento o todo el equipo de proceso en conjunto, empleando métodos de estimación detallados y modulares respectivamente.

El estimado de costo de los equipos e instrumentos tiene como base la "lista de equipo preliminar" que emite el grupo de ingeniería, este estimado crece en precisión a medida que se actualiza la lista de equipo o si se cuenta con información mas detallada de los equipos tal como hojas de datos, especificaciones, etc..

Primeramente tenemos que considerar la compra del (los) terreno(s) en donde se va a construir la instalación y camino de acceso.

Existen diferentes formas de estimar el costo de los equipos, pero de cualquier forma la base es la misma; base de datos de información histórica de cotizaciones de equipo hechas por proveedores, esta información de proveedor es la misma base de partida de las gráficas, fórmulas, nomogramas, factores, etc..

La estimación de costo será a través de porcentajes de acuerdo al equipo ya cotizado siendo estos sacados estadísticamente de proyectos en construcción y listas de precios para los materiales, en nuestro caso para este rubro será de 46%.

De la misma manera que los materiales la instalación será como un porcentaje el cual es 15% de equipo + materiales. Este rubro comprende todos los trabajos de mano de obra y maquinaria necesaria para la instalación y montaje e interconexión de equipo y sus materiales.

La ingeniería será un porcentaje del 8% de los conceptos de equipo + materiales + instalación; esta comprende la ingeniería básica y de detalle y asesoría en la construcción.

En todo proyecto es necesario incluir imprevistos los cuales amparan aquellos conceptos que no comprende la ingeniería debido al alcance que se tenga de ella el porcentaje será del 20% de equipo + materiales + instalación + ingeniería.

Los rubros anteriores nos dan un subtotal del costo de inversión, por lo tanto las pruebas y arranque de la batería tendrán un 6% adicional a este costo.

La tubería se considera como materiales electromecánicos, la cual incluye LAB en la instalación, el tendido y la interconexión con los equipos de proceso.

La obra civil considera cimentaciones de equipo, construcción de los cuartos de control, pavimentación, banquetas, guarniciones, camino de acceso, excavaciones, drenajes, rellenos, cerca perimetral, terraplenes, estructuras metálicas y canalizaciones.

La suma del subtotal del costo de inversión + porcentajes adicionales + tubería + obra civil + obra eléctrica nos da el costo total de inversión.

Todos los resultados de las cotizaciones se calcularon y muestran en dólares norteamericanos, se consideró una equivalencia de \$ 8.00 pesos M.N. por cada dólar norteamericano; paridad al mes de octubre de 1997.

### 3.4.3 Desglose detallado del estimado del costo de inversión.

De acuerdo al método a utilizar se procederá al cálculo del estimado del costo de inversión, el cual comprende los rubros de suministro, materiales, instalación, ingeniería, obra electromecánica, obra civil, pruebas y arranque de la batería.

Costo del suministro de equipo y materiales.

DESCRIPCION	CARACTERISTICAS	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	EQUIPO	MATERIALES	COSTO SUMINISTRO
FA-101 Separador	10' x 24'	1	1346000	346000	159160	505160
FA-102 Rectificador	5.5' x 10'	1	139000	139000	63940	202940
FA-103 Rectificador	5.5' x 10'	1	139000	139000	63940	202940
EC-101 AD Soloaires	1127 Mkal/hr	4	86620	346480	159380.8	505860.8
PA-101 Aire de Instrumentos	Q = 60 PCSM	1	217000	217000	99820	316820
PA-102 Inhibidor		1	11320	11320	2264	13584
PA-103 Tratamiento	Q = 1000 LPD	1	43500	43500	8700	52200
GA-200 Contraincendio	Q = 7560 LPM, 200 HP	1	46000	46000	21160	67160
GA-200/R Contraincendio	Q = 7560 LPM, 200 HP	1	75200	75200	34592	109792
GA-201 Captación de Agua	Q = 1890 LPM, 60 HP	4	6000	24000	11040	35040
GA-202 Recuperadora de Aceite	Q = 189 LPM, 4 HP	1	1000	1000	460	1460
CB-101 Quemador Elevado	120 MMPCS	1	230182	230182	105883.72	336065.72
CB-103 Quemador de Fosa	15000 BLS	1	280000	280000	0	280000
FE-101 Fosa API	177 BLS	1	37500	37500	0	37500
Sistema SCADA		1	435505	435505	0	435505
Red de Agua Contraincendio		1	65558	65558	9833.7	75391.7
Tanque de Agua Contraincendio	10000 BLS	1	180240	180240	0	180240
TELECOM		1	30035	30035	0	30035
<b>TOTAL EQUIPO Y MATERIALES (U.S.D)</b>						<b>3387694.22</b>

Costo de la instalación.

En los equipos en donde aparecen ceros nos indica que la instalación esta incluida en el suministro.

DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO SUMINISTRO	INSTALACION (15% SUMINISTRO)	COSTO ACUMULADO (1)
FA-101 Separador	1	505160	75774	580934
FA-102 Rectificador	1	202940	30441	233381
FA-103 Rectificador	1	202940	30441	233381
EC-101 AD Soloaires	4	505860.80	75879.12	581739.92
PA-101 Aire de Instrumentos	1	316820	47523	364343
PA-102 Inhibidor	1	13584	2037.60	15621.60
PA-103 Tratamiento	1	52200	7830	60030
GA-200 Contraincendio	1	67160	10074	77234
GA-200/R Contraincendio	1	109792	16468.80	126260.80
GA-201 Captación de Agua	4	35040	5256	40296
GA-202 Recuperadora de Aceite	1	1460	219	1679
CB-101 Quemador Elevado	1	336065.72	50409.86	386475.58
CB-103 Quemador de Fosa	1	280000	0	280000
FE-101 Fosa API	1	37500	0	37500
Sistema SCADA	1	435505	0	435505
Red de Agua Contraincendio	1	75391.70	11308.75	86700.45
Tanque de Agua Contraincendio	1	180240	0	180240
TELECOM	1	30035	4505.25	34540.25
<b>TOTAL DE INSTALACION (U.S.D)</b>			<b>368167.38</b>	<b>3755861.60</b>

Costo de la obra electromecánica y obra civil.

Obteniendo el costo por cotizaciones se muestran los rubros que se deben considerar, para los materiales un 5%, instalación un 15% del suministro + materiales, ingeniería un 8% del suministro + materiales + instalación; los ceros que aparecen en la tabla nos indica que este rubro esta incluido en el suministro.

DESCRIPCION	CANTIDAD	SUMINISTRO DE		INSTALACION	INGENIERIA
		EQUIPO	MATERIALES		
<b>OBRA ELECTROMECHANICA</b>					
Subestación 500 KVA	1	62930	3146.50	9911.47	6079.04
CCM	1	53835	2691.75	8479.01	5200.46
Tubería ASTM A 53 Gr. B	1	69260	3463	10908.45	6690.52
	CANTIDAD	LOTE		INSTALACION	INGENIERIA
<b>OBRA CIVIL</b>					
Urbanización, accesos etc.	1	572514	0	0	45801.12
Terreno	1	62500	0	0	0
Estructuras Metálicas	1	4690	0	703.50	431.48
<b>TOTAL DE OBRA CIVIL Y ELECTROMECHANICA (U.S.D)</b>				<b>865032.69</b>	<b>64202.62</b>

Costo de ingeniería.

Este desglosé esta en función del costo acumulado (1) y será del 8%, los ceros que aparecen en la tabla nos indica que este rubro esta incluido en el suministro.

DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO ACUMULADO (1)	INGENIERIA	COSTO ACUMULADO (2)
FA-101 Separador	1	580934	46474.72	627408.72
FA-102 Rectificador	1	233381	18670.48	252051.48
FA-103 Rectificador	1	233381	18670.48	252051.48

DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO ACUMULADO (1)	INGENIERIA	COSTO ACUMULADO (2)
EC-101 AD Soloaires	4	581739.92	46539.19	628279.11
PA-101 Aire de Instrumentos	1	364343	29147.44	393490.44
PA-102 Inhibidor	1	15621.60	1249.73	16871.33
PA-103 Tratamiento	1	60030	4802.40	64832.40
GA-200 Contraincendio	1	77234	6178.72	83412.72
GA-200/R Contraincendio	1	126260.80	10100.86	136361.66
GA-201 Captación de Agua	4	40296	3223.68	43519.68
GA-202 Recuperadora de Aceite	1	1679	134.32	1813.32
CB-101 Quemador Elevado	1	386475.58	30918.05	417393.62
CB-103 Quemador de Fosa	1	280000	22400	302400
FE-101 Fosa API	1	37500	3000	40500
Sistema SCADA	1	435505	34840.40	470345.40
Red de Agua Contraincendio	1	86700.45	6936.04	93636.49
Tanque de Agua Contraincendio	1	180240	14419.20	194659.20
TELECOM	1	34540.25	2763.22	37303.47
<b>INGENIERIA</b>			<b>300468.93</b>	
<b>INGENIERIA ELECTROMECHANICA</b>			<b>64202.61</b>	
<b>TOTAL DE INGENIERIA (U.S.D)</b>			<b>364671.54</b>	<b>4120533.15</b>



Costo de las pruebas y arranque de la batería.

Para las pruebas y arranque de la batería se considera un 6% del subtotal del costo de inversión, o sea, el acumulado (2) mas el total de la fabricación.

ACTIVIDAD	COSTO (U.S.D)
ACUMULADO (2)	4120533.15
ELECTROMECHANICA-CIVIL	865032.68
SUBTOTAL	4985565.84
<b>PRUEBAS (6%)</b>	<b>299133.95 (U.S.D)</b>

**3.4.4 Resumen global del estimado.**

ACTIVIDAD	COSTO (U.S.D)
Suministro	3387694.22
Materiales	368167.38
Instalación	368167.38
Electromecanica-civil	865032.68
Ingeniería	364671.54
Pruebas	299133.95
<b>SUBTOTAL</b>	<b>5652867.15</b>
Imprevistos (10%)	565286.72
<b>COSTO DE INVERSION</b>	<b>6218153.87</b>

### 3.4.5 Programa de erogaciones.

El siguiente programa nos muestra la inversión física a desarrollarse en un periodo estimado de 18 meses. La cantidad presentada en cada rubro es la división del total en los meses correspondientes para su ejecución.

Al primer año se le denominara  $A_0$  (año cero) y al segundo  $A_1$  (año uno) la suma de estas dos variables nos da como resultado el costo de inversión inicial de la batería, que formara parte del calculo del flujo de efectivo mostrado mas adelante.

BIMESTRES	AÑO 0						AÑO 1			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
ACTIVIDAD										
Ingeniería	182335.77	182335.77								
Compra del terreno	62500.00									
Obra civil y electromecánica	89170.30	178340.60	178340.60	178340.60	178340.60					
Suministro y materiales			536551.66	1073103.32	1073103.32	1073103.3				
Instalación					92041.85	92041.8	92041.85	92041.85		
Pruebas								149566.96	149566.96	
Total	334006.07	360676.37	714892.26	1251443.92	1343485.77	1165145.1	92041.85	241608.81	149566.96	
Imprevistos (10%)	33400.61	36067.64	71489.23	125144.39	134348.58	116514.5	9204.185	24160.88	14956.696	
	<b>TOTAL <math>A_0</math></b>						<b>5686614.5</b>	<b>TOTAL <math>A_1</math></b>		<b>531539.38</b>
<b>COSTO DE INVERSION INICIAL DE LA BATERIA (U.S.D)</b>							<b>6218153.90</b>			

Las cantidades sombreadas nos indican que el inicio de la actividad comienza a mediados del bimestre por lo tanto la cantidad mostrada debe ser la mitad de la siguiente..

### 3.5.- Estimado del costo de operación de la planta de separación.

Ahora nos dedicaremos al estimado de costos anuales de producción, o sea, los costos de materias primas, servicios, mantenimiento, mano de obra, supervisión, gastos generales de la batería, etc. En los siguientes incisos se muestra el desarrollo de estos rubros.

#### 3.5.1 Integración y alcance del estimado.

En nuestro caso por ser una estimación preliminar solo consideramos los conceptos que a continuación se mencionan, los cuales están divididos en costos fijos y costos variables.

#### Alcance del costo de operación.

##### Costos Fijos:

- Administración Central (nómina de personal directivo, oficinistas, etc.)
- Mantenimiento de edificios, oficinas y almacenes.
- Depreciación.

##### Costos Variables:

- Materia prima y manejo de inventarios.
- Nómina del personal operativo.
- Costo de servicios auxiliares (agua, gas, químicos, electricidad, etc.)
- Costos de mantenimiento operativo y mayor.

#### 3.5.2 Bases y premisas del estimado.

El estimado de costo de operación se cálculo en base anual y considerando la plantilla del personal que va a laborar en la instalación y el número de jornadas además todo proceso productivo requiere una serie de insumos o servicios para su funcionamiento (energía eléctrica, agua y reactivos químicos), que para otras plantas similares su demanda de estos servicios tiene un costo anual de \$120,000 (15000 dólares).

Costos variables.

La materia prima es al valor del costo de producción de la mezcla separada por lo cual tenemos que:

- Un barril de crudo cuesta producirlo (perforación, transporte, etc.) 1.26 dólares (Nov-97).
- Producción esperada de 53,000 BPD.

$$1.26 \text{ U.S.D/BL} \times 53000 \text{ BPD} = 66780 \text{ U.S.D/día} \times 365 \text{ día/año} = 24'374,700 \text{ dólares anuales}$$

Cabe mencionar que el precio por barril incluye la producción tanto del aceite como del gas.

Costo del personal operativo.

$$\text{Mano de obra } 6 \text{ personas} \times 3 \text{ jornadas} \times \$40 \text{ jornada} \times 365 \text{ días} = \$262800 = 32850 \text{ dólares anuales}$$

Costo del mantenimiento operativo.

El estimado de costo de mantenimiento se considera un 3% anual sobre el costo total de inversión inicial mostrada en el programa de erogaciones por lo tanto tenemos.

$$\text{Inversión inicial } 6218153.9 \times 0.03 = 186544.62 \text{ dólares anuales}$$

Dadas las cantidades anteriores tenemos que los costos variables son:

ACTIVIDAD	COSTO (U.S.D)
Materia prima	24374700.00
Nómina	32850.00
Servicios auxiliares	15000.00
Mantenimiento operativo	186544.62
<b>COSTOS VARIABLES</b>	<b>24609094.62</b>

Costos fijos.

Administración durante la operación.

El estimado del costo administrativo el personal requerido para la administración (pago de nómina, manejo de personal, etc.) se considera de \$2000 al mes y sus indirectos materiales (papelería, copias, etc.) en un 10% de esto, o sea, \$200 al mes. Por lo tanto anualmente tendremos:

Administrativos =  $24000 = 3000$  dólares anuales.

Administrativos indirectos =  $2400 = 300$  dólares anuales.

Costo del mantenimiento de edificios y oficinas.

El estimado de costo de mantenimiento se considera un 3% anual sobre el costo total de la obra civil inicial mostrada en el programa de erogaciones por lo tanto tenemos.

Obra civil inicial  $572514 \times 0.03 = 17175.42$  dólares anuales

Costo de la depreciación.

La depreciación se considera un 10% anual sobre el costo total de la adquisición de los equipos mostrada en el resumen global del costo de inversión por lo tanto tenemos.

Depreciación  $3387694.22 \times 0.1 = 338769.42$  dólares anuales

Dadas las cantidades anteriores tenemos que los costos fijos son:

ACTIVIDAD	COSTO (U.S.D)
Administración	3300.00
Mantenimiento edificios	17175.42
Depreciación	338769.42
<b>COSTOS FIJOS</b>	<b>359244.84</b>

### 3.5.3 Resumen global del estimado.

COSTOS	COSTO (U.S.D)
VARIABLES	24609094.62
FIJOS	359244.84
<b>COSTO TOTAL DE OPERACION</b>	<b>24968339.46</b>

### 3.6 Estimado de ingresos.

Los ingresos por venta de crudo, gas y condensado entre las diferentes subsidiarias de la industria petrolera se denominan "Valor de Transferencia de Custodia" de los hidrocarburos y son fijados de mutuo acuerdo entre las diferentes subsidiarias.

El unico producto final de la batería es el gas separado en alta presión ya que la mezcla de aceite/gas se manda a otra batería para su procesamiento final, por lo cual no se estima el valor de transferencia del crudo.

El ingreso principal por lo tanto es el valor de transferencia del gas, el cual es de 1824 dólares por cada MMPCS y con la producción esperada por día de 120 MMPCSD obtenemos:

$$\text{Valor de transferencia del gas} = 120 \text{ MMPCSD} \times 1824 = 218880 \text{ dólares diarios.}$$

Este valor por año es considerado dentro del concepto ventas durante un periodo de 10 años, el cual a su vez formara parte del calculo del flujo de efectivo, como se muestra a continuación.

#### VALOR DE TRANSFERENCIA

VENTAS	CRUDO	GAS
AÑO		
0	----	----
1	----	39945600
2	----	79891200
3	----	79891200
4	----	79891200
5	----	79891200
6	----	79891200
7	----	79891200
8	----	79891200
9	----	79891200
10	----	79891200
	<b>TOTAL (U.S.D)</b>	<b>758966400</b>

Factibilidad.

La factibilidad de un proyecto tiene dos connotaciones diferentes.

- Factibilidad en cuanto a la posibilidad cercana de materialización exitosa del proyecto.
- Factibilidad en cuanto a la conveniencia de su materialización.

La primera se refiere a si los recursos (económico, humano, tecnológico, etc.) son todo lo que se necesita para que el proyecto pueda convertirse en realidad.

La segunda se refiere a si las consecuencias esperadas al materializarse el proyecto, satisfacen las expectativas económicas, financieras, ecológicas, etc. de quien promueve el proyecto bajo evaluación.

La factibilidad constituye entonces el insumo necesario para que el actor que proyecta tome la decisión de ejecutar o no el proyecto que se está evaluando, esto es, la factibilidad es el resultado de la evaluación del proyecto, que permite pasar a la toma de decisiones.



## Capítulo 4. Evaluación económica.

### 4.1 Introducción (conceptos).

Dentro de la realización de un proyecto uno de los aspectos más importantes es el económico ya que es parte fundamental de la evaluación de proyectos cuyo resultado nos dirá si un proyecto es rechazado, aceptado, modificado o inclusive clasificado dentro de un cierto orden de prioridades.

Con el estimado de costo de inversión ya desarrollado estaremos en posibilidad de efectuar la evaluación económica de la planta de separación, solamente repasaremos los conceptos de evaluación económica.

Toda evaluación debe ser justa, clara y objetiva, basada en una metodología rigurosa, cuyos resultados nos proporcionen una medida o parámetro que nos facilite la elección entre alternativas de inversión.

Esta medida de equivalencia o base de comparación debe ser capaz de resumir las diferencias de importancia que existan entre ellos y debe estar basado en la información sobre la serie de gastos e ingresos que da a lugar una oportunidad de inversión.

La reducción de las alternativas a una base común es necesaria para que las diferencias aparentes se conviertan en diferencias reales, en las que se tenga en cuenta el valor del dinero en el tiempo. La descripción del valor y tiempo en que se producirán los ingresos y egresos es conocida como el flujo de efectivo de la inversión, y es la base sobre la cual se aplican los diferentes parámetros de selección.

Un criterio de decisión tiene como herramienta una base de comparación, a continuación se definen los lineamientos de los criterios de selección:

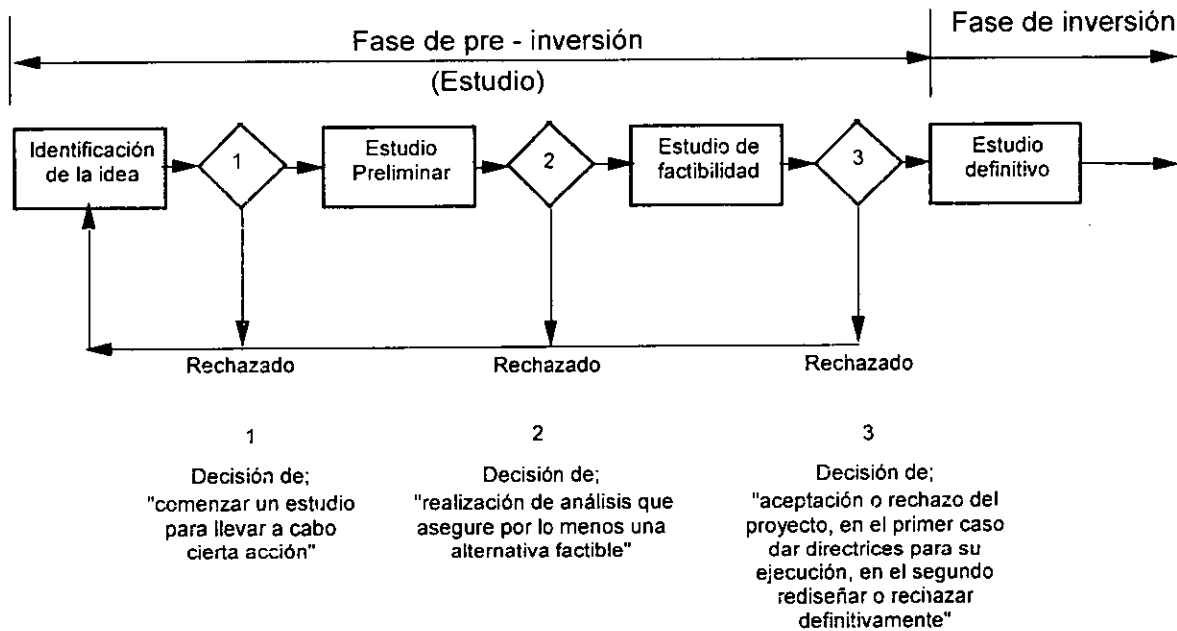
Así que se favorece o selecciona a aquellas inversiones que:

- Generen una tasa de rendimiento más alta en lugar de una más baja, siempre y cuando esta sobrepase la tasa mínima requerida.
- Produzcan mayores ingresos en lugar de menores, siempre y cuando se recupere totalmente la inversión.
- Proporcionen estimaciones seguras sobre flujos de efectivo en lugar de riesgos.

- Proporcionen mayores beneficios sociales a la comunidad comparativamente con la inversión desarrollada.

Las etapas de evaluación de proyecto corresponden a las fases de ejecución de los proyectos, efectuándose una evaluación concurrente a través de la vida del proyecto.

Etapas de evaluación de un proyecto.



Los parámetros de "rentabilidad" de un proyecto de inversión sobre los que nos basaremos son:

**Valor Presente Neto (VPN).**

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

**Período de Recuperación (PR).**

Estos parámetros de selección también llamados índices de rentabilidad tienen las siguientes reglas de decisión:

## Parámetros de selección y criterios de decisión.

Parámetro	Definición	Criterio	Observación
Valor presente neto o valor actual neto.	Diferencia actualizada de ingresos y egresos a una tasa de interés anual dada.	VPN > 0 aceptar VPN = 0 revisar VPN < 0 rechazar	
Tasa interna de retorno o tasa interna de rendimiento.	Porcentaje de ganancia o rendimiento de la inversión a valor actual.	TIR > r aceptar TIR = r revisar TIR < r rechazar	r es la tasa de mínima de rendimiento prefijada o costo de capital.
Periodo de recuperación o periodo de pago.	Medida de rapidez con la cual el proyecto reembolsará la inversión inicial.	PR < n aceptar PR = n revisar PR > n rechazar	n es el número de años preestablecido para la recuperación de la inversión.

## 4.1.1 Valor Presente Neto ( VPN ).

Al determinar la base de comparación de alternativas de inversión, una de las posibilidades es utilizar un índice que refleje las diferencias entre las mismas teniendo en cuenta el valor del dinero en el tiempo, ya que para un flujo de efectivo conocido y una tasa de interés, se puede calcular una cantidad equivalente situada en cualquier punto en el tiempo. Por lo tanto, es posible calcular, en cualquier momento una sola cantidad que equivalga en valor a un determinado flujo de efectivo.

El valor presente es una cantidad en el presente ( $t = 0$ ), que equivale a un flujo de efectivo de inversión para una tasa de interés "i", por lo tanto el valor actual de una propuesta de inversión será;

$$VPN = \left[ \frac{I_1}{(1+i)} + \frac{I_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{I_n}{(1+i)^n} \right] - \left[ D_0 + \frac{E_1}{(1+i)} + \frac{E_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{E_n}{(1+i)^n} \right]$$

donde:

"i" = es la tasa de retorno o tasa de descuento, (costo de capital).

$D_0$  = Inversión inicial al tiempo  $t_0$ .

$I_n$  = Ingresos al momento  $t_n$ .

$E_n$  = Egresos al momento  $t_n$ .

Para aceptar o rechazar un proyecto empleando este parámetro el criterio de decisión sería el siguiente;

"Sí el VPN del proyecto de estudio resulta positivo se acepta, de lo contrario se rechaza".

VPN > 0	Aceptar	VPN ≤ 0	Rechazar
---------	---------	---------	----------

Esto se debe a que sí el VPN es positivo la inversión tendrá una tasa de rendimiento mayor que la tasa de descuento elegida, en consecuencia el proyecto de inversión será aceptable.

#### 4.1.2 Tasa Interna de Retorno ( TIR ).

La tasa interna de retorno es un índice de rentabilidad ampliamente aceptado y esta definida como la tasa de interés que reduce a cero el valor presente de una serie de ingresos y egresos.

En términos económicos la TIR representa el porcentaje o tasa de interés ganado sobre el saldo no recuperado de una inversión. Se puede considerar el saldo no recuperado como aquella parte que permanece por recuperarse después de haber sumado y deducido los pagos de interés y los ingresos respectivamente, causados hasta el momento de análisis.

En este, caso se pueden formular todas las inversiones como una serie de flujos de efectivo, cada inversión esta formada por un desembolso inicial de efectivo seguido por subsiguientes ingresos y, quizá, también por egresos posteriores. La evaluación de una propuesta de inversión por este método requiere que se calcule la tasa efectiva de descuento (tasa de interés), que iguala el valor presente de la corriente de ingresos con el valor presente de la corriente de egresos. Esto equivale a igualar el valor presente de todos los flujos de efectivo netos con el desembolso inicial de la inversión, así;

$$D_0 + \frac{E_1}{(1+i)} + \frac{E_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{E_n}{(1+i)^n} = \frac{I_1}{(1+i)} + \frac{I_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{I_n}{(1+i)^n}$$

Donde; . . .

"i" = tasa de interés desconocida.

$D_0$  = Inversión inicial al tiempo  $t_0$ .

$I_n$  = Ingresos al momento  $t_n$ .

$E_n$  = Egresos al momento  $t_n$ .

Dicho en otras palabras, se trata de encontrar la tasa de descuento capaz de igualar los ingresos futuros con el desembolso original (inversión) más los egresos posteriores. El criterio de decisión aplicado es el siguiente;

"Se acepta el proyecto si su TIR es mayor que la tasa mínima de rendimiento prefijada y rechazar si la TIR es menor o igual a dicha tasa".

$TIR > r$ aceptar. $TIR \leq r$ rechazar.
---

Donde  $r$  es la tasa de interés o costo del capital.

#### 4.1.3 Período de Recuperación (PR).

Expresiones como "esta inversión se pagará en menos de cinco años" son comunes en la industria e indican la tendencia a evaluar los activos en términos del período de recuperación del desembolso inicial del capital o período de pago. Se define comúnmente dicho período como el tiempo necesario para recuperar el costo inicial de una inversión mediante el flujo neto de efectivo producido por dicha inversión con una tasa de interés igual a cero. Es decir si  $F_0 =$  Costo inicial de la inversión y  $F_t =$  flujo neto de efectivo en el período  $t$ , entonces se define el período de pago como aquel valor de "n" que satisfaga la ecuación;

$$0 = F_0 + \sum_{t=1}^n F_t$$

El valor máximo de "n" o "número de años" generalmente es prefijado por la empresa o el evaluador.

En general las más serias deficiencias del método de período de pago están en que no tiene en cuenta:

- 1) El valor del dinero en el tiempo.
- 2) Las consecuencias de la inversión que siguen al período de pago, incluyendo la magnitud y situación en el tiempo de los flujos de efectivo y la vida esperada de la inversión.

Por lo anterior este método tiende a favorecer las inversiones de vida corta, sin embargo no se puede negar que el método proporciona alguna medida de la forma en que una inversión pagará el desembolso inicial requerido.

En aquellas situaciones en que exista un alto grado de incertidumbre sobre el futuro y cuando una firma se encuentre interesada en su situación de efectivo y posibles préstamos, el método del período de pago puede suministrar información bastante útil sobre las inversiones en análisis. Esta medida de deseabilidad de una inversión se utiliza con frecuencia para complementar las demás bases de comparación.

En este caso el criterio de decisión será:

"Si el proyecto en estudio ofrece un período de recuperación inferior al número de años establecido será aceptado, si se presenta un período más largo se rechazará".

$PR \leq n$ aceptar.	$PR > n$ rechazar.
----------------------	--------------------

Evaluación económica.

Las alternativas en Ingeniería Económica generalmente incluyen diferentes factores como son: Costo de compra de equipo (costo inicial), costos anuales de operación y mantenimiento, valor anticipado de reventa del equipo (valor de rescate) y la tasa de interés.

## 4.2 Evaluación económica de la planta de separación.

Con los costos de inversión y operación obtenemos el cálculo del flujo de efectivo de la planta de separación, se calcula el VPN fijando una tasa de descuento del 20% y en forma iterativa con métodos numéricos se calcula la TIR sin embargo con la aplicación de software comercial (paquetería de PC, Excell, Lotus 123, etc.) se obtiene rápidamente el resultado, tal como se muestran en la siguiente tabla:

AÑOS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VENTAS											
Transferencia de gas		39,945,600	79,891,200	79,891,200	79,891,200	79,891,200	79,891,200	79,891,200	79,891,200	79,891,200	79,891,200
EGRESOS											
Inversión inicial	5,686,614.50	531,539.38									
Costos de Operación											
Materia prima		12,187,350	24,374,700	24,374,700	24,374,700	24,374,700	24,374,700	24,374,700	24,374,700	24,374,700	24,374,700
Nómina		16,425.00	32,850.00	32,850.00	32,850.00	32,850.00	32,850.00	32,850.00	32,850.00	32,850.00	32,850.00
Servicios auxiliares		7,500.00	15,000.00	15,000.00	15,000.00	15,000.00	15,000.00	15,000.00	15,000.00	15,000.00	15,000.00
Mantenimiento operativo		93,272.31	186,544.62	186,544.62	186,544.62	186,544.62	186,544.62	186,544.62	186,544.62	186,544.62	186,544.62
Administración		1,650.00	3,300.00	3,300.00	3,300.00	3,300.00	3,300.00	3,300.00	3,300.00	3,300.00	3,300.00
Mantenimiento edificios		8,587.71	17,175.42	17,175.42	17,175.42	17,175.42	17,175.42	17,175.42	17,175.42	17,175.42	17,175.42
Depreciación		169,384.71	338,769.42	338,769.42	338,769.42	338,769.42	338,769.42	338,769.42	338,769.42	338,769.42	(338,769.42)
FLUJO DE EFECTIVO	(5,686,614.5)	27,268,660.3	55,600,399.4	55,600,399.4	55,600,399.4	55,600,399.4	55,600,399.4	55,600,399.4	55,600,399.4	55,600,399.4	55,600,399.4
VPN	169,838,937.7										
TIR	555.53%										
PR	1										

## Conclusiones.

En el presente trabajo se muestran los pasos a seguir en una evaluación Técnico-Económica de una batería de separación en alta presión, tomando un problema existente de transporte e inseguridad en ductos de alta presión, definiendo ciertos alcances y limitaciones dando la solución más factible, mostrando los documentos a generar, el cálculo del predimensionamiento del equipo de proceso y la infraestructura mínima requerida. Con lo anterior procedemos a elaborar el estimado de costo de inversión de la batería para poder evaluar económicamente y analizar si es factible el proyecto de inversión.

Para que un proyecto de inversión sea factible y se pueda ejecutar debe ser rentable, con un periodo de retorno menor y que requiera de un menor desembolso.

Esta responsabilidad recae en realizar un buen estimado de costo de inversión confiable ya que es la base de la evaluación del proyecto para tomar decisiones acertadas y no rechazar proyectos que pudieran ser muy rentables o aceptar proyectos que llevarán al fracaso económico.

Los resultados obtenidos en la evaluación económica nos muestran que nuestro proyecto es altamente rentable y que el periodo de retorno se alcanza en el primer año de operación.

La batería aumenta la producción de gas disminuyendo la contrapresión en pozos, obteniendo en los ductos una menor presión y un transporte seguro de los hidrocarburos.

El ingeniero que desee coordinar el desarrollo de proyectos debe tener conocimientos en diferentes áreas de la ingeniería, tales como ingeniería de procesos, mecánica, eléctrica, seguridad industrial, civil, etc., y debe conocer la interrelación que existe entre estas con las actividades administrativas y de control de proyectos, debe saber como elaborar estimados de Horas-Hombre por especialidad, facturación, integración del proyecto, programas de avance, reporte de actividades, etc. Adicional a lo anterior debe manejar los elementos de evaluación económica para saber si el proyecto es factible, se continúa con su desarrollo, si se hacen cambios de alcance o se cancela.

La conjunción de todo este conocimiento nos permitirá tomar buenas decisiones para la coordinación y ejecución de los proyectos.



## **Bibliografía.**

Applied process for chemical and petrochemical plants.

Ernest E. Luadwig.

Vol. 1,2 y 3.

Ed. Gulf Publishing Company.

Ingeniería de proyectos para plantas de proceso.

Rase and Barrow.

Ed. CECSA:

Plant Design And Economics For Chemical Engineers.

Peters, M.S. & Timmerhaus, K.D.

Ed. Mc. Graw Hill.

Tercera edición.

La formulación y evaluación técnica económica de proyectos industriales.

CENETI 1978.

Procesos de transferencia de calor.

Donald Q. Kern.

Ed. Continental.

Decima tercera edición 1979.

Pressure Vessel.

Paul Buthod.

Ed. Hand Book.

Segunda edición Oklahoma.

Evaluación de proyectos

Gabriel Baca Urbina.

Ed. Mc. Graw Hill.

Segunda edición 1993.

Curso de Ingeniería de Costos, División de Educación Continua, División de Estudios Superiores de la Facultad de Ingeniería, U.N.A.M.

Process Plant Estimating Evaluation And Control,  
Gutrie, Kenneth M.  
Ed. Craftsman book Co., 1974.

Evaluación de proyectos a valor presente.  
Espíndola M. Carlos,  
Ed. Ecasa.  
Primera edición, México 1979.

Chemical Engineering, Modern Cost Engineering.  
Ed. Mc Graw Hill, 1979.

Banco de México, Boletín de Indicadores Económicos, Índice de Precios.  
Banco de México.

Applied Cost Engineering.  
Forest D. Clark And A.B. Lorenzoni.  
Ed. Marcel Decker, New York, 1978.

Chemical Process Economics.  
Happel J. and Jordan, D.G,  
Ed. Marcel Decker Inc.  
Segunda edición, New York, 1975.

Indices para ajustes de precios, Boletín económico de la CFE., de 1990 a 1997, Gerencia de Evaluación y Programación de Inversiones, Río Ródano No. 14, 4º piso, México, D.F.

Farrar G.L., Nelson-Farrar Cost Indexes, Oil And Gas Journal, Vol. 94 Nos. 23, 32, 41 y 45, (jun, ago, oct y nov de 1996) y Vol. 95 Nos. 1 y 5. (ene y feb de 1997).

Engineering Economy.  
Thuesen H.G., Fabrycky W.J.  
Ed. Prentice Hall, Inc.  
Cuarta edición, New Jersey, 1971.