



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**PROGRAMA DE MAESTRIA Y DOCTORADO EN
INGENIERIA**

FACULTAD DE QUÍMICA

**ESTIMACIÓN DE COSTOS PARA PLANTAS DE PROCESO
TOMANDO CÓMO BASE UNA PLANTA DE POLIETILENO
DE BAJA DENSIDAD.**

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA

EN ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS- INGENIERÍA EN SISTEMAS

P R E S E N T A:

ALEJANDRO MADRID MENESES

TUTOR:

ING. MANUEL MIGUEL LÓPEZ RAMOS

2011





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.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: DRA. BALDERAS CAÑAS PATRICIA

SECRETARIO: M.I. ORTIZ RAMÍREZ JOSÉ ANTONIO

VOCAL: ING. MONTIEL MALDONADO CELESTINO

1er. SUPLENTE: DR. CAMACHO GALVÁN ABEL

**2do. SUPLENTE: DR. BARRAGÁN ARROCHE JOSÉ
FERNANDO**

**EL TEMA SE DESARROLLO EN EL INSTITUTO MEXICANO DEL
PETRÓLEO (I.M.P.)**

TUTOR DE TESIS:

ING. MANUEL MIGUEL LÓPEZ RAMOS

DEDICO ESTE TRABAJO A:

MIS PADRES Y FAMILIA:

EN MEMORIA DE MI MADRE

**ISMAEL MADRID SÁNCHEZ
† SOCORRO MENESES GONZÁLEZ
AXEL
IAN
MARGARITA
RITA**

**“NO DESESPERES NI SIQUIERA POR EL HECHO DE QUE NO DESESPERAS,
CUANDO PIENSES QUE TODO ESTA PERDIDO, SURGEN NUEVAS FUERZAS
SIGNIFICA QUE ESTAS VIVO”**

FRANZ KAFKA

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	5
1. TIPOS DE ESTIMADOS	9
A. Clasificación de estimados.	10
B. Principales documentos de los estimados	10
C. Datos para la preparación de estimados.	12
D. Descripción del contenido del trabajo.	14
2. ESTIMADOS CONCEPTUALES	16
2.1 ESTIMADO DE COSTO DE ORDEN DE MAGNITUD	16
A. Alcance del estimado de costo de orden de magnitud.	16
B. Índices de Costo	18
C. Descripción del Proyecto de PBD.	20
D. Estimado de Costo de la Planta de PBD.	23
E. Costos por familias de equipo de la planta PBD.	25
2.2 ESTIMADO DE COSTO MODULAR	28
A. Alcance del Proyecto	28
B. Estimado de Costo de la Planta PBD con respecto al porcentaje de Inversión.	29
C. Procedimiento para obtener el costo de los conceptos de inversión.	31
D. Estimado de Costo de la Planta de PBD en base a H-H por cada familia de equipo mayor.	34
E. Descripción del diagrama de proceso de la planta PBD.	34
F. Costo total de la ingeniería de la planta PBD.	43
G. Proceso para el desarrollo de estimados de costos	44
1. Método Guthrie.	44
2. Método de Lang.	45
3. Método de Porcentaje.	46
4. Método de Costos Estadísticos promedio de Inversión de Plantas Industriales.	46
5. Método de Contrato de Costo Principal.	47
6. Método Chilton.	49
7. Tabla comparativa de los resultados de los Método de Inversión.	50
3. MARCO METODOLOGICO	51
A. Elementos metodologicos.	51
B. Seleccionar una fuente confiable.	52
C. Manual de procedimientos para realizar estimaciones.	53
D. Comparación de resultados de estimados.	54
E. Recomendaciones para usos futuros de los estimados.	55
F. Conclusión logro vs. objetivo.	57
4. ESTIMADO DE COSTO DEFINITIVO	58
A. Alcance del Proyecto	58
B. Hora - Hombre generado por documento que genera las disciplinas de ingeniería.	59
C. Tablas de Hora -Hombre por cada documento que genera las disciplinas	59
D. Número de personas para desarrollar la disciplina de ingeniería.	67
E. Costo de la planta a partir de las H-H de ingeniería	71
F. Estimado de la inversión en limite de batería	73
G. Suministros	74
H. Estimado de costo total de la planta	76
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	78
A. Conclusiones.	78
B. Recomendaciones.	80
6. ANEXOS	82
A. Anexo I.	82
B. Anexo II.	87
BIBLIOGRAFÍA	109

INTRODUCCIÓN

Al desarrollar un **proyecto** el primer cuestionamiento que se hacen los interesados es, cuál será el costo. Con el fin de estar familiarizados con el término proyecto y el término "**interesados**" del proyecto, se adiciona una breve descripción de los mismos.

Todo **proyecto** es aquel que realiza un esfuerzo temporal, se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. La naturaleza temporal de los proyectos indica un principio y un final definidos. El final se alcanza cuando se logran los objetivos del proyecto o cuando se termina el proyecto porque sus objetivos no se cumplirán o no pueden ser cumplidos, o cuando ya no existe la necesidad que dio origen al proyecto. Temporal no necesariamente significa de corta duración. En general, esta cualidad no se aplica al producto, servicio o resultado creado por el proyecto; la mayor parte de los proyectos se emprenden para crear un resultado duradero. Por ejemplo, un proyecto para construir un monumento nacional creará un resultado que se espera que perdure durante siglos. Por otra parte, los proyectos pueden tener impactos sociales, económicos y ambientales que durarán mucho más que los propios proyectos.

Le llamaremos **interesados (STAKEHOLDERS)**; a toda personas u organizaciones (por ejemplo, clientes, patrocinadores, la organización ejecutante o el público), que participe activamente en el proyecto, o cuyos intereses pueden verse afectados positiva o negativamente por la ejecución o terminación del proyecto. Los interesados también pueden ejercer influencia sobre el proyecto, los entregables y los miembros del equipo. El equipo de dirección del proyecto debe identificar tanto a los interesados internos como externos, con objeto de determinar los requisitos del proyecto y las expectativas de todas las partes involucradas.

Resulta crucial identificar a los interesados y comprender su grado relativo de influencia en un proyecto. **No hacerlo puede prolongar la duración y elevar sustancialmente los costos del proyecto.**

Se requiere determinar en forma previa al desarrollo del proyecto la identificación de los interesados y posteriormente realizar el estimado de costo del proyecto, este debe ser lo más apegado al costo real. Esta tesis tiene como objetivo principal obtener **el estimado de costo** de una planta de proceso por varios métodos, dando por sentado la identificación de los interesados, por lo que no es alcance de este documento la identificación de los interesados.

Dara inicio este trabajo de tesis, desarrollando el estimado de costo de una planta de polietileno de baja densidad (PBD), este es un proceso que consiste en desarrollar una aproximación de los recursos monetarios necesarios para completar las actividades del proyecto. Esta estimación de costos es una predicción basada en la información disponible por una fuente confiable en un momento dado. Se debe lograr un costo óptimo para la planta (PBD), esto es posible tomando en cuenta las concesiones entre costos y riesgos, tales como fabricar en lugar de comprar, comprar en lugar de alquilar, y el intercambio de recursos.

En general, esta estimación de costos se expresa en unidades monetarias (dólar, euro, yen, etc.), aunque en algunos casos pueden emplearse otras unidades de medida, como las horas o los días de trabajo del personal para facilitar las comparaciones, eliminando así fluctuaciones de divisas.

La estimación de costos se ira refinándose durante el transcurso del proyecto de esta forma se reflejan detalles adicionales a medida que éstos se hacen disponibles. La exactitud de la estimación del costo de un proyecto aumenta conforme el proyecto avanza a lo largo de su ciclo de vida. Por consiguiente, la estimación de costos es un proceso iterativo de fase en fase. Por ejemplo, un proyecto en su fase de iniciación puede tener una estimación aproximada de orden de magnitud en el rango de $\pm 40\%$. En una etapa posterior del proyecto, conforme se cuenta con más información, las estimaciones pueden reducirse a un rango de $\pm 10\%$ este estimado pertenece a un estimado definitivo. En algunas organizaciones, existen pautas sobre cuándo pueden efectuarse esos refinamientos y cuál es el grado de exactitud esperado.

Para refinar el estimado de costo de una planta de proceso, se desarrollo a través de la siguiente clasificación de estimados de costos:

- ❖ Estimado de costo conceptual
 - ✓ **Orden de magnitud**
 - ✓ Estudio
 - ✓ **Modular o Preliminar**
- ❖ Estimado de costo detallado
 - ✓ **Definitivo**
 - ✓ Detallado

Los estimados de costos desarrollados para la planta de PBD, tomando como base la cronología de los estimados ver figura 1, es el siguiente; **estimado de orden de magnitud**, debido a que la cantidad de información que se requiere es fácil de obtenerla y manejarla una vez seleccionada la fuente confiable. Una fuente confiable **es aquella que proporciona información real y verdadera es decir, esta información proviene de plantas ya desarrolladas y se encuentran funcionando.**

Posteriormente se desarrollará el estimado modular o preliminar, este tipo de estimado, se realiza cuando la ingeniería tiene un avance del 10%, a pesar de que tiene un porcentaje de confiabilidad de +/- 20%, sigue siendo un estimado. Este estimado se obtendrá a través de los siguientes métodos modulares:

- Método estadístico de conceptos de inversión
- Método de Guthrie.
- Método de Lang.
- Método de porcentajes por tipo de proceso.
- Desglose típico de costo de proyectos de inversión.
- Método Chilton.

La mayor parte de las autorizaciones para llevar a cabo un proyecto es debido al desarrollo de este tipo de estimado. Como anteriormente se menciona el tipo de estimado a desarrollar depende del alcance y el tiempo asignado para su preparación. Entre mayor sea el tiempo designado a su preparación de un estimado es de mejor calidad reflejando un aumento de confiabilidad de costo al realizar este estimado, por esta razón el estimado definitivo es el estimado más costoso y más confiable.

Por último se desarrollará el estimado de costo definitivo; este tipo de estimado se desarrolla una vez que se ha terminado el diseño de proceso y la ingeniería de detalle se encuentra desarrollada de un 70% a un 90%.

Debido al alto porcentaje de ingeniería ya desarrollada se convierte este estimado muy costoso, además de consumir demasiado tiempo, siendo este un factor a cuidar en cualquier proyecto. A cambio este tipo de estimado al desarrollarlo tendrá una desviación del orden del +/-10%, con respecto al costo real del proyecto. Difícilmente un inversionista pedirá un estimado de esta naturaleza para tomar la decisión de llevar a cabo el desarrollo del proyecto.

El costo directo total del proyecto se obtiene de cotizaciones o de información propia disponible "In House" (Costos de equipo, materiales, horas – hombre, etc.), e incluye la productividad de trabajo y disponibilidad de mano de obra de expertos, de disponibilidad de material de construcción.

Concluye este trabajo realizando el comparativo de los estimados de costo de orden de magnitud y preliminar, con el estimado definitivo y al mismo tiempo verifica las aproximaciones de desviación de cada estimado estas deberán ser tal como las muestra la figura 1, los estimados obtenidos de orden de magnitud y modular, son confiables debido a que parten de información real y verdadera.

Se concluye que la exactitud de los estimados de costos dependen de:

- ✓ Calidad de información disponible.
- ✓ Aplicación “correcta” de las metodologías, técnicas y herramientas de estimación.
- ✓ Recursos y tiempo.
- ✓ Experiencia del estimador.

Propósitos de estimación de costos de un proyecto:

- Autorizar inversiones de proyectos estratégicos y proyectos operacionales.
- Elaborar programas de erogación.
- Establecer marcos de referencia en licitaciones.
- Estimar inversiones para adecuaciones, rehabilitaciones, mantenimiento, reparaciones mayores, etc.
- Evaluar activo fijo.

Los estimados de costos anteriormente descritos se aplicarán a una planta de polietileno de baja densidad (BPD), por lo que es conveniente proporcionar una breve descripción del producto que se obtendrá de este proyecto; polietileno de baja densidad. P.B.D.

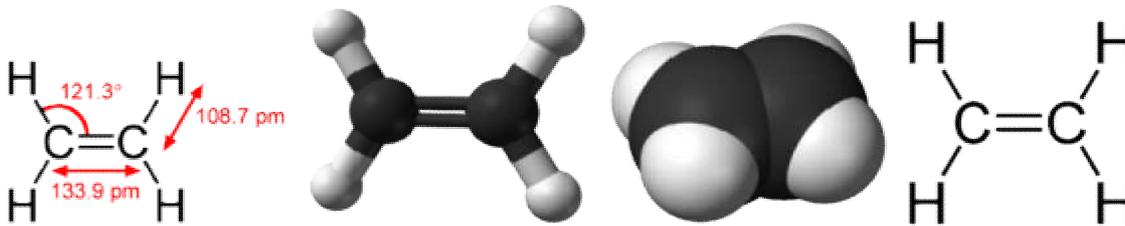
El **polietileno de baja densidad** es un polímero de la familia de los polímeros alofónicos, como el polipropileno y los polietilenos. Es un polímero termoplástico conformado por unidades repetitivas de etileno. Se designa como LDPE (por sus siglas en inglés, *Low Density Polyethylene*) o PEBD, polietileno de baja densidad.

Como el resto de los termoplásticos, el PEBD puede reciclarse. Se identifica con el siguiente símbolo:



El polietileno de baja densidad es un «polímero de adición», conformado por unidades repetidas de etileno. Generalmente, el proceso de polimerización más comúnmente empleado se realiza a alta presión, 1500 - 2000 kg/cm².

El **etileno** o **etano** es un compuesto químico orgánico formado por dos átomos de carbono enlazados mediante un doble enlace. Es uno de los productos químicos más importantes de la industria química. Se halla de forma natural en las plantas.



La mayor parte del etileno producido mundialmente se obtiene por craqueo con vapor (*steam cracking*) de hidrocarburos de refinería (etano, propano, nafta y gasóleo, principalmente). También se obtiene el etileno a partir del reformado catalítico de naftas o a partir de gas natural (Oxidative Coupling of Methane, OCM).

También puede obtenerse en laboratorios de Química Orgánica mediante la oxidación de Alcoholes.

La mayor parte del etileno se emplea para la obtención de polímeros. Mediante reacciones de polimerización se obtiene el polietileno de alta densidad y el de baja densidad. También se obtiene dicloroetileno, intermedio para la síntesis de cloruro de vinilo, que se polimeriza a cloruro de polivinilo, y otros hidrocarburos clorados. Además se puede hacer reaccionar con benceno para dar etilbenceno, obteniéndose estireno, que puede polimerizarse dando poliestireno.

Características del polietileno de baja densidad

El polietileno de baja densidad es un polímero que se caracteriza por:

1. Buena resistencia térmica y química.
2. Buena resistencia al impacto.
3. Es translúcido, poco cristalino.
4. Muy buena procesabilidad, es decir, se puede procesar por los métodos de conformado empleados para los termoplásticos, como inyección y extrusión.
5. Es más flexible que el polietileno de alta densidad.
6. Presenta dificultades para imprimir, pintar o pegar sobre él.

Aplicaciones

Algunas de sus aplicaciones son:

- Sacos y bolsas plásticas.
- Film para invernaderos y otros usos agrícolas.
- Juguetes.
- Objetos, como vasos, platos, cubiertos.
- Botellas.
- Recubrimiento de cables.

Este trabajo proporciona los documentos necesarios para desarrollar cada estimado y el tiempo que se lleva en desarrollarlo, así como la forma manual de desarrollar el estimado de costo de cualquier planta de proceso. Cabe mencionar que existen diferentes software en el mercado que realizan este tipo de estimados, estos software son ICARUS, PROJECT, ETC. No es alcance de este trabajo el uso del software antes mencionados.

CAPITULO 1

TIPOS DE ESTIMADOS

Diseñar una planta incluye un proceso capaz de operarla en condiciones que la lleve a obtener los rendimientos técnicos y el retorno de la inversión esperada. Desde el punto de vista de la Ingeniería de Costos, es esencial que el Jefe de Proyecto (JP) tenga un claro entendimiento y conocimiento del alcance del proyecto y de los diversos tipos de costos que intervienen en el diseño y construcción de la planta, para poder cubrir los objetivos del proyecto. Los principales costos son:

- **Costos Directos:** Mano de Obra Directa (Horas-Hombre) y sus correspondientes tarifas de costo por categoría, materia prima, materiales, equipo, infraestructura, etc., involucrados directamente en el diseño y construcción del proyecto.
- **Gastos del proyecto:** Comunicaciones, materiales consumibles y de oficina, reproducciones, salario del personal de administración, gastos generales del proyecto.
- **Costos Indirectos:** Mantenimiento de oficinas corporativas, seguridad, instalaciones temporales, gastos de servicios (agua, energía eléctrica, predial, etc.)

En todos los procesos industriales el costo fundamental es el costo de los equipos. Los costos de los equipos pueden variar mucho de una época a otra, por lo tanto, éste es un factor que debe tenerse en cuenta al determinar el costo de un proceso industrial.

Entre los estimados de costo de orden de magnitud, basados en información histórica de costos de proyectos o equipos similares, hasta una estimación detallada basada en planos y especificaciones completas, existen otros estimados de costos; la exactitud entre cada uno de ellos varía de acuerdo con la calidad y cantidad de información disponible.

En la Figura 1, se muestra la clasificación de los diferentes tipos de estimados propuestos por la "American Association of Cost Engineers"¹.

Figura No. 1 Clasificación de estimados de costos



¹ H.C. Barman, "Fundamentals of Cost Engineering in the Chemical Industry", Reinhold Publishing Corporation, New York, 1964.

De la **Figura No. 1**, podemos definir que los estimados de costo se clasifican en dos grandes grupos²:

- **Estimado de Costo Conceptual**
 - ✓ **Orden de Magnitud**
 - ✓ **Estudio**
 - ✓ **Preliminar**

- **Estimados de costos Detallados**
 - ✓ **Definitivo** (Especialidades, Categorías de Recursos, Horas-Hombre, Costo de la Hora-Hombre, Mano de Obra Directa, Precios Unitarios, Órdenes de Compra, etc.)
 - ✓ **Detallado** (Registros de costos ejercidos)

Como se ha mencionado, la precisión del estimado de costo depende de la calidad y cantidad de la información disponible, de las herramientas de estimación aplicadas y de la experiencia del estimador. La calidad del estimado tiene una relación con los recursos (dinero, personal, equipo, software, etc.) y el tiempo con que cuenta el estimador para realizar el estimado, esta relación no es lineal. La calidad del estimado de costos es un factor importante, ya que de ella depende el importe de contingencia que debe considerarse en el estimado. Esta contingencia es un costo extra que se debe adicionar al costo del estimado realizado. Por ejemplo se realiza un estimado preliminar de +/- 20%; al costo obtenido se le debe sumar un incremento del 20% que sería la contingencia, y de esta manera obtener el costo final del proyecto.

PRINCIPALES DOCUMENTOS

Como se observa en la **Figura No. 1** los estimados de costo llevan un orden cronológico. Es necesario conocer lo que requiere cada uno de estos estimados para poder desarrollarlos. A continuación se muestra una lista de los documentos necesarios para obtener cada uno de ellos; así como el tiempo promedio relativo para realizarlo:

1. Estimado de Orden de Magnitud, (Menor esfuerzo; se realiza en un tiempo relativo de 3 días a una semana)
 - ❖ Este método toma datos históricos de costos de proyectos o equipos similares.
 - ❖ Aplica la ecuación de relación de capacidades.
 - ❖ Escala el costo mediante un exponente típico(**n**) que depende del tipo de planta, equipo y rango de capacidad.
 - ❖ Utiliza índices de escalación para colocar todos los costos a una misma fecha.
 - ❖ Utiliza factores de costo para cambios en el diseño, materiales de construcción, factor riesgo-país, etc.
 - ❖ Se utiliza para toma de decisiones.

2. Estimado de Estudio, (Esfuerzo medio; se realiza en un tiempo relativo de 5 a 15 días)
 - ❖ Además de los conceptos indicados en los estimados de orden de magnitud, se aplican una serie de supuestos tales como:
 - ✓ Paridad del tipo de cambio
 - ✓ Supuestos de condiciones de diseño en base a reglas heurísticas o diseños conceptuales realizados por el estimador de costos tales como: Potencia, área de transferencia, tipo de equipo, materiales de construcción de los equipos, capacidad, tipos de internos de los equipos, peso, etc.
 - ❖ Se utiliza para propósito de presupuestos y posibilidad de inversión.

- ❖ Este método ayuda a proporcionar la información técnica y económica para requerimientos de inversión y recursos.
- ❖ Esta información ayudará a obtener bases técnicas más sólidas y mayor calidad en el estimado de costos.

3. Estimación Preliminar, (Mayor esfuerzo; se realiza en un tiempo relativo de 15 a 45 días)

- ❖ Se parte del costo del equipo mayor, el cual es estimado en base a datos técnicos de los equipos, proporcionados por las especialidades involucradas en el diseño de la planta.
- ❖ Los costos de otros conceptos de la inversión tales como: Materiales (Tubería, Concreto, Acero, Instrumentación, Eléctrico, Aislamiento y Pintura), Fletes, Partes de Repuesto, Construcción, Indirectos de Construcción, Ingeniería, Entrenamiento, Pruebas y Arranque, se estimarán como un porcentaje del costo del equipo mayor.
- ❖ **El costo estimado de inversión calculado por este método servirá como marco de referencia para evaluación de licitaciones.**
- ❖ Se requiere de una base de datos de costos de equipo y plantas confiable.
- ❖ Este tipo de estimado se realiza después de la selección del proceso y diseño conceptual.
- ❖ Este estimado es el requerimiento mínimo para toma de decisiones, se aplica en la realización de proyectos de inversión para licitaciones, es necesario contar con:
 - Diagrama de flujo de proceso, balance de materia y energía, servicios generales, plano de localización general, lista de equipo, bases de datos e información de costos confiables.

4. Estimación Definitiva, (Se desarrolla con forme avanza el proyecto)

- ❖ Método muy costoso y demasiado consumo de tiempo.
- ❖ Se realizan cuando la ingeniería está suficientemente avanzada.
- ❖ Se hace uso de cantidades de materiales "Take offs" de todas las especialidades, H-H por especialidad y tarifas de costos.
- ❖ Son elaborados cuando el diseño del proceso ha sido completado.
- ❖ Utilizan planos y especificaciones típicas del diseño del proyecto.
- ❖ Se apoya en órdenes de compra de los equipos y materiales.

5. Estimación Detallada, (Se lleva el tiempo total de todo el proyecto)

- ❖ Este estimado es de contratista, está basado en la terminación completa del proyecto, es un resumen de lo que se llevo a cabo al terminar todo el proyecto.

Cada uno de los estimados anteriores requiere de una cantidad de documentos necesarios, la **Figura No. 2**, muestra los documentos que requiere cada estimado. Esta **Figura No. 2** es una adaptación de un método presentado por Nichols² donde existe una relación entre la exactitud probable y calidad de información disponible para la preparación de los cinco niveles de estimación. Las estimaciones de los costos en una etapa de prediseño o conceptual (también llamada estimación de orden de magnitud, de estudio y preliminar) requieren información menos detallada que las estimaciones en firme, como la estimación definitiva y la estimación detallada. Sin embargo, las estimaciones previas al diseño son extremadamente importantes para decidir si un proyecto determinado ha de seguir su curso y para la comparación de las diversas alternativas posibles.

² W.T. Nichols, Ind. Eng. Chem. , 43: (10): 2295 (1951)

Figura No. 2 "DATOS PARA LA PREPARACIÓN DE ESTIMADOS"

		MAGNITUD	ESTUDIO	PRELIMINAR	DEFINITIVO	DETALLADO
	DATOS REQUERIDOS PARA LA PREPARACIÓN DE ESTIMADOS	(+/- 40%)	(+/-30%)	(+/-20%)	(+/-10%)	(+/-5%)
SITIO	Localización.		*	*	*	*
	Descripción general.			*	*	*
	Mecánica de suelos.			*	*	*
	Dimensiones de caminos y accesos.			*	*	*
	Topografía y movimientos de tierras.				*	*
	Facilidades del sitio desarrolladas.					*
DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO	Croquis.		*			
	Preliminar.			*		
	Aprobado para diseño.				*	*
	Aprobado para construcción.					*
LISTA DE EQUIPO	Predimensionamiento y materiales de construcción.		*	*		
	Especificaciones generales y hojas de datos de proceso.				*	*
	Arreglo general preliminar.			*	*	
	Arreglo general aprobado para diseño.				*	*
	Diseño mecánico y/o especificaciones detalladas.				*	
	Cotización formal de fabricantes.			*		
	Orden de compra.					*
EDIFICIOS Y ESTRUCTURAS	Tamaños aproximados y tipo de edificios.		*	*		
	Croquis de cimentación.			*	*	
	Diseño arquitectónico y áreas de construcción.			*	*	*
	Diseño estructural preliminar(estimación de lista de materiales).			*		
	Diseño estructural completo(lista de materiales).				*	*
	Dibujos detallados y volumen de obra.					*
REQUERIMIENTOS DE SERVICIOS AUXILIARES	Valores de literatura.		*			
	Balance de energía preliminar.			*		
	Diagrama de flujo preliminar.			*		
	Balance de energía aprobado para diseño.				*	*
	Diagrama de flujo aprobado para diseño.				*	*
Balance de energía con información de proveedores.					*	
TUBERÍAS	Correlaciones de costo en función de familias de equipos.		*	*		
	Estimaciones de materiales de DTI'S.		*			
	Arreglo de tubería y cuantificación de materiales.				*	*
	Isométricos y volumen de obra.					*
AISLAMIENTO	Especificaciones generales y correlaciones en función de familias de equipo.			*		
	Estimaciones de materiales de DTI'S y dimensionamiento de equipo.				*	
	Especificaciones, cédulas de aislamiento y volumen de obra.				*	*
INSTRUMENTOS	Correlaciones de costo en función de familias de equipos.		*			
	Lista preliminar de instrumentos.			*		
	Diagrama de instrumentación.				*	*
	Cotización de proveedores y volumen de obra de instalación.					*
ELÉCTRICO	Correlaciones de costo en función de familias de equipos.		*			
	Lista preliminar de motores con tamaño aproximado.		*	*		
	Lista de motores aprobados para diseño.				*	*
	Especificación y tamaño de subestación.			*	*	*
	Especificaciones del sistema de distribución de fuerza.				*	*
	Especificaciones preliminares de alumbrado.			*		
	Especificaciones preliminares de alambrado.				*	
	Diagrama unifilar aprobado para diseño.				*	*
Dibujos finales y volúmenes de obra.					*	
HORA - HOMBRE	Ingeniería y dibujo.		*	*	*	*
	Mano de obra por cuadrilla.					*
	Supervisión.					*
ALCANCE DEL PROYECTO	Producto, capacidad, localización y requerimientos del sitio, requerimiento de servicios auxiliares, edificios e instalaciones auxiliares requeridas, requerimientos de almacenamiento y manejo de materia prima y producto.	*				

Basándonos en la información anterior, las hipótesis que plantea este trabajo son las siguientes:

Hipótesis 1:

Llevar a cabo las estimaciones de costos, mediante una metodología propuesta que permita a los ingenieros de costos tener una precisión del estimado dependiendo de la calidad y cantidad de información, de las herramientas de estimación y de la experiencia del estimador; los recursos y el tiempo con el cual cuenten para realizar el estimado de costos.

Hipótesis 2:

Cualquier persona que esté involucrada en la estimación de costos de un proyecto pueda hacer uso de esta metodología, disminuyendo la subjetividad de inversión de cualquier proyecto y obtener costos de inversiones razonables en tiempo y recursos, proporcionando un mejor estimado.

Ambas hipótesis, dan como resultado que no sea solamente el estimado de costos la única variable que deba ser analizada y evaluada, si no dado que existen factores distintos al estimado de costos, puedan ser sujetos a evaluación de **tiempo y recursos**.

Resumiendo, la aportación de este trabajo es mostrar el empleo de métodos de estimación de costos a través del caso de estudio de una planta de polietileno de baja densidad, mostrando la forma de refinamiento y mostrando que el estimado de costos depende de la calidad y cantidad de información disponible. Vale la pena mencionar que existe software especializado como es el caso de Icarus, Project, etc., que realizan en forma eficaz la estimación de costo de proyectos, en este trabajo no se harán uso de este software, se mostrara la forma manual de realizar la estimación de costos sin el uso de software.

Para satisfacer las hipótesis anteriores, los objetivos del presente trabajo son los siguientes:

1. Plantear el estado del arte de los estimados de costo;
 - Conceptual
 - ✓ Orden de magnitud.
 - ✓ Estimación de estudio.
 - ✓ Estimación preliminar.
 - Detallado
 - ✓ Horas - Hombre
 - ✓ Costo Hora - Hombre.
 - ✓ Mano de Obra Directa
 - ✓ Precio unitario.
 - ✓ Orden de compra.
 - ✓ Registros de costos
2. A partir del estado del arte, presenta la forma de usar los estimados de costo para ir refinándolos, dependiendo de la calidad y cantidad de información que requiere cada estimado.

3. Aplicar los estimados anteriores a un caso de estudio, haciendo uso de las técnicas de estimación de costos de orden de magnitud, preliminar y definitivo.

DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO DE TRABAJO:

➤ **Capítulo 1 Contexto “Tipos de estimados”**

En este capítulo, se realiza la clasificación de los estimados de costos, se proporciona la documentación y el tiempo necesario para desarrollar cada estimado.

➤ **Capítulo 2 Marco teórico conceptual: Se desarrollara a través de los siguientes subcapítulos:**

➤ **2.1 “Estimado de costos de orden de magnitud”**

En este capítulo, el desarrollo de los estimados de orden de magnitud se basa en los datos históricos de costos de proyectos o equipos similares; a manera de ejemplo, se asumirá el caso de una planta de polietileno de baja densidad de 50,000 ton/año que se desea construir; tomando como referencia una planta similar pero con una capacidad de 100,000 ton/año construida en 1980; se aplicará la ecuación de relación de capacidades, se escalará el costo mediante un exponente típico que depende del tipo de planta, equipo y rango de capacidad, se utilizarán índices de escalación para colocar todos los costos a una misma fecha, se utilizarán factores de costos para cambios en el diseño y materiales de construcción, se aplicarán factores estadísticos de conceptos de inversión al costo estimado total del equipo, para obtener el estimado de inversión del proyecto. La precisión de este estimado es de $\pm 40\%$.

➤ **2.2 “Estimado de costo preliminar”.**

Se aplicará el método modular; se seguirá tomando el mismo caso de la planta de polietileno de baja densidad. En este método, la inversión del proyecto se obtiene aplicando factores de costo al costo estimado del equipo mayor. Para llevar a cabo este estimado es importante contar con la o las herramientas y técnicas de estimación de costos y base de datos de costos de equipos confiable.

El estimado preliminar se realiza después de la selección del proceso y diseño conceptual. Con respecto a la información técnica requerida, es necesario contar con la siguiente información emitida por las especialidades involucradas en el proyecto: Diagrama de Flujo de Proceso, Balance de Materia y Energía, Plano de Localización General, Lista de equipo con predimensionamiento, etc., la precisión de este estimado es de $\pm 20\%$.

➤ **Capítulo 3 “Marco metodológico”**

Este capítulo, establece los elementos metodológicos usados en el capítulo 2, estos elementos son; seleccionar la fuente confiable, la elaboración de procedimientos para realizar estimaciones, comparación de estimaciones, recomendaciones para usos futuros y la conclusión de logros vs. Objetivo.

➤ **Capítulo 4 “Estimado de costo definitivo”.**

El desarrollo de este método es muy costoso y consume demasiado tiempo, ya que se lleva a cabo cuando la ingeniería está suficientemente avanzada, en este método se hace uso de cantidades de materiales “Take offs” de todas las especialidades, se estima y valida el nivel de esfuerzo traducido en Horas-Hombre por actividad, se definen y asignan perfiles de recursos humanos a las actividades, se aplican tarifas de costo por categoría de recursos humanos, se estiman y validan obras por precios unitarios, se realiza el registro de precios de órdenes de compra de equipo, materiales y volúmenes de obra, etc.; utilizan planos aprobados para construcción y especificaciones aprobadas para el diseño y construcción del proyecto, la precisión de este estimado es de +/- 5%, este método se usa para realizar la comparación de los estimados del capítulo 2.

➤ **Capítulo 5 Conclusiones y Recomendaciones.**

Se presenta un resumen ejecutivo de los resultados de los diferentes métodos y su comparación entre ellos en cuanto a su alcance.

➤ **Capítulo 6 Anexos**

Presentan las tablas, gráficas, esquemas, bases de datos, referencias, etc., utilizados en los diferentes métodos de estimación de costos.

CAPÍTULO 2

ESTIMADOS CONCEPTUALES

2.1 ESTIMADO DE COSTOS DE ORDEN DE MAGNITUD

OBJETIVO:

1. Obtener el “Estimado de costo de la planta de polietileno de baja densidad (PBD)” con una capacidad de 50,000 ton/año, haciendo uso de la ecuación de relación de capacidades, exponentes típicos por tipo de planta e índices de escalación de costos. Para ello se tomara como ejemplo una planta PBD con capacidad de 100,000 ton/año, construida en 1980.
2. Obtener el costo de las familias de equipo de la planta (PBD) con capacidad de 50,000 ton/año, con la aplicación de los índices de Nelson-Farrar y actualizar los costos al segundo semestre de 2010.

ALCANCE DEL ESTIMADO DE COSTO DE ORDEN DE MAGNITUD:

Obtener el estimado de costo de una planta de polietileno de baja densidad (PBD) diseñado con la tecnología **“Reactor Tubular a alta presión”**, de la compañía Lenney of Koppers Co., con una capacidad de 50,000 ton/año, para iniciar su diseño y construcción en el segundo semestre del 2010.

Se desarrollaran los objetivos anteriores sobre la base de información histórica de una planta PBD, con capacidad de 100,000 ton/año construida en 1980, esta información se obtuvo de la siguiente fuente confiable; Process Economics Program (PEP), esta fuente proporciona datos de producciones económicas de:

- 600 sustancias químicas, polímeros y productos refinados.
- 935 procesos usados para realizar productos.

Incluye datos secuenciales de procesos como materia prima, partes intermedias del proceso y producto final. Proporciona información específica para cada proceso como:

- Consumo de materia prima.
- Producción.
- Requerimiento de utilidad
- Capital necesario
- Costos de producción

Cada proceso nos proporciona información sobre tres diferentes capacidades de planta. El libro incluye datos que reflejan la economía de varias regiones del mundo estas regiones son:

- COSTA DEL GOLFO (USA)
- ALEMANIA
- JAPON

Estos datos están disponibles en unidades inglesas y métricas.

Con la información obtenida del PEP de la planta de PBD de 100,000 ton / año construida en 1980 se realiza lo siguiente:

1. Definir y establecer las premisas preliminares de estimación de costo.
 - Planta de referencia: 100,000 ton/año; Información obtenida del libro Process Economics Program (PEP).
 - Agrupamiento de costos por familias de equipo. La tabla 2, muestra el desglose de costos por familias de equipo.
 - Inversión de la planta de referencia: \$ 10,945,500.00 US Dólares
 - Año: 1980
 - Localización: Costa del Golfo
 - Tipo de cambio supuesto: 13 \$/US Dólar
 - Exponente típico (**n**) por tipo de equipo y planta: Esta información se encuentra en la tabla 2.
 - Índices de escalación: Esta información se obtiene de la revista Chemical Engineering en la tabla Chemical Engineering plant cost index (CEPCI) (Chemical Engineering, Agosto 14, 2010) de índices aplicada.
 - Planta nueva : 50,000 ton/año
 - Año: Segundo semestre de 2010
 - Localización: Coatzacoalcos, Veracruz
2. Obtener el estimado de costo de la planta de 50,000 ton/año, utilizando la ecuación 3 “Relación de capacidades” para ajustar el costo de la planta de 100,000 ton/año a la nueva capacidad de 50,000 ton/año; al costo obtenido se le aplicarán los índices de escalación de Nelson – Farrar para actualizar el costo de la planta de 50,000 ton/año de 1980 a 2010.
3. Para satisfacer el segundo objetivo se hace uso de los costos por familia de equipos que nos proporciona la fuente de información Process Economics Program (PEP). El costo de cada familia de equipo para la planta de 50,000 ton/año se obtendrá a través de la ecuación 2, utilizando los exponentes típicos por tipo de equipo.
4. A los costos por familia de equipos de la planta de 50,000 ton/año, se le aplicará el índice de escalación de Nelson-Farrar para situar el costo de los equipos al segundo semestre de 2010, se aplica la ecuación 3.
5. Se totaliza el costo de los equipos, el cual servirá de base para estimar el costo de inversión de la nueva planta de 50,000 ton/año. La inversión se estimará utilizando los métodos modulares descritos en la unidad 2.
6. Se elaborará una tabla comparativa de los “Estimado de inversión”, haciendo notar las diferencias de costo entre cada estimado, derivadas de la calidad y cantidad de información disponible; así como de los supuestos considerados, tabla 27.

ÍNDICES DE COSTO

Un índice de costo es el resultado de relacionar indicadores de costos en diferentes fechas. Si conocemos los indicadores de costos de las fechas que deseamos relacionar, estas se dividen; colocando en el numerador el índice de costo de la fecha actual y en el denominador el índice de costo de referencia.

Ecuación No.1 Índice de costo

$$\text{Índice de costos} = \left(\frac{\text{Indicador Actual}}{\text{Indicador de fecha de referencia}} \right)$$

Los índices de costos se utilizan para obtener una estimación general, pero existen varios factores que no toma en cuenta, como adelantos tecnológicos especiales o condiciones locales.

Algunos de estos índices se usan para estimar los costos de equipos, otros tienen aplicaciones para estimar la mano de obra, construcción de materiales u otros campos especializados.

Tabla No. 1 "Indices de equipo de la planta PBD".

EQUIPOS	COSTO DE INDICES NELSON-FARRAR	
	INDICE 1980	INDICE 2010
REACTORES	578.1	1238.7
RECIPIENTES Y TANQUES	578.1	1238.7
CAMBIADORES DE CALOR	618.7	1253.8
COMPRESORES	777.3	2013.8
BOMBAS	777.3	2013.8
EQUIPOS MISCELANEOS	578.1	1238.7

La Tabla 1, indica el equipo mayor para la planta de PBD, mostrando sus índices que usaremos para actualizar los costos de la planta.

ÍNDICES DE COSTOS COMÚNMENTE EMPLEADOS:

1. **Índices de Marshall & Stevens:** Se usa para el equipamiento de toda industria y para las industrias de procesos.
2. **Índices de "Engineering News-Record":** Se usa para la construcción.
3. **Índices de Nelson:** Se usa para la construcción de refinerías.
4. **Índices del "Chemical Engineering":** Se usa para la construcción de Plantas.
5. **Índices sobre materiales y mano de obra publicados por el "U.S. Bureau of Labor".**

Índices de Costos de Equipos de Marshall & Stevens³. - Se dividen en dos categorías:

³ Se publican periódicamente en "Chemical Engineering". Una descripción completa de estos índices se encuentra en R.W. Stevens, Chem. Eng. 54 (11): 124, (1947).

- **Índices de todas las Industrias:** Simplemente es una media aritmética de los índices individuales, para 47 tipos diferentes de equipos industriales, comerciales y domésticos.
- **Índices de Industrias de Proceso:** Es un promedio ponderado de 8 industrias de este tipo, calculado el factor de ponderación sobre la base del valor total del producto de las diversas industrias de proceso. Los porcentajes utilizados para la obtención del promedio ponderado en un año típico, son: Cemento, 2; productos químicos, 48; productos arcillosos, 2; vidrio, 3; pintura, 5; papel, 10; petróleo, 22; y caucho, 8.

Los índices de Marshall y Stevens se basan en un valor índice igual a 100 para el año 1926. Los índices tienen en cuenta el costo de la maquinaria y de los equipos más importantes, más los costos de instalación, accesorios, herramientas, muebles de oficina y otros equipos de menor importancia.

Índices de Costos de la Construcción del “Engineering News⁴ – Record”: Este índice comprende la variación del costo de mano de obra y materiales de construcción para la construcción industrial. Utiliza un costo compuesto de: 2500 libras de acero estructural, 1088 fbm (feet board measure; pies de tabla de madera), 6 bbl (barrel; barril) de cemento y 200 Horas – Hombre de trabajo no especializado. Generalmente los índices se indican sobre la base de una de las tres fechas siguientes: 100 en 1913; 100 en 1926 o 100 en 1949.

Índices de Costos para la Construcción de refinerías de Nelson⁵: La base de este índice es el costo de la construcción en las industrias del petróleo. Los porcentajes del índice total se han ponderado de la siguiente manera, mano de obra calificada, 30; mano de obra no calificada, 30; hierro y acero, 24; material de construcción, 8; y equipos varios, 8. Se ha elegido el valor índice 100 para el correspondiente al, año 1946.

Índices de Costos de construcción de plantas del “Chemical Engineering⁶”: - La base de este índice son los costos de construcción de plantas de productos químicos. Los cuatro componentes más importantes de este índice tienen el siguiente peso:

- Equipos, maquinaria y soportes, 61: Este a la vez se divide y ponderado de la siguiente manera:
 - Equipo fabricado, 37
 - Maquinas para proceso, 14
 - Cañerías, válvulas y accesorios, 20
 - Instrumentos y controles, 7
 - Bombas y compresores, 7
 - Equipos y material eléctrico, 5
 - Apoyo a soportes estructurales, aislamiento y pintura, 10
- Mano de obra correspondiente a la construcción e instalación, 22
- Edificios, materiales y mano de obra, 7
- Ingeniería y supervisión, 10

Todos los componentes de este índice se basan en 1957 – 1959 = 100

Índices de Costos de materiales y mano de obra.⁷ – El “U.S. Department of Labor” publica estadísticas mensuales indicando los índices correspondientes a materiales y mano de obra para diversas industrias. Estos índices se obtienen a través de la lectura de una grafica donde están las curvas de índices de materiales e

⁴ Aparece semanalmente en esa publicación. Para la descripción completa de este índice, y las fuentes de información, ver Eng. News – record, 143 (9): 398 (1949).

⁵ Aparece durante la semana de cada mes en el “Oil & Gas Journal”. Para la descripción completa de este índice, véase Oil Gas J. 63 (14): 185 (1965); 63 (27): 117(1965).

⁶ Aparece cada dos semanas en “Chemical Engineering”. Una descripción completa se encuentra en Chem. Eng. , 70(4): 143(1963).

⁷ Monthly Labor Review, U.S. Bureau of labor Statistics, 74, (2):180(1952)

índices de mano de obra. Los índices de mano de obra se leen en centavos por hora de obreros que trabajan en la producción de bienes duraderos.

Los índices para materiales se refieren a industrias de metales y de productos metálicos y se basan en valor índice de 100 para 1926.

Desgraciadamente, todos los índices de costos son bastante artificiales; dos índices que se refieren a proyectos del mismo tipo pueden arrojar resultados muy diferentes. Lo mejor que puede esperarse de cualquier índice es que refleje el promedio de las variaciones, que a veces tienen poca importancia, si se las aplica a un caso en particular.

Durante épocas en las que escasea el trabajo, es posible que un contratista cierre trato y acepte la realización de una construcción con escasa ganancia, lo hace con el objeto de mantener su empresa en marcha. Por otra parte, si en cierta localidad hay escasez de mano de obra, un proyecto puede costar mucho más que otro análogo realizado en otra zona geográfica donde no existe tal eventualidad.

CASO DE ESTUDIO DEL CAPÍTULO 2.

Iniciaremos dando una breve descripción del proyecto, así como de su justificación técnica. El costo estimado de orden de magnitud de una planta de PBD de 50,000 ton/año.

2.0 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO PBD

2.1 Descripción general del proyecto

Debido a las nuevas necesidades en el mercado, ha sido necesario buscar la forma de abastecer la demanda de polietileno de baja densidad, es por ello que se ha optado por la construcción de una nueva planta.

El proyecto se desarrollará en la modalidad de: Ingeniería, Procura y Construcción (IPC) de una planta de polietileno de baja densidad, con una pureza del 99%.

De acuerdo al estudio de mercado y de localización de planta, se llegó a la conclusión de que el lugar adecuado para la construcción de la planta es Coatzacoalcos, Veracruz, ya que cuenta con la materia prima necesaria para el proceso, además cuenta con rutas de acceso, urbanización, vías de comunicación, telecomunicaciones y servicios requeridos para el proyecto.

Desarrollar la construcción de la planta de PBD con la capacidad calculada para satisfacer la demanda creciente de polietileno de baja densidad, según el estudio realizado por la empresa.

La planta tendrá una capacidad de 50,000 toneladas de polietileno de baja densidad anuales con la finalidad de satisfacer la demanda del mercado nacional e internacional a las que el *CLIENTE* se enfrenta.

La unidad será capaz de producir polietileno de baja densidad y deberá tener un factor de servicio de 330 días de operación por año (7920 horas de operación por año).

Descripción de las instalaciones

La planta de polietileno de baja densidad estará ubicada en Coatzacoalcos, Veracruz. Las coordenadas de ubicación son: 18°06'21" latitud norte y 94°19'53" longitud oeste.

La planta se localizará a 34 m sobre el nivel del mar, este es el nivel en que la ciudad de Coatzacoalcos se localiza.

La planta de polietileno está dividida en tres áreas las cuales contienen todas las instalaciones y se dividen como sigue:

Área 01 – sección de reacción

En esta área se encuentra:

- ✓ El reactor tubular.
- ✓ El sistema de inyección del inicializador.
- ✓ Recipientes de separación.

Área 02 – sección de peletizado y almacenamiento

En el área se concentran:

- ✓ Los separadores de pellets.
- ✓ El extrusor.
- ✓ El peletizador.
- ✓ El sistema de empacado del producto.

Área 03 – Área general

Esta área abarca toda la planta incluyendo las áreas 01 y 02 también incluyen el almacén, cuarto de control y laboratorios, la subestación eléctrica y los racks principales. Además de áreas de carga y descarga de productos.

El desarrollo de la ingeniería básica se hará tomando como base la ingeniería básica desarrollada por **Lenney of Koppers Co.** que ha sido proporcionada por el cliente. El paquete de ingeniería básica para la realización de la nueva planta de polietileno contendrá:

1. Bases de diseño
2. Diagramas de Flujo de Proceso (DFP)
3. Arreglo de equipo
4. Filosofía de operación
5. Lista de equipo
6. Matriz de servicios auxiliares
7. Especificaciones de equipo mayor / crítico
8. Especificaciones sistema de control
9. Especificaciones de tubería especial
10. Especificaciones técnicas

En el paquete de Ingeniería Básica, se considera como actividades la parte de proceso, equipo mecánico, distribución general de la planta y la instrumentación básica.

BASE PARA EL DESARROLLO DE OBJETIVOS.

Los costos de la planta de referencia se escalarán de 1980 al 2º semestre del 2010 mediante índices de costos. Ya que se describieron los diferentes índices, empezaremos a desarrollar el estimado de costo de orden de magnitud para una planta nueva de PBD. Para ello recordamos que se cuenta con información de una fuente confiable como es PEP (Process Economics Program) donde obtuvimos la información de la Planta de PBD de 100,000 Ton/Año, y requerimos construir una planta similar con la misma tecnología pero de capacidad de 50,000 Ton/Año.

El costo del equipo adquirido se aplica como base en diversos métodos utilizados en la etapa previa de diseño, para la estimación del capital a invertir. Para la realización de estimaciones confiables de costos resulta por lo tanto esencial disponer de información sobre precios de equipos.

Esta información puede ser:

- Cotizaciones de fabricantes o proveedores.
- Datos de costos obtenidos de proyectos anteriores.

Para el caso de estudio, se hará uso de costos obtenidos de un proyecto anterior, así que los costos deben actualizarse teniendo en cuenta el índice de costos correspondiente a la fecha, en este caso 2010 siendo la fecha de realización del proyecto.

Para empezar a desarrollar este estimado es necesario utilizar la relación logarítmica que se conoce por el nombre de “regla del factor de la seis décimas”, se puede hacer uso de esta regla siempre y cuando el equipo a adquirir sea similar al de referencia, cuyo costo sea conocido. De acuerdo con esta regla, si se conoce el costo del equipo de referencia el costo de un equipo similar con capacidad X veces a la del equipo de referencia, resulta aproximadamente igual a $(X)^{0.6}$ veces el costo del equipo de referencia; como se muestra en la **Ecuación No. 1**.⁸

Ecuación No. 2 Costo de una planta con capacidad diferente

$$\text{Costo A} = \text{Costo B} \times \left(\frac{\text{Capacidad Equipo A}}{\text{Capacidad Equipo B}} \right)^{0.6}$$

La **Ecuación No. 2** indica una representación doblemente logarítmica de la capacidad de los equipos, en función del costo del equipo, para cierto tipo de equipo, debe resultar una recta de pendiente igual a 0.6.

Sin embargo, la aplicación de esta regla empírica resulta, en la mayoría de los casos, una simplificación del concepto de costo, porque los valores reales del factor (“n”) debido a la capacidad varían desde menos de 0.2 hasta más de 1.0 dependiendo del tipo de equipo. Por este motivo, el factor 0.6 sólo debe ser utilizado en ausencia de toda otra información, además de tener cuidado de que los equipos sean similares con respecto al:

⁸ R. Williams, Chem. Eng. 54 (12): 124(1947).

- Tipo de fabricación,
- Materiales de construcción,
- Intervalos y límites de temperatura y presión en que operan y otras variables pertinentes.

Iniciamos este estimado de costo, del equipo principal e instrumentación a partir de la planta original. El factor “n”, que es la pendiente de la recta de los diferentes equipos, se considera los factores reales sobre la base de la información obtenida del PEP.

Estimado de Costo de la Planta de PBD

Para desarrollar el cálculo del costo del equipo principal, se usará como referencia el costo de una planta de Polietileno de Baja Densidad (PBD), con una capacidad de 100,000 Ton/Año por método de Reactor Tubular, construida en el año de 1980 con la tecnología **Lenney of Koppers Co.**, obteniendo los datos de esta planta Process Economics Program (PEP).

La planta que se requiere es de capacidad de 50,000 ton/año para ser construida en el año 2010. Con el fin de adaptar los costos de inversión de la planta de referencia a la capacidad de producción requerida, se emplea la regla de los seis décimos, cuyo exponente de escalamiento se obtuvieron de la misma fuente⁹. En cuanto a la actualización del costo, es necesario emplear los índices de Nelson & Farrar¹⁰, debido a que es una planta derivado del petróleo, además es lo recomendable para actualizar costos de equipo.

Para actualizar los costos se hace uso de la siguiente ecuación:

Ecuación No. 3 Actualización de costo a una fecha y capacidad de interés

$$C_2 = C_1 \times \left(\frac{Q_2}{Q_1} \right)^n \left(\frac{I_2}{I_1} \right)$$

Donde:

C_2 = Costo de la planta requerida.

C_1 = Costo de la planta de referencia.

Q_2 = Capacidad de la planta requerida.

Q_1 = Capacidad de la planta de referencia.

n = Exponente típico.

I_2 = Índice Nelson – Farrar año requerido.

I_1 = Índice Nelson – Farrar año referencia (1980).

⁹ SRI. International. Process Economic Program, PEP Review 80-PLD. Menlo Park, California (U.S.A.).

¹⁰ Oil & Gas Journal / Aug. 7, 2010. p. 67.

Desarrollo del objetivo 1.

Tomando como base las premisas siguientes, se estimara el costo de inversión de la planta de polietileno de baja densidad (PBD), mediante el uso de la ecuación 3.

Premisas:

- Planta: 100,000 ton/año
- Inversión: \$ 10,945,500.00
- Año: 1980
- Localización: Costas del Golfo
- Tipo de cambio: 13 \$/dólar
- Exponente típico por planta: $n= 0.6$
- Indices de escalación: Chemical Engineering plant cost index (CEPCI).

Se requiere:

- Planta : 50,000 ton/año
- Año: 2010 (2° semestre del 2010)
- Localización: Coatzacoalcos, Veracruz.

SUSTITUCIÓN DE VALORES EN LA ECUACIÓN NO. 3

Con el uso de la ecuación no. 3 tenemos lo siguiente; el costo de la planta en el año 1980 (C1) se obtiene de los datos del PEP, a este costo le corresponde la capacidad de 100,000 ton/año (Q1), para la planta nueva se requiere una capacidad de 50,000 ton/año (Q2), para realizar este ajuste de capacidades es necesario el exponente típico por tipo de planta (n), en este caso para la planta de polietileno de baja densidad es de 0.6, este exponente al igual que los índices (I1) e (I2), se obtuvieron de la revista **“Chemical Engineering”** (Chemical Engineering Plant Cost Index (CEPCI)).

Valores para sustituir en ecuación 3:

C1= 34.28 Millones de Dólares

Q1= 100,000 ton/año

Q2 = 50,000 ton/año

I1= 292.1 (Index CEPCI).

I2 = 508.9 (Index CEPCI).

Sustitución de valores en Ecuación No 3

$$C_2 = 34.28 \times \left(\frac{50}{100} \right)^{0.6} \left(\frac{508.9}{292.1} \right)$$

Con lo que tenemos el siguiente estimado de costo de la planta de PBD:

Costo de la planta: \$ 39.40 millones de dólares

El estimado de costo de la planta de PBD, es de \$ 39.40 millones de dólares, como se notara es un estimado que en bruto, en comparación con los estimados que se irán desarrollando posteriormente.

Desarrollo del objetivo 2

COSTOS POR FAMILIAS DE EQUIPO DE LA PLANTA (PBD)

El procedimiento para obtener el costo de los equipos de la planta de 50,000 ton/año, se indica a continuación:

1. Obtener el costo por familias de equipo de la planta de referencia (100,000 ton/año), columna 3 de la Tabla 2.
2. Obtener los exponentes típicos (n) de los equipos; estos se obtendrán de la fuente Process Economics Program (PEP). Columna 4 y 5 de la tabla 2.
3. Obtener los índices Nelson-Farrar para el año de 1980 y 2010 por familia de equipo, estos índices se obtienen de la revista Oil & Gas Journal correspondientes a cada equipo, columna 6 y 7.
4. Obtener el costo de cada familia de equipo de la planta de 50,000 ton/año, para ello se aplica la Ecuación 2, el resultado se encuentra en la columna 8, de la tabla 2.
5. Obtener el "factor de tipo de material" de cada familia de equipo este se encuentra en la columna 9 de la tabla 2.
6. Para obtener el costo del equipo base en acero al carbón se multiplica el costo de la columna 8 por el factor del tipo de material (columna 9), el resultado de esta operación se encuentra en la columna 10 de la tabla 2.
7. Obtener el factor estadístico de instalación para cada familia de equipo, estos factores se encuentran, en la columna 11 de la tabla 2.
8. El costo obtenido columna 10 también es llamado costo de suministro, que al ser multiplicado por el factor estadístico de instalación por tipo de equipo (columna 11), se obtiene el costo de instalación del equipo. El factor estadístico de instalación se obtiene de fuentes especializadas. Los resultados de este procedimiento se muestran en la tabla 4.

Tabla No. 2 " Estimado de costo de orden de magnitud"

1	2	3	Exponentes de Capacidad (PEP)		Indices Nelson-Farrar		8	9	10	11	12
			4	5	6	7					
EQUIPOS	Características del equipo	Costo de 100,000 ton/año año 1980	Mayor (n) (a)	Menor (n) (b)	1980 (a)	2010 (b)	Costo de 50,000 ton/año año 2010	Factor de Materiales	Costo de equipo de acero al carbón año 2010 (suministros)	Factor estadístico de instalación	Instalación
REACTORES	Inox 304/SA-516-70	\$ 875,000.00	0.8	0.8	578.1	1238.7	\$ 1,076,830.19	1.560	\$ 1,679,855.10	14%	\$ 235,179.71
RECIPIENTES Y TANQUES	Acero al carbón 304	\$ 1,071,300.00	0.64	0.54	578.1	1238.7	\$ 1,473,041.82	1.70	\$ 2,504,171.09	12%	\$ 300,500.53
CAMBIADORES DE CALOR	Tubos y coraza: Inox 304/SA516-70	\$ 2,162,100.00	0.95	0.68	618.7	1253.8	\$ 2,268,012.43	1.560	\$ 3,538,099.39	12%	\$ 424,571.93
COMPRESORES	Acero al carbón	\$ 3,430,000.00	0.73	0.73	777.3	2013.8	\$ 5,357,595.14	1.0	\$ 5,357,595.14	14%	\$ 750,063.32
BOMBAS	SS.Carcasa, Internos e Impulsor: Acero al carbón, Flecha .AISI4140	\$ 151,300.00	0.52	0.44	777.3	2013.8	\$ 273,357.50	0.974	\$ 266,250.21	14%	\$ 37,275.03
EQUIPOS MISCELANEOS	Acero al arbon	\$ 3,253,800.00	0.93	0.8	578.1	1238.7	\$ 3,661,533.32	1.0	\$ 3,661,533.32	12%	\$ 439,384.00
TOTAL		\$ 10,945,500.00					\$ 14,110,370.41		\$ 17,007,504.26		\$ 2,186,974.52

Tabla 2

La tabla 2, muestra los costos de las familias de equipos principales que cuenta la planta de polietileno de baja densidad (PBD), estos costos están actualizados en el tiempo y capacidad requerida para el proyecto. Con el costo de los equipos actualizados se calcula el costo de la planta de PBD, tomando en cuenta los "Factores de conceptos de inversión de plantas de proceso" estos factores se muestran en la tabla 3.

Tabla No. 3 "Factores de conceptos de inversión de plantas de proceso"

CONCEPTO	% CON RESPECTO A LA INVERSIÓN.	% CON RESPECTO AL COSTO DEL EQUIPO
Equipo	34	100
Material	26	76.47
Partes de repuesto	2.5	7.35
Fletes	3	8.82
Construcción	22	64.71
Ingeniería	6.5	19.12
Pruebas y arranque	0.7	2.06
Entrenamiento	0.3	0.88
Administración	5	14.71
Total	100	294.12

Tabla 3

En la tabla 2, columna 8 se encuentra el costo del equipo principal de la planta de PBD, este costo es de \$ 14, 110,370.41 dólares. Este costo se multiplica por cada uno de los conceptos y su respectivo porcentaje, que se muestran en la tabla 3, de esta forma obtenemos el costo de cada uno de estos conceptos y la suma total de estos conceptos es el costo de la planta de PBD, el resultado se muestra en la tabla 4.

Tabla No. 4 "Costo de la planta PBD"

CONCEPTO	% CON RESPECTO AL COSTO DEL EQUIPO
Equipo	\$ 14,110,370.41
Material	\$ 10,790,200.25
Partes de repuesto	\$ 1,037,112.23
Fletes	\$ 1,244,534.67
Construcción	\$ 9,130,820.69
Ingeniería	\$ 2,697,902.82
Pruebas y arranque	\$ 290,673.63
Entrenamiento	\$ 124,171.26
Administración	\$ 2,075,635.49
Total	\$ 41,501,421.45

Costo de planta: \$ 41.5 millones de dólares

El costo total de la planta de PBD es de \$ 41, 501, 421.45 dólares. Al comparar los costos de la planta de PBD del objetivo 1 y 2, notamos una diferencia de costo de 2.1 millones de dólares es debido a que en el objetivo 2 "estimado por costo de equipo", lo realiza con mayor detalle; en este estimado se hizo uso de capacidad de equipo, exponentes de capacidad de equipo, tipo de material del equipo, etc., es decir conforme se cuente con información más detallada el estimado de costo es de mejor calidad, por lo que debemos esperar un estimado de costo de mayor calidad en los capítulos siguientes, es decir el estimado de costo se irá acercando más al costo real de la planta de PBD.

En el siguiente capítulo se realiza el cálculo de la planta de PBD con el costo de inversión de la planta de 50,000 ton/año aplicando **porcentajes estadísticos de conceptos de inversión** para plantas de proceso y posteriormente se hará uso de métodos modulares existentes en la bibliografía, tomando como base el costo total por familia de equipos, actualizado al segundo semestre de 2010. Los métodos modulares que se aplican son los siguientes:

- Método estadístico de conceptos de inversión
- Método de Guthrie.
- Método de Lang.
- Método de porcentajes por tipo de proceso.
- Desglose típico de costo de proyectos de inversión.
- Método Chilton.

2.2 ESTIMADO DE COSTO MODULAR

OBJETIVOS:

1. Obtener el estimado de costo, de la planta PBD con respecto al porcentaje de inversión, haciendo uso de la tabla 3 y partiendo del estimado de costo del equipo calculado en la tabla 2.
2. Obtener el estimado de costo de la planta de PBD en base a H-H por familia de equipo mayor, tomando como base los datos del PEP (Process Economics Program), de la planta de Polietileno de Baja Densidad.
3. Obtener el estimado de costo de inversión de la planta de 50,000 ton/año aplicando diferentes métodos modulares para plantas de proceso, tomando como base el costo total por familias de equipos, actualizado al segundo semestre de 2010. Los métodos que se aplican son:
 - Método estadístico de conceptos de inversión
 - Método de Guthrie.
 - Método de Lang.
 - Método de porcentajes por tipo de proceso.
 - Desglose típico de costo de proyectos de inversión.
 - Método Chilton.

En el anexo "No. 1", muestran la metodología para obtener el estimado de costo a partir de los métodos modulares antes mencionados.

ALCANCE:

Este tipo de estimado, es conocido como estimado de estudio o preliminar, se realiza cuando la ingeniería tiene un avance del 10%, a pesar de que tiene un porcentaje de confiabilidad de +/- 20%, sigue siendo un estimado.

Los costos de las construcciones industriales son de cotizaciones o de estimaciones de acuerdo al tipo de construcción y tamaño, el equipo se estima vía correlación o por cotización solicitada al proveedor.

Por tal razón el costo directo total del proyecto se obtendrá de información propia disponible llamada "In House", en este caso de la tecnología de **Lenney of Koppers Co.**, esta planta fue construida en el año de 1980 con una capacidad de 100,000 ton/año por lo que contamos con el equipo, material de construcción de equipo, su costo calculado con sus respectivos exponentes de capacidad, cálculo realizado en el capítulo anterior.

La mayor parte de las autorizaciones para desarrollar un proyecto es a partir de este tipo de estimado. Como anteriormente se menciona el tipo de estimado a desarrollar depende del alcance y el tiempo asignado para su preparación. Entre mayor sea el tiempo designado para su preparación el estimado es de mejor calidad y de mayor confiabilidad, por esta razón el caso del estimado definitivo que se desarrolla en el capítulo siguiente es el más costoso y confiable.

El estimado modular, no es demasiado caro comparado con un estimado definitivo, teniendo como ventaja en el estimado modular la confiabilidad de su resultado y sobre todo no se lleva demasiado tiempo en desarrollarlo comparado con el estimado definitivo.

Para desarrollar el estimado modular, se parte del estimado de orden de magnitud debido a que este estimado se obtuvo a partir de una fuente de información confiable en este caso el PEP (Process Economics Program), esta fuente proporciona la cantidad y tamaño del equipo necesario para esta planta, para el desarrollo del primer objetivo se toma como base la información de la tabla 2, columna 10, este es el costo del equipo con suministros, este costo será la base para realizar el estimado de costo de inversión.

En el desarrollo del segundo objetivo es necesario contar con la **lista de equipo de la planta de PBD** esta información se obtiene de la fuente confiable (PEP); con esta información se asigna una cantidad de H-H estándar a cada equipo que participa en la planta.

Sobre la base de la tabla 19, es necesario especificar si el equipo es único o cuenta con varios equipos similares, es decir del mismo tamaño y material. En el caso que tenga equipos similares se le asignará una cantidad de H-H menor comparado si el equipo fuera único, tal como lo especifica la tabla 19.

Posteriormente con las H-H bien especificada de cada familia de equipo, se le asigna el costo estándar de H-H para este caso es de \$30.00 dólares /H-H, de esta forma obtenemos el costo de ingeniería de la planta. Para obtener el costo total de la planta por este método es necesario hacer uso del resultado del objetivo 1, a este costo se le adiciona un nuevo costo de ingeniería y así se obtiene el costo total de la planta.

Para el desarrollo del objetivo 3 nuevamente se toma como base el estimado de costo de orden de magnitud obtenido en el capítulo 1, en la tabla 2, columna 8, con este estimado de costo se desarrollan los métodos modulares que se propusieron en este objetivo.

El estimado modular es de suma importancia, ya que con él se toma la decisión de realizar el proyecto de inversión.

Desarrollo del objetivo 1

(Estimado de costo, de la planta PBD con respecto al porcentaje de inversión)

Partimos del estimado de orden de magnitud, en la tabla 2, columna 10 se encuentra el estimado de costo del equipo, este estimado es la base para desarrollar este objetivo.

Procedimiento para obtener el Costo de Suministro e Instalación de Materiales:

1. La tabla 5, muestra los factores de costos de suministro de materiales, para obtener el costo de suministro de materiales; es necesario multiplicar estos factores por el costo correspondiente a cada familia de equipo, este costo se encuentra en la tabla 2, columna 10. Por ejemplo el valor de reactores (\$ 1'679, 855,10) se multiplica por el factor de suministro de materiales de la tabla 5, tubería, concreto, acero, instrumentos, eléctrico, aislamiento y pintura, se encuentra en la tabla 6, el resultado de estas operaciones.

Se observa también en los factores de suministro de materiales, que gran parte del costo de suministros se distribuye en tubería para el equipo.

Tabla No. 5 "Factores de costo para estimar el costo de suministro de materiales"

EQUIPO	FACTORES DE SUMINISTRO DE MATERIALES							TOTAL
	TUBERIA	CONCRETO	ACERO	INSTRUMENTOS	ELÉCTRICO	AISLAMIENTO	PINTURA	
REACTORES	59.40%	9.80%	7.80%	11.40%	4.90%	8.00%	1.30%	
RECIPIENTES Y TANQUES	59.40%	9.80%	7.80%	11.40%	4.90%	8.00%	1.30%	
CAMBIADORES DE CALOR	44.70%	5.00%	3.00%	10.00%	2.00%	4.70%	0.50%	
COMPRESORES	14.10%	4.30%		1.30%	6.80%	0.50%		
BOMBAS	29.30%	3.90%		2.90%	30.30%	2.80%	0.80%	
EQUIPOS MISCELANEOS	29.30%	3.90%		2.90%	30.30%	2.80%	0.80%	

Tabla 5

Tabla No. 6 "Costo de suministro de materiales"

EQUIPO	COSTO DE SUMINISTRO DE MATERIALES							
	TUBERIA	CONCRETO	ACERO	INSTRUMENTOS	ELÉCTRICO	AISLAMIENTO	PINTURA	TOTAL
REACTORES	\$ 997,833.93	\$ 164,625.80	\$ 131,028.70	\$ 191,503.48	\$ 82,312.90	\$ 134,388.41	\$ 21,838.12	\$ 1,723,531.34
RECIPIENTES Y TANQUES	\$ 874,986.84	\$ 144,358.10	\$ 114,897.26	\$ 285,475.50	\$ 72,179.05	\$ 117,843.35	\$ 19,149.54	\$ 1,628,889.64
CAMBIADORES DE CALOR	\$ 1,581,530.43	\$ 176,904.97	\$ 106,142.98	\$ 353,809.94	\$ 70,761.99	\$ 166,290.67	\$ 17,690.50	\$ 2,473,131.47
COMPRESORES	\$ 755,420.91	\$ 230,376.59	\$ -	\$ 69,648.74	\$ 364,316.47	\$ 26,787.98	\$ -	\$ 1,446,550.69
BOMBAS	\$ 78,011.31	\$ 10,383.76	\$ -	\$ 7,721.26	\$ 80,673.81	\$ 7,455.01	\$ 2,130.00	\$ 186,375.15
EQUIPOS MISCELANEOS	\$ 1,072,829.26	\$ 142,799.80	\$ -	\$ 106,184.47	\$ 1,109,444.60	\$ 102,522.93	\$ 29,292.27	\$ 2,563,073.33

Tabla 6

- Para obtener el costo de instalación de los materiales, se hace uso del costo de suministro de materiales de cada familia de equipo en tubería, concreto, acero, instrumentos, eléctrico, aislamiento y pintura, este resultado se encuentra en la tabla 6, posteriormente este resultado se multiplica por el factor correspondiente que muestra la tabla 7. Ejemplo el costo total de reactores (\$ 1'723, 531.34) lo multiplicamos por 70% tubería, 70% concreto, etc., así sucesivamente para cada factor de la tabla 7, el resultado de cada familia de equipo se encuentra en la tabla 8, costo de instalación del material por cada familia de equipo.

Tabla No. 7 "Factores de instalación de materiales"

MATERIAL	FACTORES DE INSTALACIÓN
TUBERIA	70.00%
CONCRETO	70.00%
ACERO	60.00%
INSTRUMENTOS	70.00%
ELECTRICO	50.00%
AISLAMIENTO	60.00%
PINTURA	90.00%

Tabla 7

Tabla No. 8 "Costo de instalación de materiales"

EQUIPO	COSTO DE INSTALACIÓN DE MATERIALES							
	TUBERIA	CONCRETO	ACERO	INSTRUMENTOS	ELÉCTRICO	AISLAMIENTO	PINTURA	TOTAL
REACTORES	\$ 698,483.75	\$ 115,238.06	\$ 78,617.22	\$ 134,052.44	\$ 41,156.45	\$ 80,633.04	\$ 19,654.30	\$ 1,167,835.27
RECIPIENTES Y TANQUES	\$ 612,490.79	\$ 101,050.67	\$ 68,938.36	\$ 117,548.74	\$ 36,089.52	\$ 70,706.01	\$ 17,234.59	\$ 1,024,058.67
CAMBIADORES DE CALOR	\$ 1,107,071.30	\$ 123,833.48	\$ 63,685.79	\$ 247,666.96	\$ 35,380.99	\$ 99,774.40	\$ 15,921.45	\$ 1,693,334.37
COMPRESORES	\$ 528,794.64	\$ 161,263.61	\$ -	\$ 48,754.12	\$ 182,158.23	\$ 16,072.79	\$ -	\$ 937,043.39
BOMBAS	\$ 54,607.92	\$ 7,268.63	\$ -	\$ 5,404.88	\$ 40,336.91	\$ 4,473.00	\$ 1,917.00	\$ 114,008.34
EQUIPOS MISCELANEOS	\$ 750,980.48	\$ 99,959.86	\$ -	\$ 74,329.13	\$ 554,722.30	\$ 61,513.76	\$ 26,363.04	\$ 1,567,868.57

Tabla 8

- El resumen de costo de materiales se muestra en la tabla 9 "Resumen de costo de suministro e instalación de materiales".

Tabla No. 9 "Resumen de costo de suministro e instalación de material"

EQUIPO	SUMINISTRO	INSTALACIÓN
REACTORES	\$ 1,723,531.34	\$ 1,167,835.27
RECIPIENTES Y TANQUES	\$ 1,511,340.90	\$ 1,024,058.67
CAMBIADORES DE CALOR	\$ 2,473,131.47	\$ 1,693,334.37
COMPRESORES	\$ 1,446,550.69	\$ 937,043.39
BOMBAS	\$ 186,375.15	\$ 114,008.34
EQUIPOS MISCELANEOS	\$ 2,563,073.33	\$ 1,567,868.57
TOTAL	\$ 9,904,002.88	\$ 6,504,148.61

Tabla 9

Procedimiento para obtener el estimado de costo por conceptos de inversión:

Procedimiento para obtener el estimado de costo por concepto de inversión se realiza mediante los siguientes pasos:

- Equipo (A); es el costo del equipo, se encuentra en la tabla 2, columna 10.
- Material (B); es el costo de suministro total de los materiales (tubería, concreto, acero, eléctrico, instrumentación, aislamiento y pintura). Suma total de suministros (\$ 9'904, 002.88), se muestra en la tabla 9.
- Construcción (C + D); el valor de (C) se muestra en la tabla 2, columna 12 este es de (\$ 2, 186,974.52) y el valor de (D) es el valor de instalación que se obtiene de la tabla 9, (\$ 6'504, 148.61).
- Para obtener la inversión total de la planta, hay que estimar el costo de ingeniería, administración, entrenamiento, pruebas y arranque para estimar estos rubros, se deben aplicar factores de conceptos de inversión de plantas de procesos, estos factores se pueden considerar ya sea como un **porcentaje con respecto a la inversión** o como un **porcentaje con respecto al costo del equipo**, tal como lo muestra la tabla 3. En este caso se realiza **con respecto al costo del equipo**. El resultado de este estimado lo muestra la tabla 10. Ejemplo para **Ingeniería** se multiplica el costo de materiales (\$ 9'904, 002.88) por porcentaje de ingeniería (19.12%) el resultado es \$ 1'893, 645.35, este resultado se muestra en la tabla 10, para el cálculo de los otros rubros el procedimiento es similar, se realiza con

respecto al costo de materiales. Es decir el costo del material (\$ 9'904, 002.88) se multiplica por porcentaje que le corresponde a administración, entrenamiento y pruebas y arranque.

Tabla No. 10"Estimado de inversión fija"

ESTIMADO DE INVERSIÓN FIJA (MILES DE US DÓLARES)

PROYECTO: Planta de polietileno de baja densidad(PBD), con tecnología de Reactor tubular a alta presión.
CAPACIDAD: 50, 000 ton/año
LOCALIZACIÓN: Coatzacoalco, Veracruz.

CONCEPTO	EN US DÓLARES
EQUIPO (A)	\$ 17,007,504.26
MATERIALES (B)	\$ 9,904,002.88
CONSTRUCCIÓN (C+D)	\$ 8,691,123.13
INDIRECTOS DE CONSTRUCCIÓN (34% de C+D)	\$ 2,954,981.86
INGENIERÍA	\$ 1,893,645.35
ADMINISTRACIÓN	\$ 1,456,878.82
ENTRENAMIENTO	\$ 87,155.23
PRUEBAS Y ARRANQUE	\$ 204,022.46
TOTAL	\$ 42,199,313.98

Para el cálculo de la tabla 11 se realiza el cálculo considerando el porcentaje con respecto a la inversión para ello se considera los siguientes rubros:

- ✓ Equipo
- ✓ Materiales
- ✓ Partes de repuesto
- ✓ Fletes
- ✓ Construcción
- ✓ Ingeniería
- ✓ Pruebas y arranque
- ✓ Entrenamiento
- ✓ Administración.

Los rubros anteriores están plasmados en la tabla 3, para el cálculo de la tabla 11 se toma en cuenta los porcentajes de los rubros anteriormente mencionados **con respecto a la inversión** y se multiplican por el costo de la planta costo obtenido de la tabla 10 (\$ 42'199, 313.98). Ejemplo se multiplica (\$ 42'199, 313.98) por (0.34) el resultado es (\$ 14'347, 766.75), para los siguientes rubros el cálculo es similar, el resultado se encuentra en tabla 11.

Tabla No. 3 "Factores de conceptos de inversión de plantas de proceso"

CONCEPTO	% CON RESPECTO A LA INVERSIÓN.	% CON RESPECTO AL COSTO DEL EQUIPO
Equipo	34	100
Material	26	76.47
Partes de repuesto	2.5	7.35
Fletes	3	8.82
Construcción	22	64.71
Ingeniería	6.5	19.12
Pruebas y arranque	0.7	2.06
Entrenamiento	0.3	0.88
Administración	5	14.71
Total	100	294.12

Tabla 3

Tabla No.11 "Estimado de inversión de la planta de (PBD)"

CONCEPTO	COSTO DE PLANTA % CON RESPECTO A LA INVERSIÓN
EQUIPO	\$ 14,347,766.75
MATERIALES	\$ 10,971,821.63
PARTES DE REPUESTOS	\$ 1,054,982.85
FLETES	\$ 1,265,979.42
CONSTRUCCIÓN	\$ 9,283,849.07
INGENIERÍA	\$ 2,742,955.41
PRUEBAS Y ARRANQUE	\$ 295,395.20
ENTRENAMIENTO	\$ 126,597.94
ADMINISTRACIÓN	\$ 2,109,965.70
TOTAL	\$ 42,199,313.98

Desarrollo del objetivo 2

(Estimado modular de costo de la planta de PBD en base a H-H por cada familia de equipo mayor)

Para este estimado se realiza una breve descripción de lo necesario para desarrollarlo:

- Se desarrolla el estimado en base al porcentaje de costo del equipo mayor.
- Se requiere una base de datos confiable.
- Este estimado se realiza después de la selección del proceso y diseño conceptual
- Es necesario contar con:
 - Diagrama de flujo de proceso
 - Balance de materia y energía
 - Servicios generales
 - Plano de localización general
 - Lista de equipo (documento clave para el desarrollo de este objetivo).
 - Plan del proyecto

Al desarrollar este estimado se obtiene lo siguiente:

- Un estimado confiable para que los participantes claves (stakeholder) del proyecto, tomen la decisión de invertir en el proyecto.
- Un estimado con exactitud probable de +/- 20%.

Este tipo de estimado es muy importante en los desarrollos de proyectos de inversión ya que se toma la decisión de realizar el proyecto.

Para el desarrollo de este estimado es necesario contar con la lista de equipo de la planta de polietileno de baja densidad (PBD), mediante el proceso de Reactor Tubular, a continuación se muestra la lista de equipo necesario del proyecto:

Para tener un panorama de la importancia del equipo que conforma la planta de polietileno de baja densidad, se realizara una breve descripción del diagrama de proceso de la planta.

DESCRIPCIÓN DEL DIAGRAMA DE PROCESO DE LA PLANTA DE POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD.

El diagrama de flujo de proceso consiste de dos secciones principales:

1. Polimerización y recuperación de polímero.
2. Final y almacenaje.

La lista del equipo se desglosa en las tablas; de la tabla 12 a la tabla 18.

Se alimenta con Etileno fresco al compresor multiservicio a una presión de 200-300 kg/cm², a este compresor entre también etileno reciclado a baja presión y una cadena de agente de transferencia. A la mezcla que sale de este compresor se le adiciona oxígeno y etileno reciclado que llega de una presión intermedia, este gas se comprime a una presión de operación final de 2000-2600 kg/cm² en el hipercompresor. Esta mezcla que sale de este hipercompresor se mezcla con peróxido y la mezcla alimenta al rector tubular, el peróxido es un tipo de iniciador en la reacción que se llevara a cabo en el reactor.

La recuperación del calor de reacción, en forma vapor de baja presión se recibe en límite de batería.

La mezcla de polímero – etileno se expande a través de una válvula especial permitiendo la separación de polímero del etileno que no reacciono. Posteriormente el enfriador, purifica al polímero de peso molecular bajo cera (waxes) y el resto es reciclado a la succión del hipercompresor. El polietileno es mandado a expandirse a baja presión hasta liberar de etileno hasta disolverlo.

El gas liberado es enfriado, purificado de la cera (waxes), una parte se purga para prevenir el crecimiento de contaminantes y lo recicla a la succión del compresor multiservicio.

El polímero es pellitizado en un extrusor convencional de pellitizado, ha este se le adiciona en el extrusor un antioxidante y se desliza esta preparación con el uso de bombas. El polímero pellets es secado y recolectado en un silo de análisis donde el producto es analizado. Después del análisis el polímero se mezcla en un mezclador de gravedad y posteriormente se transporta en forma neumática a la sección de empaquetamiento y por ultimo al almacén.

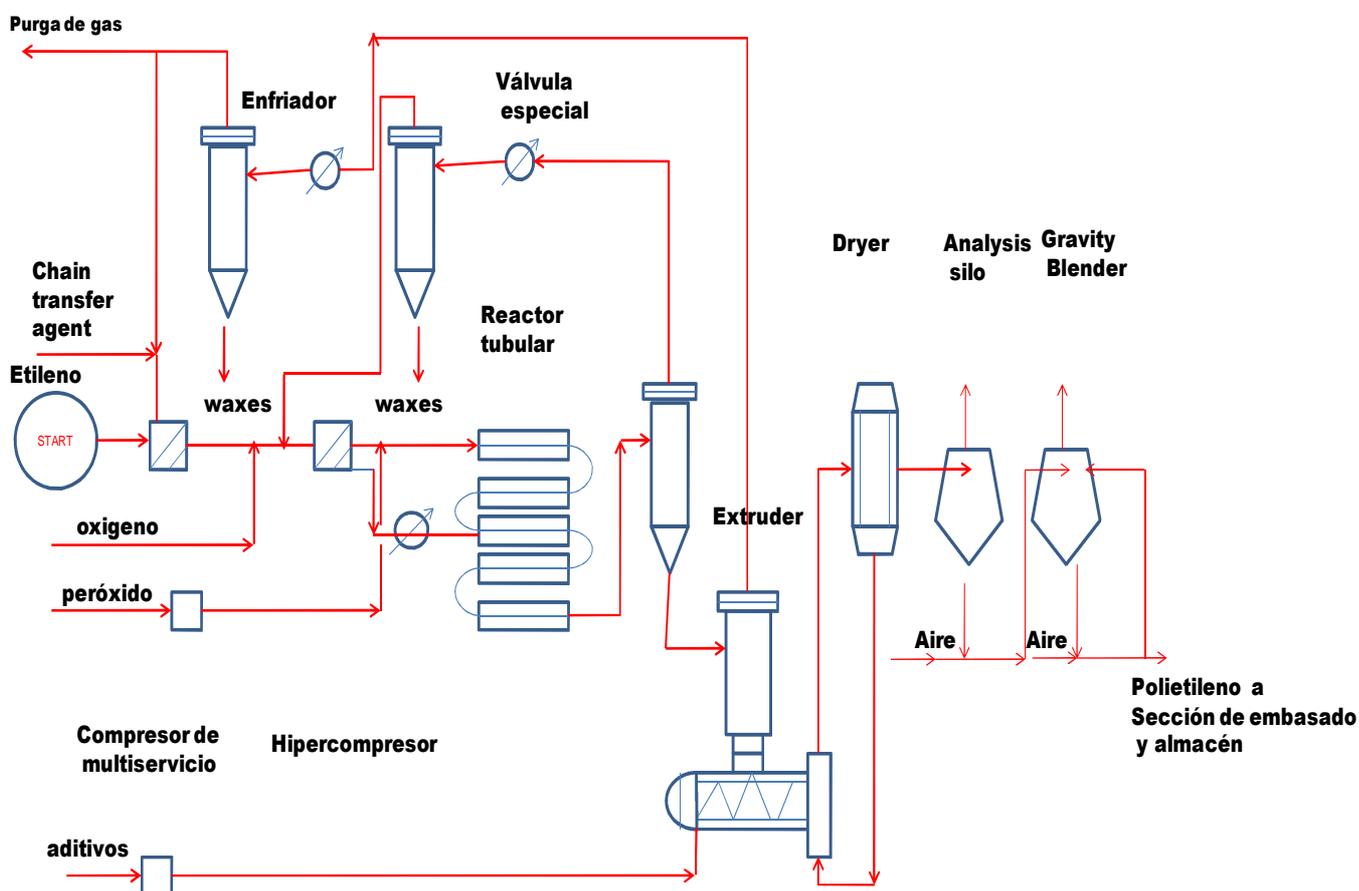


Figura del proceso de PBD.

LISTA DE EQUIPO

Reactores

ID	Descripción	Unidades	Tamaño (ft ²)	Material de construcción		
				Coraza	Tubos	
R-101 A,B,C,D	Reactor Tubular de Polietileno	4	368	Acero	Acero	

Tabla 12

En base al diagrama de proceso de la planta de polietileno de baja densidad, se observa el equipo central del proceso son los compresores y el reactor tubular. Los compresores son importantes pues envían la materia prima a las presiones adecuadas al reactor tubular donde se lleva a cabo la reacción, para la obtención del polietileno. Especificaciones Reactor y compresor para planta piloto de 24,000 ton/año: Presión: 35,000 psig, temperatura: 225°C, Iniciador: 8 ppm en peso de gas frío, tiempo de residencia: 30 segundos, conversión: 13%. Los reactores son recipientes en forma vertical y estrecho.

Compresores

ID	Descripción	Unidades	Potencia Motor Hp	Material de construcción	Observaciones
K-101	Precompresor	1	3600	Hierro Forjado y Acero	5 Etapas, con cilindros verticales de doble acción de la 1a a la 3a, cilindros sellos para etapa 4 y 5, motor electrico
K-102	Precompresor	1	3600	Hierro Forjado y Acero	5 Etapas, con cilindros verticales de doble acción de la 1a a la 3a, cilindros sellos para etapa 4 y 5, motor electrico
K-103	Hiper Compresor	1	7700	Aleacionde Acero forjada en caliente con recubirimientos de carburo de tugsteno	Una etapa horizontal, con 6 cilindros en paraleleo, transmisión hidrulica de motor electrico
K-104	Hiper Compresor	1	3600	Aleacionde Acero forjada en caliente con recubirimientos de carburo de tugsteno	Dos etapas, con motor Electrico

Tabla 13

Los reactores de tipo tubular y compresores, muestran en las **tablas 12 y 13**, algunas de sus especificaciones principales, estas son necesarias para afinar el costo de cada equipo y para el diseño del mismo.

En el Capítulo 2.1, se desarrollo el estimado de Orden de Magnitud, este estimado hace uso de indicadores para saber el costo de la planta sin ninguna otra consideración, el desarrollo de este estimado se realiza sobre la base del equipo, considerando el tamaño y material, para realizar este estimado, se hará uso de especificaciones de los equipos, tal como se muestran en las tablas de la 12 a la 18.

Este estimado es más caro que el estimado de orden de magnitud debido a que es necesario realizar hojas de datos de cada equipo, es necesario realizar ingeniería básica e invertir más tiempo en su desarrollo, es la razón por lo que este tipo de estimado se vuelve caro en comparación del estimado de orden de magnitud, pero a cambio se obtiene un estimado de mayor calidad. No es alcance de este trabajo desarrollar las hojas de datos de los equipos.

Las hojas de datos de los diferentes equipos que muestra el P.E.P, están hechas sobre la base de hojas de datos estándares. Tomando como ejemplo las hojas de datos de los intercambiadores de calor, se desarrollan bajo los estándares del TEMA (Standards of the Tubular Exchanger Manufacturers Association).

Intercambiadores de Calor

ID	Descripción	Unidades	Tamaño (ft ²)	Material de construcción		Carga Térmica MMBTU/hr
				Coraza	Tubos	
E-101-1	Enfriador del precompresor	1	160	Acero	Acero	1.96
E-101-2	Enfriador del precompresor	1	1040	Acero	Acero	1.96
E-101-3	Enfriador del precompresor	1	780	Acero	Acero	1.96
E-101-4	Enfriador del precompresor	1	625	Acero	Acero	1.96
E-101-5	Postenfriador del precompresor	1	625	Acero	Acero	1.96
E-102-1	Enfriador del compresor	1	250	Acero	Acero	0.96
E-102-2	Postenfriador del compresor	1	250	Acero	Acero	0.96
E-103-1	Enfriador del precompresor	1	1560	Acero	Acero	2.18
E-103-2	Enfriador del precompresor	1	1040	Acero	Acero	2.18
E-103-3	Enfriador del precompresor	1	780	Acero	Acero	2.18
E-103-4	Enfriador del precompresor	1	625	Acero	Acero	2.18
E-103-5	Postenfriador del precompresor	1	625	Acero	Acero	2.18
E-104 A,B,C,D	Pre calentador del reactor	4	184	Acero	Acero	2.16
E-105 A,B,C,D	Condensador tipo Soloaire	4	348	Acero	Acero	6.4
E-106 A,B,C,D	Condensador	4	445	Acero	Acero	1.88
E-107 A,B,C,D	Condensador tipo Soloaire	4	348	Acero	Acero	6.4
E-108 A,B,C,D	Condensador	4	445	Acero	Acero	1.88
E-109	Enfriador de Gas	1	4050	Acero	Acero	4.45
E-110	Enfriador de Gas	1	2380	Acero	Acero	1.72

Tabla 14

La **tabla 14**, muestra las especificaciones de los enfriadores, condensadores y precalentadores, equipo importante para la obtención del polietileno, ya que en el enfriamiento se obtiene el polímero. En las tablas 12, 13, 14, 15, 16, 17 y 18, encontramos el equipo de la planta, las especificaciones de cada equipo se obtienen del diagrama de flujo de procesos, balance de materia y energía y la descripción del proceso.

Todas las especificaciones del equipo de la planta fueron obtenidas del PEP, de aquí la importancia de contar con información confiable y ofrecer estimados de calidad.

Recipientes y tanques

ID	Descripción	Unidades	Material	Tamaño		Capacidad
				Diametro	Altura	
V-101 A,B,C,D	Mezclador Estatico	4	Acero	3 in	6 ft	
V-102 A,B,C,D	Mezclador Estatico	4	Acero	3 in	6 ft	
V-103 A,B,C,D	Mezclador Estatico	4	Acero	3 in	6 ft	
V-104 A,B,C,D	Tanque separador de alta presión	4	Acero	3' 6"	15 ft	1170 gal
V-105 A,B,C,D	Tanque separador de baja presión	4	Acero	2' 6"	8 ft	315 gal
V-106 A,B,C,D	Tanque colector caliente	4	Acero	3' 6"	27 ft	2000 gal
V-107	Tanque colector frio	1	Acero	5'	20 ft	3130 gal
V-108	Tanque de Butano	1	Acero			9600 gal
V-109	Tanque Amortiguador	1	Acero	3' 6"	9 ft	690 gal
V-110	Tanque Amortiguador	1	Acero			110000 gal
V-111	Tanque Amortiguador	1	Acero			120000 gal
T-101	Tanque de solución del Iniciador	1	Acero			50 gal
T-102	Tanque de solución del Iniciador	4	Acero			50 gal
T-103	Tanque de solución del Iniciador	4	Acero			100 gal
T-11A	Tanque de Antioxidante	1	Acero			Pendiente
T-12A	Tanque de Agua	1	Acero			Pendiente
S-7	Separador de Pellets	1	Acero			Pendiente
S-8	Separador de Pellets	1	Acero			Pendiente
S-9	Separador de Pellets	1	Acero			Pendiente
S-10	Separador de Pellets	1	Acero			Pendiente
S-11	Separador de Pellets	1	Acero			Pendiente

Tabla 15

En las **tablas 15, 16, 17 y 18** hay equipos llamados misceláneos esta clase de equipos son específicos de este tipo de planta.

Para desarrollar este estimado es de suma importancia el tipo de material del equipo y el tamaño de la planta, ya que son variables de suma importancia para el estimado de costo de cualquier planta de proceso.

Recipientes y tanques

ID	Descripción	Unidades	Material	Tamaño		Capacidad
				Diametro	Altrua	
S-12	Separador de Pellets	1	Acero			Pendiente
S-113	Separador de Pellets	1	Acero			Pendiente
M-2A	Tolva	1	Acero			Pendiente
M-4	Recipiente de Descarga	4	Acero			Pendiente
M-5A	Recipiente de Descarga	4	Acero			Pendiente
M-6	Recipiente de Muestreo	4	Acero			Pendiente
M-7A	Recipiente de Muestreo	1	Acero			Pendiente
M-8	Recipiente de Pesaje	1	Acero			Pendiente
M-9	Mezclador	1	Acero			Pendiente
M-10	Recipiente de Almacenamiento	1	Acero			Pendiente
M-11	Recipiente de Almacenamiento	1	Acero			Pendiente
M-12	Recipiente de Almacenamiento	1	Acero			Pendiente
M-13	Recipiente de Almacenamiento	4	Acero			Pendiente
M-14	Recipiente de Almacenamiento	4	Acero			Pendiente
M-15	Recipiente de Almacenamiento	1	Acero			Pendiente
M-16	Tolva de Alimentación	1	Acero			Pendiente

Tabla 16

Tomando como base la descripción del proceso de la planta de polietileno de baja densidad, cabe notar lo importante que son los recipientes, separadores y mezcladores, por la razón de que depende de ellos la calidad y cantidad del producto.

Bombas

ID	Descripción	Unidades	Tamaño	Material de construcción	Observaciones
P-101 A,B,C,D	Bomba de Inyección de Iniciador	4	Pistón de 5/16"	Pistón de Acero de Aleación, Cilindros y valvulas Check 4340	Accionador de aire de 100 psig
P-102 A,B,C,D	Bomba de Inyección de Iniciador	4	Pistón de 5/16"	Pistón de Acero de Aleación, Cilindros y valvulas Check 4341	Accionador de aire de 100 psig
P-103 A,B,C,D	Bomba de Inyección de Iniciador	4	Pistón de 3/8"	Pistón de Acero de Aleación, Cilindros y valvulas Check 4342	Accionador de aire de 100 psig
P-11A,B	Bomba de Antioxidante	2	Pendiente	Acero Inoxidable	Bomba Centrifuga
P-12A,B	Bomba de Agua de Enfriamiento	2	Pendiente	Acero al Carbon	Bomba Centrifuga

Tabla 17

Las bombas se encargan de enviar los iniciadores (antioxidantes y oxígeno), para llevar a cabo la reacción de polimerización en el reactor tubular, también son usadas para el enfriamiento de la reacción y obtener la polimerización.

Equipos Especiales y Paquete

ID	Descripción	Unidades	Observaciones
M-1A	Paquete de Extrusor / Peletizador	1	Este equipo de incluir la tolva de alimentación, el extrusor, la boquilla, un baño de agua, el peletizador y el separador preeliminar
M-17	Ensacadora	2	Este equipo de incluir la selladora de saco y las badas transportadoras requeridas
M-20	Paquetes de suministro de Aire para transporte de polietileno	1	Este equipo de incluir el soplador, un enfriador, el filtro de aires, secadores de aire y un filtro de bolsa
M-21	Paquetes de suministro de Aire para transporte de polietileno	1	Este equipo de incluir el soplador, un enfriador, el filtro de aires, secadores de aire y un filtro de bolsa
M-22A	Paquetes de suministro de Aire para transporte de polietileno	1	Este equipo de incluir el soplador, un enfriador, el filtro de aires, secadores de aire y un filtro de bolsa

TABLA 18

Cuando se cuenta con información de proyectos similares, es posible obtener datos esenciales principalmente de equipo, a este tipo de datos, se llaman datos "In house".

Con la lista de equipo desglosada y clasificada, calcularemos las **HORAS – HOMBRE** necesarias para los esquemas de cada familia de equipo, para ello es necesario se consulten datos de fuentes especializadas.

La forma de asignar las **Horas –Hombre** a cada familia de equipo varía, debido a que es necesario verificar si el equipo es único o duplicado, la cantidad de **Horas –Hombre** asignada para un equipo único generalmente es mayor, comparado con las **Horas –Hombre** de un equipo duplicado. La tabla 19, muestra la cantidad de Horas –Hombre del equipo de esta planta.

La parte central de este objetivo es obtener el cálculo de Hora-Hombre del equipo de la planta.

Procedimiento para el llenado de la tabla 19, se realiza lo siguiente:

1. Con el tipo de equipo y tamaño, se agrupa la familia del equipo y se le asigna las **Horas-Hombre** como lo indica la tabla 19, la información de la cantidad de H-H por equipo es de fuentes especializadas.
2. En el caso de tratarse de equipo duplicado con las mismas características, se le asigna una cantidad de **Horas-Hombre** menor, como lo indica la tabla 19.
3. Con la suma total de **Horas-Hombre** del equipo se multiplica, por el costo de **Horas-Hombre**, en este caso es de \$30.00 dólares /H-H, de esta forma obtenemos el costo total de la ingeniería de la planta PBD.

ESQUEMAS DE EQUIPO	NO. DE EQUIPOS TOTALES	HORA HOMBRE AUTORIZADO PARA		HORAS -HOMBRE TOTALES	% DE H-H POR EQUIPO
		EQUIPO UNICO	EQUIPO DUPLICADO		
REACTOR TUBULAR	4	1000	500	2500	3.5
COMPRESORES	4	1200	700	3300	4.6
ENFRIADORES(625 FT2)	4	800	400	2000	2.8
ENFRIADORES(1560 FT2)	2	800	400	1200	1.7
ENFRIADORES(1040 FT2)	2	800	400	1200	1.7
ENFRIADORES(250 FT2)	2	800	400	1200	1.7
ENFRIADORES(780 FT2)	2	800	400	1200	1.7
CONDENSADORES(445 FT2)	8	850	425	1275	1.8
CONDENSADORES(348 FT2)	8	850	425	1275	1.8
PRECALENTADORES	4	600	400	1000	1.4
ENFRIADOR DE GAS(2380 FT2)	1	800	400	1200	1.7
ENFRIADOR DE GAS(4050 FT2)	1	800	400	1200	1.7
RECIPIENTES DE DESCARGA	8	1000	500	4500	6.2
RECIPIENTES DE ALMACENAMIENTO	12	1000	500	6500	9.0
RECIPIENTE DE MUESTREO	5	1000	500	3000	4.1
RECIPIENTE DE PASAJE	1	1000	0	1000	1.4
TANQUES	28	1200	600	17400	24.1
MEZCLADORES	12	150	60	810	1.1
SEPARADORES	7	900	450	3600	5.0
TOLVA	2	900	450	1350	1.9
BOMBAS DE INYECCION	12	1100	550	7150	9.9
BOMBAS DE ANTIOXIDANTES	4	900	450	5850	8.1
EQUIPO ESPECIAL Y PAQUETE	6	600	400	2600	3.6
TOTAL HORAS HOMBRE	139	19850	9710	72310	100

Tabla 19

Ejemplo: cálculo de Horas –Hombre para los reactores tubulares:

- Son cuatro reactores similares el primer reactor se toma como único y se le asigna el valor de 1000 H-H, los siguientes tres reactores son duplicados del primero así que se le asigna el valor de 500 H-H, esta asignación de valor de Horas-Hombre es sobre la base de la información obtenida de fuentes especializadas, el cálculo se realiza de la siguiente forma:

1 Reactor * 1000 H-H = 1000 H-H (Reactor único)

3 Reactores * 500 H-H = 1500 H-H (Reactores duplicados)

Total de los 4 Reactores = 1000 H-H + 1500 H-H = 2500 H-H.

El porcentaje de H-H de equipo se realiza sobre la base de las H-H Totales:

$$(2500 \text{ H-H}) * (100\%) / (72310 \text{ H-H}) = 3.5\%$$

Es necesario ser cuidadoso al clasificar el equipo, considerando principalmente el tamaño y material de construcción, por la razón de que depende de esta clasificación la cantidad de H-H que le son asignadas.

COSTO TOTAL DE INGENIERIA DE LA PLANTA PBD

El total de **Hora - Hombre** de la Ingeniería de la planta por este método es de **72,310 H-H**.

Las **Horas-Hombre** calculada para el estimado de orden de magnitud se obtuvieron a partir del costo de ingeniería (\$ 2'697,902.82) este dato se encuentra en la tabla 4, a partir de este estimado de costo de ingeniería se obtiene la cantidad de Horas –Hombre, mediante la siguiente operación; el estimado de costo de ingeniería se divide por el costo de la **Hora – Hombre**, se toma de \$ 30 dólares / H- H, de esta forma resulta; **89,930 H - H**. Por lo que hay una **desviación de 19.6% menor** con respecto al método anterior.

Costo de la Ingeniería de Planta (Método modular): $(72,310 \text{ H-H}) * (\$ 30 \text{ dólares / H- H}) = \$ 2, 169,300.00$ dólares.

Costo de ingeniería de planta (Método orden de magnitud): \$ 2, 697, 902.82 dólares.

Costo total de la planta calculado en el capítulo 1(Estimado de Orden de Magnitud): \$ 41.5 millones de dólares.

MÉTODO	COSTO DE INGENIERIA (DÓLARES)	COSTO DE PLANTA PBD. (DÓLARES)
ORDEN DE MAGNITUD	\$ 2,697, 902.82	\$ 41,500,000 .00
MODULAR	\$ 2, 169, 300.00	\$ 40, 971, 397.18

Tabla 20

CALCULO DE LA TABLA 20:

Costo de planta de orden de magnitud sin la ingeniería:

$$\$ 41, 500,000 - \$ 2, 697,902.82 = \$ 38, 802,097.18$$

Nuevo costo de la Planta tomando en cuenta el costo de ingeniería obtenido en este capítulo:

$$\$ 38, 802,097.18 + \$ 2, 169,300 = \$ 40, 971,397.18$$

Se observo que el estimado de costo modular es muy similar al estimado de costo de orden de magnitud, es debido a que el estimado modular considero únicamente el equipo de la planta. Los métodos modulares que se desarrollan en el objetivo 3, toman en cuenta gran cantidad de consideraciones necesaria para afinar el estimado modular y obtener la desviación de costo de +/- 20% comparado con el estimado definitivo. Recordemos que los inversionistas toman la decisión de desarrollar un proyecto a partir del costo que arroja este estimado, por esta razón la importancia de este estimado.

Desarrollo del objetivo 3
(Estimado de Costo de la Planta PBD en base a métodos modulares)

Existen varios métodos de estimación de inversión “rápidos”, sin embargo este objetivo se concretara en desarrollar los 6 métodos mencionados anteriormente; para el desarrollo de estos métodos es necesario contar con el estimado de costo de equipo. Este estimado de costo se encuentra en la tabla 2, columna 8 el estimado es de \$ 14, 110,370.41. La figura 3, muestra el diagrama de flujo que permite desarrollar los estimados de inversión mencionados.

PROCESO PARA EL DESARROLLO DE ESTIMADOS DE COSTO

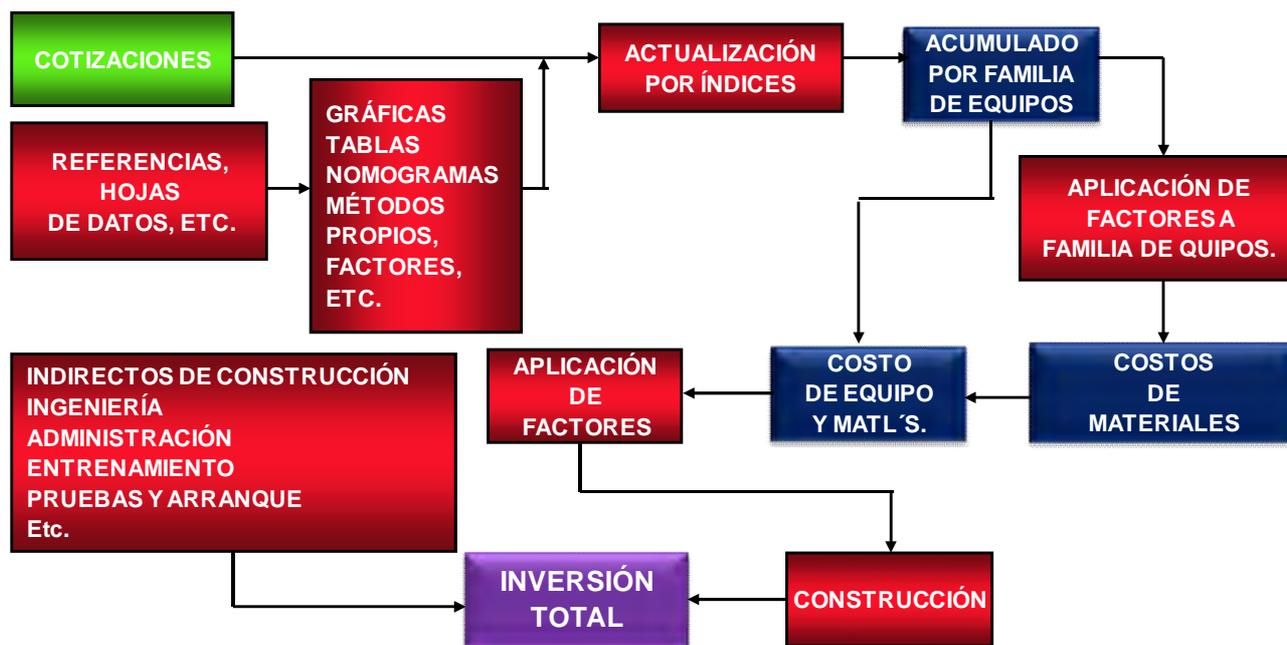


Figura No. 3 Procedimiento para estimado de inversión

Método Guthrie

La figura 4 (anexo 1), muestra el procedimiento para desarrollar este método, se parte del costo del equipo de la planta de PBD, es necesario mencionar que el costo se encuentra actualizado a la fecha en que se pretende desarrollar el proyecto y actualizada para el tamaño de planta requerida, el costo del cual partimos lo

encontramos en la tabla 2, columna 8. El cálculo y resultado de este método se muestra en la figura 5. Las figuras donde se encuentra la información que requiere cada método se encuentra en el anexo 1, cada método propone diferentes consideraciones, es la razón por lo que obtenemos costos diferentes en cada método.

Figura No.5 "Aplicación del método Guthrie"

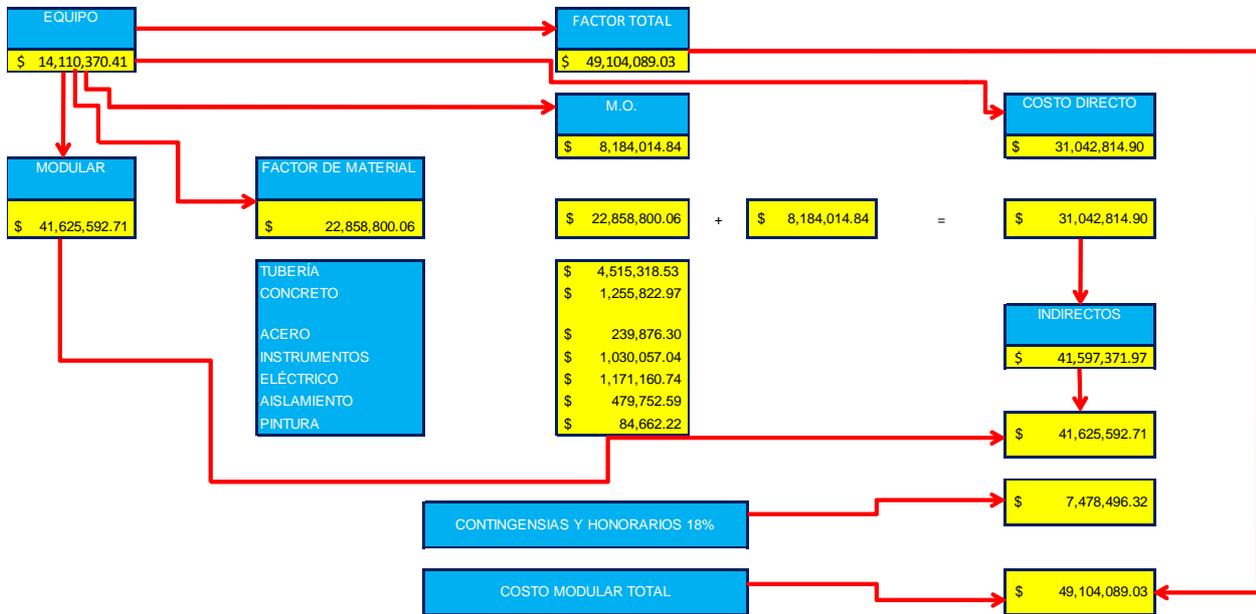


Figura 5
Método de Lang

La figura 6 (anexo 1), muestra el procedimiento para realizar el estimado, considerando el costo del equipo de la planta de PBD. Este método considera el tipo de estado de agregación del proceso que desarrolla el proyecto, es la razón del uso de factores para sólido-fluido, debido a que el cálculo de estimado de inversión es para una planta de polietileno de baja densidad (PBD). La tabla 21 muestra el resultado del estimado de inversión por método Lang. Observamos que el monto del estimado de costo del método Lang es muy similar al método Guthrie.

Tabla 21 "Aplicación método Lang"

CONCEPTO	FACTOR	COSTO
COSTO DEL EQUIPO (A= \$ 14,110,370.41)	1.0	\$ 14,110,370.41
COSTO DE EQUIPO INSTALADO (B = A X 1.43)	1.43	\$ 20,177,829.69
COSTO DE INSTALACIÓN DE EQUIPO Y TUBERÍA (C)	C = B X { SÓLIDOS (1.10) SÓLIDO-FLUIDO (1.25) FLUIDOS (1.60)	\$ 22,195,612.65
COSTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA (D = C X 1.50)	2.68	\$ 33,293,418.98
GASTOS GENERALES (Contingencias, instalaciones temporales, gastos de ingeniería y honorarios del contratista)	E = D X { SÓLIDOS (31%) SÓLIDO-FLUIDO (35%) FLUIDOS (33%)	\$ 10,320,959.88
COSTO TOTAL DE LA PLANTA (F = D + E)	3.62	\$ 43,614,378.87
ESTIMADO DE INVERSIÓN DE PLANTAS:		
PROCESO DE SÓLIDOS (F = A X 3.1)		
PROCESO DE SÓLIDO-FLUIDO (F = A X 3.63)	3.63	\$ 43,742,148.27
PROCESO DE FLUIDOS (F = A X 4.74)		

Tabla 21

Método de Porcentaje

La figura 7 (anexo 1), muestra el procedimiento para el cálculo de estimado de inversión por el método de porcentaje. Este método también hace uso de factores en sólido - fluido, pero desglosa con más detalle los rubros que toma en cuenta este método, esto hace que el estimado de costo obtenido por el método de porcentaje marque una diferencia bastante considerable al compararlos con los métodos Lang y Guthrie, el resultado del método de porcentaje se encuentra en la tabla 22.

Tabla 22 " Aplicación de método de porcentaje"

CONCEPTO	FACTOR	CONCEPTO	FACTOR
	COSTO DIRECTO		INDIRECTOS
COSTO DE EQUIPO (E) = \$ 14, 110, 370.41	\$ 14,110,370.41	INGENIERÍA Y SUPERVISIÓN	
INSTALACIÓN DE EQUIPO (f1)		$F1 = E \times \left[\begin{array}{l} \text{SÓLIDOS (0.33)} \\ \text{SÓLIDO-FLUIDO (0.32)} \\ \text{FLUIDOS (0.33)} \end{array} \right]$	\$ 4,515,318.53
$f1 = E \times \left[\begin{array}{l} \text{SÓLIDOS (0.45)} \\ \text{SÓLIDO-FLUIDO (0.39)} \\ \text{FLUIDOS (0.47)} \end{array} \right]$	\$ 6,349,666.68	GASTOS DE CONSTRUCCIÓN	
INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL: INCLUYE INSTALACIÓN (f2)		$F2 = E \times \left[\begin{array}{l} \text{SÓLIDOS (0.39)} \\ \text{SÓLIDO-FLUIDO (0.34)} \\ \text{FLUIDOS (0.41)} \end{array} \right]$	\$ 5,503,044.46
$f2 = E \times \left[\begin{array}{l} \text{SÓLIDOS (0.09)} \\ \text{SÓLIDO-FLUIDO (0.13)} \\ \text{FLUIDOS (0.18)} \end{array} \right]$	\$ 1,269,933.34	TOTAL DE COSTO INDIRECTO: CI = F1 + F2	
TUBERÍA: INCLUYE INSTALACIONES (f3)		$CI = F1 + F2 \left[\begin{array}{l} \text{SÓLIDOS (0.72)} \\ \text{SÓLIDO-FLUIDO (0.66)} \\ \text{FLUIDOS (0.74)} \end{array} \right]$	\$ 10,018,362.99
$f3 = E \times \left[\begin{array}{l} \text{SÓLIDOS (0.16)} \\ \text{SÓLIDO-FLUIDO (0.31)} \\ \text{FLUIDOS (0.66)} \end{array} \right]$	\$ 2,257,659.27	TOTAL DE COSTOS: CT: CD + CI	
ELÉCTRICO: INCLUYE INSTALACIÓN (f4)		$CT = CD + CI \left[\begin{array}{l} \text{SÓLIDOS (3.36)} \\ \text{SÓLIDO-FLUIDO (3.59)} \\ \text{FLUIDOS (4.20)} \end{array} \right]$	\$ 47,269,740.87
$f4 = E \times \left[\begin{array}{l} \text{SÓLIDOS (0.10)} \\ \text{SÓLIDO-FLUIDO (0.10)} \\ \text{FLUIDOS (0.11)} \end{array} \right]$	\$ 1,411,037.04	HONORARIOS DEL CONTRATISTA (H = +/- 5% DE CT)	
CONSTRUCCIÓN: INCLUYE SERVICIO (f5)		$H = CT \times \left[\begin{array}{l} \text{SÓLIDOS (0.17)} \\ \text{SÓLIDO-FLUIDO (0.18)} \\ \text{FLUIDOS (0.21)} \end{array} \right]$	\$ 2,363,487.04
$f5 = E \times \left[\begin{array}{l} \text{SÓLIDOS (0.25)} \\ \text{SÓLIDO-FLUIDO (0.29)} \\ \text{FLUIDOS (0.18)} \end{array} \right]$	\$ 3,527,592.60	CONTINGENCIAS (K = +/- 10% DE CT)	
MEJORAMIENTO DE PATIOS (f6)		$K = CT \times \left[\begin{array}{l} \text{SÓLIDOS (0.34)} \\ \text{SÓLIDO-FLUIDO (0.36)} \\ \text{FLUIDOS (0.42)} \end{array} \right]$	\$ 4,726,974.09
$f6 = E \times \left[\begin{array}{l} \text{SÓLIDOS (0.13)} \\ \text{SÓLIDO-FLUIDO (0.10)} \\ \text{FLUIDOS (0.10)} \end{array} \right]$	\$ 1,834,348.15	TOTAL DE HONORARIOS Y CONTINGENCIAS: M = H + K	
SERVICIOS: INCLUYE INSTALACIONES (f7)		$M = H + K \left[\begin{array}{l} \text{SÓLIDOS (0.51)} \\ \text{SÓLIDO-FLUIDO (0.54)} \\ \text{FLUIDOS (0.74)} \end{array} \right]$	\$ 7,090,461.13
$f7 = \left[\begin{array}{l} \text{SÓLIDOS (0.40)} \\ \text{SÓLIDO-FLUIDO (0.55)} \\ \text{FLUIDOS (0.70)} \end{array} \right]$	\$ 5,644,148.16	INVERSIÓN DE CAPITAL FIJA: ICF = CT + M	
TERRENO: SI LA COMPRA ES REQUERIDA (f8)		$ICF = CT + M \left[\begin{array}{l} \text{SÓLIDOS (3.87)} \\ \text{SÓLIDO-FLUIDO (4.13)} \\ \text{FLUIDOS (4.83)} \end{array} \right]$	\$ 54,360,202.00
$f8 = E \times \left[\begin{array}{l} \text{SÓLIDOS (0.06)} \\ \text{SÓLIDO-FLUIDO (0.06)} \\ \text{FLUIDOS (0.06)} \end{array} \right]$	\$ 846,622.22	CAPITAL DE TRABAJO: CDT	
TOTAL DE COSTO DIRECTO: CD = E + (f1 + f2 ++ f8)		$CDT = E + \left[\begin{array}{l} \text{SÓLIDOS (0.68)} \\ \text{SÓLIDO-FLUIDO (0.74)} \\ \text{FLUIDOS (0.86)} \end{array} \right]$	\$ 9,595,051.88
$CD = \left[\begin{array}{l} \text{SÓLIDOS (1.64)} \\ \text{SÓLIDO-FLUIDO (1.93)} \\ \text{FLUIDOS (2.46)} \end{array} \right]$	\$ 37,251,377.88	TOTAL DE LA INVERSIÓN FIJA: C = ICF + CDT	
		$C = ICF + CDT \left[\begin{array}{l} \text{SÓLIDOS (4.55)} \\ \text{SÓLIDO-FLUIDO (4.87)} \\ \text{FLUIDOS (5.69)} \end{array} \right]$	\$ 63,955,253.88

Tabla 22

Método de Costos Estadísticos promedio de Inversión de Plantas Industriales

La figura 8 (anexo 1), muestra el procedimiento para desarrollar el método, este método se basa en cuestión de porcentajes, cabe mencionar que en el caso del cálculo de honorarios, primero se debe obtener el monto de los costos directos más costos indirectos, para después multiplicar por el porcentaje correspondiente a honorarios y contingencia y así obtener estos rubros. El resultado de este método se encuentra en la tabla 23. Notamos que el resultado del estimado de costo por este método es muy similar al método de porcentaje.

Tabla 23 "Aplicación de costo estadístico de inversión de plantas industriales"

CONCEPTO	FLUIDO	FLUIDO-SÓLIDO	SÓLIDO
1. COSTOS DIRECTOS			
1.1 EQUIPO	100	100	\$ 14,110,370.41
1.2 INSTALACIÓN DE EQUIPO	47	39	\$ 6,349,666.68
1.3 TUBERÍA (INSTALADA)	18	13	\$ 1,269,933.34
1.4 INSTRUMENTACIÓN (INSTALADA)	66	31	\$ 2,257,659.27
1.5 ELÉCTRICO (INSTALADA)	11	10	\$ 1,411,037.04
1.6 EDIFICIOS (PROCESO)	18	29	\$ 3,527,592.60
1.7 DESARROLLO DEL SITIO	10	10	\$ 1,834,348.15
1.8 SERVICIOS AUXILIARES (INSTALADOS)	70	55	\$ 5,644,148.16
1.9 TERRENOS	6	6	\$ 846,622.22
	346	293	\$ 37,251,377.88
2. COSTOS INDIRECTOS			
2.1 INGENIERÍA Y SUPERVISIÓN	33	32	\$ 4,656,422.24
2.2 GASTOS DE CONSTRUCCIÓN	41	34	\$ 5,503,044.46
	74	66	\$ 10,159,466.70
3. COSTOS DIRECTOS + COSTOS INDIRECTOS	420	359	\$ 47,410,844.58
4. HONORARIOS DEL CONTRATISTA (5% DE 3)	21	18.0	\$ 2,370,542.23
5. CONTINGENCIAS (10% DE 3)	42	36	\$ 4,741,084.46
6. INVERSIÓN DE CAPITAL FIJO (3 + 4 + 5)	483	413	\$ 54,522,471.26
7. INVERSIÓN DE CAPITAL DE TRABAJO (15% DE 6)	72	62	\$ 8,178,370.69
8. INVERSIÓN TOTAL (6 + 7)	555	475	\$ 62,700,841.95

Tabla 23

Contrato de costo principal.

Para desarrollar este método también es necesario el uso del costo de equipo actualizado de la planta de PBD, que se encuentra en la tabla 2, columna 8. La figura 9, muestra los rubros principales de este método, y el desglose de estos rubros principales se encuentran en la figura 10 (anexo 1), donde realmente se desarrolla este método es con respecto a la figura 10, el resultado de este método se encuentra en la tabla 24, esta tabla muestra los diferente subrubros que se divide cada uno de los rubros principales que muestra la figura 9.

Figura No. 9 "Contrato de costo principal"



Tabla 24 "Aplicación de contrato de costo principal"

CONCEPTO	FACTOR
COSTO DEL EQUIPO (A)	\$ 14,110,370.41
MATERIAL	
TUBERÍA	\$ 1,834,348.15
ACERO	\$ 282,207.41
ELÉCTRICO	\$ 705,518.52
INSTRUMENTACIÓN	\$ 282,207.41
AISLAMIENTO	\$ 141,103.70
PINTURA	\$ 141,103.70
	\$ 17,496,859.31
EQUIPO	
EQUIPO MECÁNICO	\$ 141,103.70
COMPRESORES	\$ 141,103.70
BOMBAS	\$ 987,725.93
RECIPIENTES	\$ 987,725.93
INTERCAMBIADORES	\$ 705,518.52
CALENTADORES	\$ 282,207.41
	\$ 3,245,385.19
OFICINAS CENTRALES	
INGENIERÍA	\$ 1,411,037.04
SERVICIOS	\$ 423,311.11
	\$ 1,834,348.15
COSTOS DIRECTOS	\$ 20,460,037.09
COSTOS INDIRECTOS, TERRENO Y GASTOS GENERALES	
COSTOS INDIRECTOS	\$ 705,518.52
SUPERVISIÓN	\$ 423,311.11
EQUIPO DE CONSTRUCCIÓN	\$ 564,414.82
INSTALACIÓN	\$ 564,414.82
GASTOS DE OFICINA	\$ 423,311.11
	\$ 16,791,340.79
TOTAL	\$ 57,993,622.39

Tabla 24

La tabla 24, muestra el resultado de la aplicación de este método, como se nota este estimado de costo es parecido a los estimados obtenidos en las tablas 22 y 23, debido a que en general los factores que manejan estos métodos se desglosan similarmente.

Método Chilton.

La figura 11, (anexo 1), muestra la forma de desarrollar este método, nuevamente se toma en cuenta para el cálculo de la planta el factor de sólido-fluido y el costo del equipo de la planta de PBD. Notamos que en este método algunos rubros ya consideran la instalación del equipo.

Tabla 25 "Aplicación del método Chilton"

CONCEPTO		FACTOR
COSTO DE EQUIPO (Ceq)		\$ 14,110,370.41
INSTALACIÓN DE EQUIPO (Ø 1)		
	Ø1= Ceq X $\left\{ \begin{array}{l} \text{SÓLIDOS (0.45)} \\ \text{SÓLIDO-FLUIDO (0.39)} \\ \text{FLUIDOS (0.47)} \end{array} \right.$	\$ 19,613,414.87
Ø2 = 1 + f1 + f2 + f3 + f4 + f5		
INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL : INCLUYE INSTALACIÓN (f2)		
	f1= Ceq X $\left\{ \begin{array}{l} \text{POCA (0.02 a 0.05)} \\ \text{MEDIANA (0.05 a 0.10)} \\ \text{COMPLEJA (0.10 a 0.15)} \end{array} \right.$	\$ 1,128,829.63
TUBERÍA : INCLUYE INSTALACIÓN (f2)		
	f2= Ceq X $\left\{ \begin{array}{l} \text{SÓLIDOS (0.07 a 0.10)} \\ \text{SÓLIDO-FLUIDO (0.10 a 0.30)} \\ \text{FLUIDOS (0.3 a 0.6)} \end{array} \right.$	\$ 1,411,037.04
CONSTRUCCIÓN (f3)		
	f3= Ceq X $\left\{ \begin{array}{l} \text{UNIDADES EXTERIORES (0.05 a 0.20)} \\ \text{UNIDADES INTER.-EXTER. (0.20 a 0.60)} \\ \text{FLUIDOS (0.6 a 1.0)} \end{array} \right.$	\$ 5,644,148.16
SERVICIOS (f4)		
	f4= Ceq X $\left\{ \begin{array}{l} \text{MENORES (0.05)} \\ \text{MAYORES (0.05 a 0.25)} \\ \text{NUEVO SITIO (0.25 a 1.0)} \end{array} \right.$	\$ 2,116,555.56
LÍNEAS FUERA DE PROCESO (f5)		
	f5= Ceq X $\left\{ \begin{array}{l} \text{PLANTA EXISTENTE (0.05)} \\ \text{UNIDADES DE SEPARACIÓN (0.05 a 0.15)} \\ \text{UNIDADES DE DESTILACIÓN (0.15 a 0.25)} \end{array} \right.$	\$ 1,411,037.04
Ø2 = 1 + f6 + f7 + f8		\$ 25,821,977.85
CONSTRUCCIÓN E INGENIERÍA (f6)		
	f6= Ceq X $\left\{ \begin{array}{l} \text{PROCESO CONTINUO (0.20 a 0.35)} \\ \text{PLANTA COMPLEJA (0.35 a 0.50)} \end{array} \right.$	\$ 6,067,459.28
TAMAÑO (f7)		
	f7= Ceq X $\left\{ \begin{array}{l} \text{GRANDE (0.05)} \\ \text{PEQUEÑA (0.05 a 0.15)} \\ \text{EXPERIMENTAL (0.15 a 0.35)} \end{array} \right.$	\$ 1,411,037.04
CONTINGENCIA (f8)		
	f8= Ceq X $\left\{ \begin{array}{l} \text{PROCESO FIJO (0.1 a 0.20)} \\ \text{SUJETO A CAMBIO (0.20 a 0.30)} \\ \text{PROCESO TENTATIVO (0.30 a 0.50)} \end{array} \right.$	\$ 2,116,555.56
INVERSIÓN		\$ 23,705,422.29
		\$ 63,637,770.55

Tabla 25

La tabla 25, muestra los resultados del estimado, muy parecido a los que se obtuvieron en los métodos anteriores, cabe mencionar que no son los únicos métodos existentes en literatura.

TABLA COMPARATIVA DE ESTIMADOS DE INVERSIÓN.

La tabla 26 muestra el comparativo de los diferentes métodos usados en este trabajo, observamos que los métodos, son parecidos debido a que el factor que maneja cada método son similares, la conclusión de esta tabla 26, es la siguiente:

Tabla No.26 "Comparativo de los estimados de inversión"

METODO	FACTOR	ESTIMADO DE INVERSIÓN
CHEMICAL ENGINEERING PLANT COST INDEX (CEPCI)		\$ 39,402,056.76
INDICES NELSON-FARRAR		\$ 42,199,313.98
GUTHRIE	3.4	\$ 49,104,089.03
LANG	3.63	\$ 43,742,148.27
DE PORCENTAJE	4.44	\$ 62,700,841.95
COSTO ESTADISTICO DE INVERSIÓN DE PLANTAS DE PROCESO	4.7	\$ 57,993,622.39
CONTRATO DE COSTO PRINCIPAL	4.71	\$ 63,637,770.55
CHILTON	4.87	\$ 63,955,253.88

- Si el factor de inversión que maneja el método está por encima de 4, el estimado de inversión es de mejor calidad, es decir se apega más al estimado de inversión real. Esto se corrobora haciendo un comparativo con el estimado definitivo que se desarrollará en el capítulo siguiente.
- El factor que propone cada método esta en base a las consideraciones que toma en cuenta el método.
- Es de suma importancia el desarrollo de este método modular, por la razón de que los participantes (Stakeholder), se encargan de tomar la decisión de llevar a cabo el desarrollo del proyecto.

CAPITULO 3

MARCO METODOLÓGICO

Objetivo:

- Ordenar y clasificar los elementos metodológicos para desarrollar estimados de costos de orden de magnitud y preliminar.

ALCANCE:

Ordenar y clasificar los elementos necesarios para estimar el costo de una planta de proceso, los elementos que a continuación se mencionan se consideran a partir de contar con información de plantas de referencia es decir de una planta similar a la que se quiere construir.

Es necesario asegurar que la información que se dispone es confiable, debido a que esta información servirá como base para la construcción de la nueva planta del proyecto, entendiéndose como confiable que la información debe ser real y verdadera es decir la planta existe y se encuentra funcionando.

La información mínima necesaria de la fuente confiable para obtener el estimado de la nueva planta debe ser la siguiente:

- Equipo principal de planta.
- Dimensiones del equipo (hojas de datos).
- Tipo de material del equipo (hojas de datos).
- Capacidad de producción anual de la planta.
- Año de construcción de la planta.
- Costo de la planta.

Con la información anterior es posible obtener un estimado de costo de cualquier planta de proceso similar a la planta de referencia, para ello es necesario actualizar los siguientes puntos:

- Capacidad de producción en el caso de que sea diferente.
- Costo de la planta.
- Dimensionamiento del equipo
- Tipo de material del equipo, etc.

Los **elementos metodológicos** que se usaron en el estimado de costo de **orden de magnitud** y el estimado de costo de **estudio o preliminar** desarrollados en el capítulo anterior fueron los siguientes:

- 1) Seleccionar una fuente confiable; para obtener datos históricos.**
- 2) Elaborar un manual de procedimientos para realizar las estimaciones.**
- 3) Comparar los resultados de los estimados.**
- 4) Derivar recomendaciones para usos futuros de los estimados.**
- 5) Concluir logro vs. objetivo.**

El alcance de este capítulo es desarrollar cada uno de los elementos de la metodología propuesta:

1) Seleccionar una fuente confiable; para obtener datos históricos.

Como se menciona anteriormente es necesario contar con información real y verdadera para ello es necesario contar con información confiable gran parte de las empresas que se dedican al desarrollo de ingeniería cuentan con una “**oficina de proyectos**”, en esta oficina se encuentran principalmente la documentación de los diferentes proyectos desarrollados por la empresa, el personal que se encuentra en esta oficina se dedica principalmente a colaborar con el jefe de proyecto en la administración de proyectos.

La fuente de información confiable de la cual partió este trabajo fue del libro Process Economics Program (PEP) en esta bibliografía se encuentra al igual que en una “**oficina de proyectos**” diferentes plantas de proceso con diferentes capacidades de producción y la documentación de dichas plantas. Esta fuente de información se considera confiable debido a que las plantas de procesos que se mencionan son plantas que se encuentran en funcionamiento en diferentes partes del mundo donde fueron construidas, esta fuente proporciona datos de producciones económicas de:

- 600 sustancias químicas, polímeros y productos refinados.
- 935 procesos usados para realizar productos.

Incluye datos secuenciales de procesos como materia prima, partes intermedias del proceso y producto final. Proporciona información específica para cada proceso como:

- Consumo de materia prima.
- Producción.
- Requerimiento de utilidad
- Capital necesario
- Costos de producción

Cada proceso nos proporciona información sobre tres diferentes capacidades de planta. El libro incluye datos que reflejan la economía de varias regiones del mundo estas regiones son:

- COSTA DEL GOLFO (USA)
- ALEMANIA
- JAPÓN

Estos datos están disponibles en unidades inglesas y métricas.

De esta fuente, se obtuvo la información de la planta de polietileno de baja densidad (PBD) diseñada con la tecnología “**Reactor Tubular a alta presión**”, de la compañía Lenney of Koppers Co., con una capacidad de 100,000 ton / año, construida en el año de 1980.

Con la información histórica anterior se obtiene el estimado de costo de la planta de polietileno de baja densidad (PBD) diseñado con la tecnología “**Reactor Tubular a alta presión**”, de la compañía Lenney of Koppers Co., con una capacidad de 50,000 ton/año, para iniciar su diseño y construcción en el segundo semestre del 2010.

2) Elaborar un manual de procedimientos para realizar las estimaciones.

Con la información obtenida del Process Economics Program (PEP) fuente confiable de la planta de PBD de 100,000 ton / año construida en 1980 se realiza lo siguiente:

1. Definir y establecer las premisas preliminares de estimación de costo.
 - Planta de referencia: En este caso es de; 100,000 ton/año; Información obtenida de la fuente confiable.
 - Realizar un agrupamiento de costos por familias de equipo.
 - Contar con información de inversión de la planta de referencia.
 - De la fuente confiable se obtiene el año de construcción de la planta de referencia.
 - Lugar de localización de la planta de referencia.
 - Se confirma el tipo de cambio de la paridad peso- dólar en el momento que se llevara a cabo el estimado de costo de la planta a construir.
 - De la fuente confiable se obtienen los exponentes típicos (**n**) por tipo de equipo y planta.
 - Contar con los Índices de escalación necesarios dependiendo del tipo planta: Esta información se obtiene de la revista Chemical Engineering en la tabla Chemical Engineering plant cost index (CEPCI) y los índices de equipo Nelson – Farrar de la revista Oil & Gas Journal.
 - Establecer la capacidad de producción de la nueva planta.
2. Una vez confirmado la capacidad de producción de la nueva planta, se hará uso de la ecuación 3 “Relación de capacidades”, para ajustar el costo de la planta de la capacidad de la planta real a la planta con nueva capacidad; a este costo obtenido se le aplica los índices de escalación de Nelson – Farrar para actualizar el costo de la planta de capacidad de interés.
3. Se hace uso de los costos por familia de equipos que proporciona la fuente de información Process Economics Program (PEP). El nuevo costo de cada familia de equipo para la planta de 50,000 ton/año se obtendrá a través de la ecuación 2, utilizando los exponentes típicos por tipo de equipo.
4. A los costos por familia de equipos de la planta de 50,000 ton/año, se le aplicará el índice de escalación de Nelson-Farrar para situar el costo de los equipos al segundo semestre de 2010, se aplica la ecuación 3.
5. Se totaliza el costo de los equipos, el cual servirá de base para estimar el costo de inversión de la nueva planta de 50,000 ton/año. La inversión se estimará utilizando los métodos modulares descritos en la unidad 2.
6. De preferencia se deberá contar con **“Lista de equipo de la planta de PBD”** y **“Hojas de datos del equipo”**.
7. Es necesario seleccionar el tipo de proceso de la planta y contar con:

- Diagrama de flujo de proceso
- Balance de materia y energía
- Servicios generales
- Plano de localización general
- Lista de equipo
- Plan del proyecto

8. Se elabora un informe ejecutivo de los estimados de inversión con el objetivo de que los interesados en el proyecto tome la decisión de desarrollar el proyecto.

3) **Comparar los resultados de los estimados.**

En la mayor parte de los procesos industriales el costo fundamental es el costo de los equipos. Los estimados de costos se dividen en dos grupos estos son:

- Estimados de costo conceptual; basados principalmente en información histórica de costos de equipos.
- Estimados de costos detallado; basado en planos y especificaciones completas.

La exactitud de cada uno de ellos varía de acuerdo con la calidad y cantidad de información disponible, esta es la razón por lo que cada tipo de estimado tiene una desviación de costo muy particular con respecto al costo real de la planta, véase figura 1.

Se debe tener cuidado al realizar el estimado de costo de equipos, principalmente si estos son similares con respecto al:

- Tipo de fabricación
- Material de construcción
- Intervalos y límites de variables pertinentes (presión, temperatura, etc).

En base a la información anterior se realiza una comparación de estimación de costo conceptual, principalmente en los estimados de orden de magnitud y el estimado modular, con respecto al estimado de costo definitivo por la razón de que este último estimado de costo es el que más se acerca al costo real de la planta.

Es importante realizar los estimados de costo conceptual debido a que proporcionan información valiosa a los interesados en el proyecto, con esta información los interesados toman la decisión de realizar el proyecto, además los estimados conceptuales son estimados muy rápidos, es decir no consumen mucho tiempo en desarrollarlo, por lo que su costo es bajo, comparado con el estimado definitivo.

Esta es la razón por lo que gran parte de los interesados en los proyectos a desarrollar, toman la decisión de realizar el proyecto a partir del resultado que arroja el estimado conceptual en específico el estimado de costo modular o preliminar.

Para que los interesados tomen la decisión de desarrollar un proyecto, es necesario que se elabore un informe ejecutivo, donde incluye una tabla comparativa de los “Estimado de inversión”, donde se observaran las diferencias de costo entre cada estimado, debido a la calidad y cantidad de información disponible; así como de los supuestos considerados, ver tabla 27.

4) Derivar recomendaciones para usos futuros de los estimados.

El costo del equipo de cualquier planta de proceso se aplica como base en diversos métodos utilizados, en etapas previas de diseño, para la estimación del capital a invertir. Así que para la realización de estimaciones confiables de costos resulta esencial disponer de información sobre precios de equipos, esta información puede ser adquirida de las siguientes fuentes:

- Cotizaciones de fabricantes o proveedores.
- Datos de costos obtenidos de proyectos anteriores.

El caso de estudio de este trabajo se obtuvo de un proyecto anterior, así que el estimado de costo es válido. Se debe tener cuidado al emplear los índices de costos correspondientes para actualizar el costo de la planta a la fecha de interés en que se desarrollara la planta del proyecto.

En el caso de con un proyecto anterior similar al de interés, se obtiene el paquete de ingeniería básica para la realización de la nueva planta este paquete contiene:

- ✓ Bases de diseño
- ✓ Diagramas de Flujo de Proceso (DFP)
- ✓ Arreglo de equipo
- ✓ Filosofía de operación
- ✓ Lista de equipo
- ✓ Matriz de servicios auxiliares
- ✓ Especificaciones de equipo mayor / crítico
- ✓ Especificaciones sistema de control
- ✓ Especificaciones de tubería especial
- ✓ Especificaciones técnicas

También es importante revisar las lecciones aprendida de dicho proyecto para no cometer las mismas fallas detectadas en la realización del proyecto anterior y así evitar gastos innecesarios.

Se debe tomar en cuenta también que el tipo de planta que se tomara como referencia debe ser similar a la planta de interés teniendo el cuidado necesario de que los equipos sean similares en cuestión de material de construcción, tipo de fabricación y las condiciones de operación.

Se recomienda conocer lo que requiere cada uno de estos estimados para poder desarrollarlos. A continuación se muestra una lista de los documentos necesarios para cada tipo de estimados, así como el esfuerzo necesario para realizarlo:

- Estimado de Orden de Magnitud, (Menor esfuerzo)
 - ❖ Este método toma datos históricos de costos de proyectos o equipos similares.
 - ❖ Aplica la ecuación de relación de capacidad.
 - ❖ Escala el costo mediante un exponente típico que depende del tipo de planta, equipo y rango de capacidad.
 - ❖ Utiliza índices de escalación para colocar todos los costos a una misma fecha.

- ❖ Utiliza factores de costo para cambios en el diseño, materiales de construcción, riesgo-país, etc.
- Estimado de Estudio, (Esfuerzo medio)
 - ❖ Se parte de una base de datos de costo de plantas.
 - ❖ Se utiliza para propósito de presupuestos y posibilidad de inversión.
 - ❖ Este método ayuda a proporcionar la información técnica y económica para requerimientos de inversión y recursos.
 - ❖ Esta información ayudará a obtener bases técnicas más sólidas y mayor calidad en el estimado de costos.
- Estimación Preliminar, (Mayor esfuerzo)
 - ❖ Se estiman los costos de otros conceptos de la inversión, como un porcentaje del costo del equipo mayor.
 - ❖ Se requiere de una base de datos confiable.
 - ❖ Este tipo de estimado se realiza después de la selección del proceso y diseño conceptual.
 - ❖ Este estimado es el requerimiento mínimo para toma de decisiones en la realización de proyectos de inversión, es necesario contar con:
 - Diagrama de flujo de proceso, balance de materia y energía, servicios generales, plano de localización general, lista de equipo, plan del proyecto, bases de datos e información de costos confiables.
- Estimación Definitiva, (Se desarrolla con forme avanza el proyecto)
 - ❖ Método muy costoso y demasiado consumo de tiempo.
 - ❖ Se realizan cuando la ingeniería está suficientemente avanzada.
 - ❖ Se hace uso de cantidades de materiales "Takeoffs" de todas las especialidades, H-H por especialidad y tarifas de costos.
 - ❖ Son elaborados cuando el diseño del proceso ha sido completado.
 - ❖ Utilizan planos y especificaciones típicas del diseño del proyecto.
- Estimación Detallada, (Se lleva el tiempo total de todo el proyecto)
 - ❖ Este estimado es de contratista, está basado en la terminación completa del proyecto, es un resumen de lo que se llevo a cabo al terminar todo el proyecto.

La probabilidad de que el costo real supere el costo estimado es muy grande cuando la información disponible es incompleta o en épocas de aumento, por lo que se recomienda tener información de proyectos exitosos anteriores.

5) Conclusión logro vs. objetivo.

El principal objetivo de este trabajo es contar con una metodología capaz de obtener el **estimado de costo de orden de magnitud, modular y definitivo**, con el propósito de que los inversionistas cuenten con información sólida y suficiente para tomar la decisión de desarrollar proyectos de plantas de proceso, pero al mismo tiempo es necesario considerar que estos estimados no consuman demasiado tiempo y costo el desarrollarlo, debido a que estas dos variables impactan directamente el costo del proyecto..

Mediante la metodología anterior fue posible obtener un estimado de costo muy aceptable, tomando como base la comparación de los estimados conceptuales con los estimados de detalle, recordando que los estimados de detalle, su resultado es muy parecido al costo real de la planta, esta comparación se observa en la tabla 26. Por lo que nos indica que las consideraciones tomadas para desarrollar los estimados de costo conceptual son bastante aceptables como un primer acercamiento de estimado de costo de la planta de proceso.

Dentro de los estimados conceptuales el de mayor interés es el estimado de costo modular o preliminar, porque los interesados, toman el resultado de este estimado como base para tomar la decisión de desarrollar el proyecto. El desarrollo de este estimado es posible realizarlo a través de diferentes métodos modulares, estos métodos aplican diferentes consideraciones, ver anexo 1. Al comparar estos métodos de estimación, se nota que entre más consideraciones tome en cuenta el método de estimación, el resultado del estimado es más próximo al estimado definitivo, precisamente este último es el estimado de costo que más se apega al costo real de la planta de proceso, en base a la comparación de la tabla 26, el más próximo fue el método de Chiltón.

Concluimos que es posible poder obtener un resultado bastante confiable con un método modular, siguiendo la metodología que se propone este trabajo, ya que el costos obtenido es muy próximos al estimado definitivo, teniendo la ventaja de que este método no consume demasiado tiempo y dinero el desarrollarlo comparado con el estimado de detalle. Esta es la razón por lo que gran parte de los inversionistas consideran el resultado de este estimado para tomar la decisión de desarrollar un proyecto.

CAPÍTULO 4

ESTIMADO DE COSTO DEFINITIVO

OBJETIVOS:

1. Obtener las Horas – Hombre por documento que genera cada disciplina de ingeniería.
2. Obtener el número de personas que desarrollaran cada disciplina de ingeniería.
3. Obtener el estimado de costo de la planta a partir de las Horas – Hombre totales de cada disciplina de ingeniería.

ALCANCE:

Este tipo de estimado empieza su desarrollo una vez que se ha terminado el diseño de proceso y la ingeniería de detalle se encuentra desarrollada de un 70% a un 90%.

Debido al alto porcentaje de ingeniería ya desarrollada se convierte este estimado de inversión muy costoso, además de consumir demasiado tiempo, siendo este un factor a cuidar en cualquier proyecto. A cambio este tipo de estimado al desarrollarlo tendrá una desviación del orden del +/-10%, con respecto al costo real del proyecto. Difícilmente un inversionista pedirá un estimado de esta naturaleza para tomar la decisión de llevar a cabo el desarrollo del proyecto.

Los documentos base para desarrollar este tipo de estimado, es la mismos que se utilizo en la estimación preliminar o modular (estimado de toma de decisión de desarrollo de un proyecto), excepto el estimado definitivo, desarrollara la estimación con mayor nivel de detalle. El costo directo total del proyecto se obtiene de cotizaciones o de información propia disponible "In House" (Costos de equipo, materiales, horas – hombre, etc.), e incluye la productividad de trabajo y disponibilidad de mano de obra de expertos, de disponibilidad de material de construcción.

El costo de la mano de obra e instalaciones de material se obtienen de tarifas de proyectos históricos similares anteriormente desarrollados. El costo indirecto total se determina aplicando un factor al costo directo.

Para obtener el costo total del proyecto, se consideran los siguientes conceptos:

- Costos de materiales y subcontrataciones basadas en cotizaciones a precio firme o precio alzado.
- Costos de mano de obra en base a hora – hombre unitaria de las disciplinas de ingeniería y tarifas de costos.
- Costo de ingeniería.

La exactitud de este tipo de estimado depende del detalle de información del proyecto y del tiempo para su desarrollo. La exactitud de este estimado es de –5% a +10%, del costo real del proyecto, es decir es un resumen del proyecto terminado.

Desarrollo del Objetivo 1

(Horas – Hombre por documento que genera cada disciplina de ingeniería)

Este estimado, se aplica al proyecto de polietileno de baja densidad (PBD), diseñado con la tecnología **“Reactor Tubular a alta presión”** para una planta que produzca 50,000 ton/año.

Disciplinas de ingeniería:

- Ingeniería básica.
- Ingeniería Civil.
- Arquitectura.
- Ingeniería Mecánica.
- Procesos
- Ingeniería ambiental
- Ingeniería eléctrica
- Instrumentación
- Tubería y flexibilidad

En esta etapa, se realiza el cálculo de hora – hombre para cada disciplina, una vez conocida está cantidad de todas las disciplinas mencionadas anteriormente se obtiene el costo del proyecto, posteriormente se calcula la cantidad de personal que se requiere para desarrollar el proyecto, de esta forma se tiene el estimado de costo necesario para el pago del personal que se ocupara en el proyecto, esta información se encuentra plasmado en graficas, las graficas que se muestran en este capítulo, son graficas de proyectos exitosos para cada disciplina, de proyectos históricos esto es válido para obtener cómo resultado un proyecto exitoso, con información “In House”.

Para realizar el estimado de hora – hombre por documentos que genere cada disciplina se lleva a cabo sobre la base de las tablas 28 a la 37, estas tablas son recopilación de proyectos históricos de ICA FLUOR DANIELS siendo esta una firma de ingeniería de reconocimiento a nivel mundial. Los valores que muestran estas tablas que son mínimo, medio y máximo son valores unitarios de cada documento, el valor a usar en cada documento depende de la experiencia del Jefe de Proyecto, estos valores son necesarios para calcular las tablas correspondientes de cada disciplina antes mencionadas y obtener con ello sus graficas estas graficas son de proyectos exitosos de ICA FLUOR DANIELS, por lo que es necesario que se ajusten los valores de las tablas a las graficas prototipo, en la realidad los ajustes de las graficas se llevan a cabo mediante el monitoreo y control del proyecto hasta cumplir con los objetivos del proyecto.

HORAS – HOMBRE PARA CADA DOCUMENTO QUE GENERA LAS DISCIPLINAS.

Ingeniería Básica	MIN	MED	MAX
Criterios de diseño	25	30	40
Diagrama de flujo de proceso	60	70	80
Hoja de datos de equipo mecánico	20	24	35
Plot plan inicial	70	90	100
DTI's iniciales	35	45	100

Tabla 28

Civil - Estructural	MIN	MED	MAX
Especificaciones de materiales	9	11	13
Especificaciones de construcción	18	20	22
Criterios de diseño	20	25	28
Estudio mecánico de suelos	90	100	150
Planos de cimentaciones / estructural / nivel	70	90	110
Lista de materiales	8	10	12
Fosas de agua	65	85	125
Planos topográficos	80	100	120

Tabla 29

Arquitectura	MIN	MED	MAX
Bases de diseño	25	30	40
Especificaciones	60	70	80
Arreglo general	20	24	35
Planos arquitectónicos			
Maqueta electrónica	70	90	100
Lista de materiales	35	45	100

Tabla 30

Ambiental	MIN	MED	MAX
Estudios ambientales	45	90	120
Trámites de licencias y permisos	45	90	120

Tabla 31

Proceso	MIN	MED	MAX
Bases de diseño	45	90	120
Diagrama de flujo	60	70	80
Hojas de datos	20	24	35
Plot plan preliminar	70	90	100
Lista de equipos / motores	16	18	20
DTI's	70	90	200
Filosofía de control	45	90	120
Estudio de seguridad (HAZOP)	45	90	120

Tabla 32

Mecánico	MIN	MED	MAX
Bases de diseño	45	90	120
Diseño de equipo	60	70	80
Especificaciones de equipo	20	24	35
Hojas de datos	70	90	100
Cuarto de control	16	18	20
Memorias de cálculo	70	90	200
Lista de materiales de aire acondicionado	45	90	120
Planos de aire acondicionado, arreglos	45	90	120

Tabla 33

Instrumentación	MIN	MED	MAX
Especificaciones	50	60	70
Complemento de DTI's	70	90	120
Diagramas lógicos	70	90	120
Índice de instrumentos	90	200	250
Detalles típicos de instalación	25	30	35
Hojas de datos de instrumentos	20	30	40
Lista de materiales	30	40	50

Tabla 34

Eléctrico	MIN	MED	MAX
Diagrama unifilar / elemental / teléfono	65	90	110
Planos / Arreglos de equipo	55	60	65
Planos de rutas / alumbrado	55	70	90
Tableros	80	90	100
Especificaciones	20	25	30
Lista de materiales	7	10	12
Localización de luminarias, equipo, pararrayos	55	60	65
Detalles de instalación	40	55	60
Diseño de equipo	70	90	100

Tabla 35

Tuberías	MIN	MED	MAX
Índice de líneas	40	70	90
Bases de diseño	25	30	40
Especificaciones	18	27	45
Detalles de instalación	5	7	9
Arreglo de tubería / equipo	60	70	90
Isométricos	10	15	20
Planos de localización	20	25	30
Lista de materiales	40	45	50
Índice de isométricos	12	20	30

Tabla 36

Flexibilidad y soportería	MIN	MED	MAX
Análisis de esfuerzos (por corrida)	60	70	90
Clasificación de líneas críticas	25	30	40
Especificaciones de aislamiento	21	27	30
lista de materiales de aislamiento	40	45	50

Tabla 37

Calculo de Hora – Hombre para la disciplina Ingeniería Básica.

Todas las disciplinas están divididas en el siguiente orden jerárquico; **Etapas, Sistema, Paquete y Documentos**. La cantidad de paquetes para ingeniería básica se calcula sobre la base de un proyecto histórico similar ya desarrollado, cada paquete contiene una cantidad de documentos específicos de la disciplina y a estos documentos le asignamos una cantidad de Hora – Hombre, estas son asignadas sobre la base de las **tablas 28 a la 37**, tablas de datos especializados.

La **tabla 38 A**, muestra la **Etapas, Sistema, Paquete y Documentos generados en la disciplina** ingeniería básica. Esta disciplina cuenta con los siguientes paquetes:

- Paquete 211; Proceso
- Paquete 212; Equipo mecánico
- Paquete 213; Distribución general de la planta
- Paquete 214; Instrumentación básica.

Para explicar el llenado de la tabla, se toma como ejemplo el siguiente paquete:

Paquete 211; Proceso:

A-01 Criterios de Diseño: 1 documento * 40 H-H (tabla 28) = 40 H-H

La tabla 28 “**Ingeniería Básica**”, en el documento **criterios de diseño**, cuenta con tres valores diferentes de **hora –hombre** estos valores son; mínimo, mediano y máximo, el **jefe de proyecto** decide la cantidad de hora – hombre que le asignara para desarrollar cada documento, basándose en su experiencia y de las lecciones aprendidas del proyectos del cual se partió.

B-01 Diagrama de Flujo de Procesos: 15 documentos * 80 H-H (tabla 28) = 1200 H-H

B-02 Diagrama de Flujo de Servicios: 13 documentos * 80 H-H (tabla 32) = 1040 H-H

Las Horas –Hombre necesarias para desarrollar el paquete 211, se obtuvieron de la suma de sus tres documentos; A-01 Criterios de diseño, B-01 Diagrama de flujo de proceso, B-02 Diagrama de flujo de servicio, el resultado es 2280 H-H. Para obtener las H-H totales de esta disciplina se calcula con la suma de los cuatro paquetes que constituye la disciplina estas son:

- Paquete 211; proceso: 2280 H-H
- Paquete 212; equipo mecánico: 1699 H-H
- Paquete 213; distribución general de la planta: 100 H-H
- Paquete 214; instrumentación básica: 4500 H-H

Así que la disciplina ingeniería básica tiene un total de 8579 H-H. Con este total de H-H, se calcula el porcentaje parcial de H-H de cada documento, tal como lo muestra el ejemplo siguiente:

A-01 Criterios de Diseño: $(40\text{H-H} * 100) / (8579\text{H-H}) = 0.47$

El porcentaje de cada documento es de suma importancia para obtener el porcentaje de avance de la disciplina, para el caso del documento **criterios de diseño** es de 0.47, estos valores son necesarios para el llenado de la tabla 38B muestra el porcentaje de avance, por mes y semana.

Este porcentaje de avance por mes y semana de cada disciplina es la forma planeada de cómo se desarrollara el proyecto, pero al ejecutar el proyecto por lo general se tiene un avance diferente, puede ser mayor o menor al planeado de aquí el hecho de controlar el proyecto basada en las siguientes restricciones:

- Tiempo
- Costo
- Calidad
- Alcance

En este capítulo observaremos la forma manual de estimar el costo de un proyecto al igual que programarlo y controlarlo, este proceso puede llevarse en forma más rápida y eficaz mediante el uso del software **Microsoft Project**, siendo este software una herramienta poderosa para el Jefe de Proyecto, es necesario mencionar que no se llevará a cabo la programación de este proyecto con software antes citado. Pero vale la pena mencionar la existencia de este software bastante eficaz para la programación de proyectos y el monitoreo y control de las restricciones antes mencionadas, para obtener un proyecto exitoso. El número de documentos parciales que se observan en esta tabla, son los necesarios para obtener la grafica prototipo de ingeniería básica y asegurar el éxito del proyecto. Cabe mencionar que el número de documentos de cualquier disciplina en un proyecto presenta constantemente cambios pertinentes de lo ejecutado con respecto a lo planeado hasta lograr el objetivo del proyecto.

Etapa	Sistema	Paquete	Documento	Concepto	Cantidad De Documentos		H-H Presupuestadas			% del Total	
					Parcial	Total	HH por Docto.	Parcial	Total	Parcial	Total
200				INGENIERIA BÁSICA							
	210			INGENIERIA BÁSICA GENERAL		143			8579		100.00
		211		PROCESO		29			2280		26.58
			A-01	Criterios de diseño	1		40	40		0.47	
			B-01	Diagrama de flujo de proceso	15		80	1200		13.99	
			B-02	Diagrama de flujo de servicios	13		80	1040		12.12	
		212		EQUIPO MECÁNICO		63			1699		19.80
			D-01	Hoja de datos compresor	4		35	140		1.63	
			D-02	Hoja de datos intercambiadores	5		24	120		1.40	
			D-03	Hoja de datos precalentadores	4		24	96		1.12	
			D-04	Hoja de datos enfriadores	4		24	96		1.12	
			D-05	Hoja de datos tanque de carga	3		24	72		0.84	
			D-06	Hoja de datos de los tanques separadores	11		35	385		4.49	
			D-07	Hoja de datos condensadores	18		24	432		5.04	
			D-08	Hoja de datos de reactor tubular	2		35	70		0.82	
			D-09	Hoja de datos de bomba	12		24	288		3.36	
		213		DISTRIBUCIÓN GENERAL DE LA PLANTA		1			100		1.17
			E-01	Arreglo preliminar	1		100	100		1.17	
		214		INSTRUMENTACION BÁSICA		50			4500		52.45
			B-01	Diagrama de tubería e instrumentación	50		90	4500		52.45	

TABLA 38A

Etapa	Sistema	Paquete	Documento	Concepto	Cantidad De Documentos		H-H Presupuestadas			% del Total		CALCULOS PARA LOS PORCENTAJES DE AVANCE											
					Parcial	Total	HH por Docto.	Parcial	Total	Parcial	Total	SEMANAS											
												1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
200				INGENIERIA BÁSICA																			
	210			INGENIERIA BÁSICA GENERAL		143			8579		100.00												
		211		PROCESO		29			2280		26.58												
			A-01	Criterios de diseño	1		40	40		0.47		0.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			B-01	Diagrama de flujo de proceso	15		80	1200		13.99		0.00	6.99	6.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			B-02	Diagrama de flujo de servicios	13		80	1040		12.12		0.00	0.00	0.00	1.21	10.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		212		EQUIPO MECÁNICO		63			1699		19.80												
			D-01	Hoja de datos compresor	4		35	140		1.63		0.82	0.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			D-02	Hoja de datos intercambiadores	5		24	120		1.40		0.00	0.70	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			D-03	Hoja de datos precalentadores	4		24	96		1.12		0.00	0.00	0.00	0.56	0.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			D-04	Hoja de datos enfriadores	4		24	96		1.12		0.00	0.00	0.00	0.34	0.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			D-05	Hoja de datos tanque de carga	3		24	72		0.84		0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			D-06	Hoja de datos de los tanques separadores	11		35	385		4.49		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.24	2.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			D-07	Hoja de datos condensadores	18		24	432		5.04		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.02	2.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			D-08	Hoja de datos de reactor tubular	2		35	70		0.82		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.73	0.00	0.00
			D-09	Hoja de datos de bomba	12		24	288		3.36		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.68	1.68	0.00
		213		DISTRIBUCIÓN GENERAL DE LA PLANTA		1			100		1.17												
			E-01	Arreglo preliminar	1		100	100		1.17		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.39	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00
		214		INSTRUMENTACION BÁSICA		50			4500		52.45												
			B-01	Diagrama de tubería e instrumentación	50		90	4500		52.45		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.49	10.49	10.49	10.49	10.49	10.49
												AVANCE PARCIAL											
												AVANCE ACUMULADO											
												1.28	8.51	7.69	1.77	11.81	2.01	5.65	15.14	10.57	12.90	12.17	10.49
												1.28	9.79	17.48	19.26	31.06	33.07	38.73	53.86	64.44	77.34	89.51	100.00

TABLA 38B

La tabla 38B muestra el porcentaje de avance de cada documento y la distribución de este avance por semana y mes, de esta manera el objetivo es cumplir con el tiempo programado en cada disciplina para obtener como resultado un proyecto exitoso, es difícil el control del tiempo, siendo una de las restricciones más importantes a cuidar en cualquier proyecto. El jefe de proyecto junto con el personal que desarrollará la disciplina ingeniería básica deciden la programación por semana y mes para obtener cada documento, y tener el control de la disciplina.

Distribución de los documentos del paquete 211 (tabla 38B):

A-01 Criterios de Diseño, en la semana 1 se desarrolla al 100%, es decir todo el documento.

B-01 Diagrama de Flujo de Proceso: Indica que una vez terminado los criterios de diseño (A-01), se desarrolla esta tarea, 50% en la semana 2 y el otro 50% en la semana 3 y de esta manera cumple con el 13.99 por ciento totales de avance de H-H de este documento.

B-02 Diagrama de Flujo de Servicios: Indica que una vez terminado el diagrama de flujo de procesos, se desarrolla la tarea, 10% en la semana 4 y el 90% en la semana 5 y de esta manera se cumple el 12.12 % total de avance de H-H de este documento.

De la disciplina Ingeniería básica, obtenemos el avance parcial y avance acumulado, a partir de los documentos que compone esta disciplina, esta se obtiene al realiza una sumatoria vertical por semana de esta forma se obtiene el avance parcial y el avance acumulado realizando una suma horizontal, es decir sumamos el avance parcial de la semana anterior y de la semana deseada tal como lo indica el siguiente ejemplo;

Ejemplo:

Semana 1: Avance Parcial 1.28

Semana 1: Avance Acumulado 1.28

Semana 2: Avance Parcial 8.51

Semana 2: Avance Acumulado 8.51 + 1.28 = 9.79

Los porcentajes de avance parcial y acumulado anteriormente calculados son necesarios para graficar el avance del proyecto de la disciplina ingeniería básica, esta curva es comparada y ajustada a las curvas de proyectos exitosos, estas curvas son una recopilación de comportamiento varios proyectos que lograron cubrir los objetivos del proyecto, fuente de información ICA FLUOR DANIELS; de esta forma se monitoreo el desempeño del proyecto. El cálculo del avance acumulado debe dar finalmente el 100% de la Horas –Hombre usadas en la disciplina, en este caso es 8579 H-H, tal como lo muestra la tabla 38C.

Ela	Sistema	Paquete	Documento	Concepto	Cantidad De Documentos		H-H Presupuestadas				% del Total		CALCULOS PARA LAS HORAS HOMBRE SEMANALES Y MENSUALES											
					Parcial	Total	HH por Docto.	Parcial	Total	Parcial	Total	1			2			3						
200				INGENIERÍA BÁSICA																				
	210			INGENIERÍA BÁSICA GENERAL		143			8579		100.00													
		211		PROCESO		29			2280		26.58		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
			A-01	Criterios de diseño	1		40	40			0.47		40.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			B-01	Diagrama de flujo de proceso	15		80	1200			13.99		0.00	600.00	600.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			B-02	Diagrama de flujo de servicios	13		80	1040			12.12		0.00	0.00	0.00	104.00	936.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		212		EQUIPO MECÁNICO		63			1699		19.80		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			D-01	Hoja de datos compresor	4		35	140			1.63		70.00	70.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			D-02	Hoja de datos intercambiadores	5		24	120			1.40		0.00	60.00	60.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			D-03	Hoja de datos precalentadores	4		24	96			1.12		0.00	0.00	0.00	48.00	48.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			D-04	Hoja de datos enfriadores	4		24	96			1.12		0.00	0.00	0.00	0.00	28.80	67.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			D-05	Hoja de datos tanque de carga	3		24	72			0.84		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	72.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			D-06	Hoja de datos de los tanques separadores	11		35	385			4.49		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	192.50	192.50	0.00	0.00	0.00	0.00
			D-07	Hoja de datos condensadores	18		24	432			5.04		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	259.20	172.80	0.00	0.00	0.00	0.00
			D-08	Hoja de datos de reactor tubular	2		35	70			0.82		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.00	63.00	0.00	0.00
			D-09	Hoja de datos de bomba	12		24	288			3.36		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	144.00	144.00	0.00
		213		DISTRIBUCIÓN GENERAL DE LA PLANTA		1			100		1.17													
			E-01	Arreglo preliminar	1		100	100			1.17		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33.33	33.33	33.33	0.00	0.00	0.00	0.00
		214		INSTRUMENTACIÓN BÁSICA		50			4500		52.45													
			B-01	Diagrama de tubería e instrumentación	50		90	4500			52.45		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	500.00	900.00	900.00	900.00	900.00
												AVANCE PARCIAL												
												AVANCE ACUMULADO												
												110.00	730.00	660.00	152.00	1012.80	172.53	485.03	1298.63	907.00	1107.00	1044.00	900.00	
												110.00	840.00	1500.00	1652.00	2664.80	2837.33	3322.37	4621.00	5528.00	6635.00	7679.00	8579.00	

TABLA 38C

La distribución de la Hora –Hombre, de la disciplina ingeniería básica, tabla 38C, en forma de ejemplo se realiza el cálculo para obtener el paquete **211 Proceso** en sus documentos:

A-01 Criterios de Diseños: 1 documento * 40 h-h = 40 h-h, sobre la base del programa se debe hacer al 100% en la primera semana, en este caso 40 h-h.

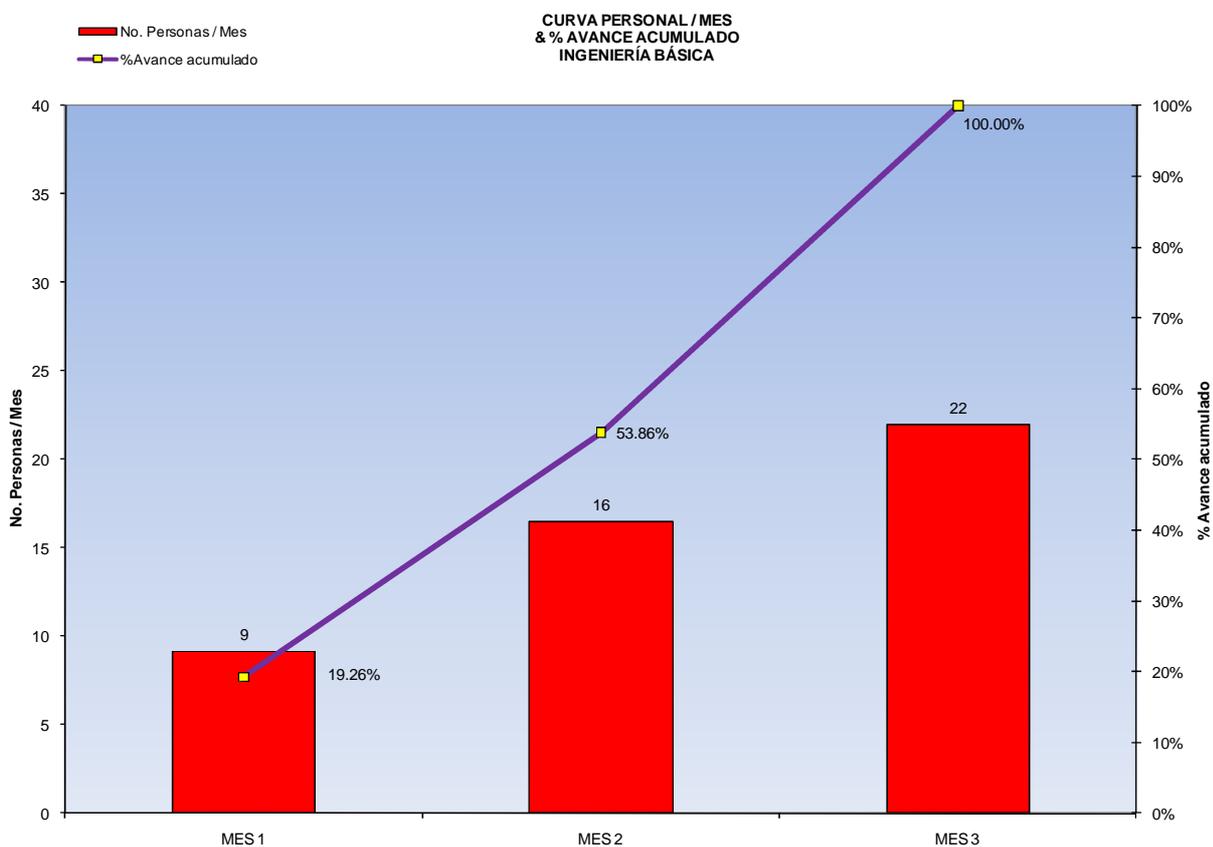
B-01 Diagrama de Flujo de Procesos: 15 documento * 80 = 1200 h-h, así se realiza el 50% en la semana 2 es decir 600 h-h y 50% en la semana 3 es decir 600 h-h.

En la programación de la disciplina ingeniería básica debemos verifica que al final del avance acumulado debe dar el 100% tal como lo muestra la tabla 38 D. Los gráficos que obtenemos con estas tablas, son gráficos similares de proyectos exitosos.

Se adiciona las graficas obtenidas en hora – hombre y porcentaje de avance de esta disciplina y los datos compactos para realizar estas graficas, los gráficos de las demás disciplinas se pueden consultar en el anexo II.

Desarrollo del objetivo 2
(Cálculo del número de personas necesarias para desarrollar la disciplina de ingeniería)

Este objetivo describe la distribución del personal por mes, por lo que se considera la duración del tiempo de cada disciplina. Para el desarrollo de este objetivo, se toma como ejemplo la ingeniería básica, el resto de las disciplinas se muestran en el anexo II, para su consulta.



GRAFICA 1

La grafica 1, muestra la cantidad de personal requerido por mes es decir se requieren de 9 personas en el mes 1, para avanzar el 19.26% de avance, en el mes 2 se requieren 16 personas, para un avanzar el 53.86% en avance acumulado y en el mes 3 se requieren 22 personas, con el 100% de avance acumulado finalizando así la disciplina.

Cálculo del número de personas necesarias por mes (ingeniería básica):

MES 1: (horas-hombre acumuladas por mes 1652 h-h) / (1 hombre/ 180 h-h) = 9.1 hombres

MES 2: (horas-hombre del mes 4621 - 1652) / (1 hombre/ 180 h-h) = 16.49 hombres

MES 3: (horas-hombre del mes 8579 - 4621) / (1 hombre/ 180 h-h) = 22 hombres

Cuando se obtienen una cantidad numéricamente **no** entera en el cálculo de hombres de la plantilla de trabajo, se redondea de tal forma que se obtenga un número entero. Como se observa el cálculo de hombres necesarios es por mes, para calcular la cantidad de hombres para cada paquete que constituye la ingeniería básica (**procesos, equipo mecánico, distribución general de la planta e instrumentación básica**), se desarrolla de la misma forma antes descrita, el resultado del número de personas necesarias para el desarrollo de esta disciplina así como su rol y responsabilidad del personal se encuentra en las tablas 39, 40 y 41.

Las siguientes 8 disciplinas restantes se desarrollan en forma similar para su programación y distribución de hora –hombre calculadas, la división de cada disciplina varía en función de Etapa, Sistema, Paquetes y Documentos, ya que esta división es específica de cada disciplina, la forma de obtenerlo es similar a la metodología descrita en el ejercicio de ingeniería básica. El resultado de todas las disciplinas se encuentra en el Anexo 2, para su consulta.

Una vez contando con la cantidad de horas – hombre de cada paquete que conforma la disciplina de ingeniería básica, se calcula la cantidad del personal necesario para desarrollar la disciplina, el personal necesario se calcula sobre la base de jerarquía de roles y responsabilidades.

Ejemplo: Personal necesario en la disciplina de ingeniería básica:

INGENIERIA BASICA	HH	Duración (Meses)	HH/MES	No. de Personas	HH/MES /PERSONA
Procesos	2280	1.25	1824	10.13	180
Equipo Mecánico/Distr. Gral Planta	1799	2.75	654.2	3.63	180
Instrumentación Básica	4500	1.25	3600	20.00	180

Tabla 39

Primero: Cálculo de Hora-Hombre por mes:

5 días a la semana * 9 horas = 45 h-h por semana * 4 semanas = 180 h-h por mes

Cálculo de la tabla 39: Como ejercicio se hace uso de los paquetes de la disciplinas ingeniería básica:

- **Paquete 211; Procesos:**

2280 h-h de la disciplina / 1.25 meses, duración de la actividad = 1824 h-h/Mes

1824 h-h/mes / 180 h-h/mes/hombre = 10.13 hombres.

Debido a que existe fracción en el cálculo, se redondea a 10 hombres.

- **Paquete 212; Equipo Mecánico/Distribución general de Planta:**

1799 h-h de las dos disciplinas/ 2.75 meses = 654.2 h-h/mes

654.2 h-h/mes / 180 h-h/mes/hombre = 3.63 hombres.

Debido a que existe fracción en el cálculo, se redondea a 4 hombres.

- **Paquete 213; Instrumentación Básica:**

4500h-h de la disciplina /1.25 meses = 3600 h-h / mes

3600 h-h / mes / 180 h-h/mes/hombre = 20 hombres

Al realizar el comparativo del número de personas de la grafica 1 y de la tabla 39, la diferencia es bastante notable, esta diferencia es debido a que la tabla 39, realiza el cálculo del personal a partir del tiempo real de desarrollo de la disciplina y la grafica 1; lo realiza a partir de una cantidad de h-h asignada a cada documento el cual está a consideración del Jefe de Proyectos.

Ya que se cuenta la cantidad de personal necesarios para desarrollar la disciplina, se distribuye este sobre la base de la jerarquía de roles y responsabilidades. Tal como lo muestra la tabla 40.

PERSONAL	Procesos	Equipo Mecánico/D.G.P.	Ins. Básica	Personal
Jefe de grupo	1	0	1	2
Ingeniero senior	1	1	1	3
Ingeniero A	4	1	4	9
Ingeniero B	4	2	3	9
Diseñador	0	0	4	4
Dibujante	0	0	7	7
TOTAL PERSONAS	10	4	20	34

TABLA 40

La tabla 40 muestra la cantidad de personal y la distribución en base a sus roles y responsabilidades, esta plantilla de personal se puede hacer tan costosa cómo se requiera. Es decir si el personal que se requiere son ingenieros con gran experiencia (senior), sus servicios seran mas costosos, que un ingeniero junior, o un ingeniero recién egresado, obviamente al hacer uso de personal de gran experiencia asegura un mejor desempeño en el resultado de la disciplina, por lo que es necesario que el Jefe del Proyecto administre el uso del personal de tal forma que los costos de la plantilla no impacten en el costo del proyecto, recordando que todo proyecto debe terminar en tiempo, costo y calidad para cubrir los objetivos del proyecto, de esta forma aseguramos el éxito del proyecto.

PERSONAL	Procesos	Equipo Mecánico/D.G.P	Ins. Básica	HH TOTALES/PUESTO
Jefe de grupo	225	0	225	450
Ingeniero senior	225	495	225	945
Ingeniero A	900	495	900	2295
Ingeniero B	930	809	675	2414
Diseñador	0	0	900	900
Dibujante	0	0	1575	1575
TOTAL HH/PAQUETE	2280	1799	4500	8579

TABLA 41

La tabla 41, muestra la distribución de la cantidad de hora – hombre total presupuestadas de cada participante en base a su rol y responsabilidad, necesarias en cada paquete de la disciplina ingeniería básica, el cálculo se realizó de la siguiente forma:

- **Paquete 211; Procesos:**

1 Jefe de Grupo * 1.25 mes * 180 h-h/mes = 225 h-h

1 Ingeniero Senior * 1.25 mes * 180 h-h/mes = 225 h-h

4 Ingenieros A * 1.25 mes * 180 h-h/mes = 900 h-h

4 ingenieros B, se realiza de la siguiente forma: 2280 h-h – (225+225+900) = 930 h-h

Al sumar la cantidad de horas –hombre de todos los ingenieros y el jefe de grupo, debe dar el total de h-h del paquete, en este caso de 2280 h-h

- **Paquete 212; Equipo Mecánico/Distribución general de Planta:**

1 Ingeniero Senior * 2.75 mes * 180 h-h/mes = 495 h-h

1 Ingeniero A * 2.75 mes * 180 h-h/mes = 495 h-h

2 ingenieros B, se realiza de la siguiente forma: 1799 h-h – (495 + 495) h-h = 809 h-h

Al sumar la cantidad de horas –hombre de todos los ingenieros, debe dar el total de h-h del paquete, en este caso de 1799 h-h

- **Paquete 213; Instrumentación Básica:**

1 Jefe de Grupo * 1.25 mes * 180 h-h/mes = 225 h-h

1 Ingeniero Señor * 1.25 mes * 180 h-h/mes = 225 h-h

4 Ingenieros A * 1.25 mes * 180 h-h/mes = 900 h-h

3 Ingenieros B * 1.25 mes * 180 h-h/mes = 675 h-h

4 Diseñadores * 1.25 mes * 180 h-h/ mes = 900 h-h

7 dibujantes, se realiza de la siguiente forma: 4500 h-h – (225+225+900+675+900) = 1575 h-h

Al sumar la cantidad de horas –hombre de todos los ingenieros, diseñadores, dibujantes y el jefe de grupo, debe dar el total de h-h del paquete, en este caso de 4500 h-h

La distribución de la cantidad de hora – hombre total presupuestadas de cada participante en base a su rol y responsabilidad, de las siguientes 8 disciplinas restantes se realizan con la misma mecánica de cálculo anterior, se muestran en el Anexo 2, para su consulta.

Desarrollo del objetivo 3

(Estimado de costo de la planta a partir de las H–H totales de cada disciplina de ingeniería)

Ya que se cuenta con la cantidad de hombres necesarios y el tipo de personal con su respectivo rol y responsabilidad se calcula el costo del personal (costo de plantilla), el resultado se encuentra en la tabla 42.

La tabla 42 muestra la cantidad de personal que se requiere en las distintas disciplinas o sistemas del proyecto, de esta forma se obtiene el costo de la plantilla del proyecto, el costo se encuentra en moneda nacional y dólar moneda más usual, para dar el costo del proyecto. El cálculo de la plantilla se realizó de la siguiente forma:

Ejemplo: Costo del personal de ingeniería básica (tabla 42):

- 450 h-h (2 Jefes de Grupo) * 128 \$/h-h = \$57,600 (moneda nacional),

Se considera la paridad 13 pesos/ 1 dólar, así que el costo de estos dos jefes de grupo es:
 $\$57,600 * 1 \text{ dólar}/\$13 = 4,430.77 \text{ dólares.}$

- 945 h-h (3 ingenieros señor) * 115 \$/h-h = \$108,675 (moneda nacional),
En dólares: $\$108,675 * 1 \text{ dólar}/\$13 = 8,359.61 \text{ dólares.}$

- 2835 h-h (9 ingenieros A) * 103 \$/h-h = \$292,005 (moneda nacional),
En dólares: $\$292,005 * 1 \text{ dólar}/\$13 = 22,461.92 \text{ dólares.}$

- 2835 h-h (9 ingenieros B) * 83 \$/h-h = \$235,305 (moneda nacional),
En dólares: $\$235,305 * 1 \text{ dólar}/\$13 = 18,100.38 \text{ dólares.}$

- 900 h-h (4 Diseñadores) * 83 \$/h-h = \$74,700(moneda nacional),
En dólares: $\$74,700 * 1 \text{ dólar}/\$13 = 5,746.15 \text{ dólares.}$

- 614 h-h (4 dibujantes) * 67 \$/h-h = \$41,138 (moneda nacional),
En dólares: $\$41,138 * 1 \text{ dólar}/\$13 = 3,164.46 \text{ dólares.}$

Para las disciplinas restantes el cálculo es similar al anterior, el resultado se encuentra en la tabla 42.

Concluyendo, el proyecto contará con una plantilla de 206 personas, con un costo de \$1, 610,068.69 dólares, este personal es distribuido en base a su rol y responsabilidad tal como lo muestra la tabla 42.

CARGO	No. De personas	\$/H-H	H-H	COSTO (\$)	COSTO (US\$)
ADMINISTRATIVO					
Gerente del Proyecto	1	450	5400	\$2,430,000.00	\$186,923.08
Ingeniero del Proyecto	1	300	5400	\$1,620,000.00	\$124,615.38
Ingeniero de Control / Programador	1	275	5400	\$1,485,000.00	\$114,230.77
Secretaría	1	55	5400	\$297,000.00	\$22,846.15
TOTAL POR DISCIPLINA	4		21600	\$5,832,000.00	\$448,615.38
INGENIERÍA BÁSICA					
Jefe de Grupo	2	128	450	\$57,600.00	\$4,430.77
Ingeniero Senior	3	115	945	\$108,675.00	\$8,359.62
Ingeniero A	9	103	2835	\$292,005.00	\$22,461.92
Ingeniero B	9	83	2835	\$235,305.00	\$18,100.38
Diseñador	4	83	900	\$74,700.00	\$5,746.15
Dibujante	7	67	614	\$41,138.00	\$3,164.46
TOTAL POR DISCIPLINA	34		8579	\$693,585.00	\$53,352.69
CIVIL Y ARQUITECTURA					
Jefe de Departamento	1	275	1305	\$358,875.00	\$27,605.77
Especialista	2	250	4725	\$1,181,250.00	\$90,865.38
Supervisor	2	180	4725	\$850,500.00	\$65,423.08
Jefe de grupo	6	128	7065	\$904,320.00	\$69,563.08
Ingeniero Senior	7	115	8325	\$957,375.00	\$73,644.23
Ingeniero A	13	103	9808	\$1,010,224.00	\$77,709.54
Ingeniero B	12	83	8720	\$723,760.00	\$55,673.85
Diseñador	5	83	2511	\$208,413.00	\$16,031.77
Dibujante	5	67	2822	\$189,074.00	\$14,544.15
TOTAL POR DISCIPLINA	53		50006	\$6,383,791.00	\$491,060.85
PROCESO Y AMBIENTAL					
Jefe de Departamento	1	275	765	\$210,375.00	\$16,182.69
Especialista	1	250	765	\$191,250.00	\$14,711.54
Supervisor	1	180	765	\$137,700.00	\$10,592.31
Jefe de grupo	1	128	765	\$97,920.00	\$7,532.31
Ingeniero Senior	1	115	765	\$87,975.00	\$6,767.31
Ingeniero A	4	103	2195	\$226,085.00	\$17,391.15
Ingeniero B	2	83	837	\$69,471.00	\$5,343.92
Diseñador	1	83	765	\$63,495.00	\$4,884.23
Dibujante	1	67	360	\$24,120.00	\$1,855.38
TOTAL POR DISCIPLINA	13		7982	\$1,108,391.00	\$85,260.85
MECÁNICA					
Jefe de Departamento	1	275	810	\$222,750.00	\$17,134.62
Especialista	1	250	810	\$202,500.00	\$15,576.92
Supervisor	1	180	810	\$145,800.00	\$11,215.38
Jefe de grupo	2	128	1350	\$172,800.00	\$13,292.31
Ingeniero Senior	2	115	1350	\$155,250.00	\$11,942.31
Ingeniero A	3	103	1800	\$185,400.00	\$14,261.54
Ingeniero B	4	83	2750	\$228,250.00	\$17,557.69
TOTAL POR DISCIPLINA	14		9680	\$1,312,750.00	\$100,980.77
ELÉCTRICA					
Jefe de Departamento	1	275	675	\$185,625.00	\$14,278.85
Especialista	1	250	675	\$168,750.00	\$12,980.77
Supervisor	2	180	1305	\$234,900.00	\$18,069.23
Jefe de grupo	2	128	1305	\$167,040.00	\$12,849.23
Ingeniero Senior	5	115	2520	\$289,800.00	\$22,292.31
Ingeniero A	7	103	3555	\$366,165.00	\$28,166.54
Ingeniero B	8	83	3717	\$308,511.00	\$23,731.62
Diseñador	4	83	2353	\$195,299.00	\$15,023.00
Dibujante	3	67	1011	\$67,737.00	\$5,210.54
TOTAL POR DISCIPLINA	33		17116	\$1,983,827.00	\$152,602.08
INSTRUMENTACIÓN					
Jefe de Departamento	1	275	270	\$74,250.00	\$5,711.54
Especialista	1	250	270	\$67,500.00	\$5,192.31
Supervisor	3	180	1710	\$307,800.00	\$23,676.92
Jefe de grupo	3	128	1710	\$218,880.00	\$16,836.92
Ingeniero Senior	3	115	1710	\$196,650.00	\$15,126.92
Ingeniero A	6	103	2880	\$296,640.00	\$22,818.46
Ingeniero B	6	83	2644	\$219,452.00	\$16,880.92
Diseñador	3	83	1247	\$103,501.00	\$7,961.62
Dibujante	3	67	720	\$48,240.00	\$3,710.77
TOTAL POR DISCIPLINA	29		13161	\$1,532,913.00	\$117,916.38
TUBERÍAS					
Jefe de Departamento	1	275	1260	\$346,500.00	\$26,653.85
Especialista	1	250	1260	\$315,000.00	\$24,230.77
Supervisor	1	180	1260	\$226,800.00	\$17,446.15
Jefe de grupo	1	128	1260	\$161,280.00	\$12,406.15
Ingeniero Senior	2	115	1440	\$165,600.00	\$12,738.46
Ingeniero A	4	103	1890	\$194,670.00	\$14,974.62
Ingeniero B	6	83	3690	\$306,270.00	\$23,559.23
Diseñador	4	83	2250	\$186,750.00	\$14,365.38
Dibujante	6	67	2698	\$180,766.00	\$13,905.08
TOTAL POR DISCIPLINA	26		17008	\$2,083,636.00	\$160,279.69
TOTAL	206		145132	\$20,930,893.00	\$1,610,068.69

Tabla 42

Etapa	Sistema	Paquete	Concepto	HH por Et	HH por Sis	HH por Paquete.
200			INGENIERÍA BÁSICA	8,579		
	210		Ingeniería Básica General		8,579	
		211	Proceso			2,280
		212	Equipo Mecánico			1,699
		213	Distribución general de la planta			100
		214	Instrumentación básica			4,500
300			INGENIERÍA DE DETALLE	114,953		
	330		Ingeniería civil		44,678	
		331	Geotecnia			2,400
		332	Desarrollo de sitio			1,994
		333	Cimentaciones			20,472
		334	Estructuras metálicas			8,568
		335	Instalaciones subterráneas			2,196
		336	Instalaciones hidráulica-sanitarias			9,048
	320		Arquitectura		5,328	
		321	Anteproyecto			90
		322	Diseño arquitectónico			2,860
		323	Acabados			1,204
		324	Instalaciones hidráulica-sanitarias			1,174
	360		Ingeniería mecánica		9,680	
		361	Diseño de equipo			1,960
		362	Especificación de equipo			960
		363	Sistema de aire acondicionado			6,760
	370		Ingeniería de proceso		6,902	
		371	Procesos			350
		372	DTI's			6,480
		373	Lista de equipo			72
	390		Ingeniería ambiental		1,080	
		391	Estudios ambientales			700
		392	Licencias y permiso			380
	340		Ingeniería eléctrica		17,116	
		341	Alta tensión			4,482
		342	Baja tensión			5,112
		343	Tierras y pararrayos			1,320
		344	Alumbrado			5,128
		345	Comunicaciones			1,074
	350		Instrumentación		13,161	
		351	DTI's de proceso			4,540
		352	Índice de instrumentos			220
		353	DTI's de servicios			3,200
		354	Detalles típicos de instalación			399
		355	Especificación de instrumentos			1,602
		356	Lista de materiales			3,200
	380		Tuberías y flexibilidad		17,008	
		381	Tuberías			12,396
		382	Sistema contra incendios			2,192
		383	Flexibilidad y soportería			1,040
		384	Aislamiento			1,380
TOTAL					123,532	

Tabla 42 A

La tabla 42 A, muestra un resumen ejecutivo de la distribución de Horas –Hombre de las 9 disciplinas que compone el proyecto en ingeniería básica e ingeniería de detalle, esta tabla muestra la cantidad de 123,532 H-H, a este resultado debemos adicionar las Horas –Hombre de Administrativo, el valor se encuentra en la tabla 42; son 21,600 H-H, así que al sumar ambos valores resulta un total de 145, 132 H-H, de esta forma verificamos el valor de la tabla 42.

ESTIMADO DE LA INVERSION EN LIMITES DE BATERIA.

CONCEPTO	DOLARES	PESOS
EQUIPO	\$ 17,007,504.26	\$ 221,097,555.38
INSTRUMENTACIÓN	\$ 1,014,343.38	\$ 13,186,463.94
FLETES(8.82% Equipo)	\$ 1,500,061.88	\$ 19,500,804.38
MATERIALES	\$ 9,904,002.88	\$ 128,752,037.44
INSTALACIÓN Y CONSTRUCCIÓN	\$ 6,504,148.61	\$ 84,553,931.93
INDIRECTOS DE CONSTRUCCIÓN(34% Construcción)	\$ 2,211,410.53	\$ 28,748,336.86
INGENIERIA BÁSICA Y DE DETALLE	\$ 1,610,068.69	\$ 20,930,893.00
PROCURACIÓN(5% Ingeniería)	\$ 80,503.43	\$ 1,046,544.65
TOTAL	\$ 39,832,043.66	\$ 438,152,480.26

Tabla 43

La tabla 43 muestra, un resumen de los estimados de inversión en límite de batería, se adiciona la forma de obtener los rubros de esta tabla.

- **Instrumentación:** Es la suma de la columna de instrumentación de la tabla 6.
- **Fletes(8.82% de equipo):** Equipo (\$17, 007,504.26) * 0.0882 = \$1, 500,061.88 dólares
- **Materiales:** Es la suma total de cada familia de equipo necesario en el proyecto, este costo está en la tabla 9.
- **Instalación y construcción:** Es la suma total de cada familia de equipo necesario en el proyecto, este costo está en la tabla 9.
- **Indirectos de construcción:** Se calcula con el 34% de los indirectos de instalación y construcción este es: Los indirectos de construcción se calculan con el 34% de los indirectos de instalación y construcción, este es: \$ 6, 504,148.61 * 0.34= \$ 2, 211,410.53 dólares.
- **Ingeniería básica y de detalle:** Es el costo de la plantilla del proyecto, se muestra en la tabla 42. Este es de \$1, 610,068.69 dólares.
- **Procuración es el 5% de la ingeniería:** \$1, 610,068.69 * 0.05% = \$ 80,503.43 dólares

Se concluye la tabla 43, con el estimado de costo de la inversión en límites de batería de \$ 39, 832,043.66 dólares.

SUMINISTROS

COSTO ESCALADO DE SUMINISTROS

	Capacidad Actual	100000			
	Capacidad Requerida	50000	Indice Nelson-Farra		Costo Escalado
	Costo	Exponente	1980	2010	
Suministro de Usuario EN L.B.	\$ 41,433,000.00	0.69	810.5	839	\$ 26,585,487.27
Agua de Enfriamiento	\$ 751,800.00	0.6	457.5	650.1	\$ 704,812.17
Proceso tratamiento de Agua	\$ 5,200.00	0.6	229.2	386.9	\$ 5,791.21
Generación de Vapor	\$ 323,300.00	0.6	457.5	650.1	\$ 303,093.61
Gas Inerte	\$ 256,800.00	0.6	229.2	386.9	\$ 285,996.78
Almacenamiento	\$ 4,000,500.00	0.6	200.5	254	\$ 3,343,610.01
Suministros en L.B.	\$ 6,405,000.00	0.83	810.5	839	\$ 3,729,693.81
Instalacion Servicios Grales.	\$ 9,568,000.00	0.6	324.8	800.7	\$ 15,561,697.80
Tratamiento de Agua	\$ 875,000.00	0.6	229.2	386.9	\$ 974,482.79

Tabla 44

Los suministros necesarios de esta planta, son datos obtenidos de una planta similar, datos del PEP, nuevamente se tiene que adecuar el cálculo para la planta de interés en este caso es para la planta de 50,000 ton/año, ajustando su valor por índice, en este caso de Nelson –Farrar, para escalar este costo al año deseado, se hace uso de sus respectivos índices de cada suministro, nuevamente utilizamos la ecuación 3.

Ecuación No. 3 Actualización de costo a una fecha y capacidad de interés

$$C_2 = C_1 \times \left(\frac{Q_2}{Q_1} \right)^n \left(\frac{I_2}{I_1} \right)$$

Donde:

C_2 = Costo de la planta requerida.

C_1 = Costo de la planta de referencia.

Q_2 = Capacidad de la planta requerida.

Q_1 = Capacidad de la planta de referencia.

n = Exponente.

I_2 = Índice Nelson – Farrar año requerido.

I_1 = Índice Nelson – Farrar año referencia (1980)

Los costos obtenidos en la tabla 44, se calcularon con la ayuda de la ecuación 3, haciendo uso de los índices Nelson – Farrar, para poder actualizar el costo al segundo semestre del 2010, con una capacidad de planta de 50,000 ton/año, ejemplo del cálculo.

Ejemplo: Cálculo agua de enfriamiento (el resultado se encuentra en tabla 44):

$$C_2 = (\$751,800) \times (50,000/100,000)^{0.6} \times (650.1 / 457.5) = \$ 704,812.17$$

El procedimiento para el cálculo de los demás servicios de la planta es similar al desarrollado anteriormente, de esta forma se calcularon los valores de la tabla 44.

RESUMEN DEL ESTIMADO DE COSTO DEFINITIVO DE LA PLANTA DE PBD CON UNA CAPACIDAD DE 50,000 TON/AÑO

ESTIMADO DE COSTO TOTAL DE LA PLANTA

	COSTO (US\$)	COSTO(\$)
Equipo en Límites de Bateria(FOB)	\$ 17,007,504.26	\$ 221,097,555.38
Costo Aproximado Fletes(8.82% Equipo)	\$ 1,500,061.88	\$ 19,500,804.38
Costo Directo de Instrumentación	\$ 1,014,343.38	\$ 13,186,463.94
Materiales	\$ 9,904,002.88	\$ 128,752,037.44
Total Equipo e Instrumentación	\$ 29,425,912.40	\$ 382,536,861.14
Costo Directo de Instalación	\$ 6,504,148.61	\$ 84,553,931.93
Costo Indirecto de Instalación	\$ 2,211,410.53	\$ 28,748,336.86
Suministros de Usuario Instalados Limite de Bateria	\$ 3,729,693.81	\$ 48,486,019.48
Total de Instalación en Límites de Bateria	\$ 12,445,252.94	\$ 161,788,288.27
Contingencia(10%)	\$ 1,244,525.29	\$ 16,178,828.83
Total Inversión en Límites de Bateria	\$ 13,689,778.24	\$ 177,967,117.09
Instalación de Off-sites		
Agua de Enfriamiento	\$ 704,812.17	\$ 9,162,558.15
Tratamiento de Agua de Proceso	\$ 5,791.21	\$ 75,285.76
Generación de Vapor	\$ 303,093.61	\$ 3,940,216.88
Gas Inerte	\$ 285,996.78	\$ 3,717,958.10
Almacenamiento	\$ 3,343,610.01	\$ 43,466,930.16
Total Servicios y Almacenamientos	\$ 4,643,303.77	\$ 60,362,949.04
Instalación de Servicios Generales	\$ 15,561,697.80	\$ 202,302,071.35
Tratamiento de Agua	\$ 974,482.79	\$ 12,668,276.22
TOTAL	\$ 16,536,180.58	\$ 214,970,347.58
Contingencia(10%)	\$ 1,653,618.06	\$ 21,497,034.76
Total Inversión en Off-Sites		
Total de Ingeniería	\$ 1,610,068.69	\$ 20,930,893.00
Total Procura	\$ 80,503.43	\$ 1,046,544.65
TOTAL INVERSION CAPITAL FIJO	\$ 67,639,365.17	\$ 744,033,016.91

Tabla 45

- **El total de equipo e Instrumentación**, es la suma de los siguientes rubros; equipo, instrumentación, fletes y materiales de la tabla 43, también lo muestra la tabla 45, el estimado de costo es de: **\$29,425,912.40** dólares.
- **El total de Instalación en límites de batería**, es la suma de los siguientes rubros; instalación y construcción e indirectos de construcción de la tabla 43 y suministros en limite de batería que se encuentra en la tabla 44, este total es de \$ 12, 445,252.94, se aplica el 10% de contingencia, el 10% es porque es la desviación que se obtiene con el estimado de detalle, así que se obtiene una contingencia de \$1,244,525.29, el cual se hará uso en caso necesario.
- **El total de Inversión en limites de batería** se obtiene al sumar, el total de instalación en limites de batería más la contingencia es de \$13, 689,778.24.

- **Instalación de off-sites**, es la suma de los suministros calculados en la tabla 44.
- **Total de suministros**, es la suma de instalación de servicios generales y tratamiento de agua este total es de: \$16, 536,180.58, su contingencia es del 10% dando un valor de contingencia de \$1, 653,618.05.
- **Total de Inversión de Off-sites**, es la suma del total de ingeniería y total de procura.

Se concluye:

- La tabla 45, es un resumen ejecutivo del estimado de costo definitivo, este resumen se obtuvo de la recopilación de información de las tablas 43 y 44.
- La contingencia que se considera en este estimado es del 10%, debido a que el estimado definitivo tiene una desviación de la planta de +/- 10%. Así que las contingencias que se usarán para cada estimado de costo (figura 1), se tomarán según la desviación de costo que presente el estimado a desarrollar.
- La desviación de estimación que presenta cada estimado de costo(figura 1), se corrobora con el uso de la tabla 46, esta comparación de estimado de costo se realiza con respecto al estimado definitivo, el resultado es el siguiente:
 - ✓ **Estimado de costo de orden de magnitud: +38.6%, con respecto al estimado definitivo.**
 - ✓ **Estimado de costo modular o preliminar: +16%, con respecto al estimado definitivo.**

Por lo que corroboramos que la desviación de costo que maneja cada estimado (figura 1), es confiable, de acuerdo a nuestros resultados anteriores.

MÉTODO	COSTO DE INGENIERIA (DÓLARES)	COSTO DE PLANTA DE PBD (DÓLARES)
ORDEN DE MAGNITUD	\$ 2,697,902.82	\$ 41,500,000.00
MODULAR O PRELIMINAR	\$ 1,411,037.04	\$ 57,993,622.39
DEFINITIVO(HORA-HOMBRE)	\$ 1,610,068.69	\$ 67,639,365.17

Tabla 46

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

Para obtener el estimado de costo de plantas de proceso, es necesario partir de información confiable, gran parte de esta información proviene de proyectos desarrollados anteriormente. Por esta razón se requiere documentar la información de proyectos desarrollados anteriormente con el objetivo de conformar información confiable para el desarrollo de futuros proyectos, ha este lugar se le denomina "oficina de administración de proyectos" (P.M.O). Estas oficinas de administración de proyectos, también se encargan de asesorar a los Jefes de Proyectos, con el fin de que los objetivos de sus proyectos se cubran en su totalidad. Para desarrollar la planta de polietileno de baja densidad, se baso este proyecto en la fuente de información del Process Economic Program (P.E.P.).

Una vez que se cuenta con información confiable, se empieza a desarrollar los estimados de costo en forma cronológica, tal como lo muestra la figura 1. La razón de desarrollar los estimados de costos en forma cronológica es debido a que los interesados en el proyecto monitoreen y evalúen los costos de la planta de polietileno de baja densidad y posteriormente tomen la decisión de desarrollar el proyecto. Por lo general se toma el estimado modular o preliminar, como la base para tomar la decisión de desarrollar el proyecto, esto es porque el costo que arroja este estimado tiene una desviación de +/- 20% comparado con el costo real, tal como lo muestra la comparación de la tabla 26 "estimados modulares" y el "estimado definitivo", siendo este ultimo un estimado que tiene una desviación del +/- 10% comparado con el costo real. Se corrobora las desviaciones que maneja cada estimado de costo, ver conclusión del capítulo 4.

Los estimados de inversión de los métodos modulares dependen de su factor que utiliza (tabla 26), este factor está en función de consideraciones muy puntuales en costos indirectos y costos directos del proyecto. Este factor también indica la exactitud del estimado de la planta. Con el uso de estos factores se obtiene el estimado de costo directo total de la planta, la inversión del capital fijo o la inversión del capital total.

Para desarrollar el estimado definitivo, es necesario realizar la ingeniería básica en su totalidad y más del 50% de desarrollo de la ingeniería de detalle, este estimado se realiza sobre la base de la fuente de información del Process Economic Program (P.E.P.), este estimado consume demasiado tiempo y costo en desarrollarlo es la razón por lo que no es viable desarrollar este estimado para que los participantes tomen la decisión de realizar el proyecto.

Tabla No.26 "Comparativo de los estimados de inversión"

METODO	FACTOR	ESTIMADO DE INVERSIÓN
CHEMICAL ENGINEERING PLANT COST INDEX (CEPCI)		\$ 39,402,056.76
INDICES NELSON-FARRAR		\$ 42,199,313.98
GUTHRIE	3.4	\$ 49,104,089.03
LANG	3.63	\$ 43,742,148.27
DE PORCENTAJE	4.44	\$ 62,700,841.95
COSTO ESTADISTICO DE INVERSIÓN DE PLANTAS DE PROCESO	4.7	\$ 57,993,622.39
CONTRATO DE COSTO PRINCIPAL	4.71	\$ 63,637,770.55
CHILTON	4.87	\$ 63,955,253.88

Tabla 26

ESTIMADO DEFINITIVO	\$ 67,639,365.17
---------------------	------------------

Al comparar los estimados de los métodos modulares con el estimado definitivo se nota en esta comparación que el estimado que se obtiene del método de "Chilton" y el método de "Contrato de costo principal", son muy cercanos al estimado de costo definitivo, debido a la cantidad de información necesaria que se requiere para el desarrollo de estos métodos (ver anexo 1). Se concluye que los estimados por el método de "Chilton" y el método de "Contrato de costo principal", son estimados de costos confiables para que los participantes puedan tomar la decisión de llevar a cabo el desarrollo de la planta de polietileno de baja densidad de 50,000 ton/año, a demás de que la firma de ingeniería confiara en su resultado y evitara problemas posteriores con el cliente.

Tabla 27 Comparativo de las aplicaciones de métodos modulares.

Rubros de estimados	PLANT COST INDEX (CEPCI)	INDICES NELSON-FARRAR	GUTHRIE	LANG	PORCENTAJE	PLANTAS DE INDUSTRIALES	CONTRATO DE COSTO PRINCIPAL	CHILTON
Costos directos			\$ 31,042,814.90	\$ 33,293,418.98				25821977.85
Equipo		\$ 14,110,370.41	\$ 14,110,370.41	\$ 14,110,370.41	\$ 14,110,370.41	\$ 14,110,370.41	\$ 14,110,370.41	\$ 14,110,370.41
Equipo instalado		\$ 17,007,504.26		\$ 20,177,829.69	\$ 20,460,037.09	\$ 20,460,037.09	\$ 20,601,140.79	\$ 19,613,414.87
Tubería		\$ 5,360,612.68	\$ 4,515,318.53	\$ 2,017,782.96	\$ 2,257,659.27	\$ 1,269,933.34	\$ 1,834,348.15	\$ 1,411,037.04
Concreto		\$ 869,449.02	\$ 1,255,822.97					
Aceero		\$ 352,068.94	\$ 239,876.30				\$ 282,207.41	
Instrumentación		\$ 896,794.65	\$ 1,030,057.04		\$ 1,269,933.34	\$ 2,257,659.27	\$ 282,207.41	\$ 1,128,829.63
Eléctrico		\$ 1,779,688.82	\$ 1,171,160.74		\$ 1,411,037.04	\$ 1,411,037.04		705,518.52
Aislamiento		\$ 555,288.34	\$ 479,752.59				\$ 282,207.43	
Pintura		\$ 90,100.43	\$ 84,662.22				\$ 141,103.70	
Edificios						\$ 3,527,592.60		
Desarrollo de sitios					\$ 1,834,348.15	\$ 1,834,348.15		
Servicios auxiliares					\$ 5,644,148.16	\$ 5,644,148.16	\$ 423,311.11	\$ 2,116,555.56
Indirectos de construcción		\$ 2,954,981.86						\$ 2,822,074.08
Administración		\$ 1,456,878.82						
Entrenamiento		\$ 87,155.23						
Pruebas y arranque		\$ 204,022.46						
Terreno					\$ 846,622.22			
Costos indirectos			\$ 41,625,592.71	\$ 10,320,959.88			\$ 705,518.52	\$ 23,705,422.29
Ingeniería		\$ 1,893,645.35			\$ 4,515,318.53	\$ 4,656,422.24	\$ 1,411,037.04	\$ 6,067,459.28
Gastos de construcción		\$ 8,691,123.13			\$ 5,503,044.46	\$ 5,503,044.46	\$ 17,214,651.90	\$ 5,644,148.16
Honorarios					\$ 2,363,487.04	\$ 2,370,542.23		
Contingencia			\$ 7,478,496.32		\$ 4,726,974.09	\$ 4,741,084.46		\$ 2,116,555.56
Inversión de capital fijo					\$ 54,360,202.00	\$ 54,522,471.26		
Inversión de capital de trabajo					\$ 9,595,051.88	\$ 8,178,370.69		
Inversión total	\$ 39,402,493.83	\$ 42,199,313.99	\$ 49,104,089.03	\$ 43,614,378.86	\$ 63,955,253.88	\$ 62,700,841.95	\$ 57,993,622.39	\$ 63,637,770.55

Tabla 27

De acuerdo con el estudio realizado en este trabajo, podemos destacar las siguientes conclusiones:

1. Cualquier de los estimados de costos descritos en la figura 1, se deben desarrollar sobre la base de información confiable y real del proyecto de interés.
2. Todo proyecto debe contar con metas y objetivos bien claros y alcanzables, además el jefe de proyectos debe motivar constantemente a su equipo, para lograr terminar el proyecto en tiempo y costo calculado.
3. Cada estimado de costo cuenta con información esencial, con el objeto de que sean generalmente aceptados. Generalmente aceptados significa que los conocimientos y las practicas descritas en este documento son aplicables a la mayoría de las plantas de proceso y que existe un amplio consenso sobre su valor y utilidad.
4. La precisión del estimado de costo depende de: la calidad de las herramientas de estimación, de la experiencia del estimador, de los recursos (dinero, personal, etc.) y el tiempo con que cuenta el estimador, esta relación no es lineal. Es importante no olvidar adicionar el importe de contingencia al estimado de costo final. Es importante de contingencia depende de la calidad del estimado de costos (ver figura 1).

5. Debido al alto costo del desarrollo y el tiempo necesario para producir una estimación de la calidad del 10%, muchas compañías aprueban el financiamiento y la ejecución completa de proyectos basados en el diseño a una calidad del estimado de +/- 20%, así que el costo que se obtiene en el estimado modular se aprobará para llevar a cabo el proyecto.
6. **En conclusión, las inversiones razonables en tiempo y recursos bien definidas, proporcionarán un mejor estimado de costos.**

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda antes de iniciar un proyecto la revisión de las lecciones aprendidas de proyectos anteriores similares, con el objeto de mejorar y obtener un proyecto exitoso.
2. Vigilar, rastrear y ajustar el proyecto cuando sea necesario, además de alcanzar las metas y cosechar las recompensas por un trabajo bien hecho.
3. Se recomienda contar con fuentes de información confiables debido a que los estimados llevan un orden cronológico, tomando como base el orden que muestra la figura 1, que va desde un estimado de orden de magnitud hasta un estimado detallado.
4. Es necesario conocer lo que requiere cada uno de estos estimados para poder desarrollarlos. A continuación se muestra una lista de los documentos necesarios para cada tipo de estimados, así como el esfuerzo necesario para realizarlo:
 - Estimado de Orden de Magnitud, (Menor esfuerzo)
 - ❖ Este método toma datos históricos de costos de proyectos o equipos similares.
 - ❖ Aplica la ecuación de relación de capacidad.
 - ❖ Escala el costo mediante un exponente típico que depende del tipo de planta, equipo y rango de capacidad.
 - ❖ Utiliza índices de escalación para colocar todos los costos a una misma fecha.
 - ❖ Utiliza factores de costo para cambios en el diseño, materiales de construcción, riesgo-país, etc.
 - Estimado de Estudio, (Esfuerzo medio)
 - ❖ Se parte de una base de datos de costo de plantas.
 - ❖ Se utiliza para propósito de presupuestos y posibilidad de inversión.
 - ❖ Este método ayuda a proporcionar la información técnica y económica para requerimientos de inversión y recursos.
 - ❖ Esta información ayudará a obtener bases técnicas más sólidas y mayor calidad en el estimado de costos.
 - Estimación Preliminar, (Mayor esfuerzo)
 - ❖ Se estiman los costos de otros conceptos de la inversión, como un porcentaje del costo del equipo mayor.

- ❖ Se requiere de una base de datos confiable.
- ❖ Este tipo de estimado se realiza después de la selección del proceso y diseño conceptual.
- ❖ Este estimado es el requerimiento mínimo para toma de decisiones en la realización de proyectos de inversión, es necesario contar con:
 - Diagrama de flujo de proceso, balance de materia y energía, servicios generales, plano de localización general, lista de equipo, plan del proyecto, bases de datos e información de costos confiables.
- Estimación Definitiva, (Se desarrolla con forme avanza el proyecto)
 - ❖ Método muy costoso y demasiado consumo de tiempo.
 - ❖ Se realizan cuando la ingeniería está suficientemente avanzada.
 - ❖ Se hace uso de cantidades de materiales "Takeoffs" de todas las especialidades, H-H por especialidad y tarifas de costos.
 - ❖ Son elaborados cuando el diseño del proceso ha sido completado.
 - ❖ Utilizan planos y especificaciones típicas del diseño del proyecto.
- Estimación Detallada, (Se lleva el tiempo total de todo el proyecto)
 - ❖ Este estimado es de contratista, está basado en la terminación completa del proyecto, es un resumen de lo que se llevo a cabo al terminar todo el proyecto.

La probabilidad de que el costo real supere el costo estimado es muy grande cuando la información disponible es incompleta o en épocas de aumento, por lo que se recomienda tener información de proyectos exitosos anteriores.

CAPÍTULO 6

ANEXO 1

En este anexo se encuentran los métodos de estimación modular desarrollados en el capítulo 2, estas figuras indican las secuencias de cálculo del estimado, partiendo del estimado de costo del equipo principal, este estimado se obtuvo del estimado de orden de magnitud, tabla 2 columna 8.

Figura No.4 "Método Guthrie"

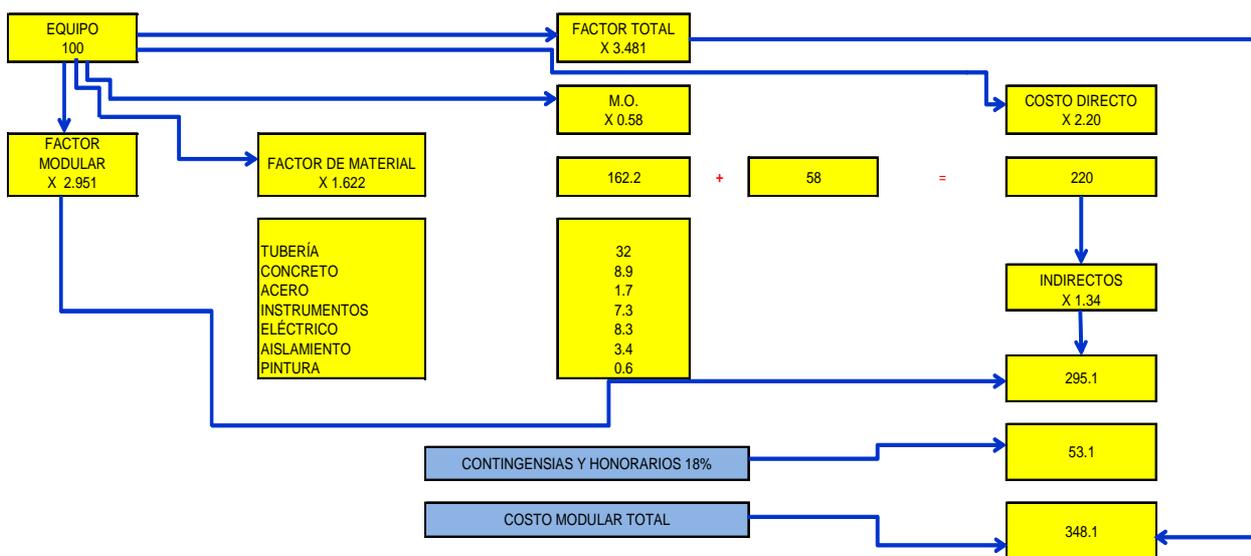


Figura 4

Figura No.6 "Método Lang"

CONCEPTO	FACTOR
COSTO DEL EQUIPO (A)	1.0
COSTO DE EQUIPO INSTALADO (B = A X 1.43)	1.43
COSTO DE INSTALACIÓN DE EQUIPO Y TUBERÍA (C)	1.79
$C = B \times \left\{ \begin{array}{l} \text{SÓLIDOS (1.10)} \\ \text{SÓLIDO-FLUIDO (1.25)} \\ \text{FLUIDOS (1.60)} \end{array} \right.$	
COSTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA (D = C X 1.50)	2.68
gastos de ingeniería y honorarios del contratista	0.94
$E = D \times \left\{ \begin{array}{l} \text{SÓLIDOS (31\%)} \\ \text{SÓLIDO-FLUIDO (35\%)} \\ \text{FLUIDOS (33\%)} \end{array} \right.$	
COSTO TOTAL DE LA PLANTA (F = D + E)	3.62
ESTIMADO DE INVERSIÓN DE PLANTAS:	
PROCESO DE SÓLIDOS (F = A X 3.1)	3.63
PROCESO DE SÓLIDO-FLUIDO (F = A X 3.63)	
PROCESO DE FLUIDOS (F = A X 4.74)	

Figura 6

Figura No. 7 "Método de porcentaje"

CONCEPTO	FACTOR	CONCEPTO	FACTOR
COSTO DE EQUIPO (E)	1.0	INGENIERÍA Y SUPERVISIÓN	
INSTALACIÓN DE EQUIPO (f1)			
$f1 = E \times \begin{cases} \text{SÓLIDOS (0.45)} \\ \text{SÓLIDO-FLUIDO (0.39)} \\ \text{FLUIDOS (0.47)} \end{cases}$	0.39	$F1 = E \times \begin{cases} \text{SÓLIDOS (0.33)} \\ \text{SÓLIDO-FLUIDO (0.32)} \\ \text{FLUIDOS (0.33)} \end{cases}$	0.32
INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL: INCLUYE INSTALACIÓN (f2)		GASTOS DE CONSTRUCCIÓN	
$f2 = E \times \begin{cases} \text{SÓLIDOS (0.09)} \\ \text{SÓLIDO-FLUIDO (0.13)} \\ \text{FLUIDOS (0.18)} \end{cases}$	0.13	$F2 = E \times \begin{cases} \text{SÓLIDOS (0.39)} \\ \text{SÓLIDO-FLUIDO (0.34)} \\ \text{FLUIDOS (0.41)} \end{cases}$	0.34
TUBERÍA: INCLUYE INSTALACIONES (f3)		TOTAL DE COSTO INDIRECTO: CI = F1 + F2	
$f3 = E \times \begin{cases} \text{SÓLIDOS (0.16)} \\ \text{SÓLIDO-FLUIDO (0.31)} \\ \text{FLUIDOS (0.66)} \end{cases}$	0.31	$CI = F1 + F2 = \begin{cases} \text{SÓLIDOS (0.72)} \\ \text{SÓLIDO-FLUIDO (0.66)} \\ \text{FLUIDOS (0.74)} \end{cases}$	0.66
ELÉCTRICO: INCLUYE INSTALACIÓN (f4)		TOTAL DE COSTOS: CT: CD + CI	
$f4 = E \times \begin{cases} \text{SÓLIDOS (0.10)} \\ \text{SÓLIDO-FLUIDO (0.10)} \\ \text{FLUIDOS (0.11)} \end{cases}$	0.10	$CT = CD + CI = \begin{cases} \text{SÓLIDOS (3.36)} \\ \text{SÓLIDO-FLUIDO (3.59)} \\ \text{FLUIDOS (4.20)} \end{cases}$	3.59
CONSTRUCCIÓN: INCLUYE SERVICIO (f5)		HONORARIOS DEL CONTRATISTA (H = +/- 5% DE CT)	
$f5 = E \times \begin{cases} \text{SÓLIDOS (0.25)} \\ \text{SÓLIDO-FLUIDO (0.29)} \\ \text{FLUIDOS (0.18)} \end{cases}$	0.29	$H = CT \times \begin{cases} \text{SÓLIDOS (0.17)} \\ \text{SÓLIDO-FLUIDO (0.18)} \\ \text{FLUIDOS (0.21)} \end{cases}$	0.18
MEJORAMIENTO DE PATIOS (f6)		CONTINGENCIAS (K = +/- 10% DE CT)	
$f6 = E \times \begin{cases} \text{SÓLIDOS (0.13)} \\ \text{SÓLIDO-FLUIDO (0.10)} \\ \text{FLUIDOS (0.10)} \end{cases}$	0.10	$K = CT \times \begin{cases} \text{SÓLIDOS (0.34)} \\ \text{SÓLIDO-FLUIDO (0.36)} \\ \text{FLUIDOS (0.42)} \end{cases}$	0.36
SERVICIOS: INCLUYE INSTALACIONES (f7)		TOTAL DE HONORARIOS Y CONTINGENCIAS: M = H + K	
$f7 = \begin{cases} \text{SÓLIDOS (0.40)} \\ \text{SÓLIDO-FLUIDO (0.55)} \\ \text{FLUIDOS (0.70)} \end{cases}$	0.55	$M = H + K = \begin{cases} \text{SÓLIDOS (0.51)} \\ \text{SÓLIDO-FLUIDO (0.54)} \\ \text{FLUIDOS (0.74)} \end{cases}$	0.54
TERRENO: SI LA COMPRA ES REQUERIDA (f8)		INVERSIÓN DE CAPITAL FIJA: ICF = CT + M	
$f8 = E \times \begin{cases} \text{SÓLIDOS (0.06)} \\ \text{SÓLIDO-FLUIDO (0.06)} \\ \text{FLUIDOS (0.06)} \end{cases}$	0.06	$ICF = CT + M = \begin{cases} \text{SÓLIDOS (3.87)} \\ \text{SÓLIDO-FLUIDO (4.13)} \\ \text{FLUIDOS (4.83)} \end{cases}$	4.13
TOTAL DE COSTO DIRECTO: CD = E + (f1 + f2 ++ f8)		CAPITAL DE TRABAJO: CDT	
$CD = \begin{cases} \text{SÓLIDOS (1.64)} \\ \text{SÓLIDO-FLUIDO (1.93)} \\ \text{FLUIDOS (2.46)} \end{cases}$	2.93	$CDT = E + \begin{cases} \text{SÓLIDOS (0.68)} \\ \text{SÓLIDO-FLUIDO (0.74)} \\ \text{FLUIDOS (0.86)} \end{cases}$	0.74
		TOTAL DE LA INVERSIÓN FIJA: C = ICF + CDT	
		$C = ICF + CDT = \begin{cases} \text{SÓLIDOS (4.55)} \\ \text{SÓLIDO-FLUIDO (4.87)} \\ \text{FLUIDOS (5.69)} \end{cases}$	4.87

Figura 7

Figura No. 8 "Costo estadístico de inversión de plantas industriales"

CONCEPTO	FLUIDO	FLUIDO-SÓLIDO	SÓLIDO
1. COSTOS DIRECTOS			
1.1 EQUIPO	100	100	100
1.2 INSTALACIÓN DE EQUIPO	47	39	45
1.3 TUBERÍA (INSTALADA)	18	13	9
1.4 INSTRUMENTACIÓN (INSTALADA)	66	31	16
1.5 ELÉCTRICO (INSTALADA)	11	10	10
1.6 EDIFICIOS (PROCESO)	18	29	25
1.7 DESARROLLO DEL SITIO	10	10	13
1.8 SERVICIOS AUXILIARES (INSTALADOS)	70	55	40
1.9 TERRENOS	6	6	6
	346	293	264
2. COSTOS INDIRECTOS			
2.1 INGENIERÍA Y SUPERVISIÓN	33	32	33
2.2 GASTOS DE CONSTRUCCIÓN	41	34	39
	74	66	72
3. COSTOS DIRECTOS + COSTOS INDIRECTOS	420	359	336
4. HONORARIOS DEL CONTRATISTA (5% DE 3)	21	18.0	17
5. CONTINGENCIAS (10% DE 3)	42	36	34
6. INVERSIÓN DE CAPITAL FIJO (3 + 4 + 5)	483	413	386
7. INVERSIÓN DE CAPITAL DE TRABAJO (15% DE 6)	72	62	58
8. INVERSIÓN TOTAL (6 + 7)	555	475	444

Figura 8

Figura No. 9 "Contrato de costo principal"

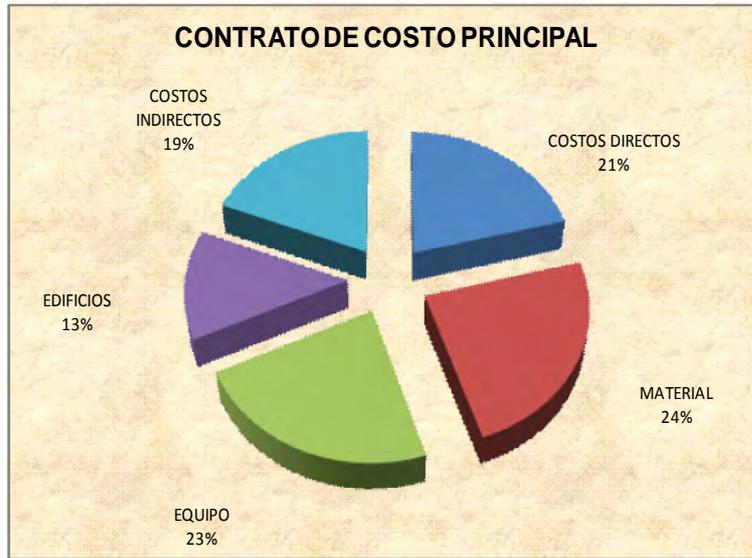


Figura 9

Figura No. 10 "Desglose de rubros principales de la figura No. 9"

CONCEPTO	FACTOR
COSTO DEL EQUIPO (A)	100
MATERIAL	
TUBERÍA	13
ACERO	2
ELÉCTRICO	5
INSTRUMENTACIÓN	2
AISLAMIENTO	1
PINTURA	1
	24
EQUIPO	
EQUIPO MECÁNICO	1
COMPRESORES	1
BOMBAS	7
RECIPIENTES	7
INTERCAMBIADORES	5
CALENTADORES	2
	23
OFICINAS CENTRALES	
INGENIERÍA	10
SERVICIOS	3
	13
COSTOS DIRECTOS	21%
COSTOS INDIRECTOS, TERRENO Y GASTOS GENERALES	
COSTOS INDIRECTOS	5
SUPERVISIÓN	3
EQUIPO DE CONSTRUCCIÓN	4
INSTALACIÓN	4
GASTOS DE OFICINA	3
	19
TOTAL	

Figura 10

Figura No. 11 "Método Chilton"

CONCEPTO		FACTOR
COSTO DE EQUIPO (Ceq)		1
INSTALACIÓN DE EQUIPO (Ø1)		
	Ø1= Ceq X $\left\{ \begin{array}{l} \text{SÓLIDOS (0.45)} \\ \text{SÓLIDO-FLUIDO (0.39)} \\ \text{FLUIDOS (0.47)} \end{array} \right.$	1.39
Ø2 = 1 + f1 + f2 + f3 + f4 + f5		
INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL : INCLUYE INSTALACIÓN (f2)		
	f1= Ceq X $\left\{ \begin{array}{l} \text{POCA (0.02 a 0.05)} \\ \text{MEDIANA (0.05 a 0.10)} \\ \text{COMPLEJA (0.10 a 0.15)} \end{array} \right.$	0.08
TUBERÍA : INCLUYE INSTALACIÓN (f2)		
	f2= Ceq X $\left\{ \begin{array}{l} \text{SÓLIDOS (0.07 a 0.10)} \\ \text{SÓLIDO-FLUIDO (0.10 a 0.30)} \\ \text{FLUIDOS (0.3 a 0.6)} \end{array} \right.$	0.2
CONSTRUCCIÓN (f3)		
	f3= Ceq X $\left\{ \begin{array}{l} \text{UNIDADES EXTERIORES (0.05 a 0.20)} \\ \text{UNIDADES INTER-EXTER (0.20 a 0.60)} \\ \text{FLUIDOS (0.6 a 1.0)} \end{array} \right.$	0.4
SERVICIOS (f4)		
	f4= Ceq X $\left\{ \begin{array}{l} \text{MENORES (0.05)} \\ \text{MAYORES (0.05 a 0.25)} \\ \text{NUEVO SITIO (0.25 a 1.0)} \end{array} \right.$	0.15
LÍNEAS FUERA DE PROCESO (f5)		
	f5= Ceq X $\left\{ \begin{array}{l} \text{PLANTA EXISTENTE (0.05)} \\ \text{UNIDADES DE SEPARACIÓN (0.05 a 0.15)} \\ \text{UNIDADES DE DESTILACIÓN (0.15 a 0.25)} \end{array} \right.$	0.1
Ø2 = 1 + f6 + f7 + f8		1.93
COSTRUCCIÓN E INGENIERÍA (f6)		
	f6= Ceq X $\left\{ \begin{array}{l} \text{PROCESO CONTINUO (0.20 a 0.35)} \\ \text{PLANTA COMPLEJA (0.35 a 0.50)} \end{array} \right.$	0.43
TAMAÑO (f7)		
	f7= Ceq X $\left\{ \begin{array}{l} \text{GRANDE (0.05)} \\ \text{PEQUEÑA (0.05 a 0.15)} \\ \text{EXPERIMENTAL (0.15 a 0.35)} \end{array} \right.$	0.1
CONTINGENCIA (f8)		
	f8= Ceq X $\left\{ \begin{array}{l} \text{PROCESO FIJO (0.1 a 0.20)} \\ \text{SUJETO A CAMBIO (0.20 a 0.30)} \\ \text{PROCESO TENTATIVO (0.30 a 0.50)} \end{array} \right.$	0.25
		1.78
INVERSIÓN		4.71

Figura 11

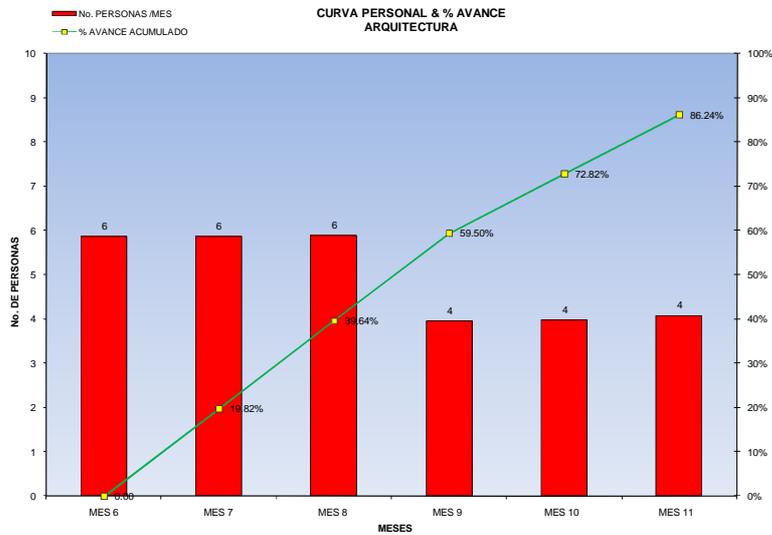


Gráfico 2

La grafica 2 muestra el resumen de la grafica 1, esta grafica 2, indica el número de personas necesarias para desarrollar cada documento de la disciplina, y la forma correcta de cómo debe ir surgiendo el personal con respecto al tiempo de desarrollo de cada documento, al igual que el porcentaje de avance de la disciplina, así que en caso de que no esté ajustado el proyecto a lo planeado se debe reprogramar nuevamente para alcanzar la grafica prototipo, tal como se muestra en la grafica 2.

Todas las graficas obtenidas en este proyecto se encuentran ajustadas a graficas de proyectos exitosos, de esta manera aseguramos que nuestra planeación del proyecto sea exitosa.

De la disciplina Ingeniería Civil en adelante solo se mostraran las tablas que muestra el desglose de paquetes y sus documentos de cada uno, así como sus respectivas graficas de cada disciplina.

INGENIERÍA CIVIL

En esta tabla se muestra la forma en que se desglosa esta disciplina, vemos los documentos que son necesarios para esta disciplina y las H-H que lleva en desarrollar cada documento.

Etapa	Sistema	Paquete	Documento	Concepto	Cantidad De Documentos		H-H Presupuestadas			% del Total	
					Parcial	Total	HH por Docto.	Parcial	Total	Parcial	Total
300				INGENIERIA DE DETALLE							
	330			INGENIERIA CIVIL		734			44678		100.00
		331		GEOTECNIA		21			2400		5.37
			E-01	Plano topográfico	15		120	1800		4.03	
			M-01	Estudio mecánico de suelos	6		100	600		1.34	
		332		DESARROLLO DE SITIOS		29			1994		4.46
			E-01	Especificaciones de materiales	8		13	104		0.23	
			E-02	Plano de nivelaciones	13		90	1170		2.62	
			E-03	Plano de caminos y accesos	8		90	720		1.61	
		333		CIMENTACIONES		296			20472		45.82
			A-01	Criterios de diseño para cimentaciones	4		28	112		0.25	
			E-01	Cimentación de cuarto de compresores	20		110	2200		4.92	
			E-02	Cimentación de cuarto de control	8		110	880		1.97	
			E-03	Cimentación del reactor tubular	8		110	880		1.97	
			E-04	Cimentación del compresor	12		110	1320		2.95	
			E-05	Cimentación del enfriador	12		110	1320		2.95	
			E-06	Cimentación del tanque de carga	12		110	1320		2.95	
			E-07	Cimentación del intercambiador	20		110	2200		4.92	
			E-08	Cimentación del precalentador	20		110	2200		4.92	
			E-09	Cimentación de los tanques separadores	20		110	2200		4.92	
			E-10	Cimentación de los condensadores	20		110	2200		4.92	
			E-11	Cimentación de las bombas	20		110	2200		4.92	
			G-01	Lista de materiales	120		12	1440		3.22	
		334		ESTRUCTURAS METALICAS		188			8568		19.18
			D-01	Especificaciones para construcción de estructuras	4		22	88		0.20	
			E-01	Cuarto de compresores y mantenimiento	20		110	2200		4.92	
			E-02	Cuarto de control	12		110	1320		2.95	
			E-03	Estructura para el reactor tubular	8		110	880		1.97	
			E-04	Estructura para el tanque de carga	12		110	1320		2.95	
			E-05	Estructura para los recipientes	12		110	1320		2.95	
			G-01	Lista de materiales	120		12	1440		3.22	
		325		INSTALACIONES SUBTERRANEAS		36			2196		4.92
			D-01	Especificaciones	4		13	52		0.12	
			E-01	Fosas para tubería de agua de enfriamiento	20		100	2000		4.48	
			G-01	Lista de materiales	12		12	144		0.32	
		336		INSTALACIONES HIDRAULICO-SANITARIAS		164			9048		20.25
			D-01	Especificaciones	4		22	88		0.20	
			E-01	Planos de drenajes	80		100	8000		17.91	
			G-01	Lista de materiales	80		12	960		2.15	

Tabla 2A

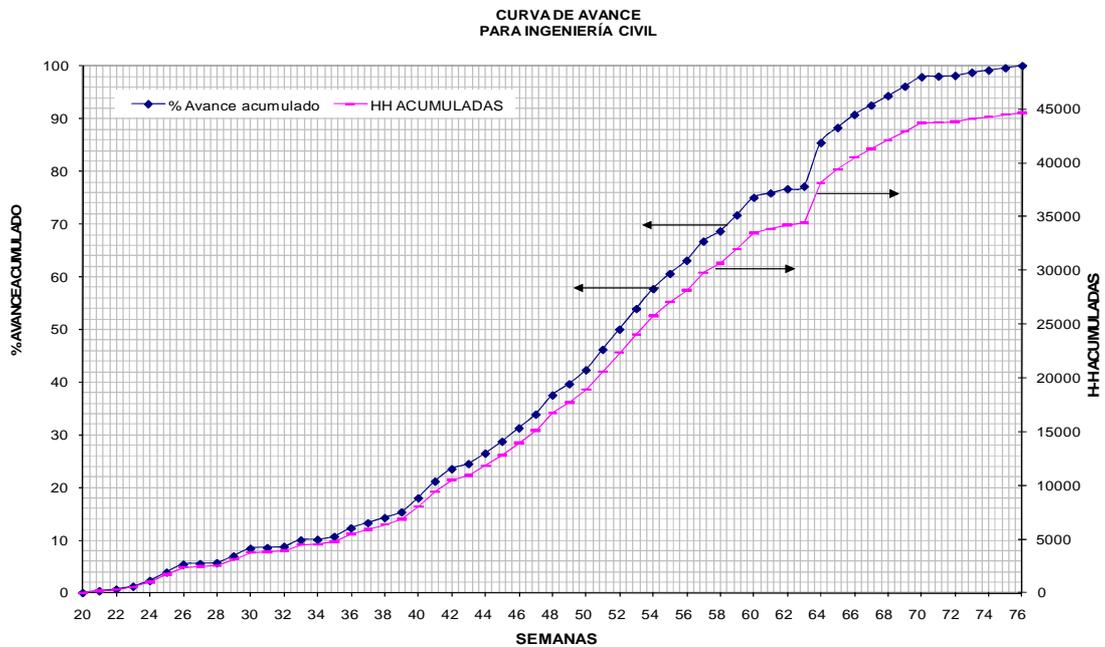


Grafico 3

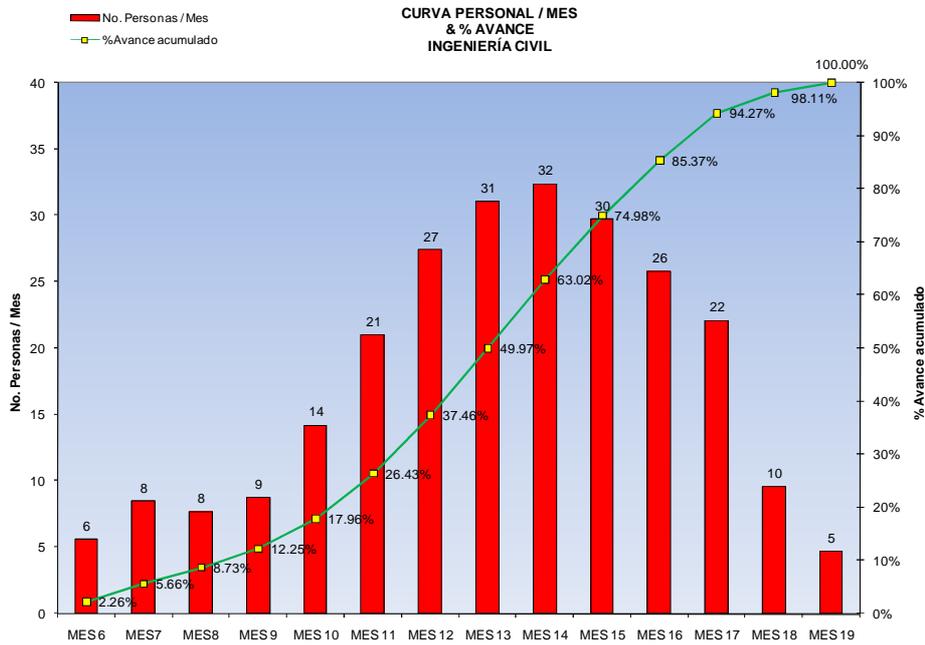


Grafico 4

INGENIERÍA MECÁNICA

Etapa	Sistema	Paquete	Documento	Concepto	Cantidad De Documentos		H-H Presupuestadas			% del Total	
					Parcial	Total	HH por Docto.	Parcial	Total	Parcial	Total
300				INGENIERIA DE DETALLE							
				INGENIERIA MECANICA		214			9680		100.00
				DISEÑO DE EQUIPO		34			1960		20.25
			A-01	Bases de Diseño	2		20	40		0.41	
			E-01	Bombas	2		60	120		1.24	
			E-02	Compresor	2		60	120		1.24	
			E-03	Enfriador	2		60	120		1.24	
			E-04	Tanque de Carga	6		60	360		3.72	
			E-05	Reactores tubular	10		60	600		6.20	
			E-06	Intercambiador	2		60	120		1.24	
			E-07	Condensadores	2		60	120		1.24	
			E-08	Pre calentadores	2		60	120		1.24	
			E-09	Filtros	2		60	120		1.24	
			E-10	Sistema contra Incendio	2		60	120		1.24	
				ESPECIFICACION DE EQUIPO		44			960		9.92
			D-01	Bombas	2		25	50		0.52	
			D-02	Compresores	2		25	50		0.52	
			D-03	Enfriadores	6		25	150		1.55	
			D-04	Tanque de Carga	2		25	50		0.52	
			D-05	Reactor tubular	2		25	50		0.52	
			D-06	Intercambiadores	2		25	50		0.52	
			D-07	Condensadores	2		25	50		0.52	
			D-08	Pre calentadores	2		25	50		0.52	
			D-09	Filtros	2		25	50		0.52	
			D-10	Sistema contra Incendio	2		25	50		0.52	
			G-01	Lista de equipo	20		18	360		3.72	
				SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO		136			6760		69.83
			G-01	Lista de materiales	40		18	720		7.44	
			D-01	Especificaciones	40		25	1000		10.33	
			E-01	Cuarto de Control	6		90	540		5.58	
			E-02	Arreglos de Ductos	50		90	4500		46.49	

Tabla 3A

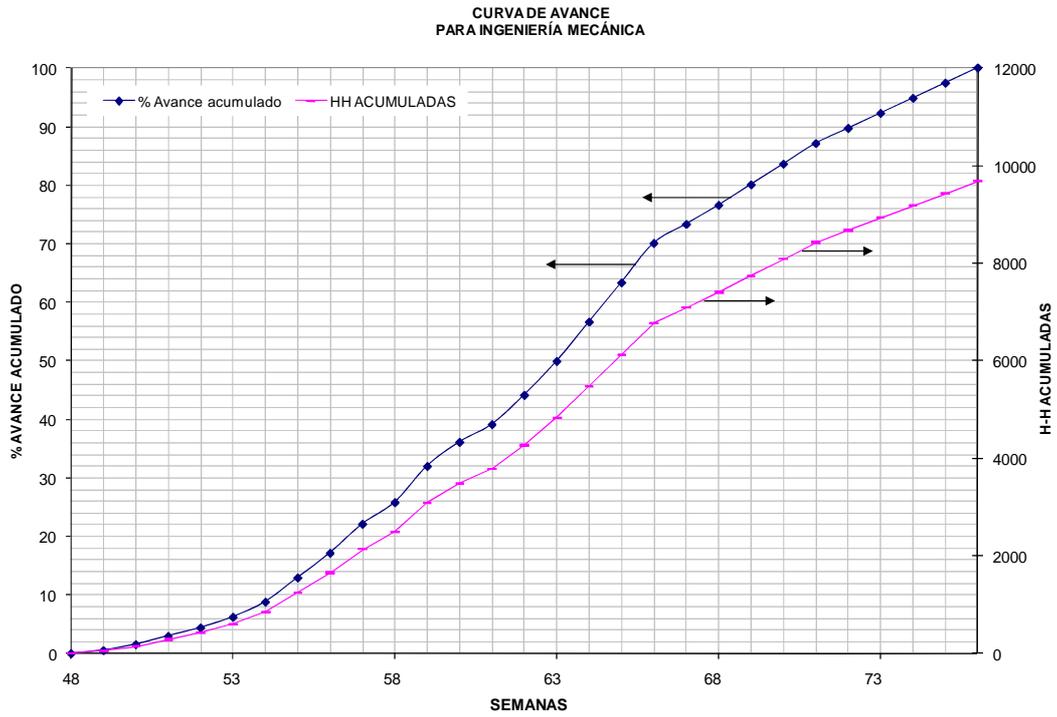


Grafico 5

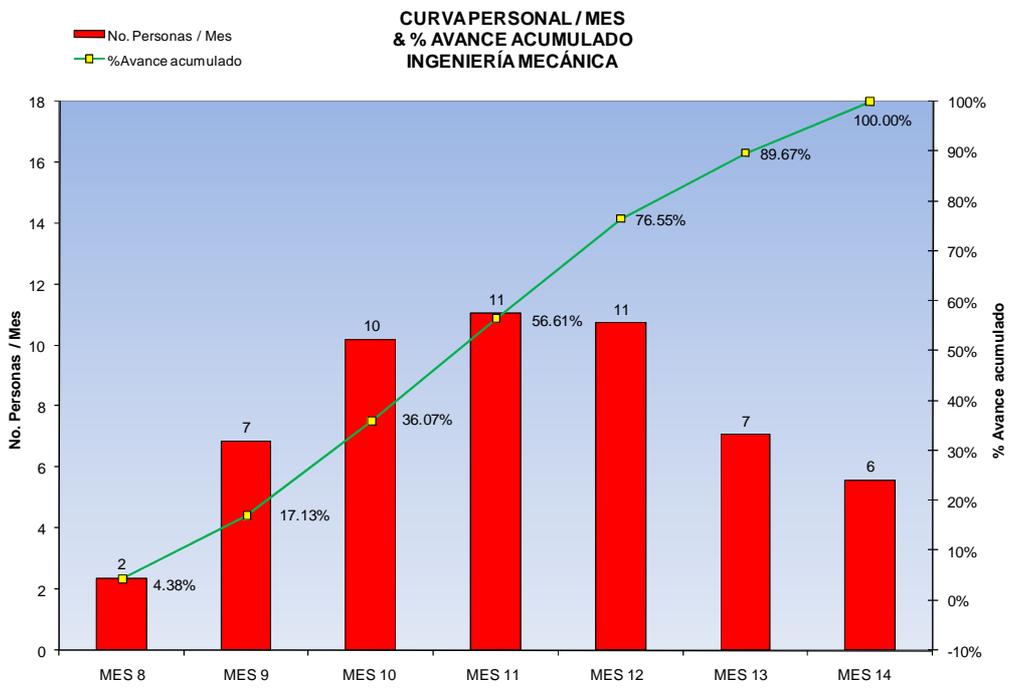


Grafico 6

INGENIERÍA AMBIENTAL

Etapa	Sistema	Paquete	Documento	Concepto	Cantidad De Documentos		H-H Presupuestadas			% del Total	
					Parcial	Total	HH por Docto.	Parcial	Total	Parcial	Total
300				INGENIERIA DE DETALLE							
	390			INGENIERIA AMBIENTAL		5			1080		100.00
		391		ESTUDIOS AMBIENTALES		2			700		64.81
			M-01	Análisis de riesgo ambiental	1		350	350			32.41
			M-02	Estudio de Impacto Ambiental	1		350	350			32.41
		392		LICENCIAS Y PERMISOS		3			380		35.19
			M-01	Tramite de licencias de funcionamiento	1		100	100			9.26
			M-02	Tramite de registro de descargas de aguas residuales	1		100	100			9.26
			M-03	Tramite de licencias de la STPS para recipientes sujetos a presión	1		180	180			16.67

Tabla 4A

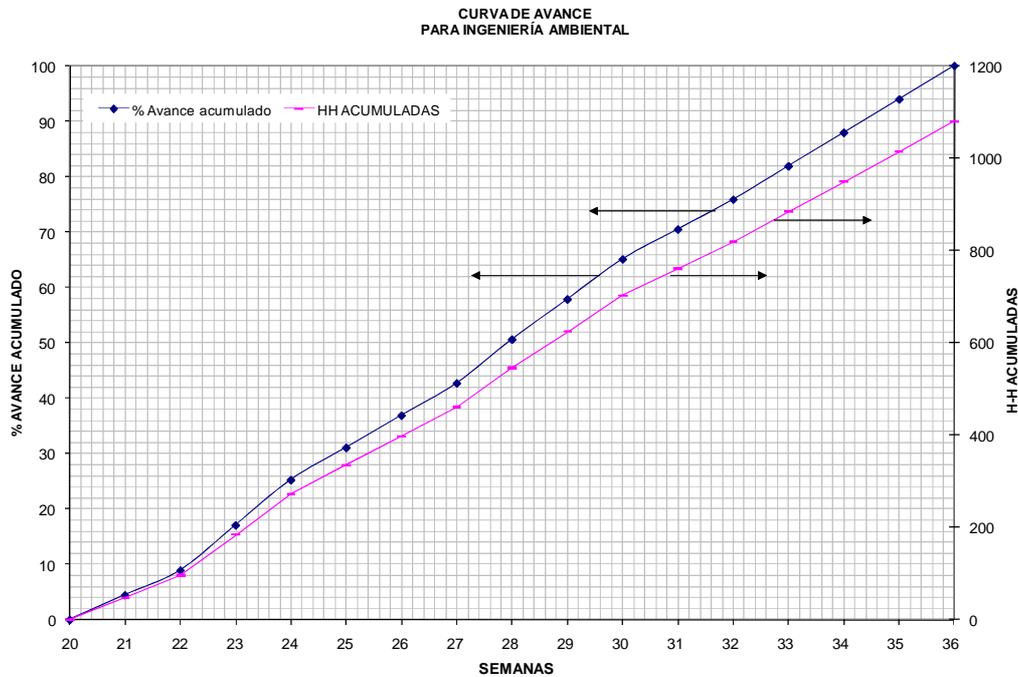


Grafico 7

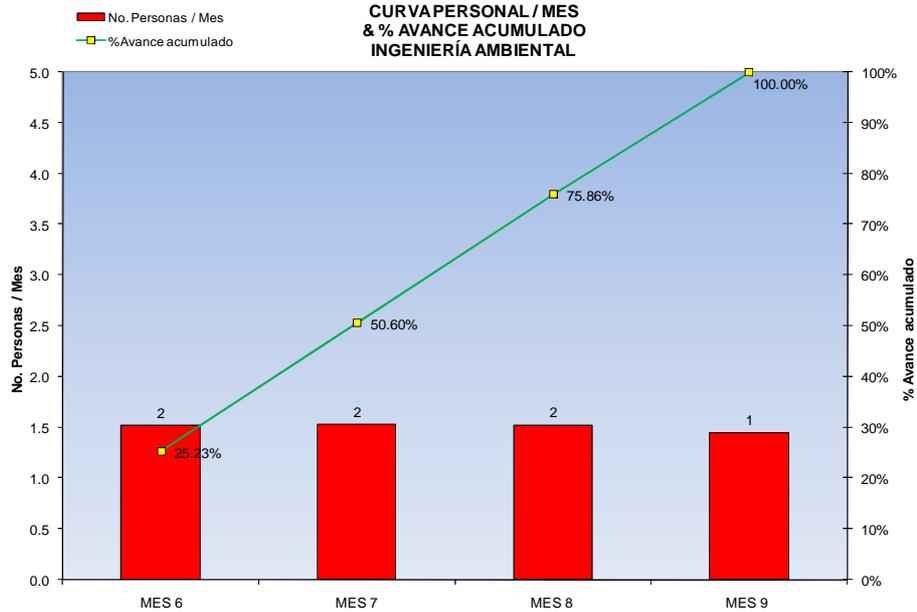


Grafico 8

INGENIERÍA ELÉCTRICA

Etapas	Sistema	Paquete	Documento	Concepto	Cantidad De Documentos		H-H Presupuestadas			% del Total	
					Parcial	Total	HH por Docto.	Parcial	Total	Parcial	Total
300				INGENIERÍA DE DETALLE							
	340			INGENIERÍA ELÉCTRICA		336			17116		100.00
		341		ALTA TENSIÓN		80			4482		26.19
			B-01	Diagrama unificar de alta tensión	2		90	180		1.05	
			B-02	Diagrama unifilar de la subestación	2		90	180		1.05	
			B-03	Diagrama elemental para los equipos	10		90	900		5.26	
			E-01	Plano con ruta de las charolas para cables	10		70	700		4.09	
			E-02	Arreglo de equipo de subestación	10		60	600		3.51	
			E-03	Arreglo de tableros de distribución	6		60	360		2.10	
			G-01	Lista de materiales (3)	6		12	72		0.42	
			D-01	Especificaciones de cable (cédula)	2		25	50		0.29	
			D-02	Transformadores de cable	10		30	300		1.75	
			D-03	Subestación unitaria	6		30	180		1.05	
			D-04	Tablero de distribución de baja tensión	10		60	600		3.51	
			D-05	Protección de equipo eléctrico	6		60	360		2.10	
		342		BAJA TENSIÓN		106			5112		29.87
			B-01	Unifilar de baja tensión	2		90	180		1.05	
			B-02	Elementales de equipo de servicio	20		30	600		3.51	
			B-03	Cuarto de control de motores	4		65	260		1.52	
			E-01	Rutas de charolas para cables	30		70	2100		12.27	
			D-01	Especificaciones de cableado	2		25	50		0.29	
			D-02	Especificaciones de tubo conduit	2		25	50		0.29	
			G-01	Lista de materiales (3)	6		12	72		0.42	
			B-05	Alumbrado y contactos	10		60	600		3.51	
			D-03	Tableros de distribución de baja tensión	10		60	600		3.51	
			D-06	Especificaciones de motores	20		30	600		3.51	
		343		TIERRAS Y PARARAYOS		28			1320		7.71
			E-01	General de localización de electrodos para tierra	2		60	120		0.70	
			E-02	Red de tierras de subestación	2		90	180		1.05	
			E-03	Cuarto de tableros de distribución de baja tensión	2		90	180		1.05	
			F-01	Instalación de tierras y pararrayos	10		60	600		3.51	
			D-01	Especificaciones de materiales (4)	8		25	200		1.17	
			G-01	Lista de materiales (2)	4		10	40		0.23	
		344		ALUMBRADO		104			5128		29.96
			E-01	Plano de alumbrado interior	10		90	900		5.26	
			E-02	Plano de alumbrado exterior	2		90	180		1.05	
			D-01	Especificaciones de luminarias y balastras (4)	8		25	200		1.17	
			G-01	Lista de materiales (4)	4		12	48		0.28	
			B-01	Localización de luminarias	40		55	2200		12.85	
			E-04	Detalle de instalación de luminarias	40		40	1600		9.35	
		345		COMUNICACIONES		18			1074		6.27
			D-01	Especificaciones de líneas telefónicas	6		25	150		0.88	
			E-01	Diagrama de redes telefónicas	10		90	900		5.26	
			G-01	Lista de materiales	2		12	24		0.14	

Tabla 5A
CURVA DE AVANCE
PARA INGENIERÍA ELÉCTRICA

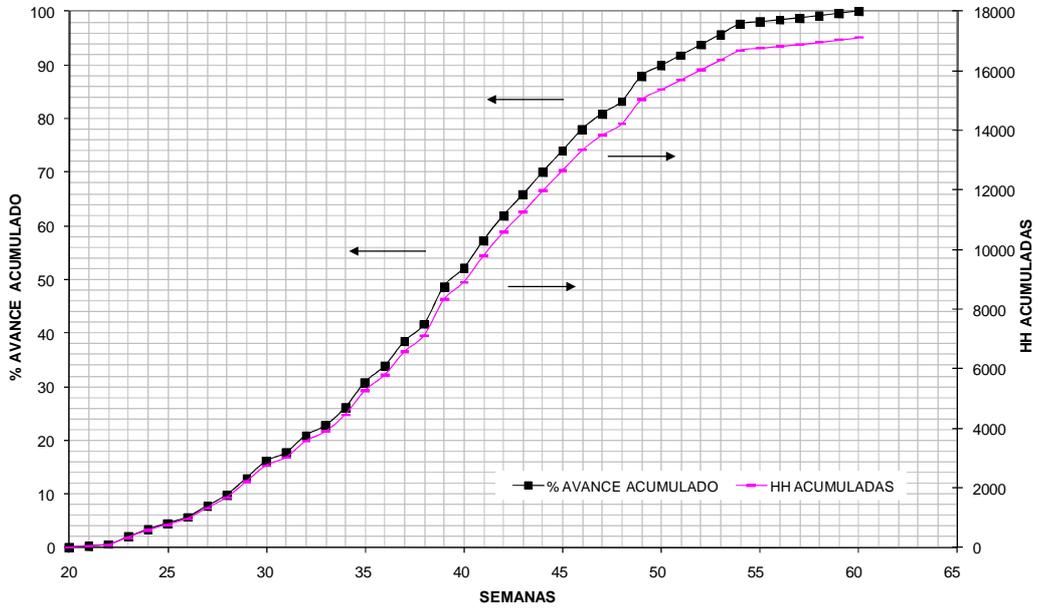


Grafico 9

CURVA PERSONA/MES Y AVANCE ACUMULADO
INGENIERÍA ELÉCTRICA

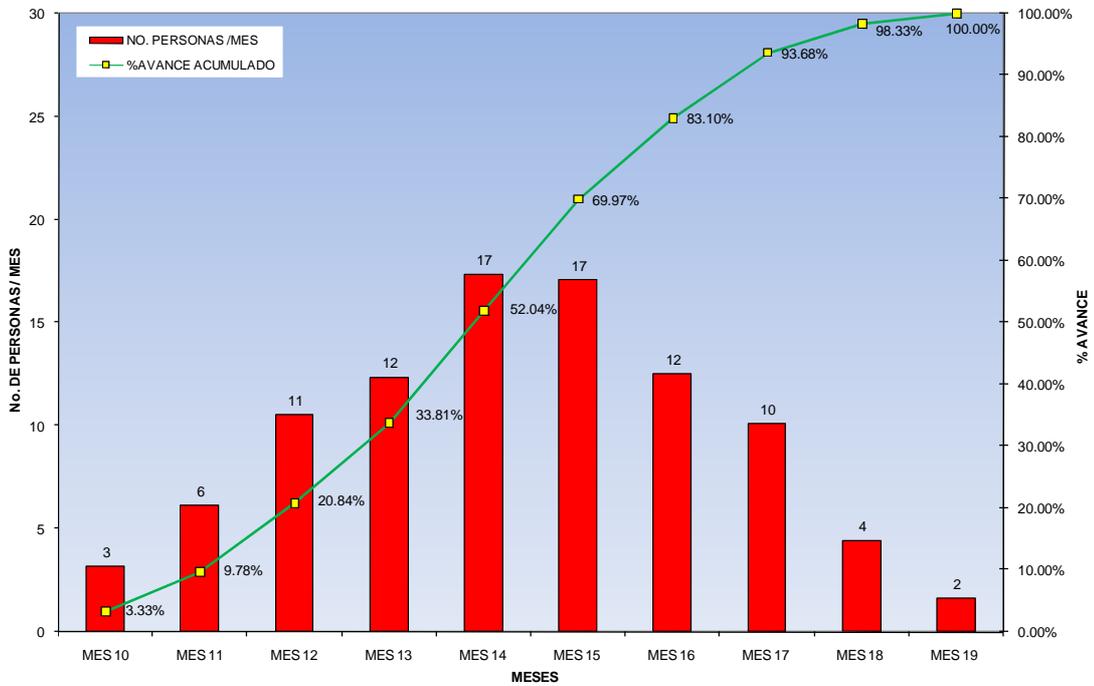


Grafico 10
INGENIERÍA DE TUBERÍA

Etapa	Sistema	Paquete	Documento	Concepto	Cantidad De Documentos		H-H Presupuestadas			% del Total	
					Parcial	Total	HH por Docto.	Parcial	Total	Parcial	Total
300				INGENIERIA DE DETALLE							
	380			TUBERIA Y FLEXIBILIDAD		494			17008		100
		381		TUBERIAS		320			12396		72.88
			C-01	Indice de Lineas	2		70	140			0.82
			D-01	Especificacion de Tuberias de Proceso	10		27	270			1.59
			D-02	Especificacion de Tuberias de Servicio	30		45	1350			7.94
			E-01	Localización de lineas	10		90	900			5.29
			E-02	Detalle de instalación de boquillas, desfuegos, valvulas de relevo y discos de ruptura	10		9	90			0.53
			H-01	Isometrico de Filtro/Trampa (caliente y frio)	8		14	112			0.66
			H-02	Isometrico de HyperCompresor	8		14	112			0.66
			H-03	Isometrico de Compresor de alimentación	8		14	112			0.66
			H-04	Isometrico de compresor de LP de 5 etapas	8		14	112			0.66
			H-05	Isometrico de Sist Enfriam para compresor LP	8		14	112			0.66
			H-06	Isometrico de Sist Enfriam para compresor alim	8		14	112			0.66
			H-07	Isometrico de Sist Enfriam para Hypercompresor	8		14	112			0.66
			H-08	Isometrico de Trimmer de temperatura	8		14	112			0.66
			H-09	Isometrico de Condensador de aire/agua	8		14	112			0.66
			H-10	Isometrico de Sepador a alta presión	8		14	112			0.66
			H-11	Isometrico de Sepador a baja presión	8		14	112			0.66
			H-12	Isometrico de Tanque de carga y recipientes	8		14	112			0.66
			H-13	Isometrico de Valvula de Expansión	8		14	112			0.66
			H-14	Isometrico de Agua/Aire de Enfriamiento	10		12	120			0.71
			H-15	Isometrico de Lineas de Desfogue	20		14	280			1.65
			E-02	Arreglo de Equipo	20		90	1800			10.58
			E-03	Rack de Tuberias	10		70	700			4.12
			E-04	Elevacion de Tuberias del Area de Compresión	4		70	280			1.65
			E-05	Elevacion de Tuberias del Area de almacenamiento	6		70	420			2.47
			E-06	Elevacion de Tuberias del Area de separación	6		70	420			2.47
			E-07	Elevacion de Tuberias del Area del Reactor	6		70	420			2.47
			E-08	Planta de Tuberias del Area de Compresión	2		70	140			0.82
			E-09	Planta de Tuberias del Area de almacenamiento	2		90	180			1.06
			E-10	Planta de Tuberias del Area de separación	2		70	140			0.82
			E-11	Planta de Tuberias del Area del Reactor	2		70	140			0.82
			D-03	Especificacion de Soldadura	2		45	90			0.53
			C-03	Indice de Isometrico	2		30	60			0.35
			G-01	Lista de Materiales	60		50	3000			17.64
		382		SISTEMA CONTRA INCENDIO		74			2192		12.89
			A-01	Criterios de Diseño	2		30	60			0.35
			D-01	Especificaciones del Sistema Contra Incendio	20		18	360			2.12
			H-01	Isometrico de Agua Contra incendio	20		12	240			1.41
			D-02	Especificaciones de materiales	4		18	72			0.42
			C-02	Indice de Lineas	2		70	140			0.82
			E-01	Distribucion de Hidrantes	6		70	420			2.47
			C-03	Lista de materiales	20		45	900			5.29
		383		FLEXIBILIDAD Y SOPORTERIA		64			1040		6.11
			M-03	Analisis de Flexibilidad de Tub. de Pro.	20		18	360			2.12
			M-04	Analisis de Flexibilidad de Tub. de Serv.	40		15	600			3.53
			M-05	Clasificacion de Lineas Criticas de Prod.	4		20	80			0.47
		384		 AISLAMIENTO		36			1380		8.11
			D-01	Especificaciones de aislamiento de tubería	10		30	300			1.76
			D-02	Especificaciones de aislamiento de equipo	6		30	180			1.06
			C-01	Lista de materiales	20		45	900			5.29

Tabla 6A

CURVA DE AVANCE PARA INGENIERÍA TUBERÍAS

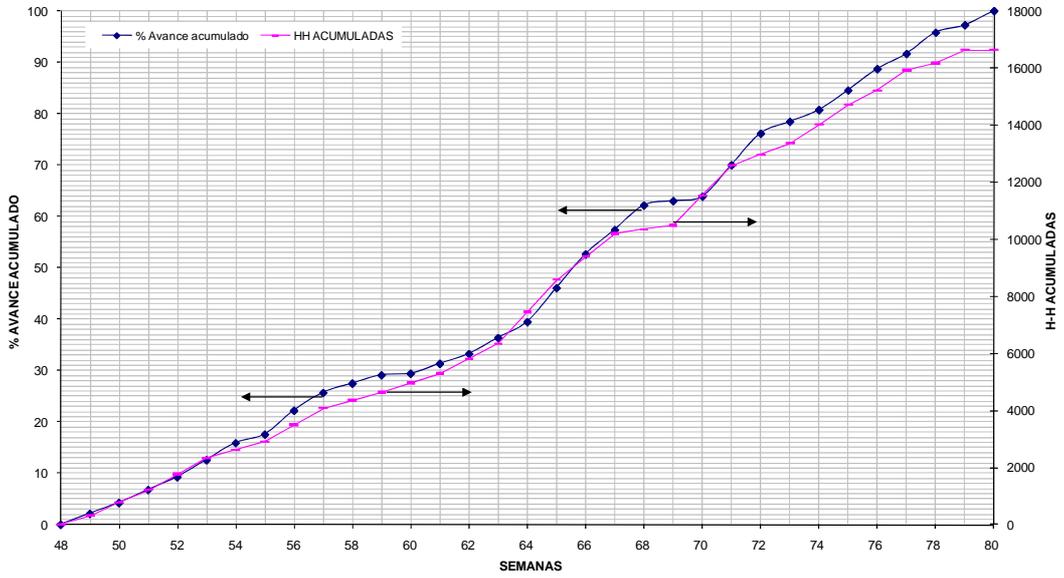


Grafico 11

CURVA PERSONAL / MES & % AVANCE ACUMULADO INGENIERÍA DE TUBERÍAS

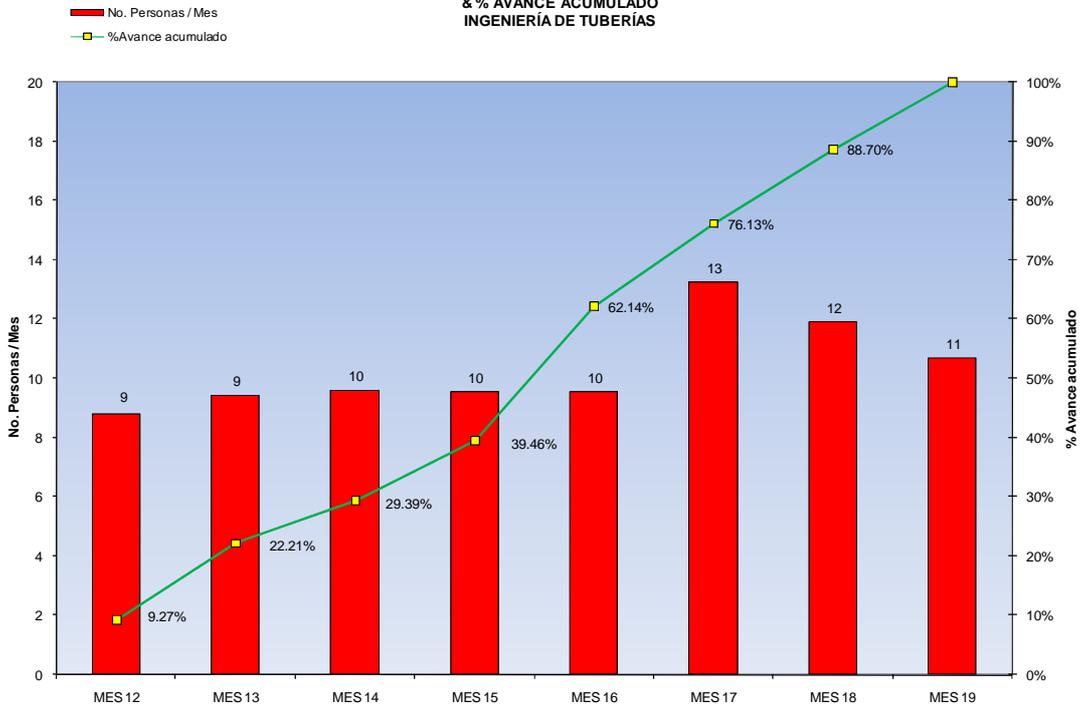


Grafico 12

INGENIERÍA DE INSTRUMENTACIÓN

Etapa	Sistema	Paquete	Documento	Concepto	Cantidad De Documentos		H-H Presupuestadas			% del Total	
					Parcial	Total	HH por Docto.	Parcial	Total	Parcial	Total
300				INGENIERÍA DE DETALLE							
	350			INGENIERÍA INSTRUMENTACION		368			13161		100.00
		351		DTI'S DE PROCESO		102			4540		34.50
			D-01	Especificaciones	20		36	720		5.47	
			B-01	DTI'S de proceso	60		45	2700		20.52	
			B-02	Diagramas lógicos de control	12		10	120		0.91	
			E-01	Tableros de instrumentos de control	10		100	1000		7.60	
		352		INDICE DE INSTRUMENTOS		20			220		1.67
			C-01	Especificaciones de materiales	10		12	120		0.91	
			C-02	Plano de nivelaciones	10		10	100		0.76	
		353		DTI'S DE SERVICIOS		62			3200		24.31
			D-01	Especificaciones(9)	18		40	720		5.47	
			B-01	DTI'S de servicios(3)	32		40	1280		9.73	
			B-02	Diagrama lógico de control(6)	12		100	1200		9.12	
		354		DETALLES TÍPICOS DE INSTALACION		57			399		3.03
			B-01	Válvulas de control	10		7	70		0.53	
			B-02	Medidor de presión	6		7	42		0.32	
			B-03	Medidor de temperatura	6		7	42		0.32	
			B-04	Medidor de flujo	10		7	70		0.53	
			B-05	Medidor de Nivel	10		7	70		0.53	
			B-06	Válvula de relevo	6		7	42		0.32	
			B-07	Disco de ruptura	3		7	21		0.16	
			B-08	Válvulas de desfoque	6		7	42		0.32	
		355		ESPECIFICACIONES DE INSTRUMENTOS		47			1602		12.17
			D-01	Válvulas de control	10		36	360		2.74	
			D-02	Medidor de presión	6		36	216		1.64	
			D-03	Medidor de temperatura	6		36	216		1.64	
			D-04	Medidor de flujo	10		30	300		2.28	
			D-05	Medidor de Nivel	10		36	360		2.74	
			D-06	Sistema paquete	5		30	150		1.14	
		356		LISTA DE MATERIALES		80			3200		24.31
			C-01	Sistema de control de procesos	40		40	1600		12.16	
			C-02	Sistema de contrl de servicios	40		40	1600		12.16	

Tabla 7A

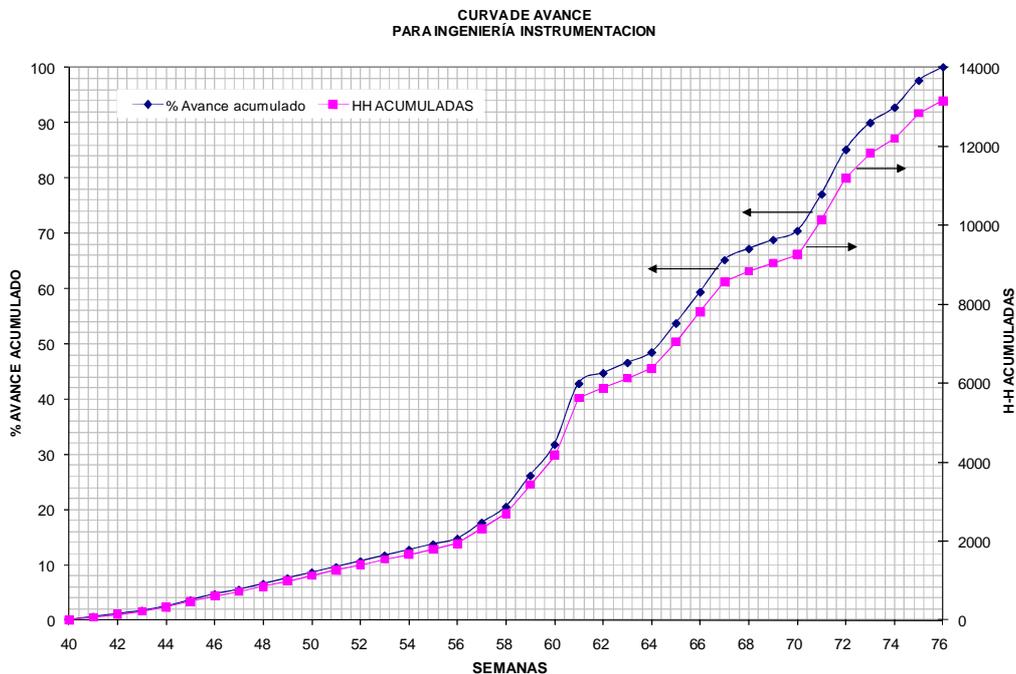


Grafico 13

**CURVA PERSONAL / MES
& % AVANCE ACUMULADO**

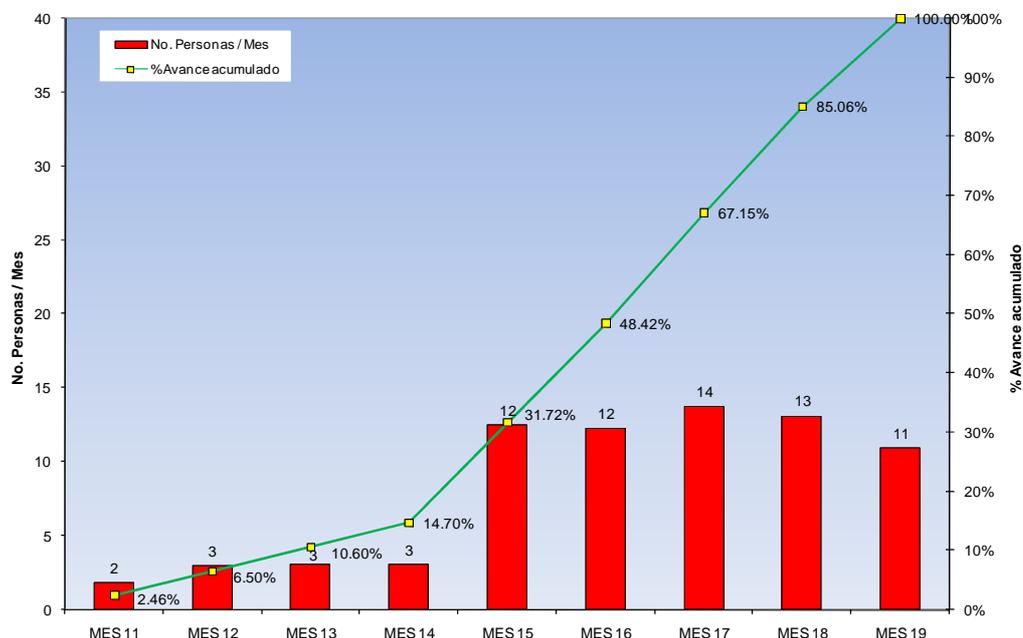


Grafico 14

INGENIERÍA DE PROCESO

Etapa	Sistema	Paquete	Documento	Concepto	Cantidad De Documentos		H-H Presupuestadas			% del Total	
					Parcial	Total	HH por Docto.	Parcial	Total	Parcial	Total
300				INGENIERIA DE DETALLE							
		370		INGENIERIA DE PROCESOS		82			6902		100.00
				PROCESO		6			350		5.07
			D-01	Bases de Diseño	2		40	80		1.16	
			L-01	Filosofía de Control	2		45	90		1.30	
			M-02	Estudio de seguridad	2		90	180		2.61	
				DTI'S		72			6480		93.89
			B-01	DTI'S de proceso	40		90	3600		52.16	
			B-02	DTI'S de servicio	32		90	2880		41.73	
				LISTA DE EQUIPO		4			72		1.04
			C-01	Equipo de proceso	2		20	40		0.58	
			C-02	Lista de Motores	2		16	32		0.46	

Tabla 8A

CURVA DE AVANCE PARA INGENIERÍA PROCESO

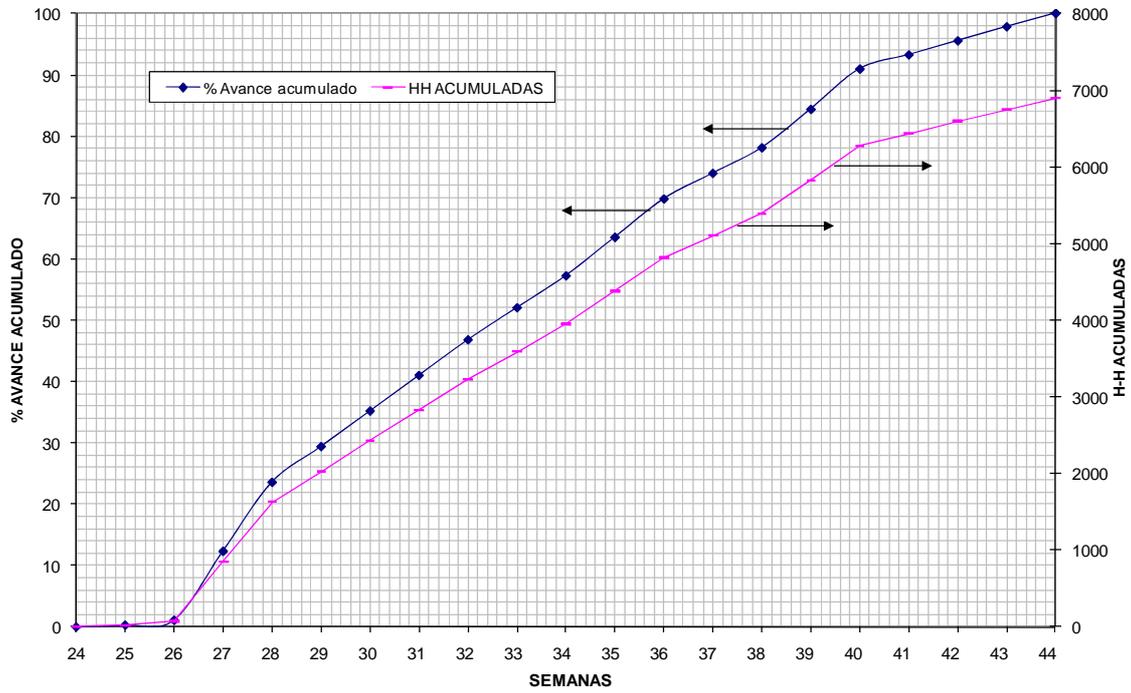


Grafico 15

CURVA PERSONAL / MES & % AVANCE ACUMULADO INGENIERÍA DE PROCESO

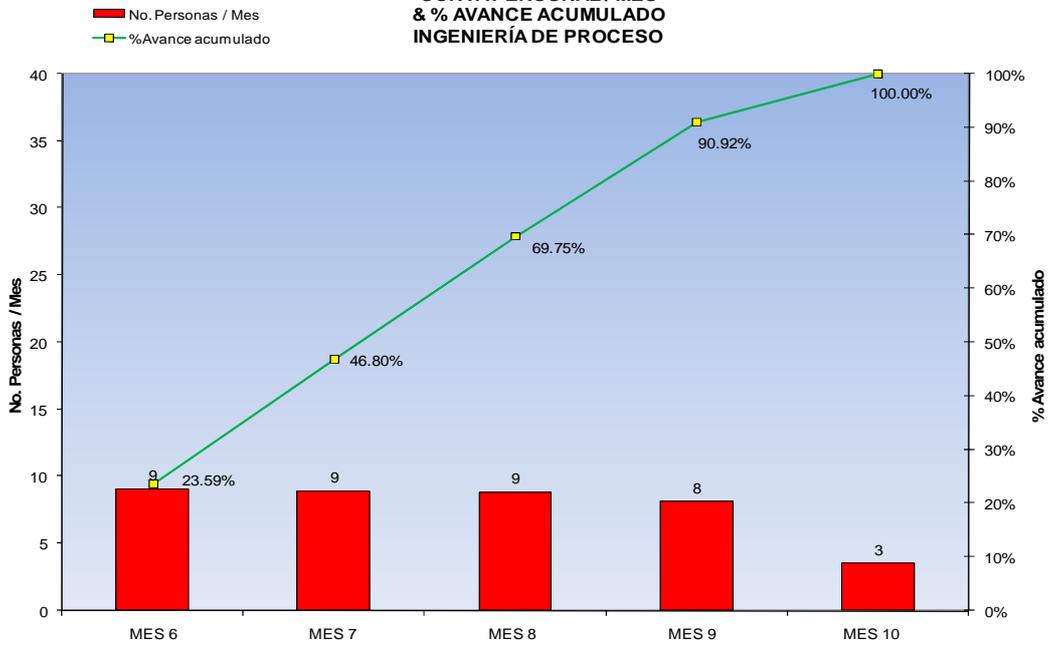


Grafico 16

PROGRAMA MAESTRO

+

Etapa	Sistema	Paquete	Documento	Concepto	Cantidad De Documentos		H-H Presupuestadas			HH Ing	% del Total	
					Parcial	Total	HH por Paquete.	HH por Sis	HH por Et		Parcial	Total
				INGENIERIA		1169				123532		100.00
200				INGENIERIA BASICA		143			8579			6.94
	210			Ingeniería Básica General		143		8579				6.94
		211		Proceso	29		2280					1.85
		212		Equipo Mecánico	63		1699					1.38
		213		Distribución general de la planta	1		100					0.08
		214		Instrumentación básica	50		4500					3.64
300				INGENIERIA DE DETALLE		1026			114953			93.06
	330			ingeniería civil		179		44678				36.17
		331		Geotecnia	4		2400					1.94
		332		Desarrollo de sitio	6		1994					1.61
		333		Cimentaciones	67		20472					16.57
		334		Estructuras metálicas	52		8568					6.94
		335		Instalaciones subterráneas	9		2196					1.78
		336		Instalaciones hidráulica-sanitarias	41		9048					7.32
	320			Arquitectura		103		5328				4.31
		321		Anteproyecto	1		90					0.07
		322		Diseño arquitectónico	47		2860					2.32
		323		Acabados	32		1204					0.97
		324		Instalaciones hidráulica-sanitarias	23		1174					0.95
	360			ingeniería mecánica		107		9680				7.84
		361		Diseño de equipo	17		1960					1.59
		362		Especificación de equipo	22		960					0.78
		363		Sistema de aire acondicionado	68		6760					5.47
	370			ingeniería de proceso		41		6902				5.59
		371		Procesos	3		350					0.28
		372		DTI's	36		6480					5.25
		373		Lista de equipo	2		72					0.06
	390			ingeniería ambiental		4		1080				0.87
		391		Estudios ambientales	2		700					0.57
		392		Licencias y permiso	2		380					0.31
	340			ingeniería eléctrica		168		17116				13.86
		341	E-04	Alta tensión	40		4482					3.63
		342		Baja tensión	53		5112					4.14
		343	D-01	Tierras y pararrayos	14		1320					1.07
		344	E-01	Alumbado	52		5128					4.15
		345	G-01	Comunicaciones	9		1074					0.87
	350			Instrumentación		165		13161				10.65
		351		DTI's de proceso	41		4540					3.68
		352		Índice de instrumentos	2		220					0.18
		353		DTI's de servicios	31		3200					2.59
		354		Detalles típicos de instalación	28		399					0.32
		355		Especificación de instrumentos	23		1602					1.30
		356		Lista de materiales	40		3200					2.59
	380			Tuberías y flexibilidad		259		17008				13.77
		381		Tuberías	172		12396					10.03
		382		Sistema contra incendios	37		2192					1.77
		383		Flexibilidad y soportería	32		1040					0.84
		384		Aislamiento	18		1380					1.12

Tabla 9

Etapa	Sistema	Paquete	Concepto	HH por Et	HH por Sis	HH por Paquete.
200			INGENIERIA BASICA	8,579		
	210		Ingeniería Básica General		8,579	
		211	Proceso			2,280
		212	Equipo Mecánico			1,699
		213	Distribución general de la planta			100
		214	Instrumentación básica			4,500
300			INGENIERIA DE DETALLE	114,953		
	330		Ingeniería civil		44,678	
		331	Geotecnia			2,400
		332	Desarrollo de sitio			1,994
		333	Cimentaciones			20,472
		334	Estructuras metálicas			8,568
		335	Instalaciones subterráneas			2,196
		336	Instalaciones hidráulica-sanitarias			9,048
	320		Arquitectura		5,328	
		321	Anteproyecto			90
		322	Diseño arquitectónico			2,860
		323	Acabados			1,204
		324	Instalaciones hidráulica-sanitarias			1,174
	360		Ingeniería mecánica		9,680	
		361	Diseño de equipo			1,960
		362	Especificación de equipo			960
		363	Sistema de aire acondicionado			6,760
	370		Ingeniería de proceso		6,902	
		371	Procesos			350
		372	DTI's			6,480
		373	Lista de equipo			72
	390		Ingeniería ambiental		1,080	
		391	Estudios ambientales			700
		392	Licencias y permiso			380
	340		Ingeniería eléctrica		17,116	
		341	Alta tensión			4,482
		342	Baja tensión			5,112
		343	Tierras y pararrayos			1,320
		344	Alumbrado			5,128
		345	Comunicaciones			1,074
	350		Instrumentación		13,161	
		351	DTI's de proceso			4,540
		352	Índice de instrumentos			220
		353	DTI's de servicios			3,200
		354	Detalles típicos de instalación			399
		355	Especificación de instrumentos			1,602
		356	Lista de materiales			3,200
	380		Tuberías y flexibilidad		17,008	
		381	Tuberías			12,396
		382	Sistema contra incendios			2,192
		383	Flexibilidad y soportería			1,040
		384	Aislamiento			1,380
TOTAL					123,532	

Tabla 10

La tabla 10, se encuentra la distribución de Horas- Hombre de cada disciplina, en base a los documentos que se desarrollan y la cantidad de Horas –Hombre que ocupa el proyecto.

El grafico 17, muestra la curva de avance del proyecto, esta es la forma que tiene un proyecto exitoso, de igual forma el grafico 18, muestra la distribución de las Horas- Hombre se observa que al inicio del proyecto no cuenta con mucho personal pero conforme pasa el tiempo la plantilla del personal va en aumento hasta llegar a un máximo y empieza a disminuir con forme llega el fin del proyecto, esta grafica esta dentro del rango de proyectos exitosos

CURVA DE AVANCE DE INGENIERÍA

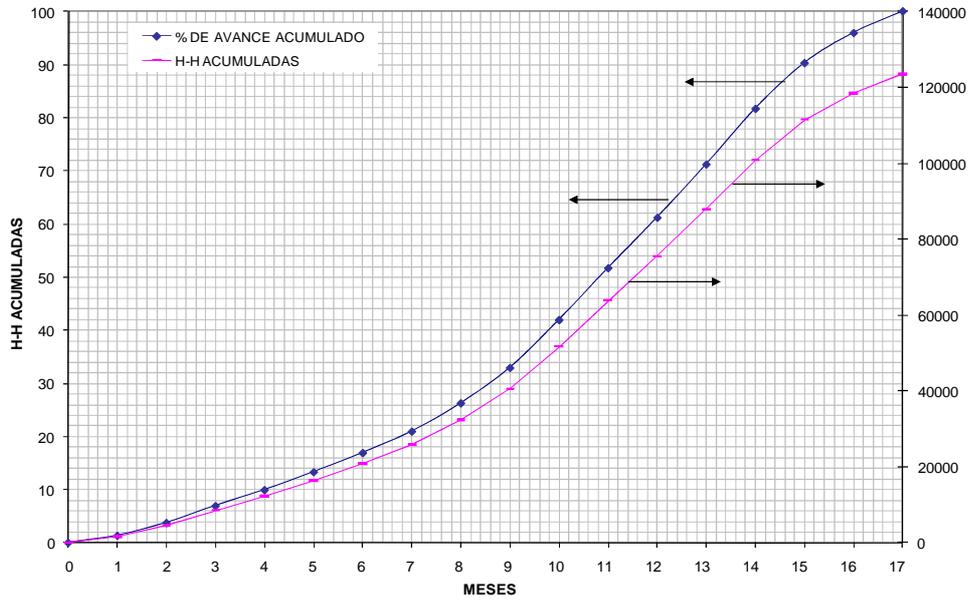


Grafico 17

Curva de Personal de Ingeniería

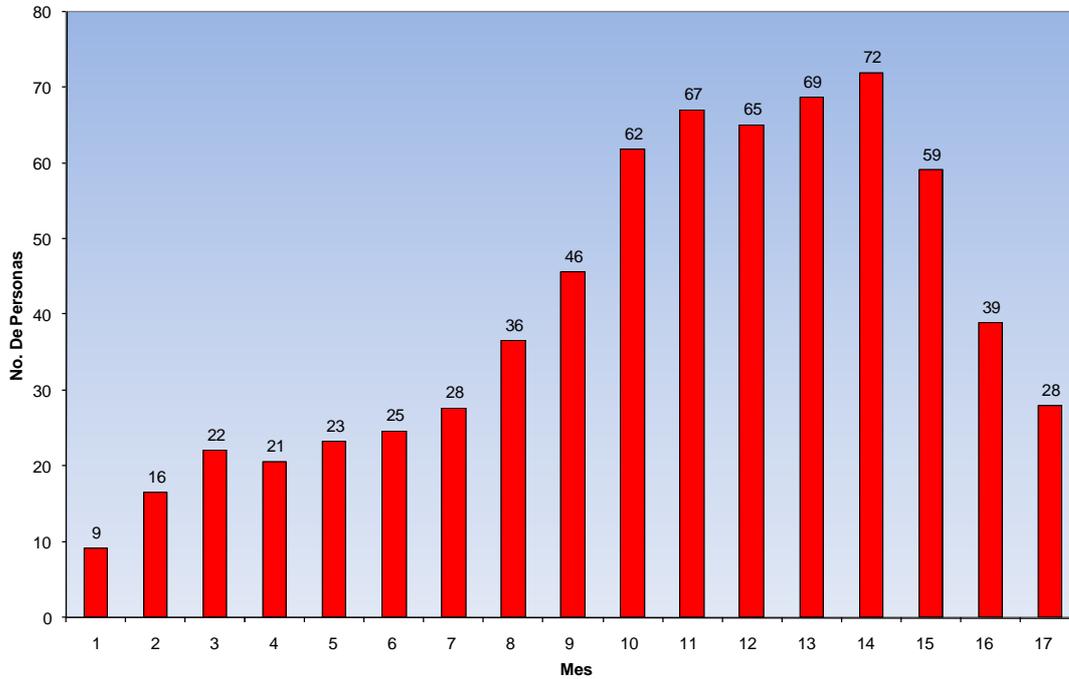


Grafico 18

CÁLCULO DE HORA-HOMBRE POR DISCIPLINA

Se adicionan los calculos de Hora-hombre y el número de personas necesarias para desarrollar las diferentes disciplinas que conforma el proyecto, tal como se explico en el capitulo 3, empezaremos con la disciplina Ingenieria Civil, Arquitectura Ingenieria Mecánica, Ingenieria Electrica, Ingenieria Instrumentación, Ingenieria de Tuberia, Ingenieria de Proceso e Ingenieria de Ambiental.

INGENIERÍA CIVIL

ING. CIVIL	HH	Duración (Meses)	HH/MES	No. de Personas	HH/MES /PERSONA
Geotecnia	2400	1.5	1600	8.89	180
Desarrollo de Sitios	1994	1.75	1139.43	6.33	180
Cimentaciones	20472	19	1077.47	5.99	180
Estructura Metalica	8568	7.25	1181.79	6.57	180
Instalaciones Subterranas	2196	2	1098	6.10	180
Instalaciones Hidraulica-Sanitaria	9048	4.25	2128.94	11.83	180

PERSONAL	Geotecnia	Desarrollo de Sitios	Cimentaciones	Estructura Metalica	Instalaciones Subterranas	Instalaciones Hidraulica-Sanitaria	Personas
Jefe de dpto.				1			1
Especialista			1	1			2
Supervisor			1	1			2
Jefe de Grupo "A" y "B"	1	1	1	1		1	5
Ing. Senior	2		1	2		1	6
Ingeniero "A"	2	2	1	1	2	2	10
Ingeniero "B"	2	1	1		3	3	10
Diseñador	1	1			1	2	5
Dibujante	1	1				3	5
TOTAL PERSONAS	9	6	6	7	6	12	46

PERSONAL	Geotecnia	Desarrollo de Sitios	Cimentaciones	Estructura Metalica	Instalaciones Subterranas	Instalaciones Hidraulica-Sanitaria	HH TOTALES/PUESTO
Jefe de dpto.	0	0	0	1305	0	0	1305
Especialista	0	0	3420	1305	0	0	4725
Supervisor	0	0	3420	1305	0	0	4725
Jefe de Grupo "A" y "B"	270	315	3420	1305	0	765	6075
Ing. Senior	540	0	3420	2610	0	765	7335
Ingeniero "A"	540	630	3420	738	720	1530	7578
Ingeniero "B"	540	315	3372	0	1080	2295	7602
Diseñador	270	315	0	0	396	1530	2511
Dibujante	240	419	0	0	0	2163	2822
TOTAL HH/PAQUETE	2400	1994	20472	8568	2196	9048	44678

ARQUITECTURA

ARQUITECTURA	HH	Duración(Meses)	HH/MES	No. de Personas	HH/MES/PERSONA
Diseño Arquitectonico/Anteproyecto	2950	5.5	536.4	2.98	180
Acabados	1204	3.5	344	1.91	180
Instalaciones Hidraulica-Sanitaria	1174	3.5	335.4	1.86	180

PERSONAL	Diseño Arq. /Anteproyecto	Acabados	Instalaciones Hidraulica-Sanitaria			personas
Jefe de dpto.						0
Especialista			0			0
Supervisor			0			0
Jefe de Grupo "A" y "B"	1	0	0			1
Ing. Senior	1		0			1
Ingeniero "A"	1	1	1			3
Ingeniero "B"	0	1	1			2
Diseñador	0	0				0
Dibujante	0	0				0
TOTAL PERSONAS	3	2	2			7

PERSONAL	Diseño Arq. /Anteproyecto	Acabados	Instalaciones Hidraulica-Sanitaria				HH TOTALES/PUESTO
Jefe de dpto.	0	0	0	0	0	0	0
Especialista	0	0	0	0	0	0	0
Supervisor	0	0	0	0	0	0	0
Jefe de Grupo "A" y "B"	990	0	0	0	0	0	990
Ing. Senior	990	0	0	0	0	0	990
Ingeniero "A"	970	630	630	0	0	0	2230
Ingeniero "B"	0	574	544	0	0	0	1118
Diseñador	0	0	0	0	0	0	0
Dibujante	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL HH/PAQUETE	2950	1204	1174	0	0	0	5328

INGENIERÍA MECÁNICA

MECANICA	HH	Duración (Meses)	HH/MES	No. de Personas	HH/MES /PERSONA
Diseño de Equipo	1960	3	653.33	3.63	180
Especificación de Equipo	960	2.5	384.00	2.13	180
Sistema de aire acondicionado	6760	4.5	1502.22	8.35	180

PERSONAL	Diseño de Equipo	Especificación de Equipo	Sistema de aire acondicionado				Personas
Jefe de dpto.			1				1
Especialista			1				1
Supervisor			1				1
Jefe de Grupo "A" y "B"	1	0	1				2
Ing. Senior	1		1				2
Ingeniero "A"	1	1	1				3
Ingeniero "B"	1	1	2				4
Diseñador	0	0					0
Dibujante	0	0					0
TOTAL PERSONAS	4	2	8				14

PERSONAL	Diseño de Equipo	Especificación de Equipo	Sistema de aire acondicionado				HH TOTALES/PUESTO
Jefe de dpto.	0	0	810	0	0	0	810
Especialista	0	0	810	0	0	0	810
Supervisor	0	0	810	0	0	0	810
Jefe de Grupo "A" y "B"	540	0	810	0	0	0	1350
Ing. Senior	540	0	810	0	0	0	1350
Ingeniero "A"	540	450	810	0	0	0	1800
Ingeniero "B"	340	510	1900	0	0	0	2750
Diseñador	0	0	0	0	0	0	0
Dibujante	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL HH/PAQUETE	1960	960	6760	0	0	0	9680

INGENIERÍA ELÉCTRICA

ELECTRICA	HH	Duración (Meses)	HH/MES	No. de Personas	HH/MES /PERSONA
Alta Tension	4482	3.75	1195.2	6.64	180
Baja Tensión	5112	2.25	2272.00	12.62	180
Tierra y Pararrayos	1320	2.25	586.67	3.26	180
Alumbrado	5128	3.5	1465.14	8.14	180
Comunicación	1074	4	268.5	1.49	180

PERSONAL	Alta Tension	Baja Tensión	Tierra y Pararayos	Alumbrado	Comunicación		Personas
Jefe de dpto.	1	0	0	0			1
Especialista	1	0	0	0			1
Supervisor	1	0	0	1			2
Jefe de Grupo "A" y "B"	1	0	0	1			2
Ing. Senior	1	3	0	1			5
Ingeniero "A"	1	3	1	2	0		7
Ingeniero "B"	1	4	1	2	0		8
Diseñador	0	1	1	1	1		4
Dibujante	0	2			1		3
TOTAL PERSONAS	7	13	3	8	2		33

PERSONAL	Alta Tension	Baja Tensión	Tierra y Pararayos	Alumbrado	Comunicación		HH TOTALES/PUESTO
Jefe de dpto.	675	0	0	0	0	0	675
Especialista	675	0	0	0	0	0	675
Supervisor	675	0	0	630	0	0	1305
Jefe de Grupo "A" y "B"	675	0	0	630	0	0	1305
Ing. Senior	675	1215	0	630	0	0	2520
Ingeniero "A"	675	1215	405	1260	0	0	3555
Ingeniero "B"	432	1620	405	1260	0	0	3717
Diseñador	0	405	510	718	720	0	2353
Dibujante	0	657	0	0	354	0	1011
TOTAL HH/PAQUETE	4482	5112	1320	5128	1074	0	17116

INSTRUMENTACIÓN

INSTRUMENTACION	HH	Duración (Meses)	HH/MES	No. de Personas	HH/MES /PERSONA
DTI'S de Proceso	4540	5.25	864.76	4.80	180
Indice de Instrumentación	220	2.25	97.78	0.54	180
DTI'S de Servicios	3200	2.75	1163.64	6.46	180
Detalles Tipicos de Instalación	399	2.25	177.33	0.99	180
Especificación e Instrumentación	1602	2.5	640.8	3.56	180
Lista de Materiales	3200	1.5	2133.33	11.85	180

PERSONAL	DTI'S de Proceso	Indice de Instrumentación	DTI'S de Servicios	Detalles Tipicos de Instalación	Especificación e Instrumentación	Lista de Materiales	Personas
Jefe de dpto.			0	0	0	1	1
Especialista			0	0	0	1	1
Supervisor	1		1	0	0	1	3
Jefe de Grupo "A" y "B"	1	0	1	0	0	1	3
Ing. Senior	1		1	0	0	1	3
Ingeniero "A"	1	0	1	0	2	2	6
Ingeniero "B"	1	0	1	1	1	2	6
Diseñador	0	0	1		1	1	3
Dibujante	0	1				2	3
TOTAL PERSONAS	5	1	6	1	4	12	29

PERSONAL	DTI'S de Proceso	Indice de Instrumentación	DTI'S de Servicios	Detalles Tipicos de Instalación	Especificación e Instrumentación	Lista de Materiales	HH TOTALES/PUESTO
Jefe de dpto.	0	0	0	0	0	270	270
Especialista	0	0	0	0	0	270	270
Supervisor	945	0	495	0	0	270	1710
Jefe de Grupo "A" y "B"	945	0	495	0	0	270	1710
Ing. Senior	945	0	495	0	0	270	1710
Ingeniero "A"	945	0	495	0	900	540	2880
Ingeniero "B"	760	0	495	399	450	540	2644
Diseñador	0	0	725	0	252	270	1247
Dibujante	0	220	0	0	0	500	720
TOTAL HH/PAQUETE	4540	220	3200	399	1602	3200	13161

TUBERÍA

TUBERIAS	HH	Duración (Meses)	HH/MES	No. de Personas	HH/MES /PERSONA
Tuberias	12396	7	1770.86	9.84	180
Sistema contra Incendios	2192	3	730.67	4.06	180
Flexibilidad y Soporteria	1040	1.5	693.33	3.85	180
Aislamiento	1380	1	1380.00	7.67	180

PERSONAL	Tuberias	Sistema contra Incendios	Flexibilidad y Soporteria	Aislamiento			Personas
Jefe de dpto.	1			0			1
Especialista	1		0	0			1
Supervisor	1		0	0			1
Jefe de Grupo "A" y "B"	1	0	0	0			1
Ing. Senior	1		0	1			2
Ingeniero "A"	1	0	1	2			4
Ingeniero "B"	2	1	1	2			6
Diseñador	1	1	1	1			4
Dibujante	1	2	1	2			6
TOTAL PERSONAS	10	4	4	8			26

PERSONAL	Tuberias	Sistema contra Incendios	Flexibilidad y Soporteria	Aislamiento			HH TOTALES/PUESTO
Jefe de dpto.	1260	0	0	0	0	0	1260
Especialista	1260	0	0	0	0	0	1260
Supervisor	1260	0	0	0	0	0	1260
Jefe de Grupo "A" y "B"	1260	0	0	0	0	0	1260
Ing. Senior	1260	0	0	180	0	0	1440
Ingeniero "A"	1260	0	270	360	0	0	1890
Ingeniero "B"	2520	540	270	360	0	0	3690
Diseñador	1260	540	270	180	0	0	2250
Dibujante	1056	1112	230	300	0	0	2698
TOTAL HH/PAQUETE	12396	2192	1040	1380	0	0	17008

PROCESOS

PROCESOS	HH	Duración (Meses)	HH/MES	No. de Personas	HH/MES /PERSONA
Procesos	350	2	175	0.97	180
DTI'S	6480	4.25	1524.7	8.47	180
Lista de equipo	72	1.25	57.6	0.32	180

PERSONAL	Procesos	DTI'S	Lista de equipo				personas
Jefe de dpto.	0	1		0			1
Especialista	0	1	0	0			1
Supervisor	0	1	0	0			1
Jefe de Grupo "A" y "B"	0	1	0	0			1
Ing. Senior	0	1	0				1
Ingeniero "A"	1	1	0				2
Ingeniero "B"	0	1	1				2
Diseñador	0	1	0				1
Dibujante	0	1	0				1
TOTAL PERSONAS	1	9	1				11

PERSONAL	Procesos	DTI'S	Lista de equipo				HH TOTALES/PUESTO
Jefe de dpto.	0	765	0	0	0	0	765
Especialista	0	765	0	0	0	0	765
Supervisor	0	765	0	0	0	0	765
Jefe de Grupo "A" y "B"	0	765	0	0	0	0	765
Ing. Senior	0	765	0	0	0	0	765
Ingeniero "A"	350	765	0	0	0	0	1115
Ingeniero "B"	0	765	72	0	0	0	837
Diseñador	0	765	0	0	0	0	765
Dibujante	0	360	0	0	0	0	360
TOTAL HH/PAQUETE	350	6480	72	0	0	0	6902

AMBIENTAL

AMBIENTAL	HH	Duración (Meses)	HH/MES	No. de Personas	HH/MES /PERSONA
Estudios Ambientales	700	4	175.00	0.97	180
Licencias y Permisos	380	3.5	108.57	0.60	180

PERSONAL	Estudios Ambientales	Licencias y Permisos					personas
Jefe de dpto.	0			0			0
Especialista	0						0
Supervisor	0						0
Jefe de Grupo "A" y "B"	0	0					0
Ing. Senior	0	0					0
Ingeniero "A"	1	1					2
Ingeniero "B"	0	0					0
Diseñador	0	0					0
Dibujante	0	0					0
TOTAL PERSONAS	1	1					2

PERSONAL	Estudios Ambientales	Licencias y Permisos					HH TOTALES/PUESTO
Jefe de dpto.	0	0	0	0	0	0	0
Especialista	0	0	0	0	0	0	0
Supervisor	0	0	0	0	0	0	0
Jefe de Grupo "A" y "B"	0	0	0	0	0	0	0
Ing. Senior	0	0	0	0	0	0	0
Ingeniero "A"	700	380	0	0	0	0	1080
Ingeniero "B"	0	0	0	0	0	0	0
Diseñador	0	0	0	0	0	0	0
Dibujante	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL HH/PAQUETE	700	380	0	0	0	0	1080

BIBLIOGRAFÍA

1. Effective Project Management through Applied Cost and Schedule Control. Edited by James A. Bent. James Bent Associates, Inc., Kenneth K. Humphreys. Consulting Engineer. Granite Falls, North Carolina.
2. Applied Cost Engineering. Third edition. By Forrest D. Clark and A.B. Lorenzoni.

3. Project Management. A System Approach to Planning, Scheduling, and Controlling. Sixth edition, John Wiley & Sons, Inc., 2003. Harold Kerzner, Ph. D. Division of Business Administration, Baldwin-Wallace College. Berea, Ohio.
4. Estimator's General Construction Man- Hour Manual. Gulf Publishing Company, Book Division, Houston, Texas, USA. Second edition, June 1983. John S. Page.
5. Estimator's Equipment Installation Man- Hour Manual. Gulf Publishing Company, Book Division, Houston, Texas, USA. Second edition, June 1978. John S. Page.
6. Engineering & Construction Project Management. Gulf Publishing Company, Book Division, Houston, Texas, USA. 1986. Arthur E. Kerridge and Charles H. Vervalin Editors.
7. Project Cost Control for Managers. Gulf Publishing Company, Book Division, Houston, Texas, USA. Second edition, 1990. John S. Page.
8. Software y Fuentes especializadas de estimación de costos. Icarus, Neodata, <http://matche.com/EquipCost/Index.htm>
9. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOOK GUIDE, Third edition 2004). PMI Standards Committee. William R. Duncan, Director of Standards. Project Management Institute. Four Campus Boulevard, New Town Square, PA 19073 – 3299 USA.
10. Diseño de Plantas y su Evaluación Económica para Ingenieros Químicos. Second Edition. Max S. Peters and Klaus D. Timmerhaus, Buenos Aires 1978.
11. Tesis "Ecuaciones y Nomogramas para la estimación de costos de inversión de equipos de Proceso", Facultad de Química, UNAM. Víctor Javier Martínez Ortiz, 2005.
12. Tesis "Estimado y Control de Costos de Equipo en una Planta Petroquímica". Facultad de Química, UNAM. Jorge Alejandro Avello Martínez, 1986.
13. Tesis "Desarrollo de un sistema automatizado para la estimación de costos de Inversión en Plantas de Proceso, con base a métodos modulares". Facultad de Química, UNAM. Santiago Fernando Rugerio Viveros. 1988.