



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN

“ESTIMACION Y CONTROL DE COSTOS EN  
PLATAFORMAS MARINAS”

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO QUIMICO  
P R E S E N T A  
PEDRO ANTONIO LEMUS ARAGON

ASESOR: O. RAFAEL DECELIS CONTRERAS

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1997

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



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 esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JAIME KELLER TORRES  
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN  
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:

"Estimación y control de costos en plataformas marinas"

que presenta el pasante: C. Pedro Antonio Lemus Aragón  
con número de cuenta: 7322171-3 para obtener el TITULO de:  
Ingeniero Químico

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cuautitlan Izcalli, Edo. de Méx., a 5 de Marzo de 1997

PRESIDENTE I.Q. Ariel Bautista Salgado.  
VOCAL I.Q.I. Alvaro Leo Ramirez  
SECRETARIO Q. Rafael Decelia Contreras  
PRIMER SUPLENTE I.Q. Rafael García Nava  
SEGUNDO SUPLENTE M. en C. Ricardo E. Hernández García

**Dedicatorias:**

**Al Dios nuestro, Señor de todas las cosas:**

*El principio de toda sabiduría es el temor a Dios.*

*Proverbios: 1:7*

**A mis padres por su amor y esfuerzo los cuales han sido mi guía y el impulso para dar lo mejor de uno mismo; en el trabajo, en la vida.**

**A mis hermanos por el amor y cariño que nos une, por los recuerdos que nos ligan, por su apoyo y comprensión.**

*Oye, hijo mío, la doctrina de tu padre, y no desprecies la dirección de tu madre.*

*Proverbios; 1:8*

**A mi esposa por su amistad, amor y dulce compañía, refugio en la angustia, compañera en lo bueno y en lo malo, motivo de orgullo y alegría:**

*He aquí que tú eres hermosa, amiga mía, .....*

*Cantares; 4:1*

**A mis hijos: Pedro y Paola, por ser causa de alegrías y satisfacciones:**

*Hijo mío, si tu corazón fuere sabio también a mí se me alegrará el corazón.*

*Proverbios: 23:15*

**A mis compañeros y amigos, por su amistad y paciencia.**

*Está la puerta abierta, ven juntemonos y dejemos hablar al corazón.*

**Un agradecimiento especial:**

**Al Instituto Mexicano del Petróleo, por las facilidades otorgadas en la realización de este trabajo.**

**A la Subdirección de Ingeniería y especialmente a la Gerencia de Proyectos de Explotación, Ing. Roberto Martínez López, por su valioso apoyo, muchas gracias.**

**A la Gerencia de Proyectos, Ing. Rafael García Nava, por su asesoría y comentarios para el desarrollo del presente trabajo.**

**A la UNAM, Facultad de Estudios Superiores, Cuautitlán, por los conocimientos adquiridos, por la formación técnica y científica que nos proporciona día con día.**

Con gratitud profunda y sincera a todos los Profesores que sin duda dejan una huella imborrable en nuestras vidas con sus conocimientos, consejos y filosofía.

Al Q. Rafael Decelis Contreras, por sus valiosos comentarios y observaciones para la ejecución y conclusión del presente trabajo.

**A los Profesores:**

Ing. Ariel Bautista Salgado.

Ing. Alvaro Leo Ramírez.

M. en C. Ricardo P. Hernández García

Por su valiosa colaboración

## Índice del contenido

<b>Sección</b>	<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
	<b>Objetivo.</b>	1
	<b>Introducción.</b>	2
	<b>Generalidades.</b>	4
<b>I.-</b>	<b>Estimado de costo de inversión.</b>	15
I.1.-	Precisión de un estimado.	16
I.2.-	Tipos de estimado.	21
<b>II.-</b>	<b>Métodos de estimación.</b>	27
II.1.-	Introducción a los métodos de estimación.	28
II.2.-	Método exponencial (Seis Décimos).	29
II.3.-	Método del Factor de Lang.	32
II.4.-	Método Modular.	33
II.5.-	Método de Happel.	35
II.6.-	Método General de Porcentajes.	37
II.7.-	Método Detallado.	39
<b>III.-</b>	<b>Control de costos.</b>	40
III.1.-	Objetivo del control de costos	41
III.2.-	Elementos de control.	43
III.3.-	Procedimientos de control.	45
<b>IV.-</b>	<b>Análisis de costos.</b>	53
IV.1.-	Evaluación de proyectos.	54
IV.2.-	Valor Presente Neto (VPN).	57
IV.3.-	Tasa Interna de Retorno (TIR).	59
IV.4.-	Periodo de Recuperación (PR).	61
IV.5.-	Costo Anual Equivalente (CAE).	63
IV.6.-	Relación Costo Beneficio (B/C).	64

<b>Sección</b>	<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
<b>V.-</b>	<b>Construcción de plataformas.</b>	<b>65</b>
V.1.-	La Sonda de Campeche.	66
V.2.-	Plataformas marinas.	68
V.3.-	Subestructura y pilotes.	75
V.4.-	Superestructura.	79
V.5.-	Paquetes y equipos.	81
V.6.-	Ductos submarinos.	82
<b>VI.-</b>	<b>Estimado conceptual de plataformas.</b>	<b>84</b>
VI.1.-	Integración del estimado de costo de inversión.	85
VI.2.-	Estimado de costo de estructuras, módulos y paquetes	88
VI.3.-	Estimado de costo de transporte.	95
VI.4.-	Estimado de costo de instalación costafuera.	100
VI.5.-	Estimado de costo de interconexión, pruebas y arranque.	102
VI.6.-	Estimado de costo de equipos y materiales.	106
VI.7.-	Estimado de costo de ductos submarinos.	127
VI.8.-	Estimado de costo de ingeniería y administración.	132
<b>VII.-</b>	<b>Caso práctico.</b>	<b>135</b>
VII.1.-	Antecedentes.	136
VII.2.-	Ingeniería preliminar	139
VII.3.-	Programación del proyecto.	144
VII.4.-	Alcances y bases del estimado.	146
VII.5.-	Estimado de costo de inversión.	148
VII.6.-	Conclusiones del estimado.	167
	<b>Conclusiones.</b>	<b>168</b>
	<b>Bibliografía.</b>	<b>170</b>

## **Objetivo.**

El presente trabajo tiene por objetivo ilustrar como se desarrolla el estimado de costo de inversión fija y los métodos que se emplean para llegar a este, así como el procedimiento existente para llevar a cabo el control de costos del proyecto.

El trabajo está enfocado al desarrollo de estimados de costo de inversión fija, ejemplificando el caso de plataformas marinas.

En adición a lo anterior se pretende desarrollar una breve introducción a la ingeniería económica dirigida al ambiente de los proyectos de explotación de crudo y gas de tal forma que el futuro ingeniero químico, especializado en costos de inversión, se ubique en este ámbito de trabajo.



## **Introducción.**

Este trabajo se desarrolló para introducir rápidamente a un ingeniero que desee conocer que es y como se desarrolla el estimado de costos de inversión de una plataforma marina, para esto se diseñaron los capítulos que lo constituyen y que a continuación se describen en forma resumida:

Sección.	Contenido.
Generalidades.	Qué es un proyecto, su ciclo y la razón de construirlo. Qué es un costo.
Estimado de costo de Inversión.	Tipos de estimado y su precisión.
Métodos de estimación.	Métodos existentes para efectuar los estimados de costo.
Control de costos.	Los elementos de control de costo de inversión y documentos de control.
Análisis de costos.	Los elementos de la evaluación de proyectos y los diferentes parámetros que se usan para ello.
Construcción de plataformas.	Qué es La Sonda de Campeche, qué son las plataformas, de qué se componen y sus enlaces entre ellas.
Estimado conceptual de plataformas.	Los elementos para la elaboración del estimado de costo de plataformas marinas.
Caso práctico.	Ejemplo de estimación de costos.

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.

La estimación de costos encuentra su aplicación desde el momento en que surgen las interrogantes; ¿cuanto va a costar?, ¿cual alternativa es más económica?, ¿realmente se van a obtener beneficios?, etc. y muchas otras preguntas que deberán ser satisfechas para evaluar la factibilidad de uno o varios proyectos, por lo cual dependiendo de lo acertado de los estimados de costo será lo acertado de los resultados de las evaluaciones y por lo tanto de las decisiones.

La fase de estimación de costos de inversión constituye una de las primeras etapas y es de vital relevancia durante el proceso del análisis y evaluación del proyecto de ingeniería.

Generalmente dichas estimaciones se apoyan 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.

Una vez tomada la decisión de llevar a cabo la ejecución de un proyecto de inversión es necesario implementar un adecuado "Control de Costos" que nos permita tener un control sobre el presupuesto, conociendo de esta forma todas las posibles desviaciones y su porqué, para que a nivel de "Gerencia de Proyectos" se pueda tomar a tiempo la medida o las medidas correctivas, tanto para continuar y/o modificar como para cancelar definitivamente un proyecto.

**Generalidades.**

**Que es un Proyecto.**

**Ciclo vital de un proyecto.**

**Porqué construir un proyecto.**

**Que es un estimado.**

**Que es el costo total de un proyecto.**

### **Que es un proyecto.**

Un proyecto es una serie de actividades destinadas a la producción de bienes o servicios o para modificar la capacidad o productividad de los ya existentes con el fin de obtener en un período futuro mayores beneficios de los que se obtienen actualmente con los recursos que se podrían emplear en el proyecto.

Esto podría abarcar desde una modificación hasta la construcción y puesta en marcha de un complejo petroquímico tal como la Cangrejera.

Para el fin del presente trabajo el ámbito del tipo de proyectos a manejar son los proyectos de explotación de crudo y gas en la Sonda de Campeche los cuales hasta la fecha se han realizado mediante plataformas estructurales de acero, esto comprende plataformas de perforación, producción, enlace, compresión, habitacionales, control y servicios, inyección de agua, telecomunicaciones, etc. incluyendo proyectos tales como la instalación de ductos submarinos o de estaciones de recompresión de gas en tierra.

### **Ciclo vital del proyecto.**

Todo proyecto tiene un ciclo vital, este comprende cuatro fases; “Conceptualización y planteamiento de alternativas”, “Selección de alternativa y definición”, “Ingeniería y “Construcción” y “Arranque y Operación” , es claro que el rango de cada fase variará de un proyecto a otro, no obstante las cuatro fases aplican para todo lo proyectos. Este ciclo vital se discutirá en detalle y nos referiremos a él en las secciones siguientes.

### **Porqué construir un proyecto.**

Existen un sinnúmero de razones por la que una corporación o compañía decide construir un proyecto, la decisión puede ser el resultado de un análisis favorable de la situación de mercado que muestra futuros aumentos en la demanda de un producto, la necesidad de nuevos y diferentes productos, a nuevos requerimientos sociales para nuevas instalaciones,

especialmente en el área de protección ambiental, etc., todas las cuales tienen su correspondiente valor económico y/o social y por otra parte debido a que la decisión de construir es extremadamente importante la Gerencia del proyecto se hace preguntas que necesitan respuesta; capacidades, localización, especificaciones, tecnología, diversificación de productos, etc..

Para responder a la mayoría de las preguntas hechas se requieren de estudios técnico-económicos que no pueden ser realizados sin una inversión de capital, lo cual conlleva a elaborar un estimado que a su vez requiere de un ingeniero especialista en costos. Pero el ingeniero de costos no solo se requiere durante la primeras evaluaciones sino durante gran parte del proyecto debido a la necesidad por parte de la Gerencia de tomar decisiones similares hasta su finalización, aunado esto a la necesidad de controlar el costo de inversión en cada fase de su desarrollo y construcción.

En cualquier proyecto son revisados continuamente los parámetros bajo los cuales se decidió su realización; beneficios económicos, sociales, rentabilidad, período de retorno, etc., ya que el entorno del proyecto puede modificarse por problemas de inflación, devaluación, técnicos, pérdida de oportunidad, merma de reservas, tecnologías obsoletas, etc.

Dicho de otra forma los grupos de estimación y control de costo de inversión se requieren hasta el arranque mismo y puesta en operación de la instalación.

#### **Que es un estimado.**

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 en que los ingenieros de proyecto suponen que el trabajo sea hecho.

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. La tarea del ingeniero de costo será en cada etapa tomar todos los documentos disponibles y mediante diferentes consideraciones (métodos de estimación y bases económicas) transformarlos a su valor correspondiente en unidades monetarias.

Al hacer lo anterior el ingeniero de costos estará prediciendo cuanto costará y cuando se comprará el equipo y/o materiales y por lo tanto la escalación de sus costos, asimismo está haciendo pronósticos del país de origen de los bienes y servicios (tipos de divisas a emplear), y en base a todo lo anterior desarrollará un plan o programa de compromisos de pagos y un plan de como se efectuarán estos, esto es; anticipos, pagos parciales, pagos totales, escalación, financiamiento, etc..

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:

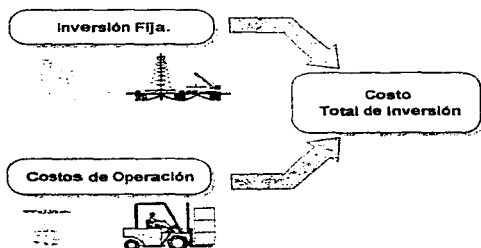
- Integración y alcance del estimado.
- Lista de las bases y premisas del estimado.
- Resumen global del estimado.
- Desglose detallado del estimado.

### Que es el 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.

Para la evaluación económica o social del proyecto es esencial conocer y estimar cada uno de los costos que inciden en el costo total del proyecto (egresos): desde su concepción, diseño y construcción hasta su operación durante un periodo determinado de años ("vida útil" del proyecto). Adicionalmente se requiere conocer y estimar todos los beneficios (ingresos) económicos y sociales que se obtendrán con su ejecución y operación durante el mismo periodo de años. La suma total de egresos e ingresos es conocida como "flujo de efectivo", punto de partida para la evaluación de proyectos.

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:



## **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, almacenes, laboratorios y de todos aquellos componentes que son una parte permanente de la instalación.

Los gastos que integran a la Inversión Fija de cualquier planta generalmente son agrupados como “Costos Directos” y “Costos Indirectos”, los primeros están relacionados en forma directa con el suministro de equipos, materiales e instalaciones (terrenos, edificios, etc.), los costos indirectos son los gastos en que se incurre para llevar a cabo la obra; ingeniería, construcción, etc..

Sin embargo no es determinante esta clasificación durante la fase de estudio, ingeniería y construcción del proyecto. Por el contrario es más representativo agrupar el costo de acuerdo a las actividades programadas ya que esta es la forma en que se efectuarán los desembolsos de capital obteniéndose así, prácticamente en forma directa, el presupuesto de obras y servicios.

Esta clasificación/programación generalmente comprende los conceptos indicados a continuación y que se verán a detalle en capítulos subsecuentes, sin embargo cada proyecto tiene su propio programa e integración de actividades por lo que es conveniente documentar el proyecto indicando cual es el alcance e integración del “Estimado de Costo de Inversión Fija”.

En el Instituto Mexicano del Petróleo a esta parte del costo total del proyecto se le ha denominado tradicionalmente “Estimado de costo de Inversión”, siendo este el objetivo del presente trabajo y el nombre que se utilizará a través del texto.



**Tabla 0.1.- Resumen de elementos que integran el costo de inversión fija.**

pag 1 de 4

**Suministros:**

- |                      |   |
|----------------------|---|
| <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 la planta o patio de contratista.</li><li>✓ Indirectos y utilidad solo en el caso de que el contratista suministre los equipos.</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 DFP's, DTI's y hojas de datos.</li><li>✓ Partes de repuesto para dos años de operación.</li><li>✓ Impuestos, empaque, fletes y seguros, LAB la planta o patio de contratista.</li><li>✓ Indirectos y utilidad solo en el caso de que el contratista los suministre.</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) y que no estén incluidos en el alcance del o los contratista(s).</li><li>✓ impuestos, empaque, fletes y seguros, LAB almacén o patio de contratista.</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 almacén o patio de contratista.</li><li>✓ Indirectos y utilidad solo en el caso de que el contratista los suministre.</li></ul>  |
| <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>   |

**Fabricación:**

- |                  |  |
|------------------|--|
| <b>Paquetes.</b> | <ul style="list-style-type: none"><li>✓ Todos las plantas tipo "paquete" y/o equipos que tienen un proceso de fabricación o integración especial, montados sobre un patin común.</li><li>✓ Impuestos, empaque, fletes y seguros, LAB la planta o patio de contratista.</li><li>✓ Partes de repuesto para dos años de operación.</li><li>✓ Indirectos y utilidad solo en el caso de que el contratista los integre.</li></ul>   |
| <b>Módulos.</b>  | <ul style="list-style-type: none"><li>✓ Todos las "módulos" requeridos por el proyecto; incluye suministro de materiales, obra civil (estructuras del módulo), suministro, fabricación, instalación e interconexión de equipo, suministro de material y obra electromecánica (tuberías, eléctrico, instrumentación, aire acondicionado, etc.) suministro de material y obra arquitectónica (módulos habitacionales).</li><li>✓ Impuestos, empaque, fletes y seguros, LAB la planta o patio de contratista.</li><li>✓ Partes de repuesto para dos años de operación.</li><li>✓ Indirectos y utilidad.</li></ul> |

**Tabla 0.1.- Resumen de elementos que integran el costo de inversión fija.**

**Fabricación: (continúa).**

<b>Ductos.</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Todos los ductos requeridos para el manejo de productos o insumos, incluye el suministro de materiales, prefabricación, lastrado, protección catódica, mecánica, transporte, tendido e interconexión.</li><li>✓ Impuestos y seguros.</li><li>✓ Indirectos y utilidad.</li></ul>
<b>Obra Civil.</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Todas las obras civiles requeridas por el proyecto: Topografía, geotécnia, sondeos, edificios, 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 la planta o patio de contratista.</li><li>✓ Indirectos y utilidad.</li></ul>
<b>Obra Eléctrica.</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Todas las obras eléctricas requeridas por el proyecto: Suministro de equipos, acometidas, subestaciones, centros de control de motores, distribución de fuerza, red de tierras, protecciones contra descargas eléctricas, alumbrado, etc.. Incluye suministro de materiales y obra electromecánica (instalación de equipos, materiales, cableado, etc.).</li><li>✓ Impuestos, empaque, fletes y seguros de equipo y materiales LAB la planta o patio de contratista.</li><li>✓ Partes de repuesto para dos años de operación (si se requiere).</li><li>✓ Indirectos y utilidad.</li></ul>
<b>Obra Electromecánica.</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Todas las obras electromecánicas requeridas por el proyecto: incluye suministro de polipastos, malacates, etc. tuberías, accesorios, materiales para conexión de instrumentos, suministro de equipos y ductos para aire acondicionado, etc., y la obra electromecánica para su manejo, prefabricación, montaje, instalación e interconexión.</li><li>✓ Impuestos, empaque, fletes y seguros de materiales LAB la planta o patio de contratista.</li><li>✓ Indirectos y utilidad.</li></ul>
<b>Obra Arquitectónica.</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Toda la obra "arquitectónica" requerida por el proyecto en edificios, cuartos de control, oficinas, bodegas y almacenes. Incluye suministro de materiales y obra para acabados en pisos, paredes, techos, suministro de mobiliario, muebles de baños, instrumental, muebles de laboratorio, cocina, comedor, servicios médicos, 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 la planta o patio de contratista.</li><li>✓ Indirectos y utilidad.</li></ul>

**Tabla 0.1.- Resumen de elementos que integran el costo de inversión fija.**

<b>Transporte:</b>	
<b>Estructuras.</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Transporte costa fuera de todas las estructuras requeridas por el proyecto. Incluye movilización y limpieza de chalán, maniobra de carga y amarre, remolque al sitio de su instalación y despido del chalán/remolcador.</li><li>✓ Impuestos, flete y seguro marítimo.</li><li>✓ Indirectos y utilidad.</li></ul>
<b>Equipos.</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Transporte costa fuera de todos los equipos que no fue posible montar durante la fabricación de cubiertas o módulos en tierra y/o que así lo requiere el proceso constructivo. (el transporte de equipos y materiales desde almacén de proveedor a patio de fabricación o sitio de su instalación ya está considerado en el costo de adquisición). Incluye movilización y limpieza de chalán, o embarcación, maniobra de carga y amarre, transporte al sitio de su instalación y despido del chalán/remolcador o embarcación.</li><li>✓ Impuestos, flete y seguro marítimo.</li><li>✓ Indirectos y utilidad.</li></ul>
<b>Módulos.</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Transporte costa fuera de todos los módulos requeridos por el proyecto. Incluye movilización y limpieza de chalán, maniobra de carga y amarre, remolque al sitio de su instalación y despido del chalán/remolcador.</li><li>✓ Impuestos, flete y seguro marítimo.</li><li>✓ Indirectos y utilidad.</li></ul>
<b>Instalación:</b>	
<b>Estructuras y módulos.</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Instalación costa fuera de todas las estructuras y módulos requeridos por el proyecto. Incluye movilización y posicionamiento de barco grúa, maniobra de izaje o lanzamiento, posicionamiento y pilotado de subestructura, montaje de superestructura y puentes, montaje de módulos sobre cubierta (según se requiera) y despido de barco grúa.</li><li>✓ Impuestos y seguro marítimo.</li><li>✓ Indirectos y utilidad.</li></ul>
<b>Equipos.</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Instalación costa fuera de todos los equipos que no fue posible montar durante la fabricación de cubiertas o módulos en tierra y/o que así lo requiere el proceso constructivo. (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 reubicamiento de barco grúa (si así se requiere), maniobra de izaje, montaje y fijación del paquete o equipo.</li><li>✓ Impuestos y seguro marítimo.</li><li>✓ Indirectos y utilidad.</li></ul>

**Tabla 0.1.- Resumen de elementos que integran el costo de inversión fija.**

pag 4 de 4

<b>Interconexión, pruebas y arranque:</b>	
<b>Cubiertas y/o módulos en mar.</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Interconexión costa fuera de todos los equipos sobre cubierta, paquetes y módulos que integran el proyecto. Incluye transporte de personal, herramientas, equipos y materiales de consumo.</li><li>✓ Impuestos y seguros.</li><li>✓ Indirectos y utilidad.</li></ul>
<b>Equipos y paquetes en tierra.</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Interconexión de todos los equipos, paquetes y sistemas que constituyen la instalación. Incluye el personal, herramientas equipos y materiales de consumo.</li><li>✓ Impuestos y seguros.</li><li>✓ Indirectos y utilidad.</li></ul>
<b>Ingeniería y administración:</b>	
<b>Ingeniería.</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ 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.</li><li>✓ Impuestos y licencias.</li><li>✓ Indirectos, utilidad y reembolsables solo en caso de que sea contratada.</li></ul>
<b>Administración.</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Planeación, coordinación, control y seguimiento del proyecto. Incluye programación, facturación, procura, expedición, inspección, supervisión de ingeniería y construcción, asesorías externas, etc.</li><li>✓ Impuestos.</li><li>✓ Indirectos, utilidad y reembolsables solo en caso de que sea contratada.</li></ul>
<b>Certificación.</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Revisión externa de cualquier fase del proyecto para garantizar su correcta ejecución.</li><li>✓ Impuestos.</li><li>✓ Indirectos, reembolsables y utilidad.</li></ul>
<b>Otros:</b>	
<b>Imprevistos:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ 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.</li></ul>

### **Costo de operación.**

Una vez que la instalación ha iniciado su operación estable principia la fase operativa del proyecto, 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..

**Tabla 0.2.- Resumen de elementos que integran el costo de operación.**

#### **Costos Fijos:**

- ⇒ Administración Central (nómina de personal directivo, oficinistas, etc.)
- ⇒ Renta y mantenimiento de edificios, oficinas, bodegas y almacenes.
- ⇒ Depreciación.
- ⇒ Impuestos y seguros.
- ⇒ Publicidad.
- ⇒ Derechos de Vía.

#### **Costos Variables:**

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

**I.- Estimado de costos de inversión.**

**I.1.- Precisión de un estimado.**

**I.2.- Tipos de estimado.**

I.2.1.- Estimado de Orden de Magnitud.

I.2.2.- Estimado de Estudio.

I.2.3.- Estimado Preliminar.

I.2.4.- Estimado Detallado.

I.2.5.- Estimado Definitivo.

### **1.1.- Precisión de un estimado**

El estimado de costo de inversión fija tiene diferentes niveles de "precisión", los cuales dependen de la cantidad de información y tiempo disponibles para generar el estimado de costo de inversión. Antes de explicar los niveles de precisión es necesario definir que se considera generalmente como un estimado bueno o preciso, esto se logra fácilmente definiendo las características que debe cumplir:

- Acertado.
- Detallado.
- Respaldo con bases y memorias de cálculo.
- Fácil de revisar.
- Fácil de actualizar.
- Fácil de controlar.

Para obtener un buen estimado se requieren las siguientes condiciones para su desarrollo:

- Alcance del proyecto definido.
- Plan de ejecución realista.
- Tiempo adecuado para estimar.
- Métodos de estimación adecuados
- Buena base de datos
- Buena experiencia del grupo estimador

Las tres primeras condiciones son inherentes al proyecto mismo, dependen de la dirección del proyecto y del grupo de ingeniería, las tres últimas están directamente relacionadas con el grupo de estimación y a sus herramientas de cálculo y control.

La importancia de que el "Alcance del Proyecto" y las "Bases de Diseño" sean establecidos lo más rápido posible al inicio del proyecto radica en que a partir de ellos son generados la mayoría de los documentos de ingeniería y de estos, el estimado de costos de inversión.

Por otra parte es necesario resaltar la relación que guarda el tiempo en que se desarrolla el proyecto con la precisión del estimado de costos, a continuación se ha graficado la precisión del estimado, expresada como el porcentaje de desviación del estimado con respecto al costo real, se muestra en forma esquemática la escala del tiempo a través del cual progresa el proyecto, que en este caso esta dividido en tres etapas: planeación, ingeniería y construcción.

La curva nos expresa la velocidad de cambio de la precisión con el avance del proyecto y nos muestra, en forma obvia, que la máxima aproximación al costo real se obtiene una vez que se acerca la finalización del proyecto.

Existen dos conclusiones importantes que se obtienen de esta curva: Primero; la duración del tiempo de planeación es un período impreciso y generalmente muy corto como para hacer un estimado detallado y por lo tanto el costo durante este período es errático, solamente se puede establecer el orden de magnitud de la inversión.

Segundo; existe un cambio radical en la pendiente en el momento en que son establecidos los volúmenes de obra del proyecto, aumentando significativamente la precisión durante un período relativamente corto.

La razón por la cual la curva tiene la forma mostrada está directamente relacionada con el hecho de que a medida que avanza el proyecto se tienen más datos reales acerca del mismo, que permiten conocerlo mejor y precisar de esta forma su costo de inversión.

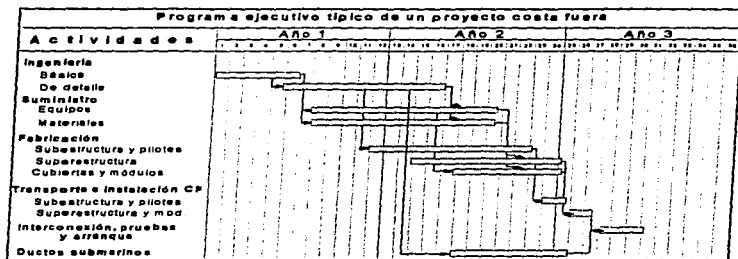
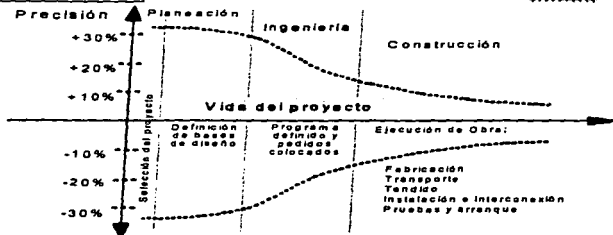
Asumiendo que el especialista en costos es capaz de desarrollar el estimado de costos existen dos factores más que afectarán seriamente la precisión de sus cálculos, estos son por un lado los métodos de estimación y sus herramientas y la confiabilidad de las bases del estimado por el otro, siendo estas últimas las de mayor impacto sobre la precisión del estimado durante la fase inicial del proyecto.

En el diagrama adjunto a continuación, denominado de "barras" o de "Gantt", se ilustra lo anterior



Figura I.1.1.1.- Diseño y construcción de un proyecto vs. precisión del estimado de costo.

Localización de la plataforma	⊕	⊕
Alcance del proyecto	⊕	⊕
Bases de diseño	⊕	⊕
Diagrama de flujo de proceso	⊕	⊕
Diagramas de tuberías e instrum.	⊕	⊕
Listas y req. de equipo e instrum.		
Volumenes de obra y req. de mat.		
Plan de ejecución detallado		
Transporte e instalación		
Montaje e interconexión		
Pruebas y arranque		
Operación y mantenimiento		



Un estimado de costo de "Orden de magnitud" preparado durante la fase inicial de un proyecto es errático debido a la poca información de que se dispone durante esta etapa, por lo que su aproximación es de un  $\pm 40$  % al costo real.

Entre más rápidamente se definan las bases técnicas del estimado y dejen de ser "de estudio" más rápido progresará la ingeniería y el estimado tenderá en forma rápida al costo real del proyecto.

La gráfica muestra en forma resumida que documentos o información son requeridos por el ingeniero de costos para incrementar la precisión del estimado, información que deberá tener la capacidad de interpretar y emplear para sus propósitos.

Por otra parte el conocer la precisión de un estimado es de extrema importancia para la dirección del proyecto y para el grupo de control del proyecto ya que si podemos de alguna manera conocer en forma aproximada el margen de error que se puede esperar del estimado en cada etapa podremos calcular que impacto tendrá esto sobre el presupuesto que ha sido determinado para el proyecto.

Si la precisión es conocida ya sea por experiencia o por el conocimiento de esta a partir de métodos estadísticos, sabremos que tanto abajo o arriba estaremos del costo real del proyecto y por lo tanto la contingencia que debemos emplear y el riesgo que estaremos tomando al presupuestar.

Conociendo la precisión de un estimado se puede asistir a la "Gerencia del proyecto" con una buena predicción del flujo de efectivo, que en el caso de estimados tempranos deberá de ser ajustado por la relativa imprecisión de estos. Esta información es especialmente importante en el caso de proyectos multimillonarios en donde pequeñas desviaciones producen diferencias de varios millones de pesos.

En contrapartida hay ocasiones en que la "Gerencia" solo desea conocer en forma aproximada el costo de algún cambio, alternativa o proyecto, en estos casos conociendo el nivel de aproximación que se desea, por parte de la dirección del proyecto, se puede preparar el método y nivel de detalle que es conveniente emplear y, por ejemplo, utilizar métodos rápidos tales como gráficas o exponentes, y por otra parte decidir cual información solicitar al grupo de ingeniería.

Normalmente durante las primeras etapas de estudio la precisión 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 final del proyecto.

Esta "aproximación de un  $X\%$ " significa que el presupuesto estimado está: excedido o con un déficit de un  $X\%$  del costo real.

$$\text{costo estimado} = \text{Costo Real} * (1 \pm X\%).$$

Es incorrecto multiplicar el estimado de costo por el porcentaje de precisión para determinar el costo real, si el estimado está excedido un 30% del costo real lo que tendrá en mente el directivo al multiplicar este porcentaje por el estimado de costo será un costo "real" alejado un 69% del verdadero presupuesto, como se demuestra a continuación:

$$\text{si invertimos las posiciones: } \text{costo real} = [\text{costo estimado}] * (1 + 0.30)$$

Entonces si sustituimos el valor del costo estimado, obtenemos que:

$$\text{costo real} = [\text{costo real} * (1 \pm 0.30)] * (1 + 0.30) = \text{costo real} * 1.69.$$

lo cual es erróneo.

## **1.2.- Tipos de estimados.**

Un estimado de costo 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 relaciona el avance del proyecto con el nivel de precisión que debe esperarse.

Es claro que un estimado variará continuamente de acuerdo a la forma en que se establezca el flujo de información hacia el grupo de estimación, pero 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 Costo (AACE)" son:

- ◆ Orden de Magnitud.
- ◆ Estudio.
- ◆ Preliminar.
- ◆ Detallado.
- ◆ Definitivo.

No es una norma general el emplear los cinco tipos, en la práctica común se emplean solo tres niveles debido a las interrelaciones que existen entre un tipo de estimado y otro, estos son; de estudio, preliminar y detallado, sin embargo se explicarán los cinco tipos de estimado mencionados.

### **1.2.1.- 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 y determinar su factibilidad..
- Seleccionar un proyecto entre otros.
- Seleccionar un tipo de tecnología.
- Seleccionar algunas características del proyecto (capacidad, localización, etc.).

El máximo de precisión que se puede esperar de un estimado en este nivel es aproximadamente de un  $\pm 40\%$  de desviación con respecto a el costo real. La información mínima necesaria para desarrollar este tipo de estimado es:

- Información general definida.
- Localización casi definida.

Para el caso que nos ocupa lo primero se refiere al tipo de plataforma, capacidad y peso aproximado de estructuras y equipos, y lo segundo nos proporciona información acerca del tirante de agua, vientos dominantes, oleaje, etc., es decir, factores sobre tamaño, robustez de la estructura que incide en el estimado de costo. A este nivel de detalle el interés se centra sobre el costo total de la inversión o sobre la diferencia total entre dos o más alternativas, y no importa ni es factible el tener un costo detallado de cada elemento que integra el proyecto.

#### I.2.2.- Estimado de Estudio.

El estimado se prepara o desarrolla cuando se cuenta con el tiempo y se justifica el costo de los estudios e ingeniería para continuar con un análisis más detallado, generalmente por alguna de las siguientes razones:

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

El rango de precisión en el que estaremos al desarrollar este estimado será de cuando menos un  $\pm 40\%$ , hasta cuando más un  $\pm 25\%$  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 el alcance del proyecto del proyecto se establezca rápidamente y permanezca fijo. La información básica necesaria para el desarrollo de este estimado es la siguiente:

- Información general definida.
- Localización definida.
- Alcance del proyecto definido.
- Diagramas de flujo de proceso (bosquejo).
- Balances de materia y energía (bosquejo).
- Listas de equipo (bosquejo).
- Listas de materiales (bosquejo).
- Programas de ejecución (bosquejo).

### 1.2.3.- Estimado Preliminar.

Normalmente en este nivel, con el avance de ingeniería alcanzado, ya se ha decidido la aceptación o el rechazo del proyecto, si la decisión ha sido la de construir es necesario desarrollar un presupuesto (con su respectivo flujo de efectivo), y si se trata de un proyecto muy complejo es necesario iniciar los trámites para obtener un adecuado financiamiento. Por

lo anterior puede decirse que el estimado preliminar es la base o punto de partida para el control de costos del proyecto y es empleado para;

- Estimado Base.
- Presupuesto Base.
- Desarrollo del flujo de efectivo.

El margen de error en este nivel debe de ser bajo, debido a que a partir de este momento estaremos asignando recursos a las diferentes actividades que componen nuestro proyecto tales como; compra de equipos y materiales, contratos de obra, solicitud de créditos, financiamientos, etc..

Resulta claro que es riesgoso tanto excederse como limitarse en el presupuesto solicitado, y que es aquí donde inician los problemas de elaborar un flujo de efectivo pronóstico de todas y cada una de las actividades pendientes para la ejecución y puesta en marcha del proyecto. Es conveniente indicar que en este nivel debe iniciarse el control de costos del proyecto. Los requerimientos mínimos de información necesarios a este nivel de detalle para la elaboración del estimado y del flujo de efectivo son los siguientes;

- Alcance y localización definidos y fijos.
- Diagramas de flujo y Balances preliminares.
- Plano de localización general preliminar.
- Especificaciones del proyecto preliminares.
- Listas de equipo preliminares.
- Listas de materiales preliminares.
- Horas-Hombre de ingeniería pronóstico.
- Programas de ejecución preliminares.
- Necesidades aproximadas de servicios de apoyo técnico (asesorías, inspección, admón., etc.).

El nivel de precisión debe ser lo más aproximado a el costo real, de tal forma que debemos esperar estar dentro de un rango que oscile del  $\pm 20\%$  al  $\pm 10\%$  de aproximación del costo real.

#### 1.2.4.- Estimado Detallado.

Al avanzar la ingeniería surge más información, se definen actividades y sistemas con mayor detalle que pueden o no modificar significativamente el costo del proyecto, sobre todo al colocarse contratos de construcción y/o al comprar equipo y material. En este punto surge la necesidad de que el control de costo sea más estricto para poder auxiliar a la dirección del proyecto, anticipándose a posibles desviaciones del presupuesto por cualquiera de los siguientes puntos;

- Gastos excesivos en áreas problema.
- Retrasos en adquisiciones.
- Retrasos en adjudicación y/o ejecución de contratos
- Desviaciones del alcance original del proyecto.
- Cambios de paridad, entorno económico, etc.

Por lo tanto, dado el avance del proyecto y a manera de corte, es necesario efectuar una revisión al estimado anterior desarrollando un nuevo pronóstico para que nos sirva como puente hasta el estimado definitivo del proyecto. En este punto la información requerida es la siguiente;

- Alcance y Localización definidos.
- Diagramas de flujo y balances finales.
- Plano de localización final.
- Especificaciones Definidas.
- Listas de equipo y materiales finales.



- HH de ingeniería preliminares.
- Admón., asesorías, etc. definidas.
- Pedidos de equipo y material asignados.
- Contratos de construcción definidos (en conceptos y cantidad).
- Contratos preliminares de transporte.
- Contratos preliminares de instalación.
- Contratos preliminares de pruebas y arranque.

El rango de exactitud dentro del cual se mueve nuestro estimado es del  $\pm 10$  al  $\pm 5$  por ciento del costo real.

#### 1.2.5.- Estimado Definitivo.

Es el último estimado que se emite del proyecto, no representa el costo real final del proyecto, solo es el puente entre los últimos presupuestos y la terminación del proyecto y es el medio que permite a la dirección la base para la supervisión de los trabajos finales pendientes.

Este estimado está dirigido a proveer a la dirección del proyecto de información acerca de lo planeado contra lo realizado, ya sea para reportes finales, para auxiliar a control de costos o simplemente para conocer de una forma aproximada el costo total del proyecto. La información complementaria para el desarrollo de este estimado es la siguiente;

- Todos los contratos de construcción asignados.
- La mayoría del equipo (80%) comprometidos e instalado.
- La mayoría de los materiales (80%) comprometidos e instalados
- Contratos de transportación, instalación, interconexión y puesta en marcha definidos y/o asignados.

Es obvio que el rango de precisión deberá ir desde el  $\pm 5\%$  al  $0\%$  de desviación.

## **II.- Métodos de estimación.**

**II.1.- Introducción a los métodos de estimación.**

**II.2.- Método Exponencial (Seis Décimos).**

**II.3.- Método del Factor de Lang.**

**II.4.- Método Modular.**

**II.5.- Método de Happel.**

**II.6.- Método General de Porcentajes.**

**II.7.- Método Detallado.**

## **II.1.- Introducción a los métodos de estimación.**

Existen varios métodos o recetas para obtener el costo de inversión fija de un proyecto o de algún concepto cada uno de ellos puede ser útil o no dependiendo del enfoque original para el que se creó, así pues tenemos métodos que se ajustan a un tipo de estimado y a otros no, por otra parte, independientemente al tipo de estimado, existen métodos rápidos o métodos lentos, métodos precisos o imprecisos.

De lo anterior tenemos que debemos seleccionar el método de estimación de acuerdo a lo siguiente; la información disponible, el tipo de estimado que se desee obtener y por lo tanto la precisión esperada, y el tiempo disponible para su elaboración.

Algunos métodos de estimación solo se pueden emplear como referencia para la estimación de costo de instalaciones costa fuera (Offshore) ya que originalmente fueron enfocados al desarrollo de estimados de costo de plantas de proceso localizadas en tierra (Onshore).

Por otra parte los factores o porcentajes empleados por algunos de ellos solo tienen aplicación en el país de origen del método, debido todo esto a que la información estadística en la que se fundamentan proviene de la misma región, aunque de cualquier forma es factible tomar sus principios o aplicarlos a nuestros problemas desarrollando nuestra propia información.

## II.2.- Método Exponencial (Seis Décimos).

Es de los primeros métodos desarrollados para la elaboración de estimados de costo de inversión fija y se aplica principalmente al desarrollo de estimados de "Orden de Magnitud" o de "Estudio".

Originalmente se desarrolló multiplicando el costo conocido de una planta de proceso por la relación de la capacidad elevada a un exponente de 0.6 por lo cual es conocido como método de los seis décimos, su expresión es la siguiente:

$$C_2 = C_1 * [ Q_2 / Q_1 ]^{0.6}$$

Donde;

$C_2$  = Costo de inversión fija de la planta propuesta.

$C_1$  = Costo de inversión fija de la planta de referencia.

$Q_2$  = Capacidad de la planta propuesta.

$Q_1$  = Capacidad de la planta de referencia.

Como está basado en la escalación del costo a partir del costo conocido de una planta existente o por construirse se le conoce también como "Método de escalación por capacidad".

Al extenderse el uso de este método a otros tipos de planta, diferentes a los que fué desarrollado originalmente, o para la estimación de materiales y equipos, se hizo necesario el generar nuevos factores exponenciales para cubrir las nuevas necesidades, algunos ejemplos de estos factores (encontrados en la literatura) se pueden observar en la siguiente tabla.

Tabla II.2.1.- Factores de escalación por capacidad por tipo de planta de proceso.

Tipo de planta de proceso	Chilton	Bauman	Hasel-Barth	Guthrie	Mean
Acetaldehido			0.70		
Ac. acético				0.68	
Acetileno		0.73	0.70	0.65	0.69
Acetona				0.45	
Acilonitrilo				0.60	
Alquilación				0.60	
Aluminio y Alum. liq.		0.71			0.71
Amoniaco	0.81	0.63	0.70	0.58	0.65
Nitrato de amonio		0.65		0.65	0.65
Fosfato de amonio			0.68		
Sulfato de amonio		0.65	0.68	0.73	0.69
Extracción BTX			0.70		
Butadieno		0.65	0.70	0.68	0.68
Butanol		0.55		0.78	0.58
Cloro electrolítico		0.38		0.45	0.42
Cracking catalítico	0.81			0.55	0.75
Cracking térmico	0.48			0.70	0.64
Ciclohexano			0.70	0.50	0.60
Desulfuración de gas	0.33				
Metanol		0.75	0.71	0.60	0.69
Etanol		0.60	0.72	0.73	0.68
Etileno	0.67	0.71	0.71	0.83	0.73
Oxido de etileno		0.78	0.67	0.78	0.74
Estireno	0.53	0.68		0.60	0.60
Endulzamiento de gas				0.65	
Hidrogeno		0.57	0.80	0.70	0.82
Poliétileno, alta dens.		0.67	0.70		0.69
Poliétileno, baja dens.		0.90	0.74		0.80
Refinería	0.75				
Disp. atm. de crudo	0.52				0.51

Ref.- Notas del curso "Estimación y evaluación de proyectos", Instituto Mexicano del Petróleo, 1983.

Debe tenerse cuidado al emplear la ecuación ya que debe conocerse el rango dentro del cual se determinó el factor exponencial y, en caso de ser necesario, usarlo sin exceder en dos veces los valores de este debido sobre todo al aumento no proporcional del costo con respecto a los rangos de capacidad o tamaño de los equipos o plantas que se están evaluando.

En esta sección se presenta este método y algunos factores encontrados en la literatura para el cálculo del estimado de costo de inversión de una planta de proceso en su totalidad, sin embargo este método también se emplea para la estimación de costo de equipo, como se verá más adelante.

Con datos de costo de plantas de proceso de varias capacidades pero de características similares (mismos materiales, mismo servicio, etc.) es posible obtener un factor exponencial adecuado a las necesidades de un proyecto o de alguna planta especial.

El exponente se calcula por medio de la pendiente de la gráfica logarítmica de costo contra capacidad o tamaño de la planta, equipo o material, etc., o se puede obtener mediante el valor promedio de "n" al despejarlo de la siguiente fórmula:

$$C_2 = C_1 * [ Q_2 / Q_1 ]^n$$

$$\text{Log } (C_2) = \text{Log } [ C_1 * (Q_2 / Q_1)^n ]$$

$$\text{Log } (C_2) = \text{Log } (C_1) + \text{Log } (Q_2 / Q_1)^n$$

$$\text{Log } (C_2) - \text{Log } (C_1) = n * \text{Log } (Q_2 / Q_1)$$

$$\text{Log } (C_2 / C_1) = n * \text{Log } (Q_2 / Q_1)$$

$$\implies n = \text{Log } (C_2 / C_1) / \text{Log } (Q_2 / Q_1)$$

El valor del costo debe ser el promedio del costo de varias plantas o equipos de características similares, la precisión del coeficiente será la desviación estándar de la muestra (considerando que el valor medio es el correcto).

### II.3.- Método del Factor de Lang.

Este método se basa en la correlación del costo total del equipo de proceso con respecto al costo total de la planta, estos factores fueron investigados originalmente por el Dr. Lang y consisten básicamente en la aplicación de un factor sobre el costo total del equipo dicho factor obviamente varía según la naturaleza de la planta de proceso de que se trate. La expresión de este método es la siguiente:

$$C_t = FL \cdot E$$

Donde;

$C_t$  = Costo total del proyecto.

FL = Factor de Lang.

E = Costo del Equipo.

Este método se aplica al desarrollo de estimados de "Orden de Magnitud" muy gruesos con nada de detalle excepto en el caso de estimados de equipo de proceso ya que, como se observa, es necesario obtener el costo aproximado del equipo de proceso para poder aplicar el factor con lo cual este método pierde rapidez.

Hasta ahora no se han desarrollado factores de Lang para aplicarse a proyectos de explotación de crudo y gas, pero para plantas de proceso se tienen los siguientes factores:

Tabla II.3.1.- Factor de Lang.

Factor x Costo del Equipo = Costo de Inversión de la Planta

Tipo de planta	Factor de Inversión fija	Factor de Inversión total
Procesamiento de sólidos	3.9	4.6
Procesamiento de sólidos y líquidos	4.1	4.9
Procesamiento de fluidos	4.8	5.7

REFERENCIA: "Plant Design and Economics for Chemical Engineers", Max S. Peters and Klaus D. Timmerhaus, 2 ed., M.C. Graw Hill.

#### II.4.- Método Modular.

Este método se basa en la agrupación de elementos de costo que tengan características similares o que guarden relaciones comunes entre sí. Cada módulo puede ser integrado o combinado con otros módulos o "paquetes" suministrando de esta forma un estimado rápido con cierto nivel de detalle.

A continuación se muestra una aplicación del concepto de módulo, todos los elementos mayores de costo están agrupados en sus distintos módulos, cinco directos y uno indirecto:

- 1.- Procesos Químicos.
- 2.- Manejo de Sólidos.
- 3.- Acondicionamiento del Sitio.
- 4.- Edificios Auxiliares.
- 5.- Servicios Auxiliares.
- 6.- Indirectos del Proyecto.

El costo de inversión fija del módulo de proceso químico se integra combinando elementos primarios y secundarios de costo;

A.- Costos Directos
i.- Costo de Equipo LAB la planta
ii.- Costo Materiales LAB la planta
iii.- Costo de Herramienta
iv.- Costo de Mano de Obra

B.-Costos Indirectos
v.- Administración e ingeniería.
vi.- Seguros e impuestos.
vi.- Utilidad.

Los elementos primarios establecen la clave de la estructura y las relaciones del estimado de costo de inversión los elementos secundarios absorben los detalles administrativos



necesarios para el desarrollo y construcción del proyecto. Los factores del módulo que nos interesa "procesos químicos" se muestran a continuación.

Tabla II.4.1.- Módulo de "Procesos químicos".

Costo Directo (CD)		Adquisición	Mano de obra						
Equipo de proceso	100.0 %		— %	→ 100.0 %					
<b>Materiales</b>									
Tubería	32.0 %		29.8 %	→ 120.2 %					
Concreto	8.9 %		8.3 %						
Acero	1.7 %		1.6 %						
Instrumentos	7.3 %		6.8 %						
Eléctrico	8.3 %		7.7 %						
Aislamiento	3.4 %		3.2 %						
Pintura	0.6 %		0.6 %						
<b>Totales</b>	<b>162.2 %</b>	<b>+</b>	<b>58.0 %</b>	<b>→ 220.20 %</b>					
<b>Costos indirectos (CI = 34%)</b>									
Administración Central y de Campo	134.0 %		CD	→ 285.07%					
<b>Utilidad</b>	$(CD + CI) \times 0.18 \%$			→ 83.11%					
<b>Factor de módulo (FM)</b>				<b>→ 348.20 %</b>					
<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td><b>Costo Total del Módulo "Procesos Químicos"</b></td> <td><b>=</b></td> <td><b>Costo de equipo de proceso</b></td> <td><b>X</b></td> <td><b>FM</b></td> </tr> </table>					<b>Costo Total del Módulo "Procesos Químicos"</b>	<b>=</b>	<b>Costo de equipo de proceso</b>	<b>X</b>	<b>FM</b>
<b>Costo Total del Módulo "Procesos Químicos"</b>	<b>=</b>	<b>Costo de equipo de proceso</b>	<b>X</b>	<b>FM</b>					

REFERENCIA: "Process Plant Estimating Evaluation And Control", Kenneth M. Gutrie, Craftsman Book, 1974.

### **II.5.- Método de Happel.**

Happel preparó un método para la estimación de plantas de proceso basado en el costo total del equipo que comúnmente se emplea en las plantas del tipo petroquímico.

Este método se utiliza en la elaboración de estimados de estudio y es conveniente aclarar que los porcentajes indicados a continuación son los propuestos por Happel y deberán ser adaptados o modificados de acuerdo a la información de que se disponga en cada caso específico.

En general se ha observado que este método aún cuando de estimación rápida ofrece resultados aceptables al aplicarse al desarrollo de estimados de costo de plantas de proceso y que los porcentajes indicados por Happel son confiables para obtener ordenes de magnitud de costos de inversión.

Tabla II.5.1.- Método de Happel

<b>Costo de equipos:</b>	<b>Adquisición</b>	<b>Instalación</b>
Recipientes.	A	10% de A
Torres (fabricadas en campo).	B	30 - 35% de B
Torres (fabricadas en taller).	C	10 - 15% de C
Cambiadores de calor.	D	10% de D
Bombas, compresores.	E	10% de E
Instrumentos.	F	10 - 15% de F
<b>Totales</b>	<b>G</b>	<b>Q</b>
<b>Costo de Materiales:</b>	<b>Adquisición</b>	<b>Instalación</b>
Aislamiento.	H: 5-10% de G	15% de H
Tubería.	I: 40-50% de G	100% de I
Cimentaciones.	J: 3-5% de G	150% de J
Edificios.	K: 4% de G	70% de K
Estructuras.	L: 4% de G	20% de L
Protección contra incendio.	M: 0.5-1% de G	500 - 800% de M
Eléctrico.	N: 3-6% de G	150% de N
Limpieza y pintura.	O: 0.5-1% de G	500 - 800% de O
<b>Totales</b>	<b>P</b>	<b>R</b>

<b>Costo Directo:</b>	<b>S =</b>	<b>G + Q + P + R</b>
<b>Costo Indirecto:</b>	<b>T =</b>	<b>30% de S</b>
<b>Costo total inv. física :</b>	<b>U =</b>	<b>S + T ó 130% de S</b>
<b>Ingeniería:</b>	<b>V =</b>	<b>10% de U ó 13% de S</b>
<b>Contingencias:</b>	<b>W =</b>	<b>10% de U ó 13% de S</b>

**Estimado de Costo Total: X = S \* 156%**

REFERENCIA: "Chemical Process Economics", Happel J. and Jordan, 2ª ed., Marcel Decker Inc., 1975, New York.

## **II.6.- Método General de Porcentajes.**

- Este método puede considerarse como un resumen de los muchos métodos porcentuales que existen para estimar el costo total de inversión.

Los porcentajes indicados dan rangos encontrados en plantas de proceso típicas ya construidas y operando, a causa de las grandes variaciones reportadas que se presentan en las diferentes plantas los factores señalados deberán usarse solo cuando la información apropiada no este disponible.

Los factores presentados a continuación son aproximaciones aplicables a plantas ordinarias de procesamiento químico y los valores pueden variar dependiendo de muchos factores tales como localización de la planta, tipo de proceso, complejidad de la instrumentación, etc..

Su principal aplicación radica en la elaboración de estimados que requieren de cierto nivel de detalle en el costo total del proyecto.

Tabla II.6.1.- Método General de Porcentajes

<b>Concepto</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>I.- Costos Directos (CD):</b>	<b>70 a 85% de IF</b>
<b>A.- Equipo y materiales instalados</b>	
1.- Costo de Equipos (CE)	20 a 40% de IF
2.- Instalación (pintura y aislamiento)	35 a 45 % de CE
3.- Tubería	10 a 30 % de CE
4.- Eléctrico	8 a 20 % de CE
5.- Instrumentos	6 a 30 % de CE
<b>B.- Edificios (procesos auxiliares)</b>	10 a 70% de CE
<b>C.- Servicios auxiliares</b>	40 a 90% de CE
<b>D.- Terreno</b>	4 a 8% de CE ó 1 a 2% de IF
<b>Concepto</b>	<b>Porcentajes</b>
<b>II.- Costos indirectos (CI):</b>	<b>15 a 30% de IF</b>
A.- Ingeniería-Supervisión.	5 a 15% de CD
B.- Construcción-Contratistas.	7 a 20% de CD
C.- Contingencias.	5 a 15% de IF
<b>III.- Inversión Fija (IF):</b>	<b>CD + CI</b>
<b>IV.- Capital de Trabajo</b>	<b>10 a 20% de IF</b>
<b>V.- Inversión Total (IT)</b>	<b>IF + Cap. trabajo</b>

REFERENCIA: Adaptado de "Plant Design and Economics for Chemical Engineers".  
Max S. Peters and Klaus D. Timmerhaus, MC. Graw Hill, 2 ed.

## **II.7.- Método Detallado.**

Este método consiste en la estimación detallada de cada uno de los conceptos o actividades que componen el proyecto basándose en la información técnica disponible del mismo y en la información económica de: proveedores, contratistas, firmas de ingeniería, proyectos anteriores e inclusive, de ser posible, de cotizaciones de proveedores específicas a las necesidades del proyecto.

Este es el método que comúnmente se adopta para la elaboración de cualquier tipo de estimado y es aquí donde más sensiblemente se nota que la precisión del estimado depende básicamente de la interrelación de los factores: información, tiempo y recursos disponibles.

A medida que avanza la ingeniería del proyecto la información disponible aumenta en calidad y cantidad por lo que es necesario que el estimado de costos refleje ese mismo nivel de detalle. Si desde el inicio del proyecto se tiene detalle en la información es conveniente emplear desde el principio este método.

Para lograr lo anterior es necesario estimar cada una de las actividades que comprenden el proyecto segregándolos en subestimados de costo que pueden tener el mismo nivel de precisión que los tipos de estimado esto es; orden de magnitud, estudio, preliminar, etc., dependiendo de esto la precisión del estimado total del proyecto.

Para la estimación detallada de cada uno de los elementos que integran el proyecto se pueden emplear los diferentes métodos de estimación mencionados, siendo el método exponencial el más comúnmente empleado. Asimismo ocurre para la estimación detallada de equipos y materiales, sin embargo cuando no se cuenta con bases de datos de cotizaciones similares se recurre a estimar el costo mediante gráficas de costo vs. alguna característica (generalmente capacidad) del equipo. Así de esta forma podemos tener dentro de un estimado de cierto nivel de precisión diferentes subestimados a un mismo o varios niveles de precisión.

**III.- Control de costos.**

**III.1- Objetivo del control de costos.**

**III.2.- Elementos de control.**

**III.3.- Procedimientos de Control.**

**III.3.1.- Catálogo de Cuentas.**

**III.3.2.- Tendencias y Ordenes de Cambio.**

### **III.1.- Objetivo del control de costos.**

Durante la planeación y construcción de cualquier planta o durante la modificación de alguna existente la "Dirección del proyecto" tiene las siguientes responsabilidades básicas;

**Control de Calidad.-** El proyecto y sus partes deberán ser diseñadas y construidas de acuerdo a los estándares de calidad existentes y/o especificados por el cliente, deberá ser construida y operada con seguridad por un número pre-establecido de años, produciendo satisfactoriamente el producto o productos con el grado de calidad requerido.

**Control del Programa.-** La planta deberá completarse y operar en el tiempo especificado de tal forma que el proyecto cumpla con el cometido para el que fué originalmente ideado.

**Control de Costos.-** La planta deberá terminarse sin rebasar el presupuesto original asignado al proyecto de tal forma que el cliente pueda obtener sus ganancias o beneficios esperados y pueda cumplir con sus requerimientos financieros con un cierto limite de anticipación.

Probablemente el primer punto tenga más interés desde el punto de vista de la ingeniería, pero no por ello tiene mayor importancia que los demás, sino que de hecho las tres áreas son de igual importancia y con cierto grado de interdependencia, por ejemplo; la calidad usualmente puede ser mejorada solo a cuesta de un mayor gasto y, en la mayoría de los proyectos, el programa de ejecución puede ser mejorado si se acepta pagar mayores anticipos a los proveedores o tiempo extra a contratistas.

Los ejemplos anteriores nos muestran parte del trabajo de la dirección del proyecto; observar que sea mantenido el equilibrio entre calidad, tiempo y costo, (y recientemente se



ha introducido el concepto "ecología), por esto y desde el punto de vista de costo se hace necesario el establecer un adecuado control o mejor dicho; "un programa de control de costos".

El programa de control de costo tiene los siguiente objetivos;

- i.- Enfocar la atención de la dirección del proyecto sobre áreas potencialmente problema a tiempo para minimizar sus efectos sobre el costo, antes de que los problemas se presenten.
- ii.- Mantener a cada uno de los supervisores de proyecto informados del presupuesto de su área de incumbencia y de como sus actividades impactan sobre dicho presupuesto.
- iii.- Crear una atmósfera de conciencia acerca del costo del proyecto, de tal forma que toda las personas que estén trabajando en el proyecto se identifiquen con el control del costo dentro de sus áreas.
- iv.- Minimizar los costos del proyecto mediante la observación de todas las actividades presionando para que todas ellas tiendan a una reducción en el costo.

Deberá entenderse que el control de costos no es el entregar un reporte periódico del gasto acumulado contra el costo presupuestado originalmente, por el contrario el control de costo es el anticiparse a todas las posibles desviaciones antes de que estas ocurran y determinar las probables acciones preventivas.

### **III.2.- Elementos de control.**

Para cualquier proyecto o construcción los elementos de un buen sistema de control de costos debe de comprender los siguiente puntos:

- \* **Planeación aproximada al proyecto.** Para realizar con una máxima economía todas las actividades estas deberán ser cuidadosamente planeadas para optimizar el tiempo y método de ejecución.
- \* **Pronóstico adecuado y a tiempo del costo.** Este deberá cubrir todos los costos para completar totalmente todas las actividades.
- \* **Normas financieras reales.** Bases reales para el desarrollo del flujo de efectivo (presupuestos).
- \* **Monitoreo del estimado.** Comparaciones detalladas elemento por elemento entre los costos estimados actuales y los costos del presupuesto base.
- \* **Acciones preventivas.** La parte esencial del control de costos para minimizar posibles excesos del presupuesto.

El presupuesto (estimado de costo) base es la herramienta principal del control de costos, este estimado es una predicción detallada del plan de ejecución del proyecto y no solo refleja el programa de construcción del proyecto sino también las condiciones físicas y económicas bajo las cuales será ejecutado.

**El estimado debe tener el suficiente desglose para permitir comparaciones detalladas y debe estar disponible en el momento que sea requerido, por ejemplo; si algún equipo tiene un tiempo de entrega grande se requerirá iniciar su adquisición desde el principio del proyecto y por lo tanto su costo estimado se requerirá desde ese momento, tanto para solicitar el presupuesto para su adquisición como para evaluar las cotizaciones de proveedor y en forma posterior registrar la desviación entre el costo estimado y el costo real de adquisición.**

### **III.3.- Procedimientos de control.**

Durante las etapas de ingeniería y construcción los estimados de costo son comúnmente los elementos que se olvida corregir después de algún cambio o modificación al alcance inicial de tal forma que las acciones preventivas y/o correctivas se pueden tomar demasiado tarde o no ser tomadas definitivamente.

Los equipos y/o materiales son programados para adquirirse en cierta fecha, pronosticándose la forma en que se efectuará su pago. No siempre resultan exactos los pronósticos ya que una vez seleccionado el proveedor y colocado el pedido hay que ajustar el presupuesto para considerar costos, tiempos de entrega y condiciones de pago reales, adicionalmente ocurren cancelaciones, adiciones y/o modificaciones a los pedidos originales. Si tomamos todo esto y lo extrapolamos a los contratos de construcción y/o de servicios nos damos una idea de la complejidad del control del estimado de costo del proyecto y de la necesidad de anticiparse a problemas potenciales.

Por lo anterior se debe formalizar y registrar adecuadamente todos los cambios que surjan, estableciendo procedimientos escritos desde el inicio mismo del proyecto que deberán ser aprobados por el personal responsable para que se sigan al pie de la letra.

Estos procedimientos deben establecer claramente el área de responsabilidad y los canales de comunicación a seguir, deberán cubrir todos los aspectos del control de costos incluyendo métodos para preparar y manejar lo siguiente;

- Catálogo de cuentas.
- Tendencias y Cambios de orden del proyecto.
- Tabulaciones de Cotizaciones de Proveedores y su comparación con el presupuesto base.
- Emisión de estimados de costo.

Obviamente pueden existir más o menos documentos de control, dependiendo del grado de complejidad del proyecto, para efecto del presente trabajo se detallarán solo los procedimientos que afectan directamente el estimado de costos y que son la base del control de costos, estos son el “Catálogo de Cuentas” y “Tendencias y Ordenes de Cambio”.

### III.3.1.- Catálogo de Cuentas

El catálogo de cuentas nos permite identificar claramente cada elemento que integra el estimado de costo para que en cualquier etapa se pueda comparar con lo real (gastado vs. estimado) y se puedan agrupar los datos para generar reportes de costo a diferentes niveles de detalle; desde niveles de dirección del proyecto hasta desgloses totales del costo. Esto es; el catálogo de cuentas nos permite estructurar y organizar nuestra base de datos y a la vez nos permite tener el suficiente detalle como para efectuar el seguimiento de cada uno de los elementos que integran el estimado de costo de inversión del proyecto.

Para cada proyecto puede establecerse un catálogo de cuentas diferente pero la estructura de este será similar y deberá cumplir con lo siguiente:

- i.- Identificación del elemento.
- ii.- Identificación de su localización.
- iii.- Identificación de la actividad.
- iv.- Identificación del responsable de la actividad

Para darle forma a cada uno de los puntos anteriores dentro de un proyecto es necesario conocer la posible fragmentación física de este (proyecto, plantas, módulos, paquetes, etc.).

De cualquier forma a manera de ejemplo podemos tomar la siguiente estructura aunque esto depende en gran parte de la herramienta que tengamos disponible para el manejo de información.

i.- Identificación del elemento.

Nos proporciona la información para agrupar cada uno de los elementos detallados de costo dentro de cierto grupos, para esto basta con un solo campo, generalmente una letra, esto a la vez nos permite identificar los elementos rápidamente en tres diferentes grupos; Equipos, Materiales y Servicios;

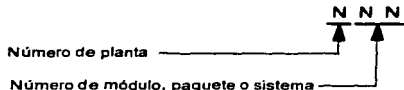
Tabla III.3.1.1.- Catálogo de cuentas; identificación del elemento.

<b>Equipos</b>	<b>A</b>	Recipientes, torres y tanques.
	<b>B</b>	Equipos de transferencia de calor.
	<b>C</b>	Equipos eléctricos.
	<b>D</b>	Instrumentos.
	<b>E</b>	Bombas.
	<b>F</b>	Equipo especial.
	<b>*</b>	*
	<b>K</b>	Sin asignar
<b>Materiales</b>	<b>L</b>	Tuberías.
	<b>M</b>	Estructural.
	<b>N</b>	Eléctrico
	<b>O</b>	Seguridad Industrial.
	<b>P</b>	Protección Anticorrosiva.
	<b>Q</b>	Aislamiento Térmico.
	<b>*</b>	*
	<b>U</b>	Sin asignar.
<b>Servicios</b>	<b>V</b>	Ingeniería
	<b>X</b>	Administración.
	<b>*</b>	*
	<b>Z</b>	Sin asignar.

## ii.- Identificación de su localización.

Una planta o proyecto puede construirse en forma modular ya sea por una posible futura expansión, por arranques parciales o por comodidad de construcción y/o ventajas de diseño, de cualquier forma. siempre es posible localizar en forma física cualquier elemento de la o la planta de proceso, por lo tanto el estimado de costo debe de poderse disgregar de la misma forma para que a nivel de Gerencia de proyecto se pueda obtener el costo de cualquier paquete o módulo y así tomar decisiones, tales como posponer su construcción por razones presupuestales o de programa, asignarse el presupuesto a otro proyecto, etc..

Para efecto de localización física basta con el empleo de tres caracteres para su manejo donde el primero nos indica el número de planta o sección y lo dos segundos el módulo o paquete en que se encuentra el elemento.



En este caso es útil emplear números enteros y manejar el segmento como un solo número. así de esta forma los recipientes a presión encontrados en el módulo seis de la planta uno serían;

A - 106

## iii.- Identificación de la actividad a desarrollar.

En este punto estamos identificando las actividades que se están desarrollando sobre el elemento ya que estas pueden ser; adquisición, manejo, habilitado, fabricación, transporte, instalación, protección, ingeniería, etc..

En este caso es conveniente tres caracteres alfanuméricos agrupados de tal forma que a manera de abreviaturas nos describan rápidamente la actividad, por ejemplo;

SME	Suministro de materiales estructurales.
FH1	Habilitado y limpieza de tubería estructural.
FM1	Montaje de tubería estructural.
SEQ	Suministro de equipos.

Obsérvese que en lo que se refiere a fabricación las actividades inician con F lo cual nos permitirá agrupar estas actividades en un resumen de costos de fabricación.

iv.- Identificación del responsable.-

Esto nos permite identificar al responsable de llevar a cabo las actividades antes mencionadas y esto también puede ser tan complejo como se desee ya que puede identificar solo a dos entidades "Cliente" y "Contratista" o identificar a cada uno de los contratistas (lo cual es más conveniente). Dentro de la clave "cliente" puede ser PEP (Pemex Exploración y Producción) y los contratistas pueden ser; FIMSA, PROTEXA, CELASA, CCC, etc..

Para definir esto bastan uno o dos caracteres dependiendo de la complejidad del proyecto, con letra y número podemos agrupar diferentes responsables, por ejemplo:

C1	"Constructora Aguilar Silva, S.A. de C.V."
C3	"Servicios Petroleros de Tabasco, S.A. de C.V."
E1	"Malloney"

La estructura global final resultante del catálogo de cuentas sería la siguiente, de acuerdo al ejemplo anterior, para la estructura fabricada por "Constructora Aguilar Silva, S.A. de C.V." para el módulo seis de la planta o paquete no. 1 es:

L - 106 - FM1 - C1



Finalmente se puede decir que dependiendo del alcance que deseemos tener se pueden identificar tantos elementos como se requieran controlar e inclusive el emplear "TAG's" de lo equipos (limitado solo a control de equipo y no de materiales), todo depende del grupo de estimación, de la dirección del proyecto y de la herramienta empleadas.

De cualquier forma la experiencia ha demostrado que teniendo estos cuatro identificadores bien definidos y con sistemas de cómputo y software como "MAPPER" o "dBase" o cualquier otro con la capacidad de memoria requerida, es más que suficiente para llevar a cabo la estimación y el control de costos de proyectos tan complejos como lo son las plataformas marinas en la Sonda de Campeche.

### III.3.2.- Tendencias y Ordenes de Cambio.

A medida que avanza la ingeniería y, sobre todo, la construcción se tienen necesariamente cambios o ajustes en la ingeniería del proyecto, en la mayoría de la ocasiones el impacto de estos cambios es insignificante con respecto al proyecto en forma global pero que al ser sumados cada uno de sus impactos sobre el costo y programa de ejecución pueden provocar serias complicaciones a la dirección y afectar el desarrollo del proyecto.

Si dejamos que todas la desviaciones en costo y tiempo a lo originalmente planeado se vayan acumulando llegará el momento en que repentinamente nos encontraremos con un gran problema que no se habría visualizado, pudiendo afectar seriamente la vida del proyecto, es necesario por lo tanto llevar un control de cada una de las desviaciones y conocer las "tendencias" del proyecto mismo.

A los cambios de alcance del proyecto se les identifica como "Cambios de Orden" y a cualquier cambio de los siguiente puntos se les denomina "Tendencias"

- a) Especificaciones.
- b) Normas y estándares de ingeniería.
- c) Diseño.
- d) Precio de equipo y/o materiales.
- e) Tiempos de entrega.
- f) Condiciones financieras.
- g) Problemas laborales.

Lo anterior enumera tan solo la causas más comunes pero en realidad cualquier cambio por pequeño que sea, de cualquier tipo, probablemente impactará el costo y el programa del proyecto, la razón de la separación entre cambios de orden y tendencias es la de tener un control sobre el cliente ya que lo cambios en el alcance del proyecto siempre son imputables al cliente.

Para obtener un control sobre todo los cambios se establece un programa de tendencias que en sí es un control dinámico que mediante la evaluación de las desviaciones detectadas por el grupo de ingeniería del proyecto, permite optimizar los recursos asignados al proyecto (físicos y humanos), mantiene a la dirección actualizada en lo referente a la evaluación del proyecto y permite mantener un continuo pronóstico de los costos y programas.

La forma "a grosso modo" de identificar y notificar una tendencia es la siguiente; el personal del proyecto que genere o identifique un cambio deberá notificarlo indicando claramente la razón y naturaleza a la gente encargada del control del proyecto, la cual a su vez procederá a evaluar el impacto que tendrá dicho cambio en el costo (por cambio de dimensiones, materiales, ingeniería, etc.) y en el programa de ejecución del proyecto (cambio en H-H de ingeniería, tiempo de entrega, tiempo de terminación de pozos, etc.).

Una vez determinados estos valores se procede a registrar e identificar y se observa como afectan en el desarrollo global del proyecto.

Por otra parte cuando los cambios son imputables al cliente ya sea por cambio del alcance o por desinformación al inicio del proyecto es necesario responsabilizarlo de dicho cambio y hacer que apruebe y firme las modificaciones al presupuesto y programa del proyecto originadas por este.

Resumiendo; una tendencia afecta el pronóstico mientras que un cambio de orden afecta directamente el estimado de costo de inversión actual y es factible decir que la tendencia nos ayuda a afinar la puntería del pronóstico.

**IV.- Análisis de costos**

**IV.1.- Evaluación de proyectos.**

**IV.2.- Valor Presente Neto (VPN).**

**IV.3.- Tasa Interna de Retorno (TIR).**

**IV.4.- Período de Recuperación (PR).**

**IV.5.- Costo Anual Equivalente (CAE).**

**IV.6.- Relación Costo Beneficio (B/C).**

#### IV.1.- Evaluación de proyectos.

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.

Este indicador, 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.

Como ejemplo sencillo de flujo de efectivo considérese una persona que deposita \$10,000 pesos en una cuenta de ahorros que le paga el 3% de interés mensual, supone retirar cada mes los intereses obtenidos y retirar su inversión inicial al cabo de seis meses; la cantidad negativa representa un gasto o egreso para el ahorrador, mientras que una cantidad positiva indica ingreso de efectivo.

Tabla IV.1.1.- Flujo de efectivo; caso del ahorrador.

	Periodos						
	0	1	2	3	4	5	6
Flujo de efectivo en pesos	-10,000	300	300	300	300	300	10,300

Cuando en una oportunidad de inversión se presentan ingresos y egresos simultáneamente, se calcula generalmente un flujo de efectivo neto, que es la suma aritmética de los ingresos y egresos que se presenten en cada período.

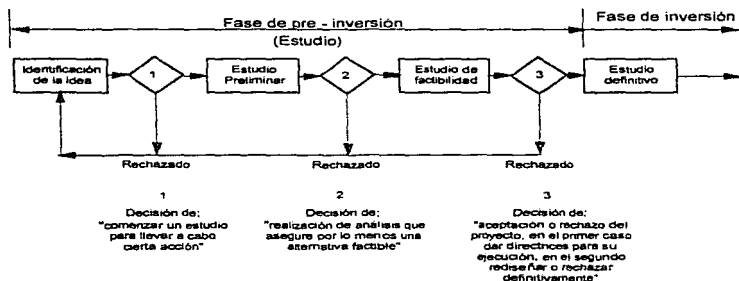
Un criterio de decisión tiene como herramienta una base de comparación, a continuación se definen los lineamientos de los criterios de selección:

Así que se favorece o selecciona a aquellas inversiones que 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 riesgosos.
- 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.

Figura IV.1.1.- Etapas de evaluación de un proyecto



Los parámetros de "rentabilidad" de un proyecto de inversión sobre los que se apoya generalmente un "evaluador de proyectos" son:

- ◆ Valor Presente Neto (VPN).
- ◆ Tasa Interna de Retorno (TIR).
- ◆ Período de Recuperación (PR).
- ◆ Costo Anual Equivalente (CAE).
- ◆ Relación Costo-Beneficio (B/C).

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

Tabla IV. 1.2.- 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.
Período de Recuperación o período 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.
Costo anual equivalente o valor anual equivalente.	Expresión en base anual del VPN a una tasa de interés dada.	CAE > M aceptar CAE = M revisar CAE < M rechazar	M es el monto equivalente a la inversión inicial más intereses en otra alternativa
Relación costo-beneficio o índice del valor actual	Rendimiento por unidad monetaria invertida a valor actual.	B/C > 1 aceptar B/C = 1 revisar B/C < 1 rechazar	

#### IV.2.- 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;

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

$VPN > 0$ Aceptar	$VPN \leq 0$ Rechazar
-------------------	-----------------------



Esto se debe a que si 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.

Volvamos al caso del ahorrador, evaluando el VPN tomando diferentes índices de inflación como tasas de interés, se observa fácilmente que para el rango de interés de 2%, la función VPN es positiva, esto nos indica que los ingresos equivalentes en el presente superan a los egresos equivalentes (las cifras entre paréntesis indican valores negativos).

Tabla IV.2.1.- Valor presente neto; caso del ahorrador.

Tasa de interés (tasa de descuento)	VPN
1%	\$ 1,159.10
2%	\$ 560.14
3%	\$ 0.00
4%	(\$ 524.21)
5%	(\$ 1,015.14)
6%	(\$ 1,475.20)
7%	(\$ 1,906.62)

El significado de la función VPN es que para un valor determinado de  $i$ , por ejemplo; 2%, se puede decir que la inversión produce un rendimiento del 2% sobre la inversión no recuperada más un ingreso equivalente de \$560.14 pesos MN al final de los seis meses.

### IV.3.- 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.

#### IV.4.- Período de Recuperación ( PR ).

Expresiones como "esta inversión se pagará en menos de tres 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. A continuación se muestra el flujo de efectivo de tres propuestas de inversión con períodos de pago de tres años, un examen somero de las propuestas indica que el método del período de pago como medida de la deseabilidad de una inversión tiene algunos inconvenientes serios. Ciertamente nadie pensaría que, en condiciones normales, estas tres propuestas tuvieran igual mérito económico, aunque se paguen en tres años las tres.

Tabla IV.4.1.- Propuestas de inversión con similar período de recuperación.

	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C
Año 1	(\$400,000.0)	(\$400,000.0)	(\$400,000.0)
Año 2	\$50,000.00	\$0.00	\$0.00
Año 3	\$150,000.00	\$100,000.00	\$0.00
Año 4	\$200,000.00	\$300,000.00	\$400,000.00
Total	\$0.00	\$0.00	\$0.00

En general las más serias deficiencias del método de periodo 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 periodo 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 periodo 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 periodo de recuperación inferior al número de años establecido será aceptado, si se presenta un periodo más largo se rechazará".

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

#### IV.5.- Costo Anual Equivalente ( CAE ).

El valor anual equivalente es otra base de comparación con características similares al método de VPN, dicha similitud es evidente si se tiene en cuenta que cualquier flujo de efectivo puede ser convertido en una serie de pagos anuales de igual valor, calculando en primer lugar el valor actual de la serie original y luego multiplicando dicho valor por el factor de interés, de esta forma la cantidad anual equivalente con una tasa de interés "i" en "n" años, puede ser definida como:

$$CAE = \left[ \sum_{t=0}^{t=n} \frac{F_t}{(1+i)^t} \right] \left[ \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right]$$

donde  $F_t$  = Suma de ingresos menos egresos en el momento t.

Es importante hacer notar que si "i" y "n" son finitos (lo que generalmente ocurre), los valores para el CAE serán iguales a los del VPN multiplicados por una constante, por lo tanto cuando se evalúen diferentes flujos de efectivo para valores particulares de "i" y "n", la comparación de sus valores anuales equivalentes de dos flujos diferentes de efectivo será igual a la razón entre los valores de VPN de los flujos de efectivo correspondientes.

Por lo tanto se puede decir que el costo anual equivalente y el VPN son bases de comparación compatibles. Un criterio de decisión particular que utilice cualquiera de estas bases para comparación de alternativas llevarán a la misma selección para valores fijos de "i" y "n".

#### **IV.6.- Relación Costo Beneficio ( B/C ).**

El cálculo de la razón beneficio-costo es un método bastante conocido para decidir la justificación económica de un proyecto, generalmente público, esta razón se puede expresar como;

$$\text{Relación B/C} = \frac{\text{Beneficios para el público}}{\text{Costo para el gobierno}}$$

En donde los beneficios y costos son considerados presentes o cantidades anuales equivalentes calculados con base en el costo del dinero. De esta forma, la razón B/C refleja los beneficios económicos que derivará quien utilice el servicio, y el costo equivalente de quien preste tal servicio.

Si la razón es igual a 1 los beneficios y los costos serán iguales, esta es la justificación mínima que debe existir para que una dependencia pública realice el gasto.

Se definen los beneficios como ventajas menos cualquier desventaja, que tenga el proyecto para los usuarios. Muchas propuestas que tienen beneficios de mucho valor también producen desventajas de gran importancia, se busca en este caso, el beneficio neto para los usuarios, en la misma forma, se definen los costos como: todos los costos menos cualquier ahorro en que incurrirá quien realice el proyecto (debido a que tales ahorros no son beneficios para los usuarios sino reducciones en el costo para el gobierno).

Es importante hacer notar que la suma de un número al numerador de la Relación B/C no tiene el mismo efecto que la resta del mismo número al denominador por lo tanto la contabilización incorrecta de beneficios y costos puede llevar a un valor que conduzca a interpretaciones equivocadas.

**V.- Construcción de plataformas.**

**V.1.- La Sonda de Campeche**

**V.2.- Plataformas marinas.**

**V.3.- Subestructura y pilotes.**

**V.3.1.- Fabricación.**

**V.3.2.- Transporte.**

**V.3.3.- Lanzamiento.**

**V.3.4.- Instalación.**

**V.4.- Superestructura.**

**V.5.- Paquetes y equipos.**

**V.6.- Ductos submarinos.**



### **V.1.- La Sonda de Campeche**

En el Golfo de México, al oeste de la Península de Yucatán, se localiza la Sonda de Campeche, en esta porción de la Plataforma Continental Petróleos Mexicanos (Pemex) realiza una extracción de hidrocarburos que constituye el 68% de la producción total de crudo del país, y se produce el 25% del total de la producción de gas.

En la explotación de esta región marina se han construido más de 120 plataformas para diferentes usos tales como perforación, producción, enlace, separación, rebombeo, compresión y habitacional, y se han tendido más de 1,260 Km de tubería submarina para la conducción de crudo, gas y condensados a los diferentes centros de tratamiento, distribución y consumo.

La Sonda se halla localizada en el Golfo de México al oeste de la Península de Yucatán y al norte de Cd. del Carmen, Campeche, constituye junto con el Banco de Campeche la parte occidental de la plataforma marina.

La Sonda y el Banco de Campeche, tienen por límites las isóbatas 0 y 200 m. con una profundidad media de 40 m. posiblemente de ahí provenga el nombre de Sonda, o sea "el paraje marino cuya profundidad se da por conocida" las coordenadas geográficas que limitan a esta región corresponden aproximadamente a los 90° y 94° grados de longitud Oeste y los 18° y 22° grados de latitud Norte.

Los trabajos exploratorios se iniciaron en 1975 con la perforación del primer pozo llamado Chac-1, con resultados positivos y no fué sino hasta 1976 que se perforó el segundo pozo exploratorio; Bakab-2 a una profundidad de 3.382 m., mismo que resultó productor de crudo y gas, ya para 1976 estaba confirmada la potencialidad de la Sonda.

De ese tiempo a la fecha se han descubierto 17 campos productores, seis de ellos han sido clasificados como "Supergigantes", con reservas potenciales de explotación del orden de los 5 mil millones de barriles de crudo, estos son: Abkatún, Cantarell, Kanaab, Maloob-Za, Ku y Ek, tres más han sido clasificados como "Gigantes", con reservas probables superiores a 100 millones de barriles de crudo, estos son: Chuk, Pol y Bakab.

La aportación de todos estos yacimientos ha sido factor de primer orden para aumentar el nivel de reservas probadas de hidrocarburos del país, las cuales ascienden a 62 mil millones de barriles (1 enero de 1996).

## **V.2.- Plataformas marinas.**

La primer plataforma costafuera fué construida en E.U. en Vermilion, Florida en 1974, en esta plataforma se utilizaron por vez primera estructuras tubulares para las columnas de soporte; su instalación se efectuó mediante una barcaza de 75 Ton. de capacidad, el tirante de agua de esta primer plataforma fué de apenas 6 m.

Lo anterior definió un sistema de diseño que aún se emplea en proyectos recientes, en el cual la plataforma está constituida por superestructura y subestructura tubular, ver la figura V.2.1, en la página siguiente. En los últimos años la tecnología de desplante de plataformas en aguas cada vez más profundas ha progresado en forma importante, siendo comunes las plataformas con tirantes de agua de 150 a 300 metros.

A grandes profundidades se han empleado, además de las plataformas estructurales, otros tipos de plataformas como son, torres desplantadas en el fondo del mar, plataformas de columnas tensadas y plataformas flotantes del tipo semisumergible, constituidas por una especie de barco o balsa asegurada mediante un sistema de tensores anclados o lastrados en el lecho marino y plataformas de concreto asentadas sobre el fondo marino.

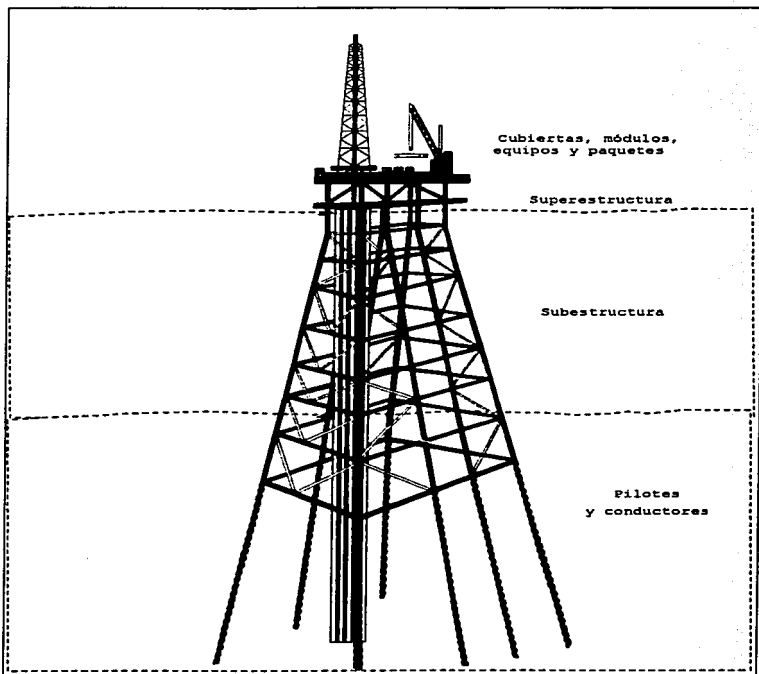
La selección del tipo de plataforma está determinada por el costo de la plataforma para una profundidad, oleaje y servicio definido, esto se puede observar en la gráfica V.2.1.

Para trabajos de exploración, existen varios tipos de tipos de plataformas móviles, entre las que se puede mencionar:

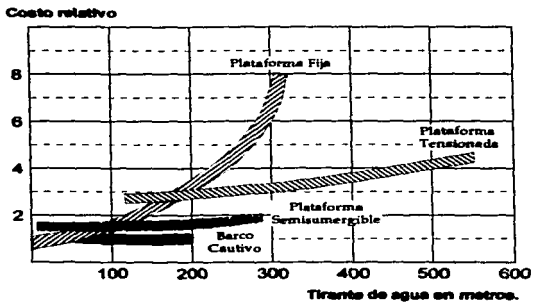
### **Plataformas autoelevables**

Comúnmente empleadas para trabajar en tirantes de agua de hasta 100 m. de profundidad, están constituidas por un conjunto de cubiertas plegables, donde se alojan los equipos necesarios. Son transportadas a modo de balsas por remolcadores hasta el punto donde se les requiere, al quedar localizadas en el lugar de trabajo bajan unas columnas hasta el piso marino proporcionando de esta forma el apoyo para que la plataforma sea levantada posteriormente sobre el nivel del mar, alejada de la zona de mareas.

Figura V.2.1.- Típica plataforma estructural fija; Plataforma de perforación.

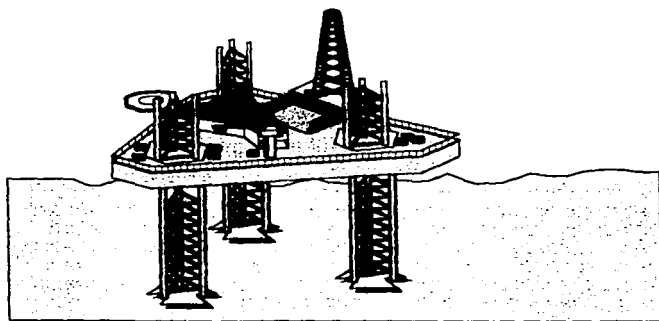


Gráfica V.2.1.- Costo relativo de diferentes tipos de plataformas.



Ref.- Dynamics of Offshore Structures, Mino H. Patel, 1ª ed. Ed. Butterworth & Co. Ltd., 1989, Gran Bretaña.

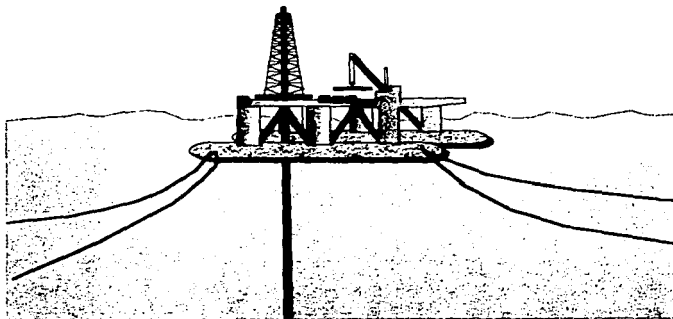
Figura V.2.2.- Plataformas de perforación autoelevable.



**Plataformas flotantes o semisumergibles.**

Se utilizan para operar en condiciones adversas en rangos de profundidad que van de los 70 a 250 metros, disminuyendo los efectos del oleaje mediante flotadores que se sumergen a una profundidad de 15 a 25 metros en donde las aguas están relativamente tranquilas, sin embargo no se puede evitar un desplazamiento relativo entre el equipo de perforación en el fondo del mar y la plataforma.

**Figura V.2.3.- Típica plataforma semisumergible de perforación.**



Específicamente las plataformas que se han instalado en la Sonda son estructuras reticulares que van apoyadas sobre el lecho marino y empotradas a este por medio de pilotes, con una superestructura que recibe las cubiertas o niveles en donde van a estar alojados los paquetes de perforación, equipos de producción, módulos de compresión, etc., según el tipo o propósito de la plataforma.

De acuerdo a su propósito las plataformas instaladas en el área de la Sonda han sido;

**Plataformas de perforación;**

La plataforma de perforación aloja el equipo mediante el cual se perfora el pozo y tiene además como función el colocar la tubería que permitirá explotarlo e instalar el cabezal donde se emplazará la futura plataforma de producción. La cubierta consta de dos niveles, uno de producción localizado a 16 m. sobre el nivel del mar y otro de perforación a 22 m., esta cubierta está soportada por 8 columnas o patas (octápodo) y se construye con traveses armadas de placas, que unidas a la columna, forman marcos rígidos para disponer de mayor espacio, facilitando la instalación del equipo y el movimiento de tuberías, simplificando su fabricación y colocación. Aquí se localiza el equipo de perforación, los tanques de lodos, la maquinaria y el paquete habitacional.

Este tipo de plataforma dispone de 12 conductores de 30" de diámetro, hincados a 60 metros aproximadamente por debajo del lecho marino, así como de equipo organizado en varios paquetes de perforación que permiten de una forma rápida y sistemática la instalación de la plataforma.

Cuando se encuentra debidamente instalada la superestructura se procede a marcar sobre la cubierta las zonas donde van a estar localizados los 6 paquetes de perforación, que deberán colocarse en los tres niveles; inferior, intermedio y superior, los paquetes se transportan por medio de un chalán y para su colocación se utiliza un barco grúa.

Una vez instalados los paquetes de perforación, un grupo de técnicos efectúa la interconexión mecánica, eléctrica, tuberías, instrumentación, pintura y armado de la torre de perforación. El periodo que se requiere para terminar las interconexiones es de 30 a 40 días. El peso estimado de una plataforma de este tipo es de 3,000 ton, que incluye; subestructura, superestructura y pilotes.

### **Plataforma de Producción.**

Su función consiste en separar el gas del crudo y bombear este último a tierra, esta compuesta por:

Subestructura estructural de 8 columnas, fabricada en 3 o 4 niveles, según la profundidad a la que se instale, esto varía entre 40 y 60 metros.

Superestructura en dos niveles, soportada también por 8 columnas directamente acopladas a la subestructura (a los pilotes). Las cubiertas se construyen con viguetas de acero tipo T, apoyadas sobre marcos rígidos hechos de placa y unidos estructuralmente a las columnas.

El peso estimado total de la plataforma es de 3,600 toneladas, incluye la subestructura, la superestructura, los pilotes, el tripode del quemador y los puentes.

La plataforma de producción tiene acceso por puentes de enlace tanto a la plataforma de perforación como a la plataforma de enlace.

### **Plataforma de enlace.**

Para manejar la producción de las diferentes plataformas, es necesario instalar algunas de "enlace", en las cuales se localizan cabezales de recepción y envío de crudo y gas. A dichas plataformas llegan las líneas que recolectan el crudo y gas de las plataformas de perforación y lo distribuyen a las plataformas de producción para su procesamiento; también unen las líneas que recolectan crudo con los oleoductos que lo transportan a tierra. A bordo de estas plataformas se cuenta con instalaciones para lanzar y recibir los "raspatubos" o "diablos".

### **Plataforma Habitacional.**

Esta diseñada para proporcionar la asistencia habitacional que requieren los trabajadores de los diferentes complejos existentes en el área.



Estas plataformas puede diseñarse para albergar desde 40 hasta 167 personas y cuentan con: helipuerto, sistema de radiocomunicación, sistema contraincendio, potabilización de agua de mar, tratamiento de aguas negras y jabonosas, cocina, comedor, dormitorios, servicios médicos, sala de recreación, biblioteca y planta eléctrica.

#### Plataforma de Rebombeo.

La función específica de este tipo de plataformas, colocadas en el punto intermedio entre las de enlace y tierra, es el aumentar la presión y capacidad de transporte de crudo. Se dispone en ellas de 8 turbinas para accionar las bombas y tres generadores de 550 KW cada uno, suficientes para satisfacer sus necesidades de energía eléctrica.

#### Plataformas de Almacenamiento de Diesel.

Se encuentra anexa a la estación de rebombeo y es la encargada de suministrar el combustible diesel para el consumo de las turbobombas. cuenta con 5 tanques de almacenamiento con capacidad de 500,000 lb. cada uno.

#### Plataforma de Compresión de Gas.

Su función es la de comprimir el gas a la presión necesaria para su transporte a tierra mediante un gasoducto submarino, así como su acondicionamiento para consumo interno de la misma plataforma. El gas comprimido es enviado a las correspondientes plataformas de enlace de gas.

Para comprimir el gas natural se cuenta en cada plataforma con 4 módulos de compresión, siendo la capacidad total de compresión de 360 millones de pies cúbicos de gas al día por cada plataforma.

Los módulos de compresión. permiten aprovechar el 98% del gas natural que se produce en la Sonda, lo que evita quemarlo a la atmósfera, los primeros módulos fueron instalados en el complejo Akal J en noviembre de 1981.

### **V.3.- Subestructura y Pilotes.**

#### **V.3.1.- Fabricación.**

La subestructura de una plataforma marina consiste en una unidad piramidal totalmente tubular apoyada en el lecho marino, y sus elementos principales son generalmente marcos trapezoidales formados por tubería estructural de 1.32 y 1.21 m. de diámetro con longitudes de entre 50 y 80 metros, de acuerdo a la profundidad del sitio en donde se instale. Los cuatro marcos son soldados con todos sus elementos recostados sobre el piso, para posteriormente izarse mediante grúas y unirlos con otros elementos estructurales e integrar la base de la plataforma.

La subestructura formada por los cuatro marcos mencionados permite tener ocho puntos de apoyo sobre el lecho marino por lo que se le denomina "octápodo", además cuenta con refuerzos longitudinales y transversales a diferentes alturas de la misma estructura conocidos como "arriostramientos".

Una vez armada la subestructura se obturan los extremos de los soportes para asegurar su flotabilidad y se continúa con la colocación de los servicios auxiliares de la misma subestructura, tales como atracaderos, válvulas de inundación en los soportes, colocación de ánodos de sacrificio para protección catódica, guías para los tubos conductores de los pozos que se vayan a perforar, etc., al mismo tiempo se prueba la calidad de las soldaduras mediante inspección radiográfica y ultrasónica.

Casi al mismo tiempo en otra área del patio de construcción se lleva a cabo la fabricación de los pilotes, los cuales constan de varias secciones de tubo soldadas entre si de un diámetro adecuado para poder introducirse dentro de los conductos de la subestructura; con espesores que varían de 8" a 6" de acuerdo con la posición del pilote y la carga que va a soportar, su longitud varía también en función del peso total de la plataforma y la resistencia del suelo.

### V.3.2.- Transporte.

Una vez finalizada la fabricación de la subestructura y los pilotes, de acuerdo con el programa de instalación y las condiciones climáticas es "cargada" la subestructura en un chalán de lanzamiento para su transporte. Dicho chalán esta acondicionado especialmente para "lanzar" estructuras marinas en el mar, tiene instalado un mecanismo de volteo, dos vigas de deslizamiento y malacates.

La subestructura se fabrica sobre dos vigas de deslizamiento existentes o preconstruidas en el patio de construcción, estas constan de una cimentación recubierta con una placa metálica sobre los que va apoyada la estructura, la cual asimismo se le han instalado "cunas de deslizamiento", que consisten de placa y madera unidas a los dos marcos centrales. Para cargar la subestructura al chalán se requiere de dos malacates con una potencia mínima requerida para arrastrar las 800 ton que pesa aproximadamente.

Terminada la maniobra de carga se asegura la estructura mediante elementos tubulares que se sueldan directamente al chalán y se inicia el transporte con el auxilio de un remolcador especializado en este tipo de operaciones. Al mismo tiempo en un chalán plano se transportan los pilotes y conductores mediante su respectivo remolcador.

### V.3.3.- Lanzamiento.

La maniobra se inicia con la llegada del chalán al lugar de la botadura, como primer paso el chalán es anclado a una distancia de 450 metros del barco grúa, a continuación se cortan las amarras que fijan la subestructura al chalán y se engancha el cable del malacate del barco grúa a las orejas de izaje de la subestructura, para así tirar de ella desde el barco grúa. La subestructura así lanzada al mar se sumerge por breves instantes y flota hasta el nivel superficial debido a que las patas se encuentran herméticamente selladas y/o se ha fabricado con flotadores que serán removidos posteriormente.

En ocasiones dependiendo del peso de la subestructura es posible que esta sea izada por el barco grúa en lugar de ser botada en el mar.

A continuación el barco grúa la recupera y la coloca en posición, flotándola hasta el punto de localización definitivo, una vez ubicado este se abren las válvulas de inundación de cada pata para que se apoye en lecho submarino y proceder con el hincado de los pilotes.

#### V.3.4.- Instalación.

Para la colocación o instalación de la subestructura se sigue un diagrama de ruta crítica a fin de lograr la optimización de tiempos y movimientos. Se cuenta para ello, además de los planos, con la siguiente información;

- 1) Conocimiento del peso y centro de gravedad de la estructura
- 2) Mecánica de suelos de la localización.
- 3) Tirante de agua.
- 4) Estratigrafía del terreno.
- 5) Curvas de penetración contra resistencia del suelo para seleccionar el martinete adecuado para el hincado de pilotes.
- 6) Características del oleaje, vientos y mareas para la posición del barco grúa .

Para lograr la localización correcta del barco grúa se requiere el auxilio de otro barco que verifica las coordenadas y una vez comprobada la posición exacta se lanza una boya de señalamiento, que se recupera cuando se instala la subestructura.

El barco grúa procede a posicionar sus ocho anclas, en este caso la tolerancia queda suscrita a un radio de 50 metros del lugar exacto. En el caso de que haya pozo exploratorio y la subestructura deba ir encima de este únicamente se requerirá localizar la boya respectiva, verificar las coordenadas mediante el barco auxiliar y anclar el barco grúa.

Como primera actividad los buzos inspeccionan el fondo marino para detectar obstáculos que puedan entorpecer los trabajos de instalación de la subestructura, cada buzo baja en una canastilla que es sostenida desde la cubierta del barco grúa. Los obstáculos se retiran y el fondo marino se limpia en un área de 60 x 40 metros, esta operación dura aproximadamente dos horas y se utiliza un equipo de buceo de superficie de 6 elementos.

Si la subestructura se coloca encima del pozo exploratorio el barco grúa se aleja aproximadamente 60 m, en dirección contraria, con el objeto de evitar que se dañe el cabezal del pozo al cobrar la pieza estructural y colocarla en posición vertical. Una vez que ha sido apoyada la estructura sobre el lecho marino se procede a la maniobra de piloteo, para lo cual se utilizan martinets de vapor con peso inferior a las 130 ton y con capacidades que van de 30,00 a 300,000 lb.-pie.

Los pilotes son hincados hasta alcanzar la penetración de diseño, en una profundidad de 100 metros como promedio. Después de hincar cada pilote es necesario nivelar todas las secciones con una tolerancia de desnivel no mayor a 5 cm.

En las plataformas de perforación se pilotean además los conductores que son tubos de acero A-36 de 76 cm de diámetro exterior y 2.5 cm de espesor, estos conductores sostienen prácticamente a los pozos de perforación.

#### **V.4.- Superestructura.**

Se le llama superestructura a la parte superior de la plataforma marina, formada por 8 columnas y las cubiertas principales, se ensambla directamente al extremo de las columnas de la subestructura y su construcción requiere maniobras perfectamente coordinadas entre grúas de gran capacidad así como los mismos controles de exactitud y calidad tomados en cuenta en la fabricación de la subestructura.

Dentro de esta superestructura se construyen los accesos a los diferentes pisos que habrá en la plataforma, aunque esto varía de acuerdo a la función de cada plataforma, podemos ejemplificar con una típica plataforma de perforación, generalmente esta contiene:

- a) El piso de atracamiento, que es la parte superior de la subestructura.
- b) El piso de producción.
- c) El piso de perforación.

El piso denominado de "producción", corresponde al nivel intermedio de la superestructura, mismo que aloja los árboles de Navidad de los pozos terminados, las tuberías de conducción del flujo de los hidrocarburos y cuenta con servicios auxiliares para las operaciones de perforación y el sistema contra incendio.

El piso de perforación consta de todos los elementos para ejecutar esta operación, tales como la torre, el malacate, la mesa rotatoria, los equipos de bombeo, etc.

Tanto el helipuerto como los paquetes habitacionales se instalan sobre este mismo piso, formado al igual que el de producción, por vigas estructurales con módulos sobrepuestos de rejilla antiderrapante.

Una vez que la subestructura es piloteada y queda cimentada en el mar, la superestructura que ha sido transportada a la zona por un chalán plano es izada por el barco grúa para

montaría sobre los pilotes que han sido previamente nivelados, operación que es la parte medular de la instalación ya que de la calidad del corte que se le hace a los pilotes depende el desnivel de la superestructura.

Colocada la superestructura se sueldan las juntas pilote-columna y se nivela la cubierta con una tolerancia no mayor a los 10 mm, finalmente se colocan las escaleras retráctiles para el acceso y las defensas de los atracaderos.

### **V.5.- Paquetes y equipos.**

La instalación de los equipos generalmente se efectúa en tierra, directamente sobre las cubiertas de la superestructura una vez que esta ha sido terminada en el patio de fabricación.

Generalmente los equipos van montados sobre un patin formado por vigas de acero, lo que permite su fácil instalación y localización, en ocasiones en un mismo "patin" el proveedor de los equipos instala varios equipos que van a satisfacer en conjunto un propósito específico, a este tipo de arreglo se le conoce como "paquete", por ejemplo; paquete de filtración, paquete de potabilización, paquete de centrifugación de diesel, etc..

Algunas plataformas se han diseñado de una forma "modular", como es el caso de las plataformas de compresión de gas, en estos casos los equipos se montaron en una unidad estructural independiente del resto de la plataforma, la cual puede ser fabricada, transportada e instalada independientemente o en grupo, de acuerdo a sus dimensiones o peso.

Rara vez es transportado e instalado un equipo solamente, debido al costo tan alto que esto implica, solo en aquellas ocasiones en que el equipo por alguna razón no puede ser montado en tierra es que se justifica el gasto de la inversión de llevar a cabo su instalación mar adentro, tal es el caso, por ejemplo, del reacondicionamiento de alguna plataforma, la instalación de las grúas de pedestal o algún equipo de excesivo tiempo de entrega, etc..



## **V.6.- Ductos submarinos.**

La experiencia de PEMEX en la construcción de líneas de conducción terrestres data desde 1951, sin embargo, comenzó a instalarlas en el mar hasta el año de 1961, construyendo líneas de hasta 4" de diámetro para la explotación de los yacimientos de Santa Ana, Bagre, Arenque y Atún, en el Golfo de Mexico.

En la Sonda de Campeche se han tendido más de 1,260 Km de líneas submarinas, con tuberías de diámetros desde 40 cm y hasta de 1.22 que son principalmente oleoductos y gasoductos.

En los primeros ductos instalados costa fuera, con bajas profundidades, se procedió con los mismos métodos que hasta entonces se habían empleado en tierra, en lo que respecta a la ejecución de una zanja para enterrar la tubería y las maniobras de tendido y tapado de los tubos. Más tarde, al requerirse instalaciones de mayor diámetro y profundidad fue necesario desarrollar nuevos métodos de instalación adquiriéndose mayor experiencia. Las principales etapas en la fabricación e instalación de ductos submarinos son;

- Adquisición del material.
- Protección mecánica del ducto.
- Transporte.
- Tendido.
- Dragado.

A fin de que las tuberías tengan el peso suficiente para vencer la flotación y las fuerzas de arrastre debidas a las corrientes marinas, se les "lastra" lo cual consiste en aplicar un recubrimiento de concreto armado después de haberlas protegido contra la corrosión mediante un material plástico, este concreto está formado de 80% de mineral y arena, y un 20 % de cemento reforzado con malla de alambre.

Después del lastrado, los tubos se almacenan para su curado durante siete días, al término de este periodo se trasladan a los muelles para ser cargados y asegurados en chalanes y de esta forma, se transportan hasta la zona de su instalación, en donde son cargados a la barcaza de tendido. Una vez en la barcaza se efectúa la soldadura en los extremos del tubo, certificando la calidad de la junta mediante radiografiado, a continuación se procede a proteger la parte descubierta del tubo con una capa de poliuretano.

El tendido se efectúa mediante una barcaza adecuada para tubos de gran diámetro y longitud. A fin de reducir la concentración de esfuerzos durante el tendido es necesario limitar la catenaria mediante una rampa de lanzamiento que se prolonga hacia el mar mediante un ángulo controlado.

A pesar de estas precauciones, se generan en esta etapa esfuerzos de flexión que pueden ocasionar deformación del ducto, desprendimiento y pérdida del revestimiento y agrietamiento excesivo del mismo. De estos daños el tercero ocurre necesariamente antes que los dos primeros, por esto el procedimiento de tendido se realiza de tal modo que se evita el excesivo agrietamiento quedando así descartado que se presenten los otros tipos de daño.

Se acostumbra enterrar la tubería con una capa de suelo marino de 60 a 90 cm para asegurar su protección contra el peligro de huracanes, corrientes de arrastre, anclas de barco, es decir; cualquier fenómeno que pueda alcanzar a la tubería en el fondo del mar.

Para realizar lo anterior se combina el efecto de chorro de agua y aire a alta presión con el bombeo para fluidizar el material desprendido. Mediante este sistema se forma una zanja directamente por debajo de donde descansa el ducto, se hunde este por gravedad e inmediatamente se acumula sobre él la capa de lodo que ha sido fluidizado, quedando de esta manera enterrado en el fondo del mar.

- VI.- Estimado conceptual de plataformas.**
- VI.1.- Integración del estimado de costo de inversión.**
- VI.2.- Estimado de costo de estructuras, módulos y paquetes.**
- VI.3.- Estimado de costo de transporte.**
  - VI.3.1.- Transporte de estructuras, módulos y puentes.
  - VI.3.2.- Transporte de equipos, materiales, suministros y personal.
- VI.4.- Estimado de costo de instalación costafuera.**
- VI.5.- Estimado de costo de interconexión, pruebas y arranque.**
- VI.6.- Estimado de costo de equipo y materiales.**
  - VI.6.1.- Adquisición de equipos.
  - VI.6.2.- Adquisición de materiales.
  - VI.6.3.- Escalación.
- VI.7.- Estimado de costo de ductos submarinos.**
  - VI.7.1.- Suministro de tubería.
  - VI.7.2.- Lastrado.
  - VI.7.3.- Transporte, tendido e interconexión.
- VI.8.- Estimado de costo de ingeniería y administración.**
  - VI.8.1.- Ingeniería.
  - VI.8.2.- Administración.

## VI.1.- Integración del estimado de costo de inversión.

Se ha insistido en que el estimado de costos debe de reflejar el detalle que tiene el proyecto y que este detalle debe agruparse en forma tal que concuerde con el desglose que guardan los programas de proyecto y el flujo de efectivo del mismo.

En el caso de las plataformas marinas se tiene un desglose muy similar de las partidas que integran el costo, para cada proyecto y que en la mayoría de los casos las diferencias entre un estimado y otro se encuentran en los equipos, módulos o paquetes localizados sobre cubierta.

Por otra parte, cada proyecto tiene sus propias características y difícilmente pueden englobarse todas y cada una de las posibles variaciones que ocurren durante su desarrollo y ejecución

De cualquier forma podemos integrar de una forma conceptual el estimado de costo global de las plataformas marinas tal como se muestra a continuación.

Figura VI.1.1.- Integración conceptual del estimado de costo de inversión.

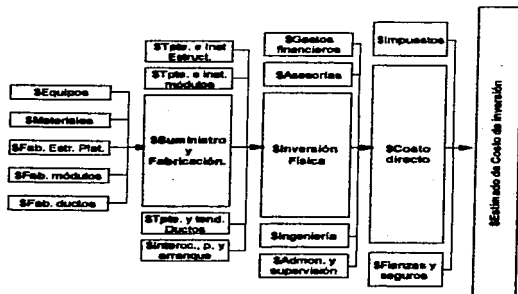


Tabla VI.1.1- Resumen de integración del costo por tipo de plataforma.

Concepto	Tipo de Plataforma		
	Perforación	Compresión	Habitacional
<b>Adquisición</b>			
Equipos	*	*	*
Material estructural	*	*	*
Material electromecánico	*	*	*
<b>Fabricación</b>			
Subestructura	*	*	*
Superestructura	*	*	*
Pilotes	*	*	*
Puentes	*	*	*
Montaje de equipos	*	*	*
Paquetes	*	*	*
Módulos	*	*	*
<b>Transporte</b>			
Subestructura	*	*	*
Superestructura	*	*	*
Pilotes	*	*	*
Puentes	*	*	*
Paquetes	*	---	---
Módulos	---	*	*
<b>Instalación costafuera</b>			
Subestructura	*	*	*
Superestructura	*	*	*
Pilotes	*	*	*
Puentes	*	*	*
Paquetes	*	---	---
Módulos	---	*	*
<b>Interconexión</b>			
Superestructura	*	*	*
Puentes	*	*	*
Paquetes	*	---	---
Módulos	---	*	*
<b>Pruebas v arranque</b>			
Complejo, módulos, paquetes	*	*	*
<b>Ingeniería v Administración</b>	*	*	*

Como se puede observar en el diagrama de bloques se agrupan los costos de acuerdo al tipo de inversión; física, fija, costo directo y costo indirectos, en la tabla se agrupan de acuerdo a la actividad; suministro de equipo y materiales, fabricación, transporte, instalación e interconexión, pruebas y arranque. Este último agrupamiento es la forma en que comúnmente se emplea para la estimación y control de costo, para fines explicativos de la forma de estimar cada uno de los costos se seguirá el siguiente orden:

- ◊ Fabricación de estructuras y módulos.
- ◊ Transporte.
- ◊ Instalación costafuera.
- ◊ Interconexión, pruebas y arranque.
- ◊ Suministro de equipo y su montaje.
- ◊ Ductos submarinos.
- ◊ Ingeniería y administración.

Adicionalmente es práctica común considerar un costo de contingencias para cubrir eventos imprevistos durante la construcción tales como tormentas, inundaciones, huelgas, accidentes, etc. y es necesario sobre todo durante las etapas de estudio el considerar un margen de error para cubrir el costo de conceptos menores que no fueron incluidos en el alcance y omitidos inadvertidamente durante la estimación del costo de inversión del proyecto.

El rango para las contingencias o imprevistos es del 8 al 29% del costo de la inversión fija, sin embargo el 10 % se considera un valor promedio aceptable.

## **VI.2.- Estimado de costo de estructuras, módulos y paquetes.**

Para desarrollar un estimado de "Estudio" del costo de las estructuras es necesario contar con al menos la siguiente información;

- 1.- Tipo de Estructura.
- 2.- Tirante de agua, profundidad.
- 3.- Peso Aproximado (estimado).

En este nivel de detalle basta con que el costo pueda proporcionar el siguiente desglose;

- a.- Suministro del material.
- b.- Habilitado y Montaje.

Para obtener dicho costo es necesario obtener un precio unitario que involucre tales conceptos, este se obtiene a partir de precios de contratista que hayan sido cotizados para la fabricación de estructuras similares, dicho precio debe de englobar todos los conceptos cotizados en moneda nacional y moneda extranjera (generalmente dólares americanos) en una relación (precio unitario de \$/Ton de material procesado).

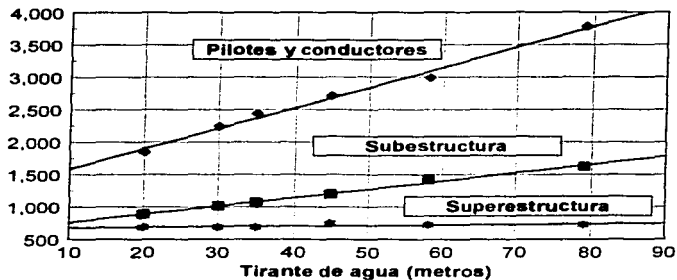
De esta forma el costo de la fabricación (incluyendo el suministro del material) de "n" toneladas de tubería estructural para una estructura determinada sería el siguiente:

$$\text{Costo Total} = \text{"n" Ton mat. estructural} * \$/\text{ton. mat.}$$

A continuación se muestran gráficas para estimar el peso de diferentes tipos de estructura y para diferentes tirantes de agua, con este peso se aplican los precios unitarios que se muestran en la tabla VI.2.1.

Gráfica VI.2.1- Pesos estimados para estructuras tubulares (octápodos), plataformas fijas de perforación en el Golfo de México.

Toneladas (ASTM-A-36)



Gráfica VI.2.2- Pesos estimados para estructuras tubulares menores: Tripodes.

Toneladas (ASTM-A-36)

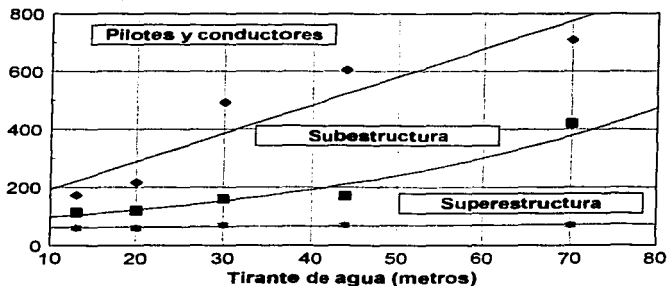




Tabla VI.2.1- Precios unitarios por tonelada de estructura tubular.

Tipo de estructura	Concepto	Precio unitario	
		Porción "A" MN/ton	Porción "B" US/ton
Subestructura	Material	13,697.5	1,208.2
	Habilitado	5,729.9	----
	Montaje	4,308.6	----
Superest. y puentes	Material	18,185.4	----
	Habilitado	5,925.7	----
	Montaje	6,962.0	----
Pilotes	Material	15,580.8	1,008.2
Módulo habitacional	\$/persona	647,500.0	7,250.0

Nota: Precios a marzo de 1997, con base a precios cotizados a Pemex por diferentes fabricantes para estructuras de perforación, producción, enlace, habitacional y de inyección de agua, incluyen fletes, seguros, indirectos y utilidad

Para la estimado del costo, de orden de magnitud, de la fabricación de un módulo habitacional, el precio unitario se obtiene en base al área total disponible en el módulo de referencia en lugar del peso total de dicho módulo y como el área total necesaria del módulo está en función de la cantidad de personas a las que brindará alojamiento el costo total se puede estimar de la siguiente forma:

$$\text{Costo Total} = "n" \text{ personas a hospedar} * \text{\$/persona}$$

En la misma tabla se indican las porciones "A" y "B" que guardan dichos precios unitarios, para que en caso de requerirse se pueda efectuar el desglose de los porcentajes de integración nacional y extranjera correspondientes a esta actividad.

Para el estimado de costo detallado de las estructuras es necesario estimar cada uno de los conceptos que integran el documento conocido como "Catálogo de conceptos y cantidades de obra", "Volumen de obra" o "Anexo C", este documento se genera para la cotización, fabricación y control de la obra, en dicho catálogo se especifican claramente todos y cada uno de los conceptos de que consta la fabricación de la estructura o módulo de que se trate. En base a este documento el contratista efectuará su cotización, el área de construcción llevará a cabo el control de avance de la fabricación y el área administrativa controlará el costo de la obra.

La estimación detallada de cada uno de los conceptos es requerida para la evaluación económica de los contratistas durante el periodo denominado "concurso" de obra, ya que esta estimación detallada junto con el análisis de precios unitarios de los conceptos integran el "Presupuesto Interno".

Una vez adjudicado el contrato de obra se tienen los precios cotizados por el fabricante con el cual se genera el estimado preliminar y la única variación con el estimado definitivo radica en la diferencia de conceptos involucrados, ya que durante la etapa constructiva se ajustan las cantidades y varían los conceptos de obra, por omisiones, errores o por cambios de alcance en la fabricación y/o en la ingeniería.

Para la elaboración del presupuesto interno se emplea el catálogo de precios aprobado por Pemex, con los debidos factores de escalación por tiempo. Cuando algún concepto no está incluido en el catálogo se utilizan precios unitarios de la memoria estadística que se tiene a partir de otros proyectos, para los conceptos que aún así permanecen sin poder estimarse (conceptos especiales) es necesario desarrollar el análisis de precios unitarios, estimando cada uno de los conceptos que intervienen en el precio unitario; materiales, mano de obra,

equipo y herramienta, indirectos y utilidad, similar a lo que debe cotizar el contratista para cada uno de los conceptos del catálogo.

Para hacer este análisis es necesario desglosar todos los factores que inciden en el costo de la actividad o concepto a estimar, esto nos conduce a plantear que materiales de consumo y cual cantidad de estos deberán suministrarse, cuanta mano de obra y de que tipo se empleará, herramienta y equipo necesarios para ejecutar el trabajo y considerar, por otra parte, cuanto se deberá pagar por costos indirectos (compra de papelería, ingeniería, administración, etc.,) y la probable utilidad razonable que tendrá la contratista.

Es imposible generalizar para la elaboración de precios unitarios, ya que el material, personal, equipos y herramientas varían de un concepto a otro, sin embargo se muestra a continuación un ejemplo de como se integran los "precios unitarios" (anexo H de un concurso de obra pública) para el suministro, habilitado y montaje de tubería estructural para la fabricación de las columnas de una subestructura, pueden emplearse los porcentajes de indirectos y utilidad ya que se encuentran dentro de un rango de variación razonable.

Tabla IV.2.2.- Ejemplo de análisis de precios unitarios; "Costo de tonelada de columna de subestructura".

**Partida 1.- Suministro de Material.**

1.1	Suministro de tubería estructural.	Cast.	Unid.	P. unitario.	Total
	65" $\Phi$ x 1.375", ASTM A-572 656	0.701	Ton	6,661.73	4,669.87
	65" $\Phi$ x 0.750", ASTM A-36	0.299	Ton	6,661.73	1,991.86
		1.000	Ton		6,661.73
				indirectos (20%)	1,332.35
				utilidad (5%)	333.09
				subtotal	8,327.16

Tabla IV.2.2.- Ejemplo de análisis de precios unitarios; "Costo de tonelada de columna de subestructura".

**Partida 2.- Prefabricación de columnas (habilitado de material).**

2.1.-	Materiales de consumo.	Cant.	Unid.	P. unitario.	Total
	Soldadura	15.60	Kg/Ton	15.50	241.80
	Oxígeno	0.35	m <sup>3</sup> /Ton	18.08	6.33
	Acetileno	0.21	m <sup>3</sup> /Ton	53.13	11.16
					259.28

2.2.-	Mano de obra (por jornada)	Cant.	Unid.	Salario	Total
	Cabo de oficios.	7.0	Jor	184.34	1,290.39
	Operario especialista.	33.0	Jor	171.80	5,669.50
	Operario de 1ª	18.0	Jor	153.22	2,757.92
	Ayudante de operario	45.0	Jor	95.15	4,281.74
					13,999.55
	Rendimiento	13.15	Ton/Jor.		1,064.60

2.3.-	Maquinaria (por jornada)	Cant.	Unid.	Renta/hr	Total
	Grúa de 140 Ton.	25	Hr	814.72	20,368.01
	Equipo de oxicorte.	65	Hr	1.39	90.29
	Soldadora 400 amp.	330	Hr	4.70	1,550.29
	Generador 355 KVA.	33	Hr	235.46	7,770.28
					29,778.86
	Rendimiento	13.15	Ton/Jor.		2,264.55

2.0	Suma de Subtotales				3,588.44
	Indirectos	30%			1,076.53
	Utilidad	10%			358.84
	Total partida 2				5,023.80

Tabla IV.2.2.- Ejemplo de análisis de precios unitarios; "Costo de tonelada de columna de subestructura".

**Partida 3.- Montaje de columnas.**

<b>3.1.-</b>	<b>Materiales de consumo.</b>	<b>Cant.</b>	<b>Unid.</b>	<b>P. unitario.</b>	<b>Total</b>
	Soldadura	7.40	Kg/Ton	15.50	114.70
	Oxígeno	0.15	m <sup>3</sup> /Ton	18.08	2.71
	Acetileno	0.09	m <sup>3</sup> /Ton	53.13	4.78
					122.19
<b>3.2.-</b>	<b>Mano de obra (por jornada)</b>	<b>Cant.</b>	<b>Unid.</b>	<b>Salario</b>	<b>Total</b>
	Cabo de oficios.	7.0	Jor	184.34	1,290.39
	Operario especialista.	33.0	Jor	171.80	5,669.50
	Operario de 1*	18.0	Jor	153.22	2,757.92
	Ayudante de operario	45.0	Jor	95.15	4,281.74
					13,999.55
	<b>Rendimiento</b>	<b>30.63</b>	<b>Ton/Jor.</b>		<b>457.05</b>
<b>3.3.-</b>	<b>Maquinaria (por jornada)</b>	<b>Cant.</b>	<b>Unid.</b>	<b>Renta/hr</b>	<b>Total</b>
	Grúa de 140 Ton.	25	Hr	814.72	20,368.01
	Equipo de oxicorte.	65	Hr	1.39	90.29
	Soldadora 400 amp.	330	Hr	4.70	1,550.29
	Generador 355 KVA.	33	Hr	235.46	7,770.28
					29,778.86
	<b>Rendimiento</b>	<b>30.63</b>	<b>Ton/Jor.</b>		<b>972.21</b>
<b>3.0</b>	<b>Suma de Subtotales</b>				<b>1,551.46</b>
	Indirectos	30%			465.44
	Utilidad	10%			155.15
	<b>Total partida 3</b>				<b>2,172.04</b>

Nota: Precios a marzo de 1997, con base a precios cotizados a Pentex por diferentes contratistas y escalados de acuerdo a indicadores económicos, los suministros incluyen acarreos, manejo, fletes y seguros.

### **VI.3.- Estimado de costo de transporte.**

El estimado del costo del transporte de orden de magnitud se obtiene suponiendo los días que se requieren para el transporte de las estructuras, módulos, equipos o paquetes, y aplicando las tarifas de renta diaria de las embarcaciones para el transporte, el estimado detallado se obtiene a partir de los días determinados por el "Programa de transporte e instalación", finalmente el estimado "preliminar" se obtiene con los montos de los contratos de transporte. La variación en la precisión de los estimados se basa más sobre la suposición correcta de los días y el tipo de embarcación, lo cual está en función del objeto a transportar, esto lo podemos agrupar de la siguiente forma:

- Estructuras, módulos y puentes.
- equipos, materiales, suministros y personal.

#### **VI.3.1- Transporte de estructuras, módulos y puentes.**

Para llevar a cabo el transporte marítimo de las estructuras o módulos desde el patio de fabricación hasta la zona marina o a otro patio de fabricación se emplean diferentes tipos de chalanes tirados por un remolcador, se puede observar en la siguiente tabla los diferentes conjuntos remolcador/chalán que se emplean en el Golfo de México así como las diferentes tarifas que manejan.

No obstante los diferentes tipos de chalán y remolcador que se emplean el desglose de conceptos que se muestra a continuación es similar en todos los casos:

- 1.- Movilización.
- 2.- Limpieza y acondicionamiento.
- 3.- Carga y amarre.
- 4.- Transporte.
- 5.- Descarga (Instalación).
- 6.- Imprevistos ( 10% ).

Tabla IV.3.1.1.- Renta de embarcaciones de apoyo; Chalán Remolcador

Tipo de Chalán/remolcador		Renta diaria
Chalán	Remolcador	US
Plano de 250' x 72'	4,200 HP.	7,414.0
Plano de 300' x 90'	5,600 HP.	9,046.0
Lanz. de 250' x 72'	4,200 HP.	12,600.0
Lanz. de 300' x 90'	5,600 HP.	16,150.0

Nota: Precios a marzo de 1997, con base a precios cotizados a Pemex por diferentes contratistas y escalados de acuerdo a indicadores económicos.



El concepto de movilización se refiere al tiempo que ocupa el chalán/remolcador en trasladarse desde el puerto en donde se encuentre hasta la zona de embarque de la estructura, comúnmente se aceptan 3 o 4 días por este concepto.

"Limpieza y Acondicionamiento" se refiere al tiempo requerido para limpiar todo herraje y obstrucción que pueda tener el chalán sobre cubierta debido a transportes anteriores (amarras), también incluye el tiempo necesario para ajustar las vigas de deslizamiento sobre las que se apoyará la estructura o módulo, ya que deben coincidir con los propios apoyos de la estructura.

El concepto de carga y amarre involucra el tiempo necesario para efectuar la maniobra de carga y aseguramiento de la estructura sobre la cubierta del chalán, ya que esta debe ir prácticamente unida al chalán mismo.

Se debe considerar el tiempo requerido para el transporte desde el patio de fabricación hasta la zona marina donde se instalará la estructura o a otro patio de construcción en donde se descargaría, el mismo tiempo de descarga o instalación y el tiempo para el despido del chalán.

Adicionalmente es necesario considerar tiempo por imprevistos tales como; huracanes, "nortes", marejadas, movimientos por ajustes del barco grúa, tiempos de espera, etc., por este concepto se efectúa un cargo de hasta el 10% del total de la suma de todos los tiempos anteriores.

Tabla IV.3.1.2.- Ejemplo de tiempos considerados para la renta de embarcaciones de apoyo.

Concepto	Duración	Unidad
Movilización	1	Día
Limpieza de chalán	1	Día
Carga y amarre	2	Días
Transporte	3	Días
Descarga	3	Días
Despido	1	Día
Subtotal	11	Días
Imprevistos (10% ant.)	1	Día
Total chalán plano	12	Días



En caso de que se tengan embarcaciones disponibles, ya que PEMEX contrata embarcaciones por plazos que van desde los seis meses hasta un año no es necesario considerar el tiempo de movilización y despido, ya que estos tiempos van incluidos dentro del precio unitario del contrato del transportista.

#### VI.3.2.- Transporte de equipos, materiales, suministros y personal.

Generalmente los equipos se transportan montados (instalados) sobre la cubierta del módulo o de la superestructura de la plataforma, por lo que en estos casos no se considera un costo adicional por transporte de equipos como tal. Pero hay casos en los que el equipo se transporta separadamente, por razones de ingeniería o de construcción, para ser instalados en la cubierta correspondiente mar adentro, en estos casos es necesario el considerar la renta de un chalán plano y remolcador o alguna embarcación adecuada para su transporte de acuerdo a sus dimensiones o peso.

Asimismo en ocasiones se requiere estimar el costo por el transporte de aprovisionamiento de suministros tales como; diesel, agua, alimentos, herramientas especiales o el transporte de personal para lo cual se puede emplear desde una lancha rápida hasta un helicóptero, para estos casos y el anterior se debe estimar el tiempo requerido y aplicar la tarifa, de acuerdo al transporte requerido, indicada en la tabla IV.3.2.1 de la página siguiente

Tabla IV.3.2.1.- Renta de embarcaciones; Transportes de Apoyo

Tipo de transporte/embarcación		Renta diaria
Tipo	Capacidad.	US
Barco Abastecedor	1,400 HP.	2,193.00
Lancha de pasajeros	50 a 60 plazas	1,076.00
Lancha 100 plazas	100 ton carga	1,600.00
Helicóptero <sup>(2)</sup>	12 plazas	128.00
Barcaza <sup>(3)</sup> Hotel Júpiter.	127 personas	73.00

- Notas: 1.- Precios a marzo de 1997, con base a precios cotizados a Pemex por diferentes contratistas y escalados de acuerdo a indicadores económicos.  
 2.- Precios por persona/viaje.  
 3.- precios por persona/día.

#### **VI.4.- Estimado de costo de instalación costa fuera.**

Para la instalación de las estructuras, módulos o paquetes se emplea un "Barco Grúa", dicho barco efectúa las maniobras de deslizar (lanzar), flotar, posicionar y pilotear la Subestructura, izar y posicionar las superestructuras, izar y colocar módulos, paquetes y equipos sobre cubierta, izar y posicionar puentes, etc..

Por lo tanto sea cual fuere la estructura, módulo, paquete o equipo a instalar, el estimado de costo se desarrolla calculando el número de días que se emplearán para que el barco efectúe toda la maniobra de izaje e instalación, más los días por imprevistos:

$$\text{Costo Total} = \text{"n" días de barco grúa} \times \frac{\$}{\text{día}}$$

La tarifa diaria de los barcos grúa incluyen normalmente además de la grúa totalmente giratoria instalada permanentemente en el barco y el personal, los siguientes conceptos y equipos para las operaciones normales de construcción costafuera:

- 1.- Martinete de 120,000 lb.-ft.
- 2.- Equipo de soldadura necesaria, incluyendo máquinas de soldar eléctricas y/o diesel de 300 a 600 amp., cables, varillas y equipos de corte oxiacetilénicos con suministros.
- 3.- Herramientas pequeñas, estrobos, grilletes, andamios, cuerdas y suministros requeridos para labor normal de construcción costafuera.
- 4.- Personal, mano de obra y subsistencia del mismo, hasta por el complemento máximo.
- 5.- Una lancha rápida de 6 plazas, un barco abastecedor y un remolcador para movimientos de anclas.

A continuación se muestran las tarifas diarias de un barco y barcasas grúa de diferente capacidad, así como diferentes cargos por equipos opcionales no incluidos en la tarifa indicada.

Tabla IV.4.1.- Renta diaria de barcos y barcasas grúa.

Barcos o barcasas grúa; características			Renta diaria
Cap. nominal Ton	a radio de giro ft	Alojamiento Personas	US
350	80	117	46,300.00
550	90	127	53,350.00
1,600	100	204	74,600.00
1,600	100	222	76,500.00
2,000	125	235	80,000.00

Equipo opcional, características:			Renta diaria
Equipo	Modelo	Capacidad	US
Martillos	Vulcan 5,150	750,000 lb.-ft	6,556.0
	Menck 7,000	630,000 lb.-ft	6,108.0
	Vulcan 5,100	500,000 lb.-ft	4,502.0
	Vulcan 560	300,000 lb.-ft	3,152.0
	Vulcan 360	180,000 lb.-ft	1,278.0
	Conmaco 6,300	150,000 lb.-ft	1,256.0
Sold. y corte	Soldadora	500-600 Amp	94.0
	Soldadora	300-400 Amp	75.0
	Biseladora	Todos los tamaños	75.0
	Aparejo de corte	Completo	86.0
Compresores	Compresora	600 SCFM/ 110 PSI	238.0
	Compresora	425 SCFM/ 300 PSI	365.0
	Compresora	750 SCFM/ 125 PSI	326.0
	Compresora	850 SCFM/ 110 PSI	375.0
	Reforzadora	1,200 SCFM/ 500 PSI	468.0

Notas: Precios a marzo de 1997, con base a precios cotizados a Pemex por diferentes contratistas y escalados de acuerdo a indicadores económicos.

#### **VI.5.- Estimado de costo de interconexión, pruebas y arranque.**

Normalmente para este concepto, dentro del rango de orden de magnitud, se estima un porcentaje sobre la inversión física, el cual varía del 10% al 15% .

Para estimados detallados y preliminares generalmente se cuenta con un estimado o presupuesto de interconexión de la Superintendencia de Interconexión de plataformas de Pemex Exploración y Producción, de donde tomamos el costo, podemos observar un ejemplo típico de este presupuesto en las siguientes páginas, en donde se desglosa el presupuesto estimado para la interconexión de cabezales de inyección de agua de una plataforma de inyección.

Tabla VI.5.1.- Presupuesto de interconexión de cabezales de inyección en plataforma.

pag 1 de 3

Part.	Descripción	Cant.	Unidad	Precio unitario	Total por día
1.0.-	Personal requerido costa fuera				
1.1.-	Personal compañía "A"				
	Sobrestante general	1	Jor	508.88	508.88
	Sobrestante eléctrico	1	Jor	436.46	436.46
	Sobrestante instrumentista	1	Jor	436.46	436.46
	Eléctrico tablerista	2	Jor	428.24	856.48
	Eléctrico especialista	4	Jor	360.25	1,441.01
	Instrumentista	3	Jor	360.25	1,080.76
	Almacenista	1	Jor	331.53	331.53
	Operario de primera	4	Jor	331.53	1,326.12
	Operario de segunda	2	Jor	286.01	572.01
	Ayudante general	5	Jor	244.58	1,222.92
				Subtotal	8,212.64
1.2.-	Personal compañía "B"				
	Ingeniero residente	1	Jor	414.54	414.54
	Sobrestante de tuberos	1	Jor	357.76	357.76
	Sobrestante de soldadores	1	Jor	357.76	357.76
	Tuberos	8	Jor	280.74	2,245.95
	Soldadores	4	Jor	280.74	1,122.98
	Manobristas	6	Jor	256.12	1,536.74
	Mecánico	1	Jor	281.56	281.56
	Ayudante de operario esp.	5	Jor	177.50	887.48
				Subtotal	7,204.76
2.0.-	Personal de apoyo terrestre				
	Superintendente	1	Jor	311.81	311.81
	Ayudante téc. administrativo	1	Jor	151.95	151.95
	Empleado administrativo	2	Jor	95.54	191.09
				Subtotal	654.85

Tabla VI.5.1.- Presupuesto de interconexión de cabezales de inyección en plataforma.

pag 2 de 3

Part.	Descripción	Cant.	Unidad	Precio unitario	Total por día
3.0.-	Alojamiento y comida costafuera				
	Barco hotel personal/confianza.	15%	%	9,271.00 US	1,390.65 US
				Subtotal	1,390.65 US
4.0.-	Transportación (personal, equipo y material)				
	Lancha rápida 100 plazas	1	Pza	1,600.00 US	1,600.00 US
				Subtotal	1,600.00 US
5.0.-	Equipo y herramienta costa fuera				
	Paquete para instalación	4	Paq.	221.41	885.63
	Paquete para calibración	2	Paq.	152.14	304.28
				Subtotal	1,189.9
6.0.-	Eq. de apoyo. terrestre (Cia. "A")				
	Camioneta pickup ¼ ton. (29.61 \$/hr x 10 hr/día)	1	Pza	296.170	296.17
				Subtotal	296.17
7.0.-	Eq. y herramienta. costafuera (Cia. "B")				
	Renta por hora, 1 turno de 12 horas				
	Maq. soldar 400 Amp. (diesel)	4	Pza	6.18	20.72
	Equipo de calentamiento y corte	8	Pza	1.71	13.72
	Esmeriladoras	6	Pza	1.13	6.80
	Montacarga de cadena 3 ton	2	Pza	0.50	1.01
	Montacarga de cadena 1½ ton	3	Pza	0.37	1.12
	Contenedor 8x8x8	1	Pza	1.68	1.68
	Resguardo contracaídas	8	Pza	0.02	0.16
				Subtotal	45.17

Tabla VI.5.1.- Presupuesto de interconexión de cabezales de inyección en plataforma.  
pag 3 de 3

Resumen			
Part.	Concepto	Total por día	
1.0.-	Personal requerido costafuera Cia. "A"	8,212.64	MN
	Personal requerido costafuera Cia. "B"	7,204.76	MN
2.0.-	Personal de apoyo terrestre	654.85	MN
3.0.-	Alojamiento y comida costafuera	1,390.65	USD
4.0.-	Transportación (personal, equipo y material)	1,600.00	USD
5.0.-	Equipo y herramienta costa fuera	1,189.90	MN
6.0.-	Equipo de apoyo terrestre (Cia. "A")	296.17	MN
7.0.-	Equipo y herramienta costa fuera (Cia. "B")	45.17	MN
<b>Totales Por Día</b>		17,603.49	MN
		2,990.65	USD

Concepto	Cant.	Precio unitario	TOTAL
Costo total de interconexión	29 días	17,603.49 MN	510,501.21 MN
		2,990.65 USD	86,728.65 USD
<b>Total en MN a 7.85 MN/US</b>			<b>1'191,322.68 MN</b>

Nota: Precios a marzo de 1997, con base a presupuestos cotizados a Pemex por diferentes contratistas y escalados de acuerdo a indicadores económicos.



## **VI.6.- Estimado de costo de equipos y materiales.**

### **VI.6.1.- Adquisición de equipos.**

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..

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 y listas de precios en el caso de los materiales, esta información de proveedor es la misma base de partida de las gráficas, fórmulas, nomogramas, factores, etc..

Cuando se estima el costo de equipos a partir de información como la mencionada se debe de leer todas las notas y aclaraciones incluidas las gráficas o tablas para conocer las bases sobre las cuales se desarrollaron, el rango dentro del cual pueden ser empleadas y las limitaciones de que adolecen. Se debe tener conciencia del país o región en donde fueron desarrolladas y no perder de vista nuestros objetivos, ya que puede obtenerse un costo muy acertado para el equipo, pero al cual debieron de habersele agregado otros costos por ejemplo; fletes, impuestos de importación, refacciones, asesoría técnica, pruebas certificadas, etc..

Si la información de que disponemos son cotizaciones de equipos similares al nuestro podemos efectuar el estimado mediante gráficas, interpolaciones o extrapolaciones,

dependiendo de la cantidad de cotizaciones disponibles. Si contamos con al menos cuatro cotizaciones para equipos de la misma especificación en cuanto a materiales y con características dentro de un pequeño rango, tal como; tamaño, capacidad, peso, etc., podemos graficar el costo en función de esta característica (la cual debe definir el costo del equipo), por ejemplo para cambiadores de calor debe graficarse el costo unitario vs. el área total de intercambio, de esta forma podemos efectuar interpolaciones o extrapolaciones de costo para otros cambiadores de las mismas especificaciones pero dentro del mismo tipo de cambiadores de calor, hasta un valor razonablemente lejano al rango de áreas utilizado, esto depende de la cantidad de cotizaciones y de la dispersión de los valores.

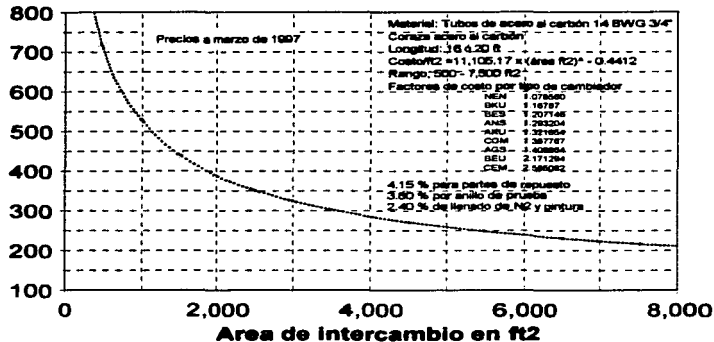
Si contamos además con las cotizaciones para otro equipo similar al nuestro pero con alguna característica diferente, por ejemplo, material, podremos observar la variación que tiene el costo con respecto a esta característica y generar otra familia de curvas para el mismo equipo.

Un ejemplo de lo anterior lo podemos observar en la gráfica VI.6.1.1, de la página siguiente, la cual muestra la dependencia del costo unitario de un cambiador de calor de tubos y coraza tipo "AES" en función del área total de intercambio, esta gráfica puede usarse para cambiadores de tubos y coraza con otro tipo de arreglo al originalmente empleado en la construcción de la gráfica, mediante los factores indicados en la misma. Este caso es un ejemplo del porqué hay que entender completamente la información y contenido de una gráfica; el costo que se obtiene con el área total de intercambio es un costo unitario, esto es el costo por pie cuadrado de área de intercambio  $\$/ft^2$  y no el costo total del equipo.

Multiplicando el costo unitario por el área total obtenemos el costo del equipo, pero a este hay que adicionar el costo de; las refacciones, los empaques y las pruebas mediante el uso de los coeficientes que se indican. Así obtenemos el costo total del equipo LAB México, D.F., de requerirse el equipo en otro lugar habrá que adicionar el costo del flete y seguro correspondiente.

Gráfica VI.6.1.1.- Costo de cambiador de calor de tubos y coraza Tipo "AES".

**Costo unitario (Pesos / ft2)**



Nota: El valor resultante de la gráfica deberá multiplicarse por el área total de intercambio de calor y por el factor incluido en la gráfica de acuerdo al tipo de intercambiador que se requiera, adicionalmente deberá multiplicarse por los factores que apliquen de las siguientes tablas, según sea el caso:

Tabla VI.6.1.1.- Factores de ajuste para el costo de cambiador de calor de tubos y coraza;

**Factor I.- Arreglo y diámetro de tubos.**

Arreglo:	Diámetro	Factor
Δ 15/16"	3/4"	1.00
□ 1"	3/4"	1.08
Δ 1 1/4"	1"	1.12
□ 1 1/4"	1"	1.15
Δ 1 3/4"	1"	1.17

Tabla VI.6.1.1.- Factores de ajuste para el costo de cambiador de calor de tubos y coraza;

**Factor II.- Media aritmética de presión en tubos y coraza.**

Presión media (PSIG)	Factor
75	0.93
180	1.00
300	1.09
450	1.19
600	1.31
1,300	1.50
2,000	1.70

**Factor III.- Material y calibre de tubos.**

Material:	BWG	Factor
Acero al carbón	10,12,14	1.00
Acero al carbón	16	1.12
Admiralty	14,16	1.87
Naval Bras	14,16	1.87
Darbate	✓	1.60
Cobre	✓	1.47
Cupro-Niquel 70-30	✓	1.70
AMPCO 8	✓	1.80
A.I. tipo 304	16	2.03
A.I. tipo 316	16	2.30
A.I. tipo 347	16	2.30
Monel	✓	2.23
Niquel	✓	2.37
1¼ Cr, ½ Mo	12	1.59
1¼ Cr, ½ Mo	14	1.47
1¼ Cr, ½ Mo	16	1.41
Admiralty - Clad A.C.	✓	1.87
½ Cr, ½ Mo	✓	1.47
Grafito		1.76

Tabla VI.6.1.1.- Factores de ajuste para el costo de cambiador de calor de tubos y coraza;

**Factor IV.- Longitud de tubos.**

Longitud en ft	Factor
8	1.30
12	1.10
16	1.00
20	0.95
40	0.75

No es posible discutir cada una de las gráficas que se pueden encontrar en la literatura, pero una vez que se ha familiarizado uno con ellas se sabe como leer y reconocer la información que es necesaria para emplearlas y las consideraciones que se asumen.

En la gráfica del ejemplo se muestra la fórmula que más se ajusta a la curva mostrada, así si se prefiere se puede usar la fórmula para calcular el valor del costo unitario en lugar de la gráfica, el resultado es el mismo pero esto nos conduce a otra forma de estimar el costo del equipo.

•

Puede determinarse la fórmula de dependencia del costo en función de la característica mas importante del equipo suponiendo que las demás permanecen constantes, lo que generalmente se hace es ajustar los valores de la curva costo vs. característica, a una recta por el método de regresión lineal suponiendo varias fórmulas y tomando la que proporciona el mayor índice de correlación; de esta forma fué que se desarrolló la fórmula del ejemplo, pero de cualquier manera se corre el mismo riesgo que el trazar simplemente una gráfica por separado, lo mas conveniente es trazar la gráfica y observar su comportamiento para determinar si la fórmula de ajuste es la más adecuada.

Cuando no disponemos mas que de dos o tres cotizaciones de equipo similar, pero de diferente capacidad al que se desea estimar, lo que se emplea generalmente es el método exponencial:

$$\text{Costo equipo B} = \text{Costo equipo A} * (\text{capacidad B/capacidad A})^n$$

En donde "n" es el exponente al que se debe elevar el cociente de la capacidad del equipo buscado entre la capacidad del equipo conocido, ya que es este el que nos proporciona la relación que existe entre dos equipos similares pero de diferente capacidad.

Este exponente se encuentra en la literatura para una gran variedad de equipos, algunos de ellos se muestran en las tablas siguientes, solo hay que tener cuidado de emplearlo dentro del rango de capacidades indicado.

Tabla VI.6.1.2.- Exponentes tipo para estimación del costo de equipo en función de su capacidad. (Ref. "Plant Design and Economics for Chemical Engineers", Peters and Timmerhaus).

No.	equipo	Rango	Unidad	Exp.
1.-	Soplador centrifugo con motor	1-3	HP	0.16
2.-	Soplador centrifugo con motor	7.5-350	HP	0.96
3.-	Compresor centrifugo (op. motor, aire de serv.)	20-70	HP motor	1.22
4.-	Compresor reciprocante (op. motor, aire de serv.)	5-300	HP motor	0.90
5.-	Secador de tambor atmosférico (inc. serv. aux.)	20-60	ft <sup>2</sup>	0.36
6.-	Secador de tambor al vacio (inc. serv. aux.)	16.5-40	ft <sup>2</sup>	0.20
7.-	Intercamb. tubos y coraza, cab. flotante A.C.	100-400	ft <sup>2</sup>	0.59
8.-	Intercamb. tubos y coraza, placa fija A.C.	50-400	ft <sup>2</sup>	0.44
9.-	Kettle FoFo, enchaquetado, 100 PSI	250-800	C <sup>3</sup> /l	0.24
10.-	Kettle, fibra de vidrio, enchaquetado	200-800	Gal	0.31
11.-	Motor jaula de ardilla, 440 V. APE	1-20	HP	0.53
12.-	Motor jaula de ardilla, 440 V. APE	20-200	HP	1.00
13.-	Bomba centrifuga horizontal, A.I.	3-7.5	HP	0.61
14.-	Bomba centrifuga horizontal, A.C.	2-7.5	HP	0.21
15.-	Reactor, fibra de vidrio, enchaquetado (sin acc.)	50-300	Gal	0.41
16.-	Reactor, fibra de vidrio, enchaquetado (con acc.)	50-300	Gal	0.18
17.-	Tanque tapa flotante, A.C.	300-1,400	Gal	0.66
18.-	Tanque tapa flotante, A.C., fibra de vidrio	100-1,000	Gal	0.57
19.-	Plato de borboteadores, A.C.	3-5	ft φ	1.20
20.-	Plato de borboteadores, A.I. 410	3-5	ft φ	1.43

Tabla VI.6.1.3.- Exponentes tipo para estimación del costo de equipo en función de su capacidad (Ref. "Chemical Engineers Handbook", Perry et al., Fifth ed.).

No.	equipo	Rango	Unidad	Exp.
1.-	Agitador tipo turbina A.C.	50-50	HP	0.50
2.-	Soplador etapa simple, 2 lb/in <sup>2</sup>	1,000-9,000	PCSM	0.64
3.-	Molino cónico	50-200	Ton/hr	0.83
4.-	Molino de guijadas	30-100	Ton/hr	1.15
5.-	Bomba centrífuga horizontal, A.I.	15-40	HP	0.78
6.-	Bomba centrífuga horizontal, Fo.Fo.	15-25	HP	0.58
7.-	Bomba centrífuga vertical, Fo.Fo.	0-200	HP	0.98
8.-	Banda transportadora, A.C.	60-200	f2	0.50
9.-	Tornillo transportador, A.I.	50-100 ft x in	Long x diam.	0.53
10.-	Centrífuga horizontal, A.C.	40-66	in $\phi$	0.81
11.-	Compresor recíprocante operado por motor	300-400	HP	0.70
12.-	Cristalizador circulación forzada	10-10,000	Ton/día	0.56
13.-	Secador de tambos	60-400	f2	0.63
14.-	Secador de vacío, coraza	12-400	f2	0.53
15.-	Colector de polvo, tela	2-10,000	PCM	0.70
16.-	Colector tipo ciclón, trabajo pesado	2-7,000	PCM	0.61
17.-	Precipitador electrostático	10-40	lb./hr	0.68
18.-	Evector 4 etapas, barométrico, 2.5 mmHg, 85°F	1-40	lb./hr	0.45
19.-	Evector 5 etapas, barométrico, 0.5 mmHg, 85°F	1-40	f2	0.50
20.-	Evaporador, película descendente, A.I.	30-60	f2	0.55
21.-	Filtro, hoja vertical (torta húmeda)	200-700	f2	0.67
22.-	Filtro, placa y bastidor, Fo.Fo.	10600	f2	0.58
23.-	Filtro, placa y bastidor, A.I.	10-300	f2	0.85
24.-	Cambiador de tubos y coraza, A.C.	50-500	f2	0.44
25.-	Cambiador de tubos y coraza, A.I. 316	50-100	f2	0.51
26.-	Cambiador thermascrew, A.I. 304	30-100	f2	0.86
27.-	Kettle enchaquetado	800-2,500	cal	0.65
28.-	Motor 440V, 3F, 60Hz, TCCV	1-20	HP	0.59
29.-	Motor 440V, 3F, 60Hz, APE	20-200	HP	1.08
30.-	Tubería FoFo	1-6 in	in $\phi$	0.67
31.-	Tubería FoFo	6-12 in	in $\phi$	1.15
32.-	Recipientes a presión A.C.	6-30	Mib	0.68
33.-	Recipientes a presión con forro de hule	0.8-20	Mgal	0.54
34.-	Unidad refrigeradora	0.7-4	MTon	0.72
35.-	Tamiz vibrador cubierta simple	30-50	f2	0.65
36.-	Chimenea autosoportada, A.C.	20-50	f2	1.00
37.-	Tanque API, A.C.	30-20	Mib	0.72
38.-	Tanque vertical, A.C.	200-10,000	gal	0.52
39.-	Tanque horizontal, A.C.	7-16	Mib	0.67
40.-	Tanque horizontal, A.I.	1-2.5	Mib	0.86
41.-	Tanque vertical, madera de ciprés, 3"	7-100	Mgal	0.69
42.-	Transformador sumergido en aceite, 3F	50-500	KVA	0.78
43.-	Transformador seco, 3F	9-45	KVA	0.47
44.-	Torre de proceso, menos internos, A.C.	20-300	Mib	0.71
45.-	Cable aislamiento RH-RW, 600V	4-2-500	mts esp.	0.89

Cuando no se encuentra información del exponente para un equipo o rango determinado es factible calcular este coeficiente exponencial despejando "n" de la ecuación anterior y sustituyendo los valores conocidos:

$$n = \frac{\text{Log}\left(\frac{\text{Costo equipo B}}{\text{Costo equipo A}}\right)}{\text{Log}\left(\frac{\text{Capacidad equipo B}}{\text{Capacidad equipo A}}\right)}$$

Obviamente se requiere, como se había mencionado anteriormente, de un mínimo de dos cotizaciones de equipo similar y que la capacidad del equipo a estimar no se aleje dos veces al rango de capacidades usado.

En ocasiones el exponente que se emplea sin efectuar mayores cálculos es la unidad, pero esto es incierto a menos de que se esté seguro de que el costo depende en forma lineal y directamente proporcional a la capacidad, como es el caso de los motores eléctricos en el rango 20 a 200 HP.

Para algunos equipos cambia drásticamente la relación exponencial partir de una capacidad o característica determinada, esta es la razón por la cual para un mismo equipo o material en las tablas anteriores se tienen diferentes factores exponenciales de un rango a otro.

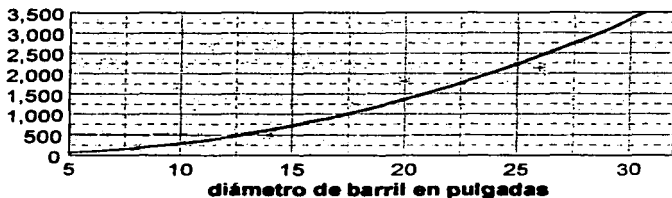
Por lo anterior debe tenerse el cuidado al graficar los costos vs. capacidad de los equipos y determinar si existe cambio en el comportamiento de la relación costo/capacidad y no confundirlo con alguna desviación razonable de la curva de variación.

A continuación se muestran ejemplos de gráficas construidas con información histórica de proveedores de equipo (en la literatura se encuentran libros enteros dedicados solo a gráficas de costo de equipos y materiales).



Gráfica VI.6.1.2.- Costo de Lanzador/receptor para diferentes diámetros de barril.

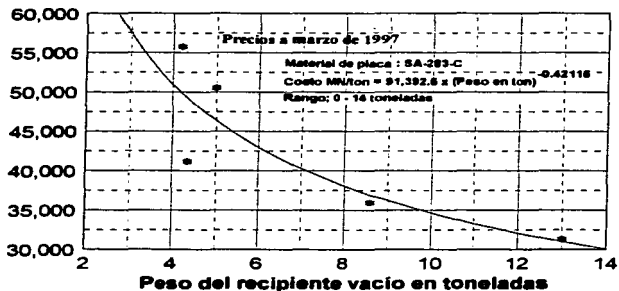
Miles de dólares



Precio a marzo de 1997 en base a cotizaciones de proveedores.  
 LAB planta de escalada en Tampico, Tamps. No incluye IVA.  
 Para diámetros de línea superior 2" restarse que el diámetro de barril.

Gráfica VI.6.1.3.- Costo de Recipientes; MN/ton en función del peso en toneladas.

MN/Ton



Costo unitario MN/ton LAB almacén de Pemex en Tampico, Tamps. o Tuxpan, Ver., a partir de cotizaciones de proveedores de equipo escalado al mes de marzo de 1997, el peso considera cuerpo, tapas, faldón, boquillas e internos.

#### **VI.6.2.- Adquisición de materiales.**

Para los materiales ocurre exactamente lo mismo que para equipos, con la ventaja de que generalmente es factible obtener el costo de casi cualquier material, a partir de listas de precios, a partir de cotización de proveedores o a extrapolación de algún costo conocido ya que el costo generalmente depende linealmente dentro de cierto rango de alguna característica del material tal como: peso por metro lineal, diámetro, espesor, etc.. En las páginas siguientes, Tabla VI.6.2.1, se incluye un ejemplo de lista de precios de tubería.

También existen factores de ajuste para escalar el costo de un tipo de material a otro con diferente especificación tal como tipo de acero o aleación.

Tabla VI.6.2.1.- Lista de precios de referencia para Pemex; Tubería de acero soldada, negra, sin costura, extremos biselados, fabricada bajo normas API y/o ASTM, en tramos sencillos con largos de 6.0 y/o 12 m.  
(precios a marzo de 1997).

Pag 1 de 4

Diam ext. in.	Ced. in.	Espesor in.	Peso Kg/mt	ASTM	API 5LX	API-5LX	API-5LX	API-5LX
				A53	42	52	60	65
				\$/mt	\$/mt	\$/mt	\$/mt	\$/mt
6.625		0.188	19.36	180.52	162.20	166.91	166.60	166.07
		0.219	22.47	186.41	166.36	163.82	219.02	230.02
		0.250	25.56	211.97	214.18	220.39	249.03	261.54
		0.280	28.22	234.13	236.56	243.41	275.06	288.68
		0.312	31.25	259.25	261.95	269.56	304.60	319.90
		0.344	34.24	284.08	287.03	295.34	333.74	350.50
		0.375	37.20	308.61	311.63	320.67	362.59	380.61
6.625		0.188	25.37	210.47	212.67	218.83	247.26	259.70
		0.203	27.43	227.56	229.93	236.59	267.35	280.78
		0.219	29.46	244.67	247.12	254.29	287.33	301.77
		0.250	33.57	278.50	281.41	289.57	327.20	343.64
		0.277	36.61	303.73	306.66	315.79	356.83	374.76
		0.322	42.05	363.63	367.52	367.66	415.71	436.56
		0.375	49.10	407.34	411.59	423.52	476.56	502.61
10.750		0.188	31.76	263.46	266.24	273.94	309.56	325.12
		0.203	34.35	284.96	287.95	296.30	334.80	351.63
		0.219	36.94	306.47	309.05	318.64	360.05	378.14
		0.250	42.06	346.18	352.82	363.06	410.26	430.67
		0.279	46.57	368.35	370.36	401.69	453.92	476.71
		0.307	51.03	423.36	427.77	440.17	497.39	522.39
		0.344	56.72	470.56	475.47	499.24	552.65	580.63
		0.365	60.50	501.91	507.15	521.86	589.70	619.31
		0.406	66.75	563.77	569.53	575.77	650.61	682.22
12.750		0.188	37.77	313.34	316.60	325.78	369.14	386.64
		0.219	43.96	364.70	368.50	376.19	426.47	450.00
		0.250	50.11	415.73	420.05	432.23	496.43	513.96
		0.281	55.47	460.19	464.98	478.46	540.67	567.63
		0.312	61.56	510.71	516.02	531.00	600.03	630.16
		0.330	65.35	542.16	547.79	563.66	636.97	668.97
		0.344	67.62	560.69	566.64	583.27	659.06	692.19
		0.375	73.65	611.01	617.36	635.27	717.66	753.93
		0.406	79.65	660.80	667.67	687.02	776.34	815.35
		0.438	85.62	710.32	717.71	736.52	834.53	876.46

Tabla VI.6.2.1.- Lista de precios de referencia para Pemex; Tubería de acero soldada, negra, sin costura, extremos biselados, fabricada bajo normas API y/o ASTM, en tramos sencillos con largos de 6.0 y/o 12 m.  
(precios a marzo de 1997).

Pag 2 de 4

Diam ext. in.	Ced. in.	Espesor in.	Peso Kg/mt	ASTM	API 5LX	API-5LX	API-5LX	API-5LX
				A53	42	52	60	65
				\$/mt	\$/mt	\$/mt	\$/mt	\$/mt
14	10	0.188	41.52	344.47	348.06	358.13	404.90	425.02
		0.219	48.33	400.96	406.13	416.88	471.08	494.73
		0.250	55.11	457.20	461.97	475.36	537.16	564.14
		0.281	61.02	508.23	511.51	526.34	594.78	624.64
	20	0.312	67.74	561.98	567.85	584.30	660.26	693.43
		0.344	74.42	617.40	623.83	641.92	725.36	761.81
	30	0.375	81.08	672.66	679.68	699.37	790.29	829.98
		0.438	94.30	782.33	790.49	813.40	919.13	965.30
	40	0.469	100.86	836.75	845.48	869.98	983.03	1 032.48
16	10	0.188	47.54	304.40	308.50	410.08	463.37	498.65
		0.219	55.36	459.20	463.97	477.43	539.50	568.60
		0.250	63.13	523.75	529.20	544.54	615.33	648.24
		0.281	69.91	580.00	586.03	603.02	681.41	715.64
	20	0.312	77.63	644.04	650.74	669.60	756.67	794.66
		0.344	85.32	707.83	715.21	735.93	831.60	873.38
	30	0.375	92.98	771.37	779.42	802.01	908.28	951.80
		0.438	100.61	834.68	843.37	867.82	980.64	1 029.91
	40	0.438	108.20	897.84	907.00	933.46	1 054.62	1 107.59
		0.500	123.30	1 022.92	1 033.58	1 063.53	1 201.81	1 262.18
18	10	0.250	71.12	680.01	697.18	717.41	774.78	813.67
		0.281	78.77	754.23	772.18	794.57	856.10	901.19
	20	0.312	87.49	848.63	857.65	882.52	953.08	1 000.96
		0.344	96.18	933.14	942.84	970.20	1 047.74	1 100.38
	std	0.375	104.84	1 017.18	1 027.73	1 057.54	1 142.98	1 199.45
		0.406	113.49	1 100.72	1 112.22	1 144.49	1 235.99	1 298.07
	30	0.438	122.05	1 184.13	1 199.42	1 231.15	1 329.57	1 396.35
		0.469	130.62	1 267.27	1 280.45	1 317.58	1 422.92	1 494.40
		0.500	139.15	1 350.04	1 364.08	1 403.64	1 515.85	1 591.99

Tabla VI.6.2.1.- Lista de precios de referencia para Pemex; Tubería de acero soldada, negra, sin costura, extremos biselados, fabricada bajo normas API y/o ASTM, en tramos sencillos con largos de 6.0 y/o 12 m.  
(precios a marzo de 1997).

Pag 3 de 4

Diam ext. in.	Ced. in.	Espesor in.	Peso Kg/mt	ASTM	API 5LX	API-5LX	API-5LX	API-5LX		
				A53 \$/mt	42 \$/mt	52 \$/mt	60 \$/mt	65 \$/mt		
20	10	0.250	79 16	768.01	778.00	768.50	862.34	905.65		
		0.281	87.70	850.86	859.70	864.65	955.37	1 003.36		
		0.312	97.43	945.27	955.08	962.80	1 061.37	1 114.69		
		0.344	107.12	1 039.28	1 050.08	1 060.54	1 166.92	1 225.53		
	20	0.375	116.78	1 132.90	1 144.78	1 177.99	1 272.15	1 336.05		
		0.406	126.41	1 226.43	1 239.17	1 275.12	1 377.05	1 446.23		
		0.438	136.01	1 319.56	1 333.28	1 371.66	1 481.63	1 556.06		
		0.469	145.58	1 412.42	1 427.09	1 468.49	1 565.99	1 665.58		
	30	0.500	155.12	1 504.68	1 520.60	1 564.72	1 669.82	1 774.69		
		0.562	174.10	1 689.12	1 706.67	1 756.19	1 866.57	1 981.84		
		0.625	192.95	1 872.00	1 891.46	1 946.32	2 101.91	2 237.50		
		0.688	211.69	2 053.73	2 075.06	2 135.25	2 305.96	2 421.79		
		22	10	0.250	87.21	846.11	854.91	879.70	950.02	997.78
				0.281	96.63	937.51	947.25	974.72	1 052.64	1 105.52
0.312	107.36			1 041.61	1 052.42	1 082.97	1 169.53	1 228.28		
0.344	118.06			1 145.41	1 157.31	1 190.90	1 286.10	1 360.70		
20	0.375		128.73	1 249.53	1 261.91	1 298.52	1 402.33	1 472.78		
	0.406		139.37	1 352.16	1 366.22	1 405.85	1 518.25	1 594.51		
	0.438		149.97	1 455.01	1 470.13	1 512.77	1 633.72	1 715.78		
	0.469		160.55	1 557.85	1 573.85	1 619.50	1 746.97	1 836.83		
30	0.500		171.09	1 659.92	1 676.96	1 725.82	1 863.79	1 967.41		
	24		10	0.250	95.28	924.21	933.82	960.91	1 037.72	1 089.65
0.281				105.56	1 024.15	1 034.78	1 064.61	1 149.63	1 207.99	
0.312				117.30	1 138.05	1 149.88	1 183.23	1 277.82	1 342.01	
0.344				129.00	1 251.56	1 264.56	1 301.26	1 405.28	1 475.65	
20			0.375	140.68	1 364.69	1 379.05	1 419.07	1 532.52	1 609.49	
		0.406	152.32	1 477.80	1 493.15	1 536.48	1 659.31	1 742.67		
		0.438	163.93	1 590.44	1 606.97	1 653.59	1 785.78	1 875.46		
		0.469	175.51	1 702.80	1 720.49	1 770.41	1 911.94	2 007.97		
30		0.500	187.08	1 814.65	1 833.71	1 886.90	2 037.78	2 140.11		
		0.562	210.07	2 038.10	2 059.27	2 119.01	2 288.41	2 403.38		
40		0.625	232.94	2 259.90	2 283.46	2 349.72	2 537.65	2 665.03		
		0.688	255.89	2 480.71	2 506.48	2 579.20	2 785.39	2 925.31		
0.938		344.05	3 337.99	3 372.65	3 470.51	3 747.94	3 936.30			

Tabla VI.6.2.1.- Lista de precios de referencia para Pemex; Tubería de acero soldada, negra, sin costura, extremos biselados, fabricada bajo normas API y/o ASTM, en tramos sencillos con largos de 6.0 y/o 12 m.  
(precios a marzo de 1997).

Pag 4 de 4

Diam ext. in.	Ced. in.	Espesor in.	Peso Kg/mt	ASTM	API 5LX	API-5LX	API-5LX	API-5LX		
				A53 \$/mt	42 \$/mt	52 \$/mt	60 \$/mt	65 \$/mt		
30	10	0.281	132.17	1 282.32	1 265.64	1 333.22	1 439.80	1 512.13		
		0.312	146.91	1 425.31	1 440.13	1 481.90	1 600.36	1 680.77		
		0.344	161.61	1 567.94	1 584.23	1 630.19	1 760.51	1 846.94		
		0.375	176.29	1 710.36	1 728.14	1 778.27	1 920.44	2 016.90		
		0.406	190.93	1 852.40	1 871.64	1 925.66	2 079.62	2 184.39		
		0.438	205.54	1 994.15	2 014.87	2 073.33	2 236.07	2 351.54		
		0.469	220.12	2 136.61	2 157.79	2 220.36	2 397.91	2 518.34		
		0.500	234.67	2 278.77	2 300.42	2 367.16	2 556.40	2 684.61		
		0.562	263.67	2 558.12	2 584.71	2 659.70	2 872.31	3 016.60		
	20	0.625	292.54	2 838.22	2 867.71	2 950.90	3 196.61	3 346.88		
		0.688	321.29	3 117.15	3 149.56	3 240.99	3 500.01	3 675.82		
		0.750	349.91	3 394.62	3 430.10	3 529.62	3 811.79	4 003.25		
		0.812	378.63	3 674.07	3 692.03	3 799.13	4 102.86	4 308.96		
		0.875	406.00	3 959.31	3 970.13	4 085.32	4 411.91	4 633.52		
		36	10	0.312	178.52	1 712.59	1 730.43	1 780.66	1 922.94	2 019.53
				0.344	194.22	1 864.33	1 903.96	1 959.21	2 115.61	2 222.10
				0.375	211.90	2 065.86	2 077.20	2 137.60	2 308.41	2 424.29
				0.406	229.54	2 227.00	2 250.18	2 315.43	2 500.56	2 626.11
0.438	247.15			2 387.86	2 422.78	2 493.09	2 692.36	2 827.62		
0.469	264.72			2 566.31	2 596.01	2 670.30	2 883.78	3 028.66		
20	0.500		282.27	2 736.59	2 767.05	2 847.33	3 074.94	3 229.36		
	0.562		317.27	3 078.18	3 110.13	3 200.36	3 456.27	3 629.86		
	0.625		352.14	3 416.46	3 451.96	3 552.12	3 836.07	4 028.78		
	0.688		386.88	3 753.50	3 792.51	3 902.56	4 214.52	4 426.20		
	0.750		421.50	4 089.40	4 131.90	4 251.78	4 591.71	4 822.20		
	0.812		453.84	4 403.16	4 448.97	4 578.03	4 943.97	5 192.26		
30	0.875		486.22	4 736.72	4 786.93	4 924.78	5 316.46	5 585.67		
	0.938		522.47	5 069.00	5 121.72	5 270.26	5 691.56	5 977.53		
	1.000		556.59	5 400.04	5 456.16	5 614.47	6 063.30	6 367.66		

Notas: Precios LAB La Cd de Monterrey, N.L., más IVA.  
Para considerar flete a la zona sureste del país considerar un incremento del 5%.  
Tubos para conducción de fluidos amargos incrementar los precios anteriores en un 10%.

### VI.6.3.- Escalación.

En tiempos de inflación no es posible tomar los precios de diferentes fechas ("precios corrientes") y emplearlos como precios actuales o referidos a una sola fecha ("precios constantes").

La variación acelerada de precios es un problema de cualquier economía, no es posible el actualizar precios en función de una sola variable econométrica o indicador económico como, por ejemplo, lo sería la inflación o la paridad del peso frente al dólar americano, ya que los precios de los insumos de un equipo no varían homogéneamente, mientras que uno puede duplicar su costo otro solo aumenta en un pequeño porcentaje para un mismo periodo, tal como lo serían el precio del acero y los salarios mínimos.

Como una solución a la problemática anterior surgieron las "Fórmulas de Escalación de Precios", desarrolladas en forma conjunta por el sector gobierno y el sector privado, estas fórmulas agrupan proporcionalmente los cambios en costo de los diferentes insumos que se emplean en la fabricación de un bien proporcionándonos la variación que ha sufrido el costo total del equipo a través del tiempo, las fórmulas de escalación generalmente tienen la siguiente forma:

$$P_{f} = P_{i} \times \left[ k_{0} + k_{1} \frac{F_{1f}}{F_{1i}} + k_{2} \frac{F_{2f}}{F_{2i}} + k_{3} \frac{F_{3f}}{F_{3i}} + \dots + k_{n} \frac{F_{nf}}{F_{ni}} \right]$$

En donde las  $k_0, k_1, k_2, k_3, \dots, k_n$  son los porcentajes de participación de los insumos que integran el bien o servicio como lo son; salarios, materiales nacionales materiales importados, etc.. Las  $F_1, F_2, \dots, F_3$ , son los índices de variación del costo de los insumos correspondientes al momento inicial (i) y al momento final (f), la suma de todas las  $k$  debe ser igual a 1, ya que en el momento i el factor de escalación debe ser la unidad.

Los índices de precios son publicados mensualmente por el Banco de México y en forma resumida por la CFE y por las cámaras industriales, a continuación se muestra un ejemplo de estos índices en la tabla VI.6.3.1.

Para los equipos de importación y que, generalmente, provienen de los EU, se puede emplear el índice general de precios al productor "Producer Price Index" de EUA de la misma tabla o los índices "Nelson- Farrar" publicados por la revista Oil and Gas Journal, incluidos en la tabla VI.6.3.2.

Los índices para periodos consecutivos no deben de sumarse para encontrar el índice del periodo total, sino que deben de multiplicarse entre sí, esto se debe a que el índice es el cociente de un "indicador económico" para dos periodos diferentes. El indicador económico es el precio o valor del bien o servicio que vamos a considerar, por ejemplo precio de la tonelada del acero, paridad del peso frente al dólar, etc.

Así, si calculamos índices a partir de precios de un insumo para diferentes periodos; 0, 1, 2 y 3; tenemos que los índices individuales serían:

$$I_1 = \frac{\text{Precio}_1}{\text{Precio}_0}, \quad I_2 = \frac{\text{Precio}_2}{\text{Precio}_1}, \quad I_3 = \frac{\text{Precio}_3}{\text{Precio}_2}$$

Entonces el índice de variación total para estos periodos es:

$$I_{\text{total}} = I_1 \times I_2 \times I_3 = \frac{\text{Precio}_1}{\text{Precio}_0} \times \frac{\text{Precio}_2}{\text{Precio}_1} \times \frac{\text{Precio}_3}{\text{Precio}_2}$$

Y esto es igual a:

$$I_t = \frac{\text{Precio}_3}{\text{Precio}_0}$$



Tabla VI.6.3.1.- Índices nacionales para ajustes de precios.

<b>Banco de México</b>							pag 1 de 4	
<b>Boletín informativo de la C.F.E.</b>								
No	mes-año	Índice general de precios al consumidor. 710	Productos Químicos		Productos Metálicos	Tipo de cambio prom. MN/US Libre de venta	Inflación en EUA (3)	Salario mínimo promedio gral. 510
			935.3	900.208				
1	ene-84	476.49	657.27	394.42	0.164	67.85		
2	feb-84	501.64	676.83	423.53	0.168	68.07		
3	mar-84	523.10	708.12	447.07	0.172	68.29		
4	abr-84	545.73	731.89	462.70	0.176	68.51		
5	may-84	563.80	773.33	469.78	0.180	68.73		
6	jun-84	584.21	822.75	487.40	0.184	68.95		
7	jul-84	603.39	854.34	499.71	0.188	69.17		
8	ago-84	620.53	888.42	507.31	0.192	69.39		
9	sep-84	639.91	919.11	526.83	0.196	69.61		
10	oct-84	661.34	967.17	549.29	0.200	69.83		
11	nov-84	684.03	997.64	575.98	0.204	70.05		
12	dic-84	713.10	1 017.42	591.61	0.208	70.28		
13	ene-85	765.96	1 053.75	633.25	0.212	71.94		
14	feb-85	797.78	1 078.72	650.17	0.219	72.21		
15	mar-85	828.71	1 111.29	681.27	0.224	72.57		
16	abr-85	854.21	1 152.89	698.67	0.230	72.83		
17	may-85	874.44	1 192.30	711.97	0.237	73.10		
18	jun-85	896.37	1 229.69	738.92	0.243	73.23	619.77	
19	jul-85	927.60	1 284.60	774.02	0.247	73.37	619.77	
20	ago-85	968.13	1 329.50	799.43	0.256	73.50	619.77	
21	sep-85	1 006.78	1 376.29	844.70	0.272	73.72	619.77	
22	oct-85	1 045.03	1 441.21	878.50	0.292	73.95	619.77	
23	nov-85	1 092.98	1 504.69	943.20	0.299	74.17	619.77	
24	dic-85	1 167.66	1 558.17	996.49	0.267	74.30	619.77	
25	ene-86	1 270.93	1 616.77	1 037.82	0.461	74.75	833.81	
26	feb-86	1 327.43	1 726.36	1 116.33	0.475	74.52	833.81	
27	mar-86	1 389.12	1 838.89	1 169.92	0.477	74.17	833.81	
28	abr-86	1 461.64	1 937.80	1 226.76	0.503	74.03	833.81	
29	may-86	1 542.86	2 037.62	1 291.19	0.533	74.26	833.81	
30	jun-86	1 641.87	2 239.36	1 381.11	0.644	74.61	1 042.45	
31	jul-86	1 723.80	2 403.90	1 454.18	0.623	74.66	1 042.45	
32	ago-86	1 861.23	2 573.48	1 554.11	0.678	74.79	1 042.45	
33	sep-86	1 972.92	2 754.46	1 656.42	0.749	75.15	1 042.45	
34	oct-86	2 085.67	2 997.35	1 792.03	0.802	75.19	1 117.43	
35	nov-86	2 226.67	3 213.90	1 952.77	0.846	75.24	1 275.29	
36	dic-86	2 402.45	3 471.53	2 140.07	0.894	75.32	1 275.29	
37	ene-87	2 597.02	3 847.10	2 320.59	0.959	75.81	1 569.31	
38	feb-87	2 784.38	4 190.85	2 505.54	1.033	76.08	1 569.31	
39	mar-87	2 968.42	4 512.87	2 695.79	1.094	76.44	1 569.31	
40	abr-87	3 228.13	4 894.98	2 896.01	1.156	76.84	1 884.65	
41	may-87	3 471.46	5 214.37	3 166.87	1.235	77.06	1 884.65	
42	jun-87	3 722.63	5 611.45	3 406.43	1.309	77.33	2 320.28	
43	jul-87	4 024.15	6 132.80	3 712.06	1.386	77.46	2 320.28	
44	ago-87	4 533.04	6 619.39	4 005.82	1.459	77.85	2 320.28	
45	sep-87	4 639.82	7 139.61	4 341.33	1.537	78.04	2 320.28	
46	oct-87	5 026.43	7 833.89	4 684.49	1.613	78.35	2 901.73	
47	nov-87	5 425.14	8 589.16	5 280.68	1.961	84.31	2 901.73	
48	dic-87	6 226.43	9 370.92	6 118.59	2.296	85.52	3 126.75	

Tabla VI.6.3.1.- Índices nacionales para ajustes de precios.

Banco de México Boletín informativo de la C.F.E.							pag 2 de 4
No	mes-año	Índice general de precios al consumidor 710	Productos Químicos 935.3	Productos Metálicos 900.208	Tipo de cambio prom. MN/US libre de venta	Inflación en EUA (%)	Salario mínimo promedio anual 510
49	ene-88	7 189.18	10 244.97	6 733.14	2.243	86.80	3 126.75
50	feb-88	7 788.83	11 785.24	7 423.00	2.328	88.12	3 126.75
51	mar-88	8 187.66	12 173.82	7 675.30	2.282	89.49	3 126.75
52	abr-88	8 439.70	12 977.32	7 778.04	2.283	90.91	3 126.75
53	may-88	8 602.98	13 116.33	7 818.63	2.285	92.39	3 126.75
54	jun-88	8 778.47	13 138.21	7 846.66	2.285	93.91	3 126.75
55	jul-88	8 925.02	13 015.76	7 831.54	2.286	95.49	4 158.92
56	ago-88	9 007.13	12 975.44	7 845.15	2.285	98.81	4 158.92
57	sep-88	9 058.59	12 662.22	7 753.72	2.285	98.81	4 158.92
58	oct-88	9 127.71	12 544.73	7 676.89	2.285	100.54	4 158.92
59	nov-88	9 249.88	12 520.44	7 673.83	2.284	104.17	4 158.92
60	dic-88	9 442.86	12 497.04	7 726.47	2.293	106.06	4 726.04
61	ene-89	9 674.03	12 526.68	7 731.05	2.332	108.01	4 726.04
62	feb-89	9 805.32	12 350.98	7 705.53	2.373	110.00	4 726.04
63	mar-89	9 911.57	12 649.66	7 720.99	2.413	112.05	4 726.04
64	abr-89	10 059.82	12 677.87	7 836.51	2.455	114.15	4 726.04
65	may-89	10 198.30	12 693.67	7 895.20	2.489	116.30	4 726.04
66	jun-89	10 322.16	12 709.69	7 895.20	2.520	118.50	4 726.04
67	jul-89	10 425.38	12 707.73	8 248.44	2.551	117.77	4 726.04
68	ago-89	10 524.74	13 596.62	8 293.67	2.581	118.08	4 726.04
69	sep-89	10 625.38	13 596.62	8 336.84	2.612	118.50	4 726.04
70	oct-89	10 782.51	13 666.13	8 373.86	2.636	118.50	4 726.04
71	nov-89	10 933.86	13 666.13	8 417.93	2.667	118.79	5 153.72
72	dic-89	11 302.87	13 874.84	8 491.79	2.698	120.79	5 199.54
73	ene-90	11 648.36	13 918.93	8 598.22	2.729	120.26	5 199.54
74	feb-90	12 116.67	13 918.93	8 743.53	2.760	120.03	5 199.54
75	mar-90	12 330.29	13 918.93	8 951.83	2.791	119.84	5 199.54
76	abr-90	12 517.95	14 244.36	9 085.64	2.822	120.37	5 199.54
77	may-90	12 736.37	14 244.36	9 158.07	2.846	120.05	5 199.54
78	jun-90	13 016.90	14 684.53	9 306.16	2.867	119.83	5 199.54
79	jul-90	13 254.27	14 244.36	9 700.54	2.861	122.47	5 199.54
80	ago-90	13 480.12	14 946.49	9 375.02	2.885	124.01	5 199.54
81	sep-90	13 672.28	14 946.49	9 538.98	2.910	127.00	5 199.54
82	oct-90	13 868.83	14 946.49	9 790.45	2.933	126.26	5 668.10
83	nov-90	14 237.08	17 081.96	9 841.57	2.944	124.68	6 136.66
84	dic-90	14 685.79	17 969.69	10 267.35	2.957	125.00	6 136.66
85	ene-91	15 060.12	18 657.33	10 406.78	2.969	127.21	6 136.66
86	feb-91	15 322.98	18 856.27	10 406.78	2.980	122.05	6 136.66
87	mar-91	15 541.52	18 920.44	10 501.52	2.992	121.95	6 136.66
88	abr-91	15 704.33	19 272.09	10 555.31	3.005	122.47	6 136.66
89	may-91	15 857.84	19 272.09	10 603.30	3.017	122.26	6 136.66
90	jun-91	16 024.27	19 272.09	10 673.86	3.030	121.95	6 136.66
91	jul-91	16 165.83	19 258.22	10 816.59	3.036	122.16	6 136.66
92	ago-91	16 278.36	19 258.22	10 835.33	3.048	121.95	6 136.66
93	sep-91	16 440.53	19 258.22	10 872.88	3.060	122.37	6 136.66
94	oct-91	16 631.75	18 699.91	10 737.20	3.066	122.37	6 629.14
95	nov-91	17 044.68	19 637.51	10 620.87	3.067	121.84	6 875.38
96	dic-91	17 445.91					

Tabla VI.6.3.1.- Índices nacionales para ajustes de precios.

**Banco de México**  
**Boletín Informativo de la C.F.E.**

pag 3 de 4

No	mes-año	Índice general	Productos	Productos	Tipo de	Inflación en	Salario
		de precios al consumidor. 710	Químicos 935.3	Metálicos 900.208	cambio prom. MN/US Libre de venta	(3)	mínimo promedio gral. 510
97	ene-92	17 762.98	20 015.02	10 732.92	3.064	121.52	6 875.38
98	feb-92	17 973.45	20 015.02	10 751.83	3.060	122.05	6 875.38
99	mar-92	18 156.37	20 076.53	10 854.86	3.063	122.05	6 875.38
100	abr-92	18 318.19	20 057.69	10 994.29	3.066	122.26	6 875.38
101	may-92	18 493.01	20 057.69	11 066.46	3.098	123.10	6 875.38
102	jun-92	18 563.80	20 057.69	11 079.84	3.116	123.84	6 875.38
103	jul-92	18 680.92	19 872.80	11 094.02	3.112	123.84	6 875.38
104	ago-92	18 795.79	19 872.80	11 115.97	3.086	123.63	6 875.38
105	sep-92	18 959.30	19 872.80	11 234.26	3.087	123.84	6 875.38
106	oct-92	19 095.79	19 872.80	11 295.18	3.122	124.16	6 875.38
107	nov-92	19 254.44	19 807.73	11 451.08	3.116	123.84	6 875.38
108	dic-92	19 528.60	19 069.42	11 467.98	3.117	123.63	6 875.38
109	ene-93	19 773.57	19 069.42	11 520.16	3.106	124.05	7 435.62
110	feb-93	19 935.13	18 351.73	11 545.94	3.096	124.26	7 435.62
111	mar-93	20 051.29	18 351.73	11 591.44	3.106	124.79	7 435.62
112	abr-93	20 166.96	19 087.29	11 644.51	3.095	125.32	7 435.62
113	may-93	20 282.22	19 020.09	11 709.90	3.121	125.84	7 435.62
114	jun-93	20 395.96	18 952.89	11 788.22	3.119	125.74	7 435.62
115	jul-93	20 493.98	19 016.71	11 822.57	3.120	125.43	7 435.62
116	ago-93	20 603.68	19 069.07	11 871.72	3.109	122.21	7 435.62
117	sep-93	20 756.26	19 120.44	11 903.84	3.110	122.10	7 435.62
118	oct-93	20 841.17	19 120.44	11 936.84	3.112	125.21	7 435.62
119	nov-93	20 933.10	19 132.71	11 958.61	3.150	125.00	7 435.62
120	dic-93	21 092.69	18 554.58	11 969.94	3.105	124.47	7 435.62
121	ene-94	21 256.20	18 566.84	11 976.36	3.104	125.11	7 954.63
122	feb-94	21 365.56	17 902.67	12 105.35	3.118	125.32	7 954.63
123	mar-94	21 475.38	17 517.42	12 120.16	3.296	125.84	7 954.63
124	abr-94	21 580.58	16 837.96	12 097.15	3.342	125.95	7 954.63
125	may-94	21 684.85	16 733.42	12 116.24	3.313	126.05	7 954.63
126	jun-94	21 793.33	16 751.38	12 163.07	3.363	126.58	7 954.63
127	jul-94	21 890.00	17 003.11	12 204.64	3.399	126.79	7 954.63
128	ago-94	21 992.03	17 012.18	12 232.29	3.397	127.42	7 954.63
129	sep-94	22 148.42	17 232.27	12 239.52	3.417	127.11	7 954.63
130	oct-94	22 264.74	17 144.98	12 334.43	3.435	127.11	7 954.63
131	nov-94	22 383.74	17 232.18	12 392.51	3.459	127.74	7 954.63
132	dic-94	22 580.06	17 953.07	12 603.39	4.079	128.05	7 954.63
133	ene-95	23 429.94	18 001.87	14 315.88	5.651	128.90	8 510.27
134	feb-95	24 422.98	18 817.07	15 324.26	5.696	129.85	8 510.27
135	mar-95	25 866.06	21 683.29	16 453.88	6.804	130.06	8 510.27
136	abr-95	27 926.25	24 575.11	17 861.91	6.235	131.01	9 529.08
137	may-95	29 033.90	26 536.00	18 806.87	6.014	131.43	9 529.08
138	jun-95	30 017.27	26 637.51	19 094.02	6.256	131.74	9 529.08
139	jul-95	30 629.20	28 738.67	19 189.01	6.180	131.74	9 529.08
140	ago-95	31 137.25	28 662.04	19 469.85	6.221	131.43	9 529.08
141	sep-95	31 781.33	28 758.84	19 576.72	6.328	131.64	9 529.08
142	oct-95	32 435.26	28 628.00	19 963.43	6.769	131.43	9 529.08
143	nov-95	33 235.05	28 628.00	20 967.53	7.725	131.74	9 529.08
144	dic-95	34 317.85	28 912.09	21 590.81	7.700	131.95	10 396.22

Tabla VI.6.3.1.- Indices nacionales para ajustes de precios.

<b>Banco de México</b>							
<b>Boletín Informativo de la C.F.E.</b>							
No	mes-año	Índice general de precios al consumidor. 710	Productos Químicos 935.3	Productos Metálicos 900.20M	Tipo de cambio prom.	Inflación en	Salario mínimo
					MN/US Libre de venta	EUA (3)	promedio gral. 510
145	ene-96	35 551.56	28 902.38	21 733.48	7.495	132.58	10 491.00
146	feb-96	36 381.32	31 744.13	22 016.53	7.541	132.78	10 491.00
147	mar-96	37 182.21	32 274.99	22 764.86	7.588	132.90	10 491.00
148	abr-96	38 239.21	32 878.44	23 060.71	7.481	134.06	11 757.26
149	may-96	38 936.22	33 165.00	23 332.41	7.451	134.80	11 757.26
150	jun-96	39 570.24	33 292.86	23 529.80	7.588	134.48	11 757.26
151	jul-96	40 128.28	33 502.33	23 862.57	7.648	134.37	11 757.26
152	ago-96	40 661.64	34 200.38	24 223.41	7.539	134.69	11 757.26
153	sep-96	41 311.77	34 274.36	24 481.97	8.038	134.59	11 757.26
154	oct-96	41 827.42	34 220.48	25 001.13	7.755	134.48	11 757.26
155	nov-96	42 461.15	34 463.39	25 540.60	7.934	134.69	11 757.26
156	dic-96	43 820.68	34 587.08	25 717.80	7.902	135.43	13 652.14
157	ene-97	45 096.98	35 524.18	26 700.53	7.866	135.70	13 776.37
158	feb-97	45 936.85	35 828.42	27 143.64	7.904	135.95	13 776.37
159	mar-97	46 776.73	36 123.63	27 586.75	7.940	136.20	13 776.37
160	abr-97	47 616.61	36 410.41	28 029.86	7.975	136.44	15 429.54
161	may-97	48 456.49	36 689.28	28 472.98	8.009	136.69	15 429.54
162	jun-97	49 296.37	36 960.72	28 916.09	8.042	136.94	15 429.54
163	jul-97	50 136.25	37 225.17	29 359.20	8.074	137.19	15 429.54
164	ago-97	50 976.13	37 483.03	29 802.32	8.105	137.43	15 429.54
165	sep-97	51 816.01	37 734.66	30 245.43	8.136	137.68	15 429.54
166	oct-97	52 655.89	37 980.39	30 688.54	8.165	137.93	15 429.54
167	nov-97	53 495.77	38 220.53	31 131.66	8.194	138.17	15 429.54
168	dic-97	54 335.64	38 455.36	31 574.77	8.222	138.42	16 833.63

- Notas: 1.- Indices obtenidos de boletines informativos de la CFE para ajustes de precios.
- 2.- Se efectuaron ajustes para continuidad de valores ya que la fecha de referencia se ha modificado en diversas ocasiones.
- 3.- Índice "Producer Price Index", obtenido del mismo boletín y se le eliminó el ajuste por tipo de cambio MN/USD.
- 4.- Los valores de los índices a partir de enero de 1997 fueron extrapolados de acuerdo a la tendencia del último año.

Tabla VI.6.3.2.- Indices Nelson-Farrar (EUA) para ajuste de costos.

Oil and Gas Journal							pag 1 de 1
No	mes-año	Bombas y Compresores 1141	Electro Maquinaria 117	Motores de combustión Interna 1194	Instrumentos	Cambiadores de calor	Equipo misceláneo
	1962	222.50	189.50	183.40	214.80	183.60	198.80
	1976	538.60	287.20	348.30	466.40	478.50	423.80
	1993	1 254.60	555.50	820.60	879.30	704.10	842.80
1	ene-94	1 268.20	558.60	838.40	885.40	697.30	849.60
2	feb-94	1 271.00	559.90	839.60	883.70	699.90	850.80
3	mar-94	1 275.70	559.50	833.30	881.00	695.30	849.00
4	abr-94	1 277.60	561.30	833.30	886.60	687.10	849.20
5	may-94	1 277.60	561.80	833.30	886.60	680.30	847.90
6	jun-94	1 278.60	561.80	834.00	886.60	677.90	847.80
7	jul-94	1 278.60	562.20	836.50	887.40	682.10	849.40
8	ago-94	1 286.10	561.30	842.20	882.10	681.80	850.70
9	sep-94	1 280.50	559.50	841.50	885.40	689.80	851.30
10	oct-94	1 280.50	559.50	842.20	896.10	697.20	855.10
11	nov-94	1 280.50	560.40	840.90	896.10	700.40	855.70
12	dic-94	1 284.20	559.90	843.40	894.40	699.80	856.40
13	ene-95	1 300.30	562.20	849.70	894.90	719.80	865.40
14	feb-95	1 301.20	563.60	853.50	895.20	720.90	866.90
15	mar-95	1 306.00	561.80	852.90	895.80	724.20	868.10
16	abr-95	1 310.70	562.70	852.30	905.90	739.80	874.30
17	may-95	1 315.40	563.10	852.30	907.70	749.40	877.60
18	jun-95	1 314.50	562.20	851.60	896.40	762.80	877.50
19	jul-95	1 312.60	562.70	850.40	899.60	755.70	876.20
20	ago-95	1 315.40	562.70	856.70	905.50	757.90	879.60
21	sep-95	1 317.30	564.00	859.20	908.10	781.70	886.10
22	oct-95	1 333.40	563.60	861.70	912.00	781.70	890.50
23	nov-95	1 335.30	564.90	858.60	917.50	804.60	896.20
24	dic-95	1 338.10	564.50	860.40	913.90	804.60	896.30
25	ene-96	1 345.70	566.30	866.80	922.90	805.10	901.40
26	feb-96	1 346.60	567.70	876.20	925.70	803.50	903.90
27	mar-96	1 351.30	564.00	870.50	929.60	799.60	903.00
28	abr-96	1 351.30	564.50	871.80	927.30	795.80	902.20
29	may-96	1 353.30	564.00	871.20	929.50	794.50	902.30
30	jun-96	1 353.20	561.10	874.90	927.20	794.20	902.20
31	jul-96	1 355.10	559.90	876.80	929.40	791.00	902.50
32	ago-96	1 357.00	559.90	878.70	933.10	790.80	903.90
33	sep-96	1 357.90	559.00	879.40	940.50	789.60	905.30
34	oct-96	1 358.90	558.60	878.70	935.70	789.60	904.30
35	nov-96	1 360.32	558.00	878.00	938.00	789.00	904.80
36	dic-96	1 361.48	558.60	878.70	942.00	789.80	905.00
37	ene-97	1 362.61	559.00	878.00	945.00	790.00	905.30
38	feb-97	1 363.71	559.90	878.70	947.00	790.80	905.80
39	mar-97	1 364.79	561.00	879.00	947.50	791.00	906.20

- Notas: 1.- Indices publicados por "Oil and Gas Journal", Vol. 94 Nos. 23, 32, 41, y 45, Vol. 95 Nos. 1 y 5. (jun, ago, oct y nov de 1996, ene y feb de 1997)
- 2.- Año base de los indices 1946.
- 3.- Los valores de los indices a partir de noviembre de 1996 fueron extrapolados de acuerdo a la tendencia del último semestre.

## **VI.7.- Estimado de costo de ductos submarinos.**

De forma general puede decirse que el estimado de costo de una línea submarina está bien definido, ya que es un concepto lo bastante repetitivo para poder tomar las mismas consideraciones para una u otra línea, las variación generalmente son por flujo (diámetro), longitud (Km), presión de trabajo (espesor) e hidrocarburo a transportar (lastrado).

Una línea submarina se estima mediante los siguientes conceptos principales;

- 1.0.- Suministro.
- 2.0.- Lastrado.
- 3.0.- Transporte y tendido.
- 4.0.- Conexión con ducto ascendente e interconexión.

### **VI.7.1- Suministro de tubería.**

Para el suministro de la tubería normalmente se asigna un contrato de suministro amparando la adquisición del material LAB el patio del contratista que efectúa el lastrado. Para estimar el costo del suministro de la tubería se recurre a listas de precios (ver tabla VI.6.2.1.- Lista de precios de referencia para Pemex; Tubería de acero), es obvio que como dato se requiere la especificación de la tubería; diámetro, espesor y cantidad de material, adicionalmente debe investigarse si se requiere algún tratamiento especial o recubrimiento.

Se obtiene el precio unitario a partir de las listas de precios de proveedor de tubería, generalmente, en pesos por metro lineal de tubería (\$/m), ya que para un diámetro y espesor dados el peso (Kg o ton) está implícito, sin embargo se proporciona adicionalmente en la lista el peso lineal de la tubería (Kg/m) para calcular las toneladas de material y poder estimar el costo de las maniobras de carga, descarga, acarreo y estiba en patio de lastrado.

Cuando requerimos el costo de un tubo del mismo material pero de diferente diámetro y/o espesor a los indicados (siempre y cuando no sea un diámetro o espesor no comercial) se puede obtener el costo en función de la relación de diámetros y espesores, dentro de un mismo rango de diámetros (de 6 a 16"  $\phi$  o de 18 a 36"  $\phi$ ), esto es:

$$\frac{\$}{m} \text{ Tub. a} = \frac{\$}{m} \text{ Tub. b} \left[ \left( \frac{\text{Diam. a}}{\text{Diam. b}} \right) \left( \frac{\text{Esp. a}}{\text{Esp. b}} \right) \right]$$

Para extrapolar de un rango a otro;

$$\frac{\$}{m} \text{ Tub a (6 a 16" } \phi) = 0.855 \times \frac{\$}{m} \text{ Tub b (18 a 36" } \phi) \left[ \left( \frac{\text{Diam. a}}{\text{Diam. b}} \right) \left( \frac{\text{Esp. a}}{\text{Esp. b}} \right) \right]$$

#### VI.7.2.- Lastrado.

Continuando con la secuencia lógica de la fabricación de las líneas submarinas, el siguiente concepto a estimar es el lastrado. Para el lastrado se asigna un contrato de construcción, para lo cual el contratista debió presentar una cotización detallada del "Catálogo de Conceptos y Cantidades de Volúmenes de Obra", por lo que el estimado se basa en información de concursos anteriores los cuales cubren generalmente casi todos los conceptos, debiéndose ajustar tan solo en la práctica los kilómetros de tubería a lastrar.

Como estimado de orden de magnitud se considera un costo global promedio; calculando un precio unitario por kilómetro de tubería a lastrar.

$$\text{Costo de Lastrado} = \text{Precio Unitario} \cdot \text{Km de tubería lastrada}$$

El costo detallado se estima determinando las cantidades para cada uno de los conceptos que integran el anexo "C" del concurso correspondiente al lastrado de la tubería, este estimado tiene como finalidad la elaboración del presupuesto interno de dicho concurso.

El estimado del anexo "C" se lleva a cabo con la metodología rigurosa de un estimado detallado, basándose principalmente en cotizaciones históricas y recientes de contratistas.

#### VI.7.3.- Transporte, tendido e interconexión.

Las actividades restantes (y más costosas); transporte, fabricación de juntas de expansión, risers, cuellos de ganso, tendido, conexión ducto-curva ascendente (riser), soldadura hiperbárica de líneas (si la hay), dragado y acolchamiento de cruces están contenidas dentro del catálogo de conceptos correspondiente a lo que se ha denominado "Tendido"; dado que su concurso y asignación es similar al lastrado, la forma de estimar el costo del tendido es similar también.

Como estimado de orden de magnitud se considera un costo global promedio, en base al costo global de contratos asignados de tendido; de las gráficas VI.7.3.1 y VII.7.3.2 se obtiene el precio unitario para el primer kilómetro de tubería a transportar, tender e interconectar, y el precio unitario por kilómetro subsecuente al primer kilómetro de tubería tendida, ambos en sus porciones nacional y extranjera.

$$\text{Costo de Tendido} = \text{P.U.} \cdot 1^{\text{er}} \text{ Km} + \text{P.U.} \cdot \text{Km subsecuentes.}$$

El costo global promedio por kilómetro de tubería tendida normalmente considera dos interconexiones (esto comprende cuellos de ganso, conexión ducto-curva ascendente "riser", soldadura hiperbárica, dragado y acolchamiento de cruces) por lo que si se tienen dos tramos de tubería del mismo diámetro y espesor no hay que sumar los kilómetros totales, sino considerarlos como tramos independientes.

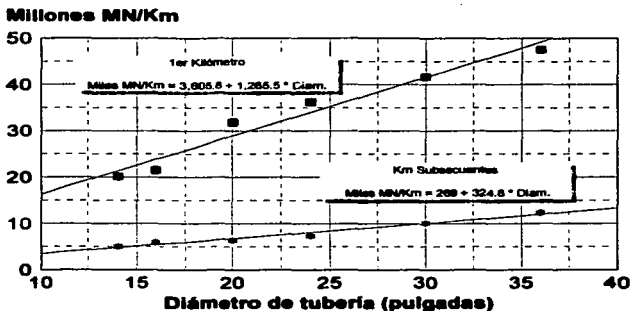


Para el estimado detallado se deben estimar rigurosamente los costos de cada una de las partidas que integran el anexo "C" de la documentación de concurso de obra ya que este es el presupuesto interno de dicho concurso, los conceptos son repetitivos de un concurso a otro, por lo que se emplea la información histórica de proveedores y/o el catálogo de conceptos de Pemex para obra marina con sus debidos índices de actualización de precios.

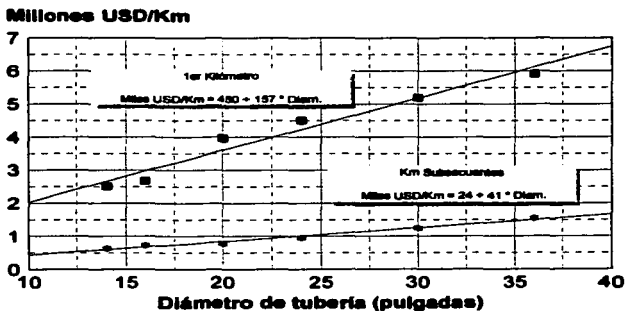
En caso de que se requiera un estimado de estudio con mayor detalle pero que no se cuente con la información de ingeniería respecto a los conceptos y cantidades de obra, se pueden hacer extrapolaciones en función del diámetro y espesor, similar a lo que se mencionó anteriormente para obtener el costo del suministro de tubería, tanto para obtener las cantidades equivalentes (volumen de obra), como para obtener el precio unitario correspondiente a ese concepto.

$$\text{P.U. o Cantidad de Obra}_1 = \text{P.U. o cantidad de obra}_2 \left[ \left( \frac{\text{Diam}_1}{\text{Diam}_2} \right) \left( \frac{\text{Esp}_1}{\text{Esp}_2} \right) \right]$$

Gráfica VI.7.3.1.- Precios unitarios de tendido de tubería submarina: Porción "A"  
Moneda Nacional, (precios a marzo de 1997).



Gráfica VI.7.3.2.- Precios unitarios de tendido de tubería submarina: Porción "B"  
Dólares EUA, (precios a marzo de 1997).



## **VI.8.- Estimado de costo de ingeniería y administración.**

### **VI.8.1.- Ingeniería.**

Generalmente al inicio de un proyecto es común evaluar el costo de la ingeniería como un porcentaje del costo total de inversión, comúnmente este porcentaje es del 5% cuando más.

Al definirse al proyecto es necesario determinar detalladamente la cantidad de ingeniería necesaria para el desarrollo del proyecto, esto se hace definiendo la cantidad de horas hombre "HH" que se emplearán por cada especialidad de ingeniería para completar las actividades (cálculos, documentos y planos) de ingeniería para el desarrollo del proyecto.

Con este dato y con el costo facturado de la HH se obtiene el costo total pronóstico de la ingeniería. Este costo facturado debe incluir costos directos (mano de obra) e indirectos tales como administración, papelería, oficinas, etc., y utilidad.

El costo de la ingeniería respecto al costo total de inversión de una planta es muy bajo y, si el control del proyecto es adecuado, siempre permanece inferior al 5% del costo total de la inversión física, pero si el proyecto en sí es un estudio o servicio, el costo principal será el de la ingeniería.

La ingeniería normalmente comprende "Ingeniería Básica"; que internacionalmente se define como ingeniería de proceso; tipo de proceso, condiciones de presión, flujo, temperatura, requerimiento de servicios auxiliares, localización de equipos, diagramas de tubería, instrumentación, filosofía del control del proceso, etc., es decir, información base para el diseño de la planta. En función de esta ingeniería, estudios de campo y de la información de los fabricantes de equipo y proveedores de materiales se genera la "Ingeniería de detalle"; esto corresponde a la generación de los documentos de diseño y construcción detallada del total del proyecto y comprende a todas las especialidades, dependiendo esto último del tipo de proyecto.

A continuación se muestran las especialidades y su porcentaje de participación en un proyecto del tipo "Procesamiento de crudo, gas y condensados", estos porcentajes deben ajustarse de acuerdo a los requerimientos específicos de cada proyecto:

Tabla VI.8.1.1.- Porcentajes de participación de las diferentes áreas de ingeniería en proyectos de producción de crudo y gas.

<b>Ingeniería</b>	<b>% de participación</b>
<b>Básica</b>	<b>20 a 35</b>
Proceso	4 a 10
Instrumentación	8 a 10
Transferencia de calor	4 a 6
Seguridad industrial	2 a 4
Eléctrica	1 a 3
Mecánica	1 a 5
<b>De Detalle</b>	<b>60 a 80</b>
Eléctrico	4 a 10
Mecánico	4 a 10
Instrumentación	4 a 10
Tuberías y soportería	8 a 25
Transferencia de calor	4 a 5
Seguridad industrial	5 a 8
Civil Concreto	5 a 15
Civil Acero	5 a 25
Arquitectura	4 a 10
Telecomunicaciones	2 a 7
<b>Administrativas</b>	<b>5 a 12</b>
Evaluación de proyectos	1 a 2
Estimación de costos	2 a 4
Procura y expeditación	1 a 2
Ingeniería de proyectos	3 a 8

**Tabla VI.8.1.2.- Costos promedio de HH de ingeniería.**

<b>Tipo de servicio</b>	<b>Costo de HH</b>
Asesoría especializada	120 USD
Servicios de inspección.	90 USD
Ingeniería internacional.	75 USD
Ingeniería especializada nacional.	350 MN
Ingeniería de detalle.	165 MN
Servicios técnicos.	95 MN

Precios promedio a marzo 1997 en base a diferentes cotizaciones de compañías nacionales e internacionales de ingeniería, inspección y certificación.

No incluyen IVA ni gastos reembolsables.

Consideran jornadas de trabajo normal, turnos de 8 horas.

A los costos anteriores deben sumarse los gastos recuperables por traslados de personal como los son viáticos (alojamiento y comida) y transportación (boletos de avión, taxis, etc.) en caso de que se requiera la movilización de técnicos o personal hasta el área donde sea solicitado el servicio. En casos donde el 100% del personal esté viajando durante todo el periodo del proyecto es común estimar este concepto en hasta un 35% más del costo estimado total de las HH requeridas.

#### VI.8.2.- Administración.

Los gastos administrativos son todos aquellos gastos en que incurre Pemex para la dirección, coordinación y control del proyecto, se estiman como un porcentaje de la inversión, dado que no se cuenta con plantilla de personal ni estructura definida para cada tipo de proyecto, y normalmente no se dispone de información histórica, es práctica común estimar su costo como un porcentaje de 4 a 5% del costo total de la inversión física.

<b>VII.-</b>	<b>Caso práctico.</b>
<b>VII.1.-</b>	<b>Antecedentes.</b>
VII.1.1.-	Complejo Actual de Inyección de Agua.
VII.1.2.-	Alternativas de inyección de agua.
<b>VII.2.-</b>	<b>Ingeniería preliminar.</b>
VII.2.1.-	Esquema de Flujo de Proceso.
VII.2.2.-	Lista de Equipo.
VII.2.3.-	Area requerida.
<b>VII.3.-</b>	<b>Programación del proyecto.</b>
<b>VII.4.-</b>	<b>Alcance y bases del estimado.</b>
<b>VII.5.-</b>	<b>Estimado de costo de inversión.</b>
VII.5.1.-	Ingeniería y administración.
VII.5.2.-	Adquisiciones.
VII.5.3.-	Fabricación.
VII.5.4.-	Transporte e instalación costa fuera.
VII.5.5.-	Ducto submarino.
VII.5.6.-	Interconexión, pruebas y arranque.
VII.5.7.-	Costos de operación.
VII.5.8.-	Resumen del estimado de inversión
VII.5.9.-	Cuadro comparativo.
<b>VII.6.-</b>	<b>Conclusiones del estimado.</b>

## VII.1.- Antecedentes.

### VII.1.1.- Complejo Actual de Inyección de Agua.

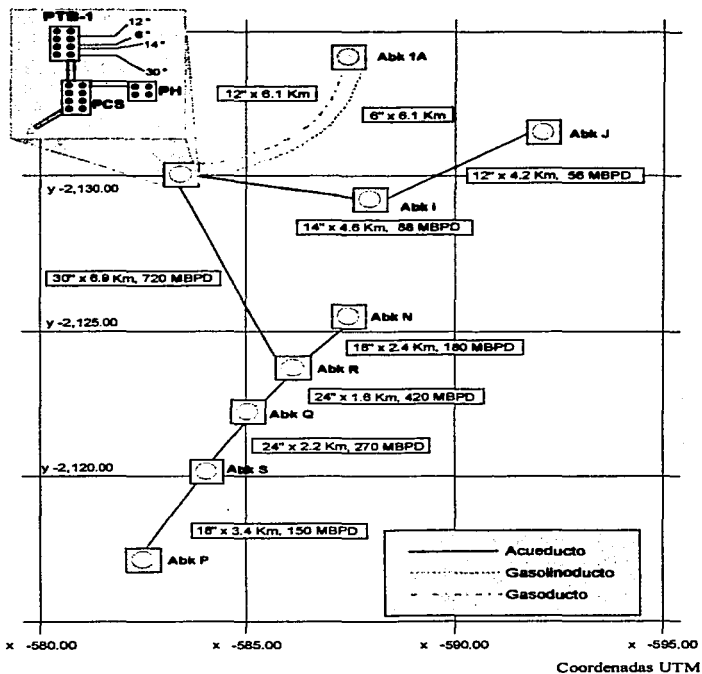
La producción actual de la "Sonda de Campeche" alcanza niveles de hasta 2,123 MBPD de crudo y 1,300 MMPCSD de gas, esta producción se apoya en la infraestructura actual de Pemex; esta comprende oleoductos, gasoductos, plataformas de producción, compresión, enlace, rebombeo, habitacionales, etc., para continuar con el mismo nivel de producción de crudo y gas, y específicamente en los yacimientos Abkatún, Pol y Chuc se inyecta agua de mar tratada y a alta presión directamente al acuífero que se encuentra por debajo de los yacimientos para mantener los niveles de presión en dichos campos petroleros.

Para tratar el agua de mar y aumentar su presión se diseñó y construyó un complejo de plataformas que consta de lo siguiente:

Tabla VII.1.1.1.- Infraestructura del Complejo Actual de Inyección de Agua.

Cant.	Tipo	Nombre
1	Plataforma de Control y Servicios	PCS
1	Plataforma de Tratamiento y Bombeo	PTB-1
1	Plataforma Habitacional	PH
7	Plataformas de inyección	Abk-I, J, N; P, Q, R y S
30"φ x 6.9 Km	Acueducto	PTB-1 - Abk-R
24"φ x 1.6 Km	Acueducto	Abk-R - Abk-Q
24"φ x 2.2 Km	Acueducto	Abk-Q - Abk-S
18"φ x 2.4 Km	Acueducto	Abk-R - Abk-N
18"φ x 3.4 Km	Acueducto	Abk-S - Abk-P
14"φ x 4.6 Km	Acueducto	PTB-1 - Abk-I
12"φ x 4.2 Km	Acueducto	Abk-I - Abk-J
6"φ x 6.1 Km	Gasolinoducto	PTB-1 - Abk-1A
12"φ x 6.1 Km	Gasoducto	Abk-1A - PTB-1

Figura VII.1.1.1.- Localización del Complejo Actual de Inyección de Agua.





La capacidad de diseño del complejo fué de 1.5 MMBPD de agua de mar tratada, por razones presupuestales se construyó para 1.0 MMBPD y se encuentra en operación actualmente.

Para la inyección del agua de mar tratada se implementaron dos flancos de inyección; un flanco consiste de cinco plataformas de inyección, se conduce al agua de mar tratada desde el complejo a través de un acueducto de 30"  $\phi$  hasta la plataforma Abk-R, de aquí se distribuye mediante acueductos de 24"  $\phi$  y 18"  $\phi$  a las plataformas Abk-N, Q, S y R. El segundo flanco está compuesto de dos plataformas, el acueducto a la primera plataforma (Abk-I) es de 14"  $\phi$  y de esta a la siguiente (Abk-J) es de 12" de diámetro.

Para la generación de servicios auxiliares se recibe gas natural proveniente de la plataforma Abk-1A mediante un gasoducto de 12"  $\phi$  x 6.1 Km de longitud y los condensados producidos durante el transporte de gas son retornados a la misma plataforma Abk-1A a través de un gasolinoducto de 6"  $\phi$  x 6.1 Km de longitud

#### VII.1.2.- Alternativas de inyección de agua.

Dada la necesidad de implementar frentes de inyección de agua en otros yacimientos se analizó la alternativa de diseñar, construir e instalar plataformas autónomas de inyección de agua de menor capacidad individual en lugar de considerar un complejo central y acueductos de distribución.

Para decidir la factibilidad de dicho proyecto se desarrolló el estimado de costos de inversión, para esto fué necesario generar ingeniería preliminar para definir capacidades, requerimientos de servicios auxiliares, áreas, consumos, etc. y proceder a su evaluación económica.

## **VII.2.- Ingeniería preliminar.**

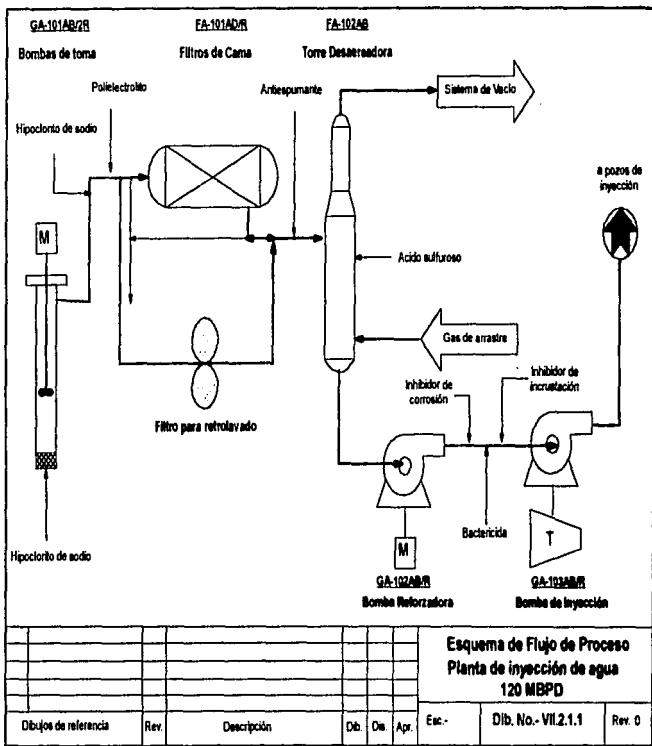
### **VII.2.1- Esquema de Flujo de Proceso.**

Como base de diseño se consideró un plataforma de tratamiento de agua con capacidad de diseño de 120 MBPD de agua de mar tratada para inyección a 3000 psig, con generación de químicos, energía eléctrica y tratamiento de gas para consumo en la misma plataforma.

El esquema de proceso propuesto se definió en base a la experiencia obtenida en el diseño del complejo de inyección de agua, este esquema considera la captación de agua de mar mediante dos bombas de toma verticales y la inyección de hipoclorito de sodio (biocida) y polielectrolito (coagulante) antes de filtrarse para eliminarle sólidos a través de cinco filtros, cuatro en operación y uno de relevo, empleando una cama de arena de antracita y granate como medio filtrante, el tren de filtración cuenta adicionalmente con un filtro para retrolavado, incluyendo sopladores y filtros tipo canasta para efectuar el retrolavado. Para eliminar el oxígeno disuelto en el agua de mar se emplean dos torres desaeradoras y se inyecta ácido sulfuroso para el control del pH del agua de mar tratada, a continuación se alimenta a la succión de las bombas reforzadoras, se le añade inhibidor de corrosión, bactericida e inhibidor de incrustación y se alimenta a la succión de las turbobombas de inyección para incrementar la presión del agua para su inyección a yacimiento.

En base al esquema de flujo propuesto se generó la lista de equipo y se efectuó el estimado de consumo de energía y químicos, por lo cual se incluyen las plantas para el tratamiento de gas combustible y generación de ácido sulfuroso

No se generó un esquema de localización de equipos, solo se estimó el área total requerida por la planta y los servicios auxiliares requeridos. Asimismo se estimó el personal que estaría operando la plataforma de tratamiento de agua y se escalaron los servicios de apoyo (planta potabilizadora, paquete de tratamiento de aguas negras, telecomunicaciones, etc.) y los servicios de seguridad y contra incendio (detectores, alarmas, sistema de control, cápsulas de salvamento, etc.).



## VII.2.2- Lista de Equipo.

En base a lo anterior el grupo de ingeniería básica definió la lista de equipo que se presenta a continuación:

pag 1 de 2

Equipo	Características	Unidades		
		op.	relevo	total
Bombas de toma	Bomba; 60 MBPD, motor a gas; 350 HP	2	2 <sup>1</sup>	4
Filtros de cama	8.3' $\phi$ x 18' TT, 30 MBPD, A.C.	4	1 <sup>1</sup>	5
Sopladores p/retrolavado	14.2 HP	1	1	2
Desaeradores	8.5' $\phi$ x 50' TT, A.C:	2	—	2
Bombas reforzadoras	Bomba; 60 MBPD, motor a gas; 325 HP	2	1	3
Turbobombas de inyección	Turbina a gas y bomba; 4,594 HP	2	1	3
<b>Bombas de químicos</b>				
Poliectrolito	Dosific. op/motor eléctrico 0.25 HP	1	1	2
Antiespumante	Dosific. op/motor eléctrico 0.25 HP	1	1	2
Inhibidor de corrosión	Dosific. op/motor eléctrico 0.25 HP	1	1	2
Inhibidor de incrustación	Dosific. op/motor eléctrico 0.25 HP	1	1	2
Biocida	Dosific. op/motor eléctrico 0.25 HP	1	1	2
Dietanol amina	Dosific. op/motor eléctrico 0.25 HP	1	1	2
Combustible diesel	Dosific. op/motor eléctrico 0.25 HP	1	1	2
De vacío (tq. sello liq.)	operada con motor diesel 15 HP	2	2	4
<b>Eyectores</b>				
1ª etapa,	Psucc./desc; 42/100 mmHg, 90 M <sup>3</sup> /hr	1	—	1
2ª etapa,	Psucc./desc; 15/100 mmHg, 90 M <sup>3</sup> /hr	1	—	1
Paquete de hipocloración	220 lb/día,	1	—	1
Motogenerador	110 HP, 480V /60Hz /3fases	1	1	2
Planta endulzamiento de gas	3 MMPCSD, proceso con DEA	1	1	2
Planta ácido sulfuroso	para el pH de 120 MBPD agua de mar	1	1	2

notas: 1.- Un equipo estará en operación de retrolavado continuamente.

Equipo	Características	Unidades		
		op.	relevé	total
<b>Tanques de químicos</b>				
Poliectrolito	2.5' $\phi$ x 3' TT, PVC.	1	-	1
Antiespumante	2.5' $\phi$ x 3' TT, PVC.	1	-	1
Inhibidor de corrosión	3' $\phi$ x 3' TT, PVC.	1	-	1
Inhibidor de incrustación	2.5' $\phi$ x 3' TT, PVC.	1	-	1
Biocida	2' $\phi$ x 2.5' TT, PVC.	1	-	1
Acido sulfuroso	4.5' $\phi$ x 5' TT, PVC.	1	-	1
Diesel sucio	4' $\phi$ x 5'6" TT, A.C.	1	-	1
Diesel limpio	16' $\phi$ x 16" TT, A.C.	1	-	1
Dietanol amina	5' $\phi$ x 6' TT, A.C.	1	-	1
Filtro de retrolavado dual	tipo canasta, 125 micrones, 1,460 GPM	1	-	1
Bombas contraincendio	Bomba y motor a diesel; 500 GPM	2	-	2
Paquete de centrifugación	de diesel, 30 GPM	1	-	1
Lanzador de diablos	4" $\phi$ x 6 5/8"	1	-	1
Receptor de diablos	6 5/8" x 4" $\phi$	1	-	1
<b>Separadores</b>				
Gas dulce	1'8" $\phi$ x 10' TT, A.I.	1	-	1
Gas amargo	1'8" $\phi$ x 10' TT, A.I.	1	-	1
Transformador	de potencia; 15 KVA	1	-	1
Cuarto de Control Eléctrico	CCM's, tab. de distrib., bancos de bat.,	1	-	1
Grúa de pedestal	10 ton. radio de 89 ft.	1	-	1
Calentador de gas	A fuego directo, 80,600 BTU/hr	1	1	2
<b>Analizadores</b>				
Analizadores en línea	pH, turbidez, Cl <sub>2</sub> , y O <sub>2</sub>	11	-	11
Analizadores y probetas	de corrosión	3	-	3
Tanque de agua potable	960 lt	1	-	1
Servicios auxiliares	Aire de planta y potabilizadora	1	-	1
Sistema de seguridad	Detecc., mandarinas, alumbr. y telecom's	1	-	1
Módulo habitacional	para 50 personas, 185 m2	1	-	1
Gasoducto submarino.	para gas amargo: 4.5" $\phi$ x 0.250" x 4.7 Km.	1	-	1

### VII.2.3.- Area requerida.

El área requerida para poder instalar el equipo anterior se estimó que ocuparía dos niveles de 90 x 90 pies (27.4 X 27.4 m.) aproximadamente, para contar con esta área se tienen dos opciones; la primera consiste en esperar a que se terminen de perforar los pozos inyectoros, desmantelar los paquetes de perforación y entonces iniciar con la instalación, interconexión y arranque de la planta.

La segunda opción es fabricar e instalar un tetrápodo adyacente a la plataforma de perforación con el equipo previamente instalado para que en cuanto se terminen de perforar los pozos inmediatamente se proceda a inyectar agua tratada a los yacimientos.

Como en la segunda opción no se tendrían tiempos muertos entre la terminación del pozo de inyección y el inicio de la inyección del agua tratada se optó por considerar la segunda opción dentro del análisis de alternativas.

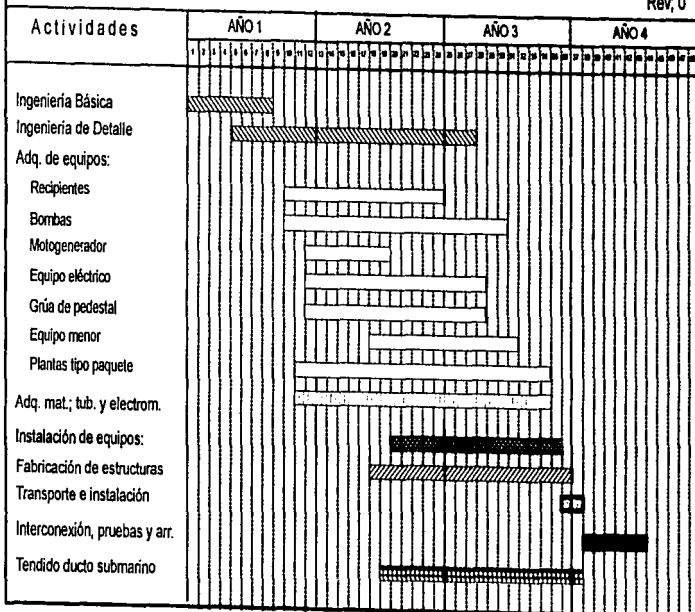
### **VII.3.- Programación del proyecto.**

La programación del proyecto requiere los tiempo de implementación de la plataforma considerando que el alcance del proyecto abarca desde la ingeniería básica y de detalle, la procuración del equipo y materiales, el reacondicionamiento de equipo disponible la fabricación de una estructura, la instalación de equipos, transporte e instalación de estructuras y cubiertas, interconexión, pruebas y arranque de la planta de tratamiento e inyección de agua de 120 MBPD.

Estos tiempos fueron estimados en base a proyectos similares y a información de proveedores de equipo. Considerando los tiempos requeridos para la instalación interconexión, pruebas y arranque se obtuvo el programa de ejecución mostrado en la página siguiente.

**Programa VII.3.1.- Programa ejecutivo; Diseño y Construcción de una  
Planta de tratamiento de 120 MBPD de agua para su inyección a yacimiento**

Rev, 0





#### VII.4.- Alcance y bases del estimado.

Se elaboró a precios constantes del mes de marzo de 1997 a un nivel de "Estimado de Estudio" bajo las siguientes bases y de acuerdo al desglose del alcance general para este estimado:

Tabla VII.4.1.- Alcance y bases del estimado.

pag 1 de 2

	Concepto;	Alcance y bases
1.-	Ingeniería;	Se estimó como un 10% del costo total de la inversión física.
2.-	Adquisición e instalación de equipos y materiales;	<p>Equipo.- Suministro LAB patio del contratista, se estimó en base a la lista de equipo preliminar y las cotizaciones existentes para equipos similares del Complejo Abkatún de inyección de agua, extrapolando los costos en base a capacidades y/o dimensiones.</p> <p>Material.- Suministro, habilitado y montaje de materiales estructurales y electromecánicos e instalación de equipos por el contratista para la fabricación de estructuras. Estimado en base a las cotizaciones de contratista de los catálogos de conceptos y cantidades de obra para los módulos de las plataformas PCS y PTB-1, extrapolando los costos en base a las capacidades.</p>
3.-	Fabricación; Estructuras.	Se tomaron como base las cantidades de obra para el tetrapódo de la plataforma habitacional del Complejo Abkatún y los precios promedio para fabricación de estructuras.
4.-	Transporte;	Se estimó en base a rentas diarias de transportistas estimando los tiempos requeridos para el transporte.

--	--	--

Tabla VII.4.1.-

Alcance y bases del estimado.

pag 2 de 2

5.-	Instalación Costa fuera:	Se estimó en base a rentas diarias para barcos grúa y de apoyo, estimando los tiempos requeridos para la instalación.
6.-	Ducto Submarino; Suministro, Lastrado. Tendido.	Materiales.- Suministro LAB Patio de contratista, se estimaron con base a listas de precios. Lastrado.- Cotizaciones de contratistas, extrapolando cantidades y costo por diámetro y espesor. Tendido.- Cotizaciones de contratistas y gráficas de precios unitarios.
7.-	Interconexión, Pruebas y arranque.-	Personal, equipo, herramienta y transporte para la interconexión, pruebas y arranque de la plataforma. Se tomó como base el estimado de costo para la interconexión de los cabezales de inyección de las plataformas de inyección del complejo Abkatún.
8.-	Administración.	Personal administrativo del proyecto; se estimó como un 4% del costo total de la inversión física.
9.-	Imprevistos.	Se consideró un 10% del costo total de la inversión física.

## **VII.5.- Estimado de costo de inversión.**

### **VII.5.1.- Ingeniería y Administración**

A nivel de estudio la ingeniería se estima como un 10% del monto total de la inversión física, por lo que primero se requiere estimar el costo de cada uno de los conceptos mencionados y después aplicar el porcentaje correspondiente de ingeniería sobre el costo total de la inversión física, pero el monto total resultante se considerará solo como parte nacional.

Para estimar los gastos de administración del proyecto ocurre exactamente lo mismo que para el estimado de costo de ingeniería con la diferencia de que el porcentaje a aplicar es del 4% sobre el monto total de la inversión física.

### **VII.5.2. - Adquisiciones.**

#### **VII.5.2.1- Adquisición de equipos.**

Para la adquisición de equipos en su mayoría se consideraron las cotizaciones de los equipos similares del proyecto "Abaktùn de Inyección de Agua" ya que se trata de una alternativa del mismo proyecto a menor escala.

Los costos, en su mayoría, fueron estimados de acuerdo al método exponencial, en la tabla VII.5.2.1.1, se indica el exponente y las unidades empleadas, así mismo se muestra el factor de actualización de precios de marzo de 1990 a marzo de 1997, la fórmula general para la estimación y actualización de precios fue la siguiente:

$$\text{Precio req. mar 97} = \text{Precio base mar 90} \left[ \left( \frac{\text{Indice mar 97}}{\text{Indice mar 90}} \right) \left( \frac{\text{Cap. req.}}{\text{Cap. base}} \right) \right]^n$$

Tabla VII.5.2.1.1.- Estimado de costo de los equipos

Hoja 1 de 3

Equipo	Capacidad requerida	Capacidad base	P. Unit. base a mzo 90	exp. "ti"	Escal. mzo 97	P. Unit. req. a mzo 97	Cant.	Total a mzo 97
Bombas de toma; bomba Motor	274 HP	875 HP	329,919.99 MN	0.98	3.79	454,235.59 MN	4	1'816,942.36 MN
	350 HP	470 HP	289,380.00 MN	1.00	3.79	816,726.87 MN	4	3'226,915.48 MN
Filtros de cama	577.6 ft2	518.4 ft2	965,075.20 MN	0.52	3.79	3'869,195.79 MN	5	19'345,978.95 MN
			241,347.60 LE	0.52	1.13	288,497.31 US	5	1'442,486.55 LE
Sopladores p/retrolavado			Inc. en desae.			Incluido	2	Incluido
Desaeradores	1,448.7 ft2	2,746.2 ft2	1'515,480.34 MN	0.71	3.79	3'647,408.35 MN	2	7'294,816.70 MN
			616,005.12 LE	0.71	1.13	442,036.00 LE	2	884,072.00 LE
Bombas de ref.: bombas motor	325 HP	1,134 HP	338,750.00 MN	0.98	3.79	377,262.31 MN	3	1'131,786.93 MN
	325 HP	470 HP	289,380.00 MN	1.00	3.79	758,391.10 MN	3	2'275,173.30 MN
Turbobombas de inyección	4,594 HP	25,000 HP	11'097,579.41 US	0.78	1.13	3'345,202.95 US	3	10'035,608.85 US
Bombas de químicos								
Polelectrolito	0.25 HP	1.0 HP	136,720.22 LE	0.78	1.13	52,396.76 LE	2	104,793.52 LE
Antiespumante	0.25 HP	1.0 HP	136,720.22 LE	0.78	1.13	52,396.76 LE	2	104,793.52 LE
Inhibidor de corrosión	0.25 HP	1.0 HP	136,720.22 LE	0.78	1.13	52,396.76 LE	2	104,793.52 LE
Inhibidor de incrustación	0.25 HP	1.0 HP	136,720.22 LE	0.78	1.13	52,396.76 LE	2	104,793.52 LE
Biocida	0.25 HP	1.0 HP	136,720.22 LE	0.78	1.13	52,396.76 LE	2	104,793.52 LE
Diectanol amina	0.25 HP	1.0 HP	136,720.22 LE	0.78	1.13	52,396.76 LE	2	104,793.52 LE
Combustible diesel	0.25 HP	1.33 HP	11,409.26 MN	0.58	3.79	16,400.90 MN	2	32,801.80 MN
De vacío (tg. sello liq.)			Inc. en desae.			Incluido	2	Incluido
Eyectores 1° y 2° etapa			Inc. en desae.			Incluidos	2	Incluidos
Paquete de hipocloración	220 lb/día	5,000 lb/día	2'189,888.11 MN	0.60	3.79	1'273,892.38 MN	1	1'273,892.38 MN
			976,613.46 US	0.60	1.13	169,384.14 US	1	169,384.14 US

Tabla VII.5.2.1.1.- Estimado de costo de los equipos

Hoja 2 de 3

Equipo	Capacidad requerida	Capacidad base	P. Unit. base a mzo 90	exp. "n"	Escal. mzo 97	P. Unit. req. a mzo 97	Cant.	Total a mzo 97
Motogenerador	110 HP	1,000 HP	825,976.55 MN	1.00	3.79	344,349.62 MN	2	688,699.24 MN
Planta endulzamiento de gas	3 MMPCD	20 MMPCD	17,615,000.0 MN	0.68	3.79	18,376,547.17 MN	2	36,753,094.34 MN
Planta ácido sulfuroso	p/120 MBD	p/1.5 MMBD	6,774,720.84 MN	0.68	3.79	4,609,266.35 MN	2	9,218,532.70 MN
			389,693.00 US	0.68	1.13	79,050.07 US	2	158,100.14 US
Tanques de químicos								
Poliectrolito	33.38 ft	MN/ft	46.97 MN	---	3.79	5,941.93 MN	1	5,941.93 MN
Antiespumante	33.38 ft	MN/ft	46.97 MN	---	3.79	5,941.93 MN	1	5,941.93 MN
Inhibidor de corrosión	42.41 ft	MN/ft	46.97 MN	---	3.79	7,549.35 MN	1	7,549.35 MN
Inhibidor de incrustación	33.38 ft	MN/ft	46.97 MN	---	3.79	5,941.93 MN	1	5,941.93 MN
Biocida	22.00 ft	MN/ft	46.97 MN	---	3.79	3,916.19 MN	1	3,916.19 MN
Acido sulfuroso	102.50 ft	MN/ft	46.97 MN	---	3.79	18,245.89 MN	1	18,245.89 MN
Diesel sucio	94.25 ft	1017.9 ft	78,319.0 MN	0.72	3.79	53,510.77 MN	1	53,510.77 MN
Diesel limpio	1,206.37 ft	1017.9 ft	78,319.0 MN	0.72	3.79	335,447.56 MN	1	335,447.56 MN
Dietanol amina	133.50 ft	1017.9 ft	78,319.0 MN	0.72	3.79	68,755.14 MN	1	68,755.14 MN
Filtro de retrolavado dual	1,460 GPM	875 GPM	725,050.0 MN	0.60	3.79	3,736,061.77 MN	1	3,736,061.77 MN
			199,462.00 LE	0.60	1.13	306,440.03 LE	1	306,440.03 LE
Bombas contraincendio	500 GPM	3,000 GPM	819,446.25 MN	0.98	3.79	536,502.14 MN	2	1,073,004.28 MN
Paquete de centrifugación	30 GPM	30 GPM	1,344,367.50 MN	1.00	3.79	5,095,152.83 MN	1	5,095,152.83 MN
Lanzador de diablos	4.5" x 6.5/8"	Gráfico	48,500.00 US	---	1.00	48,500.00 US	1	48,500.00 US
Receptor de diablos	4.5" x 6.5/8"	Gráfico	46,813.00 US	---	1.00	46,813.00 US	1	46,813.00 US

Tabla VII.5.2.1.1.- Estimado de costo de los equipos

Hoja 3 de 3

Equipo	Capacidad requerida	Capacidad base	P. Unid. base a mzo 90	exp. "n"	Escal. mzo 97	P. Unid. req. a mzo 97	Cant.	Total a mzo 97
Separadores								
Gas dulce	56.83 ft2	56.65 ft2	12,720.56 MN	0.52	3.79	48,290.51 MN	1	48,290.51 MN
Gas amargo	56.83 ft2	56.65 ft2	12,720.56 MN	0.52	3.79	48,290.51 MN	1	48,290.51 MN
Transformador	15 KVA	1.7 KVA	62,179.60 MN	0.78	3.79	5,941.51 MN	1	5,941.51 MN
Cuarto de Control Eléctrico	p/120 MBD	p/1.5 MMBD	889,866.66 MN	0.70	3.79	575,608.42 MN	1	575,608.42 MN
Grúa de pedestal	10 Ton	10 Ton	710,500.00 MN	1.00	3.79	2'692,795.00 MN	1	2'692,795.00 MN
Calentador de gas	80.6 MBTU/hr	3 MMBTU/hr	108,245.36 MN	0.44	3.79	83,541.56 MN	2	167,083.12 MN
Analizadores								
Analizadores en línea	11 PZA	US/PZA	31,963.15 US	---	1.13	36,118.36 US	11	397,301.96 US
Analizadores y probetas	3 PZA	US/PZA	32,652.94 US	---	1.13	36,897.83 US	3	110,693.49 US
Tanque de agua potable	960 lt	160 Mlt	97,045.10 MN	0.72	3.79	9,244.46 MN	1	9,244.46 MN
Paq. de serv. auxiliares	p/120 MBD	p/1.5 MMBD	931,023.91 MN	0.60	3.79	775,271.89 MN	1	775,271.89 MN
			537,760.05 US	0.60	1.13	133,512.21 US	1	133,512.21 US
Sistema de seguridad	p/120 MBD	p/1.5 MMBD	5'571,431.04 MN	0.60	3.79	4'639,380.17 MN	1	4'639,380.17 MN
			2'095,214.37 US	0.60	1.13	520,188.68 US	1	520,188.68 US
Módulo habitacional	50 p.; 185 m2	MN/persona	647,500.00 MN	1	1	32'375,001.00 MN	1	32'375,001.00 MN
			1,008.20 US	1	1	50,411.00 US	1	50,411.00 US
<b>Totales</b>							<b>MN</b>	<b>134'845,010.34</b>
							<b>US</b>	<b>11'670,513.47</b>
							<b>LE</b>	<b>3'261,759.70</b>

### II.5.2.2.- Adquisición de Materiales.

El estimado de costo de los materiales estructurales y electromecánicos se estimaron en función de los materiales que se adquirieron para el complejo central de 1.5 MMBD multiplicando el costo de su adquisición por un factor de escalamiento en función de la capacidad de ambas plantas;

Tabla VII.5.2.2.1.- Estimado de costo de Adquisición de Materiales.

Tipo de material	Monto base 1.5 MMBD miles @ mzo 1990	Factor cap.	Factor actual.	Monto req. @ mzo 1997
Tubería de proceso.	11'240,744.1 MN	0.17	3.79	7'242,411.42 MN
Soporteria p/tubería.	991,730.4 MN	0.17	3.79	638,971.90 MN
Eléctrico.	2'980,888.4 MN	0.17	3.79	1'920,586.40 MN
Electromecánico.	3'084,604.1 MN	0.17	3.79	1'987,410.42 MN
Total Materiales				11'789,380.14 MN

El factor de escalación por capacidad se calculó en base a la forma exponencial de:

$$\text{Factor} = \left[ \frac{120,000}{1'500,000} \right]^{0.7} = 0.17$$

### VII.5.3.- Fabricación.

Como se mencionó previamente para la localización de los equipos es necesario fabricar transportar e instalar un tetrápodo con dos cubiertas (niveles) de 90 x 90 pies adyacente a la plataforma de perforación.

Para estimar la fabricación de dicho tetrápodo se consideraron las cantidades de obra para la fabricación de las estructuras de la plataforma habitacional del complejo central ya que las dimensiones son similares; el tetrápodo requiere de 27.43 x 27.43 metros en dos niveles esto es; 1,500 m<sup>2</sup> y la plataforma habitacional tiene un área disponible de 1,440 m<sup>2</sup> en un solo nivel, a estas cantidades se aplicaron los precios unitarios mencionados en la tabla en la tabla VI.2.1.

Tabla VII.5.3.1.- Estimado de costo de Fabricación de estructuras.

Concepto		Cant. Ton	P.U./Ton.		Total (marzo 1997)	
			MN	USD	MN	USD
Subestructura	Material	534.00	13,697.50	1,208.20	7'314,465.00	645,178.80
	Habilitado	534.00	5,729.90		3'059,766.60	0.00
	Montaje	534.00	4,308.60		2'300,792.40	0.00
Pilotes	Material	945	15,580.80	1,908.20	14 723,856.00	952,749.00
Superestructura	Material	435	18,185.40		7'910,649.00	0.00
	Habilitado	435	5,925.70		2'577,679.50	0.00
	Montaje	435	6,962.00		3'028,470.00	0.00
Puente	Material	147	18,185.40		2 673,253.80	0.00
	Habilitado	147	5,925.70		871,077.90	0.00
	Montaje	147	6,962.00		1 023,414.00	0.00
			<b>Totales</b>		<b>45'483,424.20</b>	<b>1'597,927.80</b>



#### VII.5.4.- Transporte e Instalación Costa fuera.

De la misma forma en que se consideraron las cantidades de obra para fabricación se elaboró el programa de transporte e instalación de estructuras, ver programa VII.5.4.1, en base al programa correspondiente del tetrápodo de la plataforma habitacional. Con estos tiempos y las tarifas diarias de cada embarcación indicadas en la tabla V.3.1.1 del capítulo anterior se efectuó el estimado de costo como se muestra a continuación:

Tabla VII.5.4.1.- Tiempo estimado de transporte e instalación.

Tipo de Estructura	Chalán plano 300'x 90'x 20'	Barco Grúa 1,600 Ton
Superest. y puente	21 días	4 días
Subestructura.	19 días	2 días
Pilotes.	25 días	8 días
Subtotal	65 días	14 días
Imprevistos (10%)	7 días	2 días
Días totales	72 días	16 días

Aplicando las tarifas para cada tipo de embarcación a los tiempos anteriores resulta:

Tabla VII.5.4.2.- Costo estimado de transporte e instalación.

Renta diaria @ marzo 1997	Chalán plano 300'x 90'x 20'	Barco Grúa 1,600 Ton
Días totales;	72 días	16 días
Renta diaria;	9,046.00 US	76,500.00 US
<b>Total en US</b>	<b>651,312.00</b>	<b>1'224,000.00</b>

**Programa VII.5.4.1.- Programa ejecutivo; Transporte e instalación Costafuera de una  
Planta de tratamiento de 120 MBPD de agua para su inyección a yacimiento**

Actividades	SEMANA 1				SEMANA 2				SEMANA 3				SEMANA 4				SEMANA 5																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
Embarcación																																			
Chalán plano y remolcador: 300' x 90' x 20'					12 días								4 días				3 días																		
Subestructura	[Hatched]				[Solid]				[Solid]				[Solid]																						
Pilotes	[Hatched]				12 días								10 días				3 días																		
Superest. y puente													12 días				6 días				3 días														
Barco Grúa, 1,600 ton.																	14 días				2 días														
Transporte	[Hatched]																																		
Instalación CF	[Solid]																																		
Reposicionamiento	[Solid]																																		

**VII.5.5.- Ducto submarino.**

**VII.5.5.1.- Suministro de materiales.**

Para el estimado del suministro de los materiales (tubería de línea) se empleó la lista de precios de tubería del ejemplo resultando lo siguiente;

$$\frac{\$}{\text{m}} \text{ Tub.4" x 0.250" } = \frac{\$}{\text{m}} \text{ Tub.6" x 0.250" } \left[ \left( \frac{4.500''}{6.625''} \right) \left( \frac{0.250''}{0.250''} \right) \right]$$

$$\frac{\$}{\text{m}} \text{ Tub.4" x 0.250" } = 220.39 \frac{\$}{\text{m}} \left[ \left( \frac{4.500''}{6.625''} \right) \right]$$

$$\frac{\$}{\text{m}} \text{ Tub.4" x 0.250" } = 149.70 \frac{\$}{\text{m}}$$

Con este valor procedemos a estimar el costo de la tubería LAB el patio del contratista que efectuará el lastrado, suponemos que este se efectuará en Tuxpan, Ver..

Tabla VII.5.5.1.1.- Estimado de costo de suministro de tubería.

Tubería: API SLX 52	Cantidad	Precio Unitario \$/m.	Incremento de precio por conducción de gas amargo (10%)	Cargo por Flete (5%)	Total \$ mzo 97
4.5" x 0.250"	4.7 Km	149.70	1.10	1.05	<b>812,646.45</b>

**VII.5.5.2.- Lastrado y Tendido.**

**Lastrado:**

Para el estimado de costo del lastrado del ducto submarino se estimaron los conceptos que involucra el volumen de obra, este estimado se puede observar en las páginas siguientes como un ejemplo de volumen de obra, el monto a considerar para el lastrado de la tubería es de:

**Tabla VII.5.5.2.1.- Resumen del estimado de costo de lastrado de tubería.**

<b>Total Lastrado de tubería submarina; 4.5" x 0.250", 4.7 Km</b>	<b>Total en MN marzo de 1997  733,911.85</b>
---	--

**Tendido:**

El costo del tendido se estimó a partir del precio unitario global obtenido a partir de las gráficas VI.7.3.1 y VI.7.3.2, para el 1<sup>er</sup> kilómetro y kilómetros subsecuentes de tubería tendida como se muestra a continuación:

**Tabla VII.5.5.2.2.- Estimado de costo de tendido de tubería submarina.**

Tendido de tubería submarina; 4.5" x 0.250"					
Concepto	Cant. Km	Precio unitario		Total (marzo 97)	
		MN / Km	USD / Km	MN	USD
1 <sup>er</sup> Km.	1.0	9'300,550 0	1'156,500.0	9'300,550.0	1'156,500.0
Km Subsec.	3.7	1'730,600.0	206,500.0	6'403,220.0	771,450.0
				15'703,770.0	1'927,950.0

Tabla VII.5.5.2.3.- Volumen de obra para el lastrado de tubería; 4.5" diámetro x 0.250" de espesor

pag. 1 de 3

Part.	Concepto	Cant.	Unid.	Precio Unitario	Importe con Letra	Importe con números
1.0-	Carga o descarga de tubería desnuda propiedad de Pemex de tractocamión a estiba o viceversa, incluye distancia en patio, personal, maquinaria, equipo y materiales de consumo.  Tubería de 4.5" diámetro x 0.250" espesor.	39.74	Ton	24.69	manejando actual y un peso 1479 MEX.	981.14 MN
2.0-	Carga o descarga de tubería desnuda propiedad de Pemex, desde cualquier distancia en patio, de chalán a tractocamión, acarreo y descarga en almacén o viceversa, incluye movimiento de personal, equipo, maquinaria para amarre o desamarre y materiales de consumo, así como la liquidación por parte del contratista al gremio de alijadores.  Tubería de 4.5" diámetro x 0.250" espesor.	39.74	Ton	257.06	Play. incl. descargas, quince pesos 10000 MEX.	10,215.18 MN
3.0-	Suministro e instalación de ánodos de aluminio de brazaletes tipo Galvanum III, incluye: suministro del ánodo LAB patio, acarreo de materiales desde el almacén al área de instalación, personal equipo y materiales de consumo.					
	Suministro de ánodos de 1" de espesor x 12" de longitud y 12.99 Kg de peso para tubería de 4.5" diámetro.	25.00	Pza	563.02	Cables incl. cable conductores pesos 30000 MEX.	14,125.50 MN
	Instalación de ánodos para tubería de 4.5" de diámetro	25.00	Pza	660.07	Accesorios incl. guantes un peso 7500 MEX.	16,501.75 MN

Tabla VII.5.5.2.3.- Volumen de obra para el lastrado de tubería; 4.5" diámetro x 0.250" de espesor

pag. 2 de 3

Part.	Concepto	Cant.	Unid.	Precio Unitario	Importe con Letra	Importe con números
4.0.-	<p>Protección mecánica anticorrosiva para tubería submarina a base de limpieza de la tubería a metal blanco (se deberá hacer de granalla de acero), aplicación de primario, calentamiento de esmalte a la temperatura de aplicación dos capas de esmalte 285-AT, dos capas de VidrioFlex y una capa de VidrioMat incluye: suministro de materiales tales como; pintura primaria tipo unisec marca Protexa o similar, VidrioFlex y VidrioMat de 18" de ancho marca Protexa o similar, así como todos los materiales de consumo, mano de obra, equipo, maquinaria, movimientos de la tubería desnuda y esmaltada, desde la estiba de la tubería desnuda hasta la planta de recubrimiento y desde este lugar hasta el área de reposo de la tubería esmaltada.</p> <p>Tubería de 4.5" diámetro x 0.250" espesor</p>	4.70	Km	77,861.12	<i>Setecientos setenta y cinco mil novecientos cuarenta y siete pesos 24/10 M.N.</i>	365,947.24 MN
5.0.-	<p>Lastrado de tubería submarina con 1" de espesor de recubrimiento de concreto con agregado mineral, incluye: acarreo de matls. y su colocación en las tolvas de la lanzadora, elaboración y aplicación de concreto armado con malla de alambre galvanizado, mano de obra y materiales como: cemento normal agregado mineral, malla de alambre galvanizada, ganchos, resortes, curacreto silacreto, bandas, cepillos de la cabeza impulsora, equipo</p>	4.70	Km	59,679.43	<i>Seiscientos ochenta mil novecientos treinta y tres pesos 23/10 M.N.</i>	280,493.32 MN

Tabla VII.5.5.2.3.- Volumen de obra para el lastrado de tubería; 4.5" diámetro x 0.250" de espesor

pag. 3 de 3

Part.	Concepto	Cant.	Unid.	Precio Unitario	Importe con Letra	Importe con número
-------	----------	-------	-------	-----------------	-------------------	--------------------

y maquinaria necesaria, movimiento de la tubería esmaltada desde área de reposo hasta la lanzadora de concreto, de ahí al área de reposo de tubería lastrada y de esta al área de alinto. de tubería lastrada, muelle de altura, concesión de la zona federal, arrendamiento del área, mantenimiento de patios e infraestructura necesaria.

Tubería de 4.5" con 1" de espesor de recubrimiento de concreto de 140 lb/ft<sup>3</sup> de densidad

6.0.-	Carga y amarre de tubería lastrada a chalán, incluye: carga de tubería lastrada a plataforma en el área de estiba, acarreo al muelle, carga a chalán, amarre, maquinaria, equipo, materiales necesarios para el amarre de la tubería lastrada sobre chalán, materiales de consumo y personal.	4.70	Km	9,712.28	Cinco y cinco mil setecientos cincuenta y seis pesos 75116 28/100.	45,647.72 MN
-------	---	------	----	----------	--	--------------

Tubería lastrada de 4.5" x 0.250"

<b>Total</b>	<i>Setecientos treinta y tres mil novecientos noventa pesos 85119 85/100.</i>	<b>733,911.85</b>
--------------	---	-------------------

**II.5.5.3.- Resumen del estimado de costo del ducto submarino.**

El costo final estimado para el ducto submarino es el siguiente:

**Tabla VII.5.5.3.1.- Estimado de costo del ducto submarino.**

<b>Concepto</b>	<b>MN @ marzo 97</b>	<b>USD @ marzo 97</b>
<b>Materiales</b>	<b>812,646.45</b>	<b>--</b>
<b>Lastrado</b>	<b>733,911.85</b>	<b>--</b>
<b>Tendido</b>	<b>15'703,770.00</b>	<b>1'927,950.00</b>
<b>Total</b>	<b>17250,328.30</b>	<b>1'927,950.00</b>



#### II.5.6.- Interconexión, pruebas y arranque.

a base del estimado de costo de interconexión fue el "Presupuesto de Interconexión de los cabezales de Inyección de la Plataforma de Perforación Abk-J" presentado por la Superintendencia de Interconexión de Plataformas de Perforación y Enlace de Tampico a la Gerencia del Proyecto Abkatún, se consideró el mismo tiempo de interconexión debido a la similitud de actividades y cantidades de obra a ejecutar, el desglose se encuentra en la tabla 7.5.0.- "Presupuesto de interconexión de cabezales de inyección en plataforma", el resumen final es el siguiente:

Tabla VII.5.6.1.- Estimado de costo de interconexión, pruebas y arranque.

Concepto	Cant.	Precio unitario	TOTAL
Costo total de interconexión	29 días	17,603.49 MN	510,501.21 MN
		2,990.65 USD	86,728.65 USD

#### VII.5.7.- Costos de Operación.

El costo de operación es cualquier gasto en que se incurra para la operación satisfactoria de cualquier equipo o planta, esto es; costo de los insumos LAB la planta, costo de la mano de obra requerida para operarla y costos de mantenimiento.

En el caso que nos ocupa los insumos requeridos para la operación de la planta son los siguientes:

Energía eléctrica  
Combustible (diesel o gas natural)  
Agentes químicos

El costo de los químicos se obtuvo de listas de precios de agentes químicos, para el costo del gas natural, diesel y energía eléctrica se consideraron los precios internos autorizados por Pemex para consumos propios.

Las cantidad de combustibles y químicos a consumir fueron estimados en base a los equipos propuestos y se consideró un horizonte de estudio de una operación continua durante diez años.

Para el transporte de agentes químicos se consideró una barco abastecedor dividiendo el costo diario entre la capacidad de transporte total de la embarcación. Los resultados del análisis del costo de los insumos se observa en la siguiente tabla.

No se evaluó el costo de la mano de obra ni el costo del mantenimiento debido a que se consideraron inferiores a los del complejo central y en todo caso similares.

Tabla VII.5.7.1.- Estimado del costo de operación.

**Costos de operación**  
Combustibles y químicos

	precio unitario	Unid.	Cantidad	Unid.	TOTAL \$ mzo 97
Gas dulce	0.58	\$/m3	86,553.38	m3/d	36,310.79
Diesel	9.28	\$/GAL	35.13	GPD	328.18
Kilowatts	0.29	\$/KW	1,987.00	KW/dia	570.04

**Químicos LAB Cd. Del Carmen.**

Polelectrolito	36.95	\$/Kg	9.50	Kg/dia	351.05
Antiespumante	12.29	\$/Kg	9.50	Kg/dia	116.72
Inhibidor de corrosión	35.05	\$/Kg	190.57	Kg/dia	6,679.12
Inhibidor de incrustación	24.08	\$/Kg	114.43	Kg/dia	2,755.72
Biocida	30.72	\$/Kg	45.43	Kg/dia	1,395.47
Dietanolamina	12.29	\$/Kg	0.14	Kg/dia	1.72

**Transporte de químicos a plataforma**

Abastecedor	125.60	\$/Ton	0.37	Ton/dia	48.42
-------------	--------	--------	------	---------	-------

TOTAL POR DÍA	50,553.22
CONTINGENCIAS 10%	5,055.32

COSTO DIARIO TOTAL	55,608.54
COSTO POR UN AÑO	20,297,117.81

COSTO TOTAL POR 10 AÑOS	202,971,178.10
-------------------------	----------------

## VII.5.8.- Resumen del Estimado de Costo.

Tabla VII.5.8.1.- Resumen del Estimado de Costo de Inversión

Inversión física:	MN mzo 97	USD mzo 97	Total en MN A 7.85 \$/USD
<b>Adquisiciones</b>			
Equipos	134'845,010.34	11'670,513.47	226'458,541.08
Libras esterlinas en USD (1)	-----	5'365,324.62	42'117,798.30
Materiales	11'789,380.14	-----	11'789,380.14
<b>Fabricación:</b>			
Subestructura y pilotes	27'398,880.00	1'597,927.80	39'942,613.23
Superestructura	13'516,798.50	-----	13'516,798.50
Puentes	4'567,744.90	-----	4'567,745.70
<b>Transporte e Instalación</b>			
Estructuras	-----	1'875,312.00	14'721,199.20
<b>Ducto submarino</b>			
Materiales	812,646.45	-----	812,646.45
Lastrado	733,911.85	-----	733,911.85
Tendido	15'703,770.00	1'927,950.00	30'838,177.50
<b>Interconexión costa fuera</b>			
Equipos, paq. y sistemas.	510,501.21	86,728.65	1'191,321.11
<b>Total inversión física.</b>	<b>289'878,644.19</b>	<b>22'523,756.54</b>	<b>306'698,133.06</b>
Ingeniería: 10%	38'669,013.31	-----	38'669,013.31
Administración. 4%	15'467,605.32	-----	15'467,605.32
Contingencias. 10%	20'987,864.42	2'252,375.65	38'669,013.31
<b>Total Costo Directo.</b>	<b>285'003,127.24</b>	<b>24'776,132.20</b>	<b>479'495,765.00</b>
<b>Costos de operación.</b>	<b>282'971,176.10</b>	-----	<b>282'971,176.10</b>

Notas: 1.- Parte correspondiente al costo estimado de equipos en Libras Esterlinas, se convirtieron a dólares a la paridad de \$12.9126 MN/LE y \$ 7.85 MN/USD.

**VII.5.9.- Cuadro comparativo.**

En base a la tabla anterior y al costo devengado por el complejo de inyección de agua se tiene que los costos de inversión y gastos de operación totales a comparar son los siguientes:

**Tabla VII.5.9.1.- Análisis de alternativas; Cuadro comparativo.**

	<b>8 Plantas de 120 MBPD c/u \$ marzo 97</b>	<b>Complejo de 1,000 MBPD \$ marzo 97</b>
Capacidad por planta	120 MBPD	1,000 MBPD
Plantas requeridas	<b>8 (ocho)</b>	<b>1 (una)</b>
Capacidad Total	960 MBPD	1,000 MBPD
Costo Fijo por planta	479'495,765.00	3'003'729,078.77
<b>Costo Fijo Total</b>	<b>3'835'966,119.98</b>	<b>3'003'729,078.77</b>
Gastos de operación por planta	202'971,176.10	1'160'558,503.89
<b>Gastos de operación Totales</b>	<b>1'623'769,408.80</b>	<b>1'160'558,503.89</b>
<b>Costo total alternativas</b>	<b>5'459'735,528.78</b>	<b>4'164'287,582.66</b>

## **VII.6.- Conclusiones del Estimado.**

Para cubrir al cien por ciento la capacidad del complejo central de inyección de agua se requieren cuando menos de ocho plantas de 120 MBPD, resultando que el costo de inversión fija total de las plantas es mayor que el costo total de inversión del complejo central.

En base a este resultado y solo en función del costo global de inversión podemos decir que no es conveniente desarrollar una serie de plantas de 120 MBPD y en su lugar considerar el diseño y construcción de un complejo central de inyección de agua.

Si incluimos el costo de operación se refuerza aún más esta afirmación.

Al continuar con el estudio se tendría que considerar la localización exacta de cada una de las plantas a instalar, ya que se está suponiendo que el gasoducto considerado es de la misma longitud y diámetro para cualquier localización, lo cual es erróneo ya que seguramente los ductos de cada una de las plantas tendría una mayor longitud debido a la localización del futuro flanco de inyección, aunado esto al hecho de que al desarrollarse más ingeniería se confirme que se requiere un ducto para el retorno de condensados a la plataforma de producción o la instalación de un quemador para quemarlos a la atmósfera.

Como se puede observar este estimado de costo aunque es pequeño no deja de ser laborioso y más aún cuando se requiere de hacer cambios en listas de equipo y/o alcances del proyecto por lo cual deben generarse siempre memorias de cálculo de los estimados que se van desarrollando para efectuar fácilmente su revisión y poder hacer correcciones y modificaciones rápidamente.

## **Conclusiones.**

## **Conclusiones.**

El motor de la economía y de cualquier proyecto es la relación de egresos-ingresos, costo-beneficio, rendimientos y ganancias, es decir el obtener ventajas económicas, sociales (incluyendo la ecología), dándole preferencia a las inversiones con mayor rendimiento, menor periodo de retorno y que requieran de un menor desembolso.

Por lo anterior es fundamental obtener estimados de costo confiables ya que son la base de la evaluación de proyectos para tomar decisiones acertadas y no rechazar proyectos que pudieron ser muy rentables o aceptar proyectos que llevarán al fracaso económico a su constructor.

Para generar estimados de costo confiables se requiere de personal calificado técnicamente en el área de los procesos que se están evaluando.

Adicionalmente este personal debería de ser entrenado en las diferentes áreas de ingeniería básica y de detalle en la medida de lo posible, para que se familiarizara con el dimensionamiento de equipos y paquetes y la determinación de capacidades y consumos, adentrándose en detalles y requerimientos constructivos, en la determinación de listas de materiales, conceptos y cantidades de obra

Por otra parte el conocer la metodología de la evaluación de proyectos, el conocimiento del entorno económico del país y mundial, le permitirá manejar adecuadamente los parámetros económicos para mantener sus bases, exponentes y factores de costo adecuadamente.

Este trabajo pretende cubrir algunas de estas necesidades o cuando menos despertar la inquietud para desarrollar e investigar las relaciones de costo de los equipos, estructuras, servicios, etc., del entorno petrolero y brindar el punto de partida para personal de nuevo ingreso a la ingeniería de costos.



### **Bibliografía.**

- 1.- Peters, M.S. & Timmerhaus, K.D. Plant Design And Economics For Chemical Engineers, 3ª ed., Mc Graw Hill.
- 2.- Gutrie, Kenneth M., Process Plant Estimating Evaluation And Control, Craftsman book Co., 1974.
- 3.- Espindola M. Carlos, Evaluación de proyectos a valor presente, 1ª ed., Ed. Ecasa, México 1979.
- 4.- Chemical Engineering, Modern Cost Engineering, Mc Graw Hill, 1979.
- 5.- Banco de México, Boletín de Indicadores Económicos, Índice de Precios, Banco de México.
- 6.- Forest D. Clark And A.B. Lorenzoni, Applied Cost Engineering, Ed. Marcel Decker, New York, 1978.
- 7.- Perry Robert H. And Chilton Cecil H, Chemical Engineers' Handbook, Fifth ed., Mc Graw Hill Co.
- 8.- Curso de Ingeniería de Costos, División de Educación Continua, División de Estudios Superiores de la Facultad de Ingeniería, U.N.A.M.
- 9.- Tamayo Bautista Rosendo, Análisis de la Distribución de la Inversión en Plantas de Refinación y Petroquímica, Tesis, Facultad de Química, 1974, U.N.A.M.

- 10.- Peralta Jesús Clara Concepción, Estudio Técnico Económico Comparativo Para Unidades Recuperadoras de Licuables, Tesis, Facultad de Química, 1981, U.N.A.M.
- 11.- Happel J. and Jordan, D.G., Chemical Process Economics, 2ª ed., Marcel Decker Inc., 1975, New York.
- 12 Mino H. Patel, Dynamics of Offshore Structures, 1ª ed., Butterworth & Co. Ltd., 1989, Gran Bretaña.
- 13 Eugene F. Megyesy, Pressure Vessel Handbook, 6ª ed., Publishing Inc., 1983, Tulsa.
- 14 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.
- 15 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).
- 16 Oswald D. Bowlin, John D. Martin, Análisis Financiero, Mc Graw Hill de México, 1982, México.
- 17 Thuesen H.G., Fabrycky W.J., et al., Engineering Economy, 4ª ed., Prentice Hall, Inc., 1971, New Jersey.