



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE QUIMICA

**PLANEACIÓN Y CONTROL DE LA
ELABORACIÓN DE LA INGENIERÍA
BÁSICA PARA UN PROYECTO
INDUSTRIAL**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUÍMICO
P R E S E N T A :
ELÍAS GRANADOS FERRO



EXAMENES PROFESIONALES

MEXICO, D. F. FACULTAD DE QUIMICA 2004





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

Jurado asignado:

Presidente Prof. Eduardo Rojo y De Regil
Vocal Prof. José Antonio Ortiz Ramírez
Secretario Prof. Humberto Rangel Dávalos
1er. Suplente Prof. Ezequiel Millán Velazco
2º. Suplente Prof. Federico Carlos Hernández Chavarria

Sitio en donde se desarrolló el tema:
**3er. Piso, Torre de Ingeniería
Ciudad Universitaria**

Aesor del tema:


I.Q. José Antonio Ortiz Ramírez

Autorizada por el Director General de Bibliotecas de la
Institución Educativa Superior de Ingenieros e Impreso en
cuadernillo de los trabajos de carácter nacional.

Elías Granados Ferro

Sustentante:

9/07/2004


Elías Granados Ferro

AGRADECIMIENTOS:

A Dios

Por su compañía.

A mi familia

Por su apoyo y comprensión.

A la Universidad Nacional Autónoma de México

Por la educación integral recibida a lo largo de la carrera.

A mi Asesor

El Ing. José Antonio Ortiz Ramírez por haberme brindado su apoyo y confianza para la realización del presente trabajo. ¡Mil gracias!

ÍNDICE

	Pág.
Introducción	3
Objetivos	7
Capítulo 1: Planeación	9
1.1 Definición del Proyecto.....	11
1.1.1 Obtención de los Datos Iniciales.....	11
1.1.2 Contenido General en la Definición de un Proyecto.....	13
1.2 Objetivos del Proyecto.....	14
1.3 Selección de una Estrategia para la Ejecución del Proyecto.....	14
1.4 Identificación de Problemas.....	15
1.5 Estructura de Desglose de Trabajo (EDT).....	15
1.6 Organización.....	17
1.6.1 Fases de la Organización.....	17
1.6.1.1 Coordinación.....	17
1.6.1.2 División del trabajo.....	17
1.6.1.3 Jerarquización.....	18
1.6.1.4 Departamentalización.....	18
1.7 Estructura del Plan.....	18
Capítulo 2: Programación	19
2.1 Identificación de Tareas.....	21
2.2 Duración de Actividad.....	22
2.3 Secuencia de Actividades.....	23
2.3.1 Relaciones.....	23
2.3.2 Diagrama Lógico.....	23
2.4 Problemas de Programación.....	24
2.4.1 Determinación de Fechas Mínimas y Máximas.....	24
2.4.2 Determinación de Ruta Crítica.....	28
2.5 Ruta Crítica.....	29
2.6 Programa Maestro de Proyecto.....	29
2.7 Gráficos de Barras.....	30
2.8 Objetivo de la Programación.....	30
Capítulo 3: Presupuestación	31
3.1 Personal.....	32
3.2 Determinación del Precio de la Hora-Hombre (H-H) del Personal.....	36
3.2.1 Factores de Incremento.....	39
3.3 Identificación de Actividades y Servicios.....	40
3.4 Programa de Trabajo Detallado.....	41
3.5 Estimación del Costo Total del Proyecto.....	42
3.6 Determinación de la Hora-Hombre (H-H) vendida.....	43

Capítulo 4: Control	44
4.1 Criterios para el Control.....	45
4.2 Seguimiento y Control.....	46
4.2.1 Documentos para Seguimiento y Control.....	47
4.3 Análisis de las Variaciones del Programa y Costo.....	48
4.4 Actualización.....	48
4.4.1 Frecuencia de Actualización.....	49
4.5 Investigación de Alternativas.....	49
Capítulo 5: Caso Práctico	50
5.1 Proyecto.....	51
5.2 Objetivo.....	51
5.3 Descripción simplificada del proceso.....	52
5.4 Estructura de Desglose de Trabajo (EDT).....	55
5.5 Organigrama.....	56
5.6 Presupuesto.....	56
5.7 Documentos de Control.....	57
Conclusiones	58
Bibliografía	61
Glosario	63
Anexos	65

Introducción

La planeación y control de proyectos cuenta desde 1956 como una herramienta de valor inapreciable. El modelamiento para la planeación y control de proyectos se realizaba mediante gráficos o diagramas de proyecto.

Desde los métodos CPM, PERT y Roy¹ iniciales, hasta los procedimientos disponibles actualmente, están basados en los mismos conceptos.

En general los procedimientos provienen de la familia PERT, prefiriendo la sonoridad del nombre a la justicia histórica, tienen en su misma sencillez conceptual su punto débil, ya que los esfuerzos que exige su utilización efectiva han llevado al desaliento y al abandono a aquellos que, ilusionados por dicha sencillez, pensaban que todo consistía en apretar algunos botones del ordenador.

No existe una herramienta de planeación que no exija esfuerzo al planeador y dudo que se llegue a obtener dicha herramienta. Lo que si existen son unas herramientas mejores que otras.

La planeación del proyecto sirve para la coordinación de todos los entes implicados en la realización del mismo, a fin de alcanzar no sólo los objetivos globales, sino también los particulares, con el mayor grado de eficiencia. En la fase de planeación se pronostican el programa, los recursos y los costos. La labor de planeación del proyecto redundará en beneficio de la ejecución y cumplimiento del programa en tiempo y costo.

Durante la fase de control se registran el avance de las actividades, el uso de los recursos, los costos reales a una fecha de corte y se realizan comparaciones contra el programa base. En el control se actualizan los datos reales del programa, se emiten los resultados del proyecto, se evalúa el rendimiento y se pronostican, analizan y recomiendan acciones preventivas.

Los elementos fundamentales de control de proyectos son los datos del programa, los recursos y los costos. Estos elementos están íntimamente relacionados, un cambio en uno de ellos tiene un impacto directo en los otros.

¹Métodos empleados para la planeación y programación de proyectos: CPM (Critical Path Method), PERT (Program Evaluation Research Task) y Roy (Método de los Potenciales).

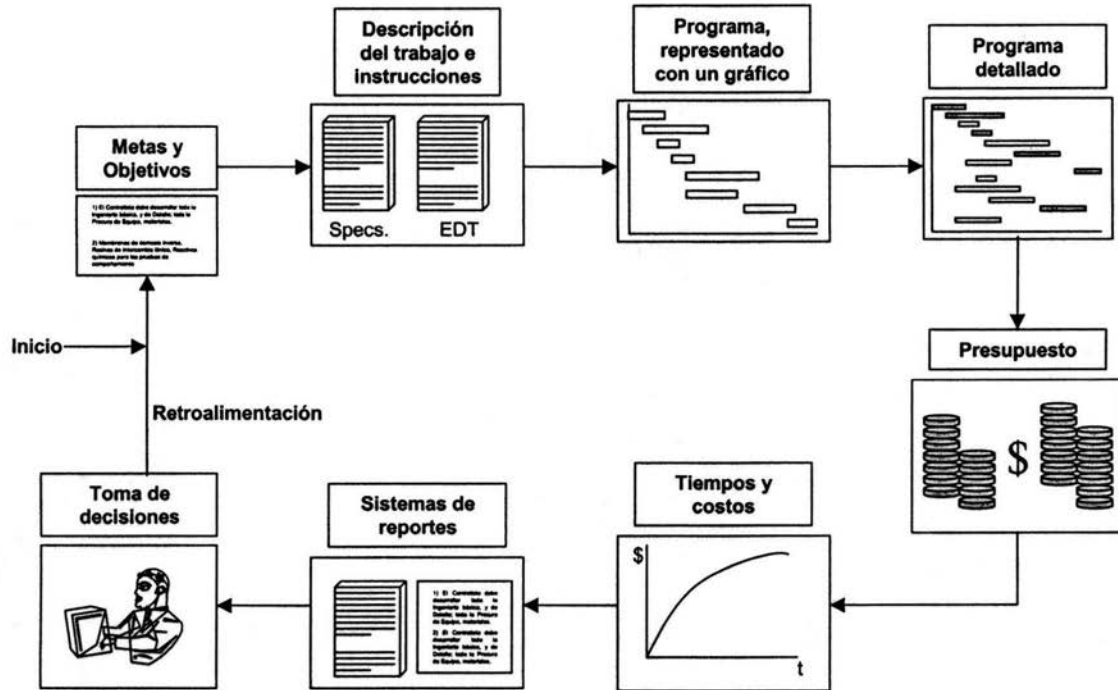
Dentro de la Administración de proyectos, la planeación y el control son dos fases que toman mucha importancia, esencialmente ayudan a la toma de decisiones preventivas y no correctivas, que llevan a un proyecto a un destino exitoso.

Mediante la planeación y control se podrán realizar satisfactoriamente las actividades o tareas para un proyecto industrial en los plazos de tiempo programados, o en el peor de los casos con un menor retraso; esto se debe a que se podrá aprovechar las oportunidades ventajosas que vayan surgiendo a lo largo del proyecto.

El enfoque de la presente tesis es desde un grupo de trabajo de una Institución Educativa establecida, que cuenta con equipo y personal apropiados para el desarrollo de proyectos de Ingeniería Básica.

Con el fin de tener una panorámica, a continuación se presenta un sistema de planeación y control de proyectos para la ingeniería básica, en el cual se observa el ciclo a recorrer.

Sistema de Planeación y Control



FUENTE: HAROLD Kerzner, Ph.D.
 Project Management a systems approach to planning, scheduling and controlling.
 7ª Edición., Ed. John Wiley & Sons, Estados Unidos, 2001, [págs. 551]

Objetivos

Debido a la importancia que tiene la planeación y control de proyectos, los objetivos fundamentales de esta tesis, son los siguientes:

- Describir los elementos de la planeación y control de la Ingeniería Básica para un proyecto industrial.
- Proporcionar algunos principios y criterios para la planeación y control de proyectos.
- Realizar una presupuestación de la ingeniería básica de un proyecto industrial, desde el punto de vista de una Institución Educativa.
- Con el objeto de ilustrar la mecánica de la planeación y control, se elabora un ejemplo de la operación del mismo aplicado a un caso de estudio ("Elaboración de la Ingeniería Básica, Especificaciones Técnicas y Elaboración del paquete de Licitación para la Construcción de una Planta Desmineralizadora de Agua en una Refinería").

Capítulo 1: Planeación

Elementos de la Planeación

Para llevar a cabo la planeación de un proyecto de Ingeniería Básica, se requiere de los siguientes elementos:

Definición del Proyecto. Se debe conocer con claridad lo que se desea realizar como proyecto.

Definición de los objetivos. Definir las metas y objetivos que desean alcanzarse en un determinado periodo de tiempo.

Selección de estrategia para la ejecución del proyecto. Es el conjunto de acciones que nos llevarán a los objetivos perseguidos.

Identificación de problemas. En el proceso de planeación, la identificación de problemas, tiene como intención prevenir los problemas subsecuentes.

Estructura de Desglose de Trabajo (EDT). Es una estructura que nos permite organizar el proyecto en divisiones y subdivisiones de trabajo de manera jerárquica hasta un nivel deseado.

Organización. Es la designación de personal en cada área y a su vez las responsabilidades de los mismos.

Estructura del plan. Es un documento que sirve como una herramienta de comunicación para explicar el plan de trabajo.

²**Programa.** Es un calendario el cual muestra las actividades o grupos de actividades enlazadas en una secuencia lógica de realización.

³**Presupuesto.** Es el dinero que se pretende gastar en la realización del proyecto.

⁴**Pronóstico.** Es una proyección de lo que pasará en el futuro.

² Ver capítulo 2.

³ Ver capítulo 3.

⁴ Ver capítulo 4.

1.1 Definición del Proyecto

Las etapas mostradas a continuación parten de la base de que ya se realizó una revisión detallada de los alcances del proyecto entre el cliente y la Institución Educativa, y quedaron debidamente acordados los entregables del mismo.

1.1.1 Obtención de los Datos Iniciales

Para obtener los datos se puede proceder de la siguiente forma:

1. Desglosar el proyecto en áreas y actividades coherentes. Los criterios de desglose más utilizados son principalmente la funcionalidad y la situación geográfica en la realización. De esta manera el proyecto podrá ser representado en un diagrama o gráfico de proyecto.
2. Obtener datos sobre los plazos de realización de las actividades, de los problemas probables o posibles, etc., con base en las experiencias con otros proyectos semejantes.
3. Elegir una nomenclatura para la codificación de la información que va a obtenerse, en especial para decidir la codificación de las actividades.
4. Celebrar entrevistas con los diferentes responsables de la elaboración de la ingeniería básica, para recabar información correspondiente al desglose de las actividades, predecesoras, sucesoras y sus duraciones.
5. La recopilación de la información puede reflejarse en *fichas de actividad*, con un formato similar al de la figura 1. Estas fichas están destinadas a contener sólo los datos necesarios para la planeación. A medida que vaya construyéndose el proyecto la información sobre las actividades inmediatas mejorará en calidad, en consecuencia los datos reflejados en las fichas están sujetos a futuras modificaciones.

Ficha de Actividad

Código	Nombre de la Actividad	Duración	Fecha	Responsable	
Tipo de Actividad					
Descripción					
Fecha de Revisión		Fecha Mínima		Fecha Máxima	
		Comienzo	Final	Comienzo	
				Final	
Fecha real de comienzo			Ficha de Operación		
Duración Real					
Fecha real de terminación					
Ligaduras					
Sucesoras	Predecesoras	Observaciones			
Revisión	Fecha	Por	Revisó	Aprobó	Descripción

Figura 1

Los gráficos o diagramas de proyecto con indicación de actividades sucesoras y predecesoras, consta de dos partes, una corresponde a lo programado y que constituye la línea base del proyecto; y la otra que se refiere a la duración real, la cual no pueden alcanzar un nivel definitivo hasta que el proyecto haya terminado, por lo que deben utilizarse procedimientos rápidos de elaboración y modificación de los gráficos o diagramas de proyecto.

Los gráficos podrán tener forma semejante al representado en la figura 2.

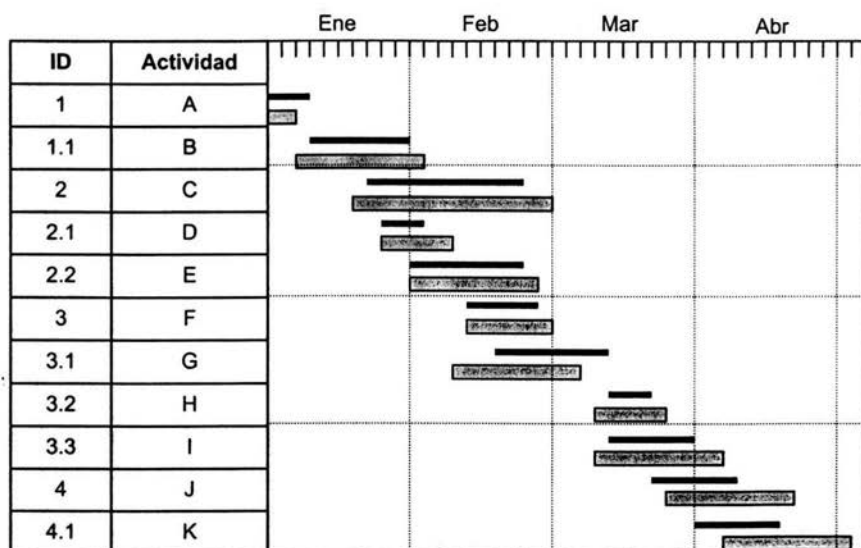


Figura 2

1.1.2 Contenido General en la Definición del proyecto

En general en la definición de un proyecto de ingeniería básica, debe existir la siguiente información:

- Identificación oficial del proyecto.
- Una breve descripción del proyecto.
- Todos los servicios y documentos a realizar, acordados en el contrato.
- Consideraciones del contrato que afecten el trabajo a realizar.
- Información de licencias, condiciones y restricciones.
- Responsabilidades del contratista y del cliente.
- Definir el tipo de material con el que se describirá el trabajo, por ejemplo: diagramas de flujo, de tubería e instrumentación, arreglos generales de dibujos, lista de equipo, etc.
- La determinación de alternativas o soluciones en caso de producirse circunstancias inesperadas que pongan en peligro los alcances temporales fijados para el proyecto. Cada proyecto, tiene ciertamente áreas donde se tienen que tomar decisiones específicas, por lo que cada alternativa identificada debe contar con un plan de acción.
- Problemas identificados y plan para resolverlos.
- Estructura de la organización de trabajo, puesto que es necesaria para la ejecución del proyecto.

1.2 Objetivos del Proyecto

Durante la planeación se debe estar seguro de que los objetivos del proyecto estén definidos y aprobados por el cliente y claramente expresados en el contrato o convenio, firmado por ambas partes. Algunos clientes comparten los objetivos reales del proyecto, mientras que otros son un poco renuentes, sin embargo en ambos casos deberán quedar plasmados por escrito.

La ejecución del proyecto debe ser dirigida para alcanzar los objetivos del mismo. Los objetivos del proyecto deben ser conocidos por todos los que laborarán en el proyecto. El objetivo es sensibilizar a todos los participantes y hacerles comprender los fines perseguidos.

Desde punto de vista de planeación un proyecto puede tener muchos objetivos, por lo que debe haber una lista de los objetivos ordenados de mayor a menor prioridad.

1.3 Selección de una estrategia para la ejecución del proyecto.

La estrategia es un sistema lógico que nos permite alcanzar los objetivos del proyecto, tomando en cuenta los problemas identificados, los recursos y la extensión del proyecto, proponiendo alternativas y decidiendo la mejor opción.

Cuando los problemas son identificados, la estrategia se desarrolla permitiendo la eliminación o reducción de los mismos.

Para seleccionar la estrategia se debe considerar la secuencia completa de las operaciones en el sitio de trabajo, es decir, todas las áreas del proyecto.

1.4 Identificación de problemas

Todos los proyectos tienen problemas asociados, si el problema puede ser anticipado, en muchos casos podrá evitarse. Cuando los problemas son considerados oportunamente se puede identificar la mejor alternativa de solución.

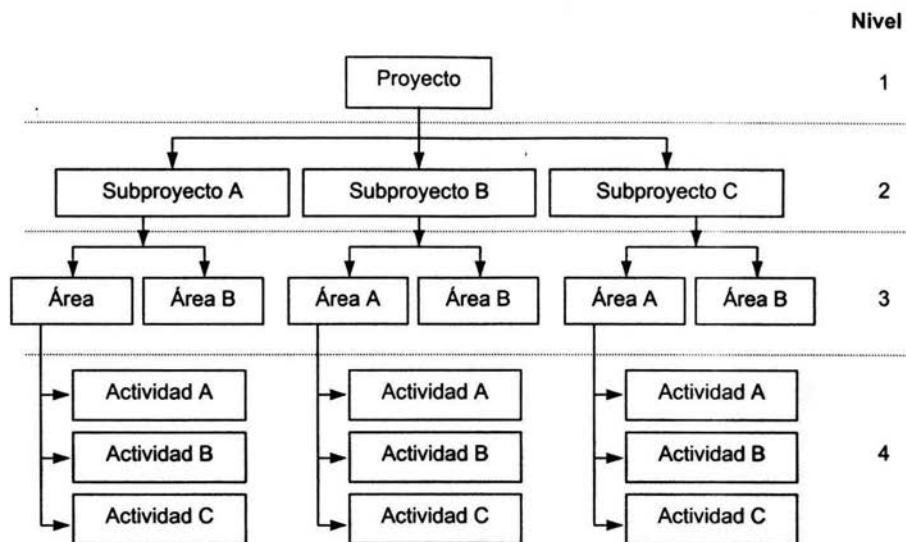
En el proceso de planeación, la identificación de problemas, tiene como intención prevenirlos. Cada proyecto ciertamente tiene sus problemas asociados, algunos de estos son obvios, mientras que otros no lo son, como por ejemplo, la relación entre el cliente y el contratista.

1.5 Estructura de Desglose de Trabajo (EDT).

En inglés es conocida como Work Breakdown Structure (WBS). La EDT es la división de tareas o actividades en sub-tareas o sub-actividades que se encuentran dentro de un proyecto. Las tareas son numeradas e identificadas con las actividades predecesoras y sucesoras. La EDT es indispensable para la planeación de proyectos, particularmente cuando se estima el tiempo y recursos requeridos.

La EDT consiste en mostrar subdivisiones sucesivas del trabajo, en un gráfico similar al de la organización del proyecto. Esta representación jerárquica, hace posible que se muestren las relaciones en todos los niveles. Por ejemplo, el total del proyecto se representa por un solo bloque. El proyecto se divide en sistemas; los cuales son subdivididos en subsistemas, y el proceso continúa hasta llegar a paquetes de trabajo.

El proyecto debe ser descrito por la suma de los subproyectos, y cada subproyecto es descrito por la suma de sus áreas, y así sucesivamente hasta llegar al nivel adecuado de WBS.



El propósito de la EDT es identificar los elementos terminales (los entregables que se harán en un proyecto), o bien estructurar el trabajo, tal que, el nivel más grande de la EDT corresponda a las actividades que estén dotadas de las siguientes características:

- Manejables, que se le pueda asignar una autoridad y responsabilidad específica.
- Independientes o con la mínima dependencia de otras actividades.
- Integrables, que pueda ser vistas en un paquete de trabajo.
- Medibles en términos de avance.

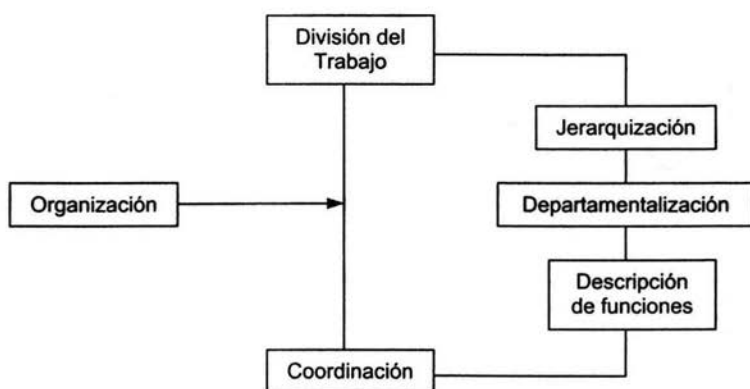
En consecuencia el control del proyecto se facilita.

1.6 Organización.

La organización esta basada en una división del trabajo racional, en la diferenciación e integración de los participantes de acuerdo con algún criterio establecido por aquellos que manejan el proceso decisivo.

Generalmente es aprobada por la dirección y comunicada a todo el personal a través de manuales de organización, descripción de puestos, organigramas, reglas y procedimientos, etc.

1.6.1 Fases de la Organización



1.6.1.1 Coordinación

Es la sincronización de los recursos y de los esfuerzos de un grupo de trabajo, con el fin de lograr oportunidad, unidad, armonía y rapidez, en el desarrollo y la consecución de los objetivos.

1.6.1.2 División del trabajo

Es la separación y delimitación de las actividades, con el fin de realizar una función con la mayor precisión, eficiencia y el mínimo esfuerzo, dando lugar a la especialización y perfeccionamiento en el trabajo.

1.6.1.3 Jerarquización

Es la disposición de las funciones de una organización por orden de rango, grado o importancia, agrupados de acuerdo con el grado de autoridad y responsabilidad que posean, independientemente de la función que realicen.

La jerarquización implica la definición de la estructura de la empresa por medio del establecimiento de centros de autoridad que se relacionen entre si con precisión.

1.6.1.4 Departamentalización

Es la división y el agrupamiento de las funciones y actividades en unidades específicas, con base en su similitud.

1.7 Estructura del Plan

Es un documento que sirve como una herramienta de comunicación para explicar el plan de trabajo. El plan debe ser distribuido, entendido y actualizado, en consecuencia debe ser específico, conciso y claro.

Los componentes de la estructura del plan son los siguientes:

- Definición del proyecto.
- Objetivos.
- Suposiciones.
- Restricciones.
- Decisiones pendientes.
- Alternativas.
- Problemas.
- Ejecución de la estrategia.
- Organización del Trabajo.
- Estructura de Desglose de Trabajo EDT (en inglés Work Breakdown Structure WBS).
- Programa de Proyecto.
- Presupuesto de proyecto.

Capítulo 2: Programación

Programa de Trabajo

El programa es una lista de todas las actividades o tareas a realizar, las cuales tienen asignados recursos y responsables. Dicho programa debe ser realizado por el equipo de planeación.

Los elementos del programa de trabajo para la Ingeniería Básica son los siguientes:

Identificación de Tareas. Se enlistan las actividades contenidas en el proyecto.

Duración de la actividad. Se estima la duración normal de las actividades.

Secuencia. Son los paquetes de trabajo, ordenados.

Diagrama Lógico. Se crea un diagrama lógico de los paquetes de actividades.

Problemas de programación. Se calculan las fechas mínimas y máximas, puesto que son parámetros importantes para la programación.

Ruta crítica. La ruta crítica es la secuencia de actividades que no tienen holgura. Las actividades de esta ruta no pueden demorar.

Programa maestro de proyecto. Es el programa de proyecto, en el cual se va a basar la realización del mismo.

Gráficos de barras. Son una herramienta que se utilizan para presentar información del programa vigente.

2.1 Identificación de tareas

El proyecto se desglosa en un conjunto de actividades, también llamadas tareas. Las actividades juegan el papel de operaciones elementales, y son las entidades que se programarán y controlarán. El grado de finura en el desglose del proyecto en actividades lo marcarán los objetivos de la planeación y control.

La forma de constituir la base de datos del proyecto, y por tanto la lista de actividades, es a través de las fichas de actividad. Esta base de datos debe guardarse, preferentemente en medios informáticos y actualizarse en forma interactiva lo más directamente posible.

El número de actividades puede oscilar, según los casos, entre algunas decenas y varios millares. El número de tareas dependerá de la duración del proyecto, de su complejidad y del grado de control deseado.

Las actividades están asociadas a un conjunto de características que podemos agrupar en tres categorías:

1. Características de identificación:
 - a) Código
 - b) Designación
 - c) Tipo
 - d) Responsable, etc.
2. Características temporales:
 - a) Duración.
 - b) Fechas previstas de inicio y fin.
 - c) Fechas reales de inicio y fin.
3. Características de requerimientos de recursos para su ejecución. Los recursos son los distintos medios materiales necesarios para la ejecución de la actividad, susceptibles de ser medidos en unidades físicas y, por tanto, de estar sometidos a limitaciones y a un costo. Las características de este tipo pueden poseer carácter cualitativo y cuantitativo. Normalmente existe una relación entre estas características y las temporales.

Las fichas de actividad se llenan por los integrantes técnicos del grupo de trabajo, de esta manera se obtienen los datos relativos a la descomposición del proyecto en actividades y su duración estimada, así como las actividades predecesoras y sucesoras.

Existen actividades ficticias que tienen gran importancia en la elaboración de un programa, ya que sin éstas no es posible hacer un calendario. Dichas actividades no tienen duración, ni recursos asignados, como por ejemplo: P y F, principio y fin del proyecto.

2.2 Duración de actividad

La duración de la actividad, es estimada por el grupo de trabajo que la realizará, empleando datos históricos de proyectos similares⁵.

Existe un método para estimar la duración de la actividad, el cual consiste en suponer tres posibles escenarios:

- Tiempo estimado optimista. Este escenario asume que todo se llevará a cabo de acuerdo al plan, con un mínimo de dificultades.
- Tiempo estimado pesimista. Este asume que todo no se llevará a cabo de acuerdo al plan, y que habrá un máximo de problemas, que impedirán el desarrollo de la actividad.
- Tiempo estimado probable. Es el tiempo que, el jefe de proyecto o grupo de trabajo estimó.

⁶El método considera dos suposiciones: la primera, es que la desviación estándar que requiere el rango de tiempo es un sexto; la segunda, requiere que la probabilidad de distribución del tiempo requerido para una actividad puede ser expresada como una distribución beta.

De esta manera, la expresión para calcular el tiempo estimado, es la siguiente:

$$t_e = \frac{a + 4m + b}{6}$$

Donde t_e = tiempo estimado para la actividad

A = tiempo estimado optimista

B = tiempo estimado pesimista

⁵Ver anexo 3B.

⁶Para ver detalles del método consultar F.S. Hillier and G.J. Lieberman, Introduction to Operations Research (San Francisco: Holden-Day, 1967), pág. 229.

2.3 Secuencia de Actividades

2.3.1 Relaciones

Existen relaciones entre unas actividades y otras, lo que podríamos considerar como una característica propia de las actividades.

En general, la ejecución de las actividades no puede realizarse en desorden y de una forma cualquiera, sino que deben satisfacer a un conjunto de restricciones o condicionantes, que denominaremos "relaciones", las cuales normalizan las exigencias impuestas por:

- La mano de obra (por ejemplo, el área civil es limitada por lo que no pueden realizarse simultáneamente muchas actividades que precisen de dicha especialidad).
- El equipo (por ejemplo, si el equipo de cómputo es limitado, la generación de documentos se retrasa).
- Los aprovisionamientos (la recepción de material: papelería, tinta para impresora, etc.)

Las "relaciones" son aquellas que delimitan la posición de las actividades en el tiempo. Generalmente marcan cotas mínimas a la fecha en que se puede empezar la actividad, por ejemplo, "la actividad i no puede comenzar hasta que haya terminado la actividad h".

2.3.2 Diagrama lógico

El diagrama lógico de actividades puede pensarse tomando los siguientes aspectos: operaciones iniciales y prioridades. Se analiza el orden de las actividades en base a las "relaciones", y se organiza el arreglo mas adecuado.

El trabajo de análisis de actividades es complejo, por lo que es innecesario adicionar complicaciones.

Es necesario el uso de las relaciones "fin con principio", "principio con principio", "fin con fin" y "principio con fin", para la elaboración del diagrama lógico.

2.4 Problemas de programación.

El objetivo en la programación es obtener el calendario de realización de actividades que conduce a la terminación del proyecto en el periodo de tiempo mas corto, y para ello se determinan dos cotas de las fechas en que se puede empezar y terminar cada una de las actividades, las cuales se denominan, fecha mínima o temprana y fecha máxima o tardía.

Fecha mínima de comienzo de una actividad. Es la primera fecha en que se pueden cumplir todas las "relaciones" que limitan el comienzo de la actividad. Por tanto la actividad no puede, en ninguna circunstancia empezar antes.

Fecha máxima de comienzo de una actividad. Es la fecha límite para que la actividad cumpla las "relaciones" de las actividades que siguen sin retrasar la duración mínima del proyecto.

2.4.1 Determinación de fechas mínimas y máximas

Para conocer la fecha mínima de inicio de una actividad debemos determinar la longitud del camino máximo desde el inicio del proyecto hasta la misma; idéntico procedimiento servirá para determinar la duración mínima del proyecto. Para conocer la fecha máxima debemos determinar el camino máximo desde la actividad en cuestión hasta el final del proyecto, pues su longitud, restada de la duración mínima del proyecto, nos dará el valor deseado.

A continuación se muestra un ejemplo:

Los datos iniciales con los que contamos son: el código de actividad, duración, plazo y actividad inmediata predecesora.

Código de Actividad	Duración (días)	Actividad Predecesora Inmediata	Plazo
P	0		
a	3	P	0
b	2	a	3
c	2	b	2
d	6	c	2
e	1	c	2
f	10	c	2
g	4	c	2
h	15	c	2
i	5	e	1
j	5	f	10
k	10	g	4
l	2	h	15
m	3	i	5
	3	j	5
n	10	k	10
p	8	l	2
q	5	d	6
	5	m	3
r	2	n	10
	2	p	8
F	0	q	5
	0	r	2

Fecha mínima de una actividad: Para calcular la fecha mínima de una actividad se requiere sumar, la fecha mínima y duración de su actividad predecesora. En el caso de que existan 2 o más actividades predecesoras inmediatas, se toma el valor que restringe más, es decir, el máximo valor calculado de fecha mínima. Por ejemplo:

La fecha mínima de "c" = Fecha mínima de "b" (3) + duración de "b" (2), por lo que la fecha mínima de "c" = 5.

Fecha mínima de la actividad predecesora inmediata: Es la diferencia entre la fecha mínima y el plazo. Ejemplo:

La fecha mínima de "c" predecesora inmediata = fecha mínima "c" (5) - plazo "c" (2), por lo que la fecha mínima de "c" predecesora inmediata = 3.

Código de Actividad	Fecha Mínima	Duración (días)	Actividad Predecesora Inmediata	Fecha Mínima de Predecesora Inmediata	Plazo	Suma
P	0	0				
a	0	3	P	0	0	0
b	3	2	a	0	3	3
c	5	2	b	3	2	5
d	7	6	c	5	2	7
e	7	1	c	5	2	7
f	7	10	c	5	2	7
g	7	4	c	5	2	7
h	7	15	c	5	2	7
i	8	5	e	7	1	8
j	17	5	f	7	10	17
k	11	10	g	7	4	11
l	22	2	h	7	15	22
m	13	3	i	8	5	13
	22	3	j	17	5	22
n	21	10	k	11	10	21
p	24	8	l	22	2	24
q	13	5	d	7	6	13
	25	5	m	22	3	25
r	31	2	n	21	10	31
	32	2	p	24	8	32
F	18	0	q	13	5	18
	34	0	r	32	2	34

Nótese que mediante estos cálculos sencillos además de obtener las fechas mínimas, obtenemos la duración mínima del proyecto.

Para determinar las fechas máximas, se utiliza el procedimiento análogo, pero en este caso la actividad de partida es la F, que tiene valor de 34. Puesto que ahora retrocedemos en el tiempo, los cálculos se realizan restando de la fecha máxima de la actividad sucesora, y en caso de disponer de varios valores para la fecha máxima de una actividad se elige el que restringe más, es decir, el menor de todos.

La fecha máxima sucesora inmediata es igual a la suma de la fecha máxima y plazo.

Código de Actividad	Fecha Máxima	Duración (días)	Actividad Sucesora Inmediata	Fecha Máxima de Sucesora Inmediata	Plazo	Diferencia
P	0	0	a	0	0	0
a	0	3	b	3	3	0
b	3	2	c	5	2	3
c	21	2	d	23	2	21
	18	2	e	20	2	18
	9	2	f	11	2	9
	6	2	g	8	2	6
	5	2	h	7	2	5
d	23	6	q	29	6	23
e	20	1	i	21	1	20
f	11	10	j	21	10	11
g	8	4	k	12	4	8
h	7	15	l	22	15	7
i	21	5	m	26	5	21
j	21	5	m	26	5	21
k	12	10	n	22	10	12
l	22	2	p	24	2	22
m	26	3	q	29	3	26
n	22	10	r	32	10	22
p	24	8	r	32	8	24
q	29	5	F	34	5	29
r	32	2	F	34	2	32
F	34	0				

2.4.2 Determinación de ruta crítica.

El resultado de empatar las fechas mínimas con las máximas, es la determinación de las actividades críticas, y por tanto, la ruta crítica, como se muestra en la siguiente tabla.

Código de Actividad	Duración (días)	Fecha mínima	Fecha máxima	margen total	Criticidad
a	3	0	0	0	C
b	2	2	2	0	C
c	2	5	5	0	C
d	6	7	23	16	
e	1	7	20	13	
f	10	7	11	4	
g	4	7	8	1	
h	15	7	7	0	C
i	5	8	21	13	
j	5	17	21	4	
k	10	11	12	1	
l	2	22	22	0	C
m	3	22	26	4	
n	10	21	22	1	
p	8	24	24	0	C
q	5	25	29	4	

C = actividad crítica

El margen es la diferencia entre la fecha máxima y mínima. Cuando el margen es cero, la actividad es crítica.

Para el ejemplo, las actividades críticas son: a, b, c, h, l y p; y las actividades subcríticas son: g, k y n (con un margen de 1 día), f, j, m y q (con un margen de 4 días).

: Mediante el uso de software, se pueden determinar las fechas mínimas, los márgenes, el (o los) caminos (s) críticos(s) y otros resultados, de forma automática, puesto que disponemos de una lista de actividades, duraciones, recursos, actividades predecesoras y sucesoras.

2.5 Ruta Crítica

En las actividades en las que la fecha mínima y máxima no coinciden existe un cierto margen para su realización, cuando ambas fechas coinciden el margen es nulo y la actividad es crítica. Un retraso, una pérdida de tiempo en una actividad crítica representa un retraso en el proyecto; en una actividad no crítica, mientras se mantenga dicho retraso dentro de los límites del margen, no lo afecta.

Se llama ruta crítica a la formada por actividades críticas. Todo proyecto tiene por lo menos una ruta crítica, que define la duración mínima del proyecto, pero puede tener varias.

2.6 Programa Maestro de Proyecto

También conocido como programa base de proyecto. El programa de proyecto muestra todas fechas críticas importantes para alcanzar los objetivos del proyecto. En proyectos donde la fecha de finalización es un parámetro muy importante, el programa se inicia de forma inversa; se empieza a programar con la fecha de finalización e inmediatamente después con las actividades predecesoras, hasta llegar a la fecha de inicio del programa.

Cuando se realiza la programación se deben tomar en cuenta los días festivos (sábados, domingos, festivos especiales, etc.).

El programa maestro se utiliza para comunicar el desarrollo del proyecto a todas las áreas del mismo.

Elementos del programa

Un programa esta compuesto de la información necesaria para la realización del proyecto, por tanto constará de dos partes interrelacionadas:

1. Un calendario de realización de las actividades, fechas previstas de comienzo y fin de cada una.
2. Asignación de recursos y equipos para cada actividad⁷.

⁷De esta no me ocupare, puesto que el enfoque es desde un grupo de trabajo establecido.

Ambas partes deben ser coherentes entre sí. Un programa que satisfaga las ligaduras será un programa factible o realizable.

Normalmente lo que se busca es hacer el programa óptimo, pero no siempre se logra; el objetivo perseguido raramente se podrá formalizar en base a un único criterio.

En la mente de los responsables existen directrices que les permiten juzgar que es "mejor" y que es "peor" según diversas líneas, pero establecer ponderaciones cuantitativas entre diversos criterios no suele ser fácil, y sin la agrupación de todos los criterios en un solo, impide establecer en forma objetiva cuál es el programa que aventaja a todos los demás.

2.7 Gráficos de barras

La estructura de un proyecto puede modelarse mediante la utilización de diagramas orientados o gráficos. Si además se confía la manipulación de los datos a un sistema informático, con facilidades de consulta, recuperación y actualización o modificación, es posible disponer de la representación actualizada de proyecto con un mínimo de esfuerzo a lo largo de toda la vida del mismo, y realizar las programaciones y reprogramaciones necesarias.

El diagrama de Gantt es un instrumento muy útil para transmitir información sobre el programa vigente. La representación gráfica mediante un diagrama es una herramienta de análisis y comunicación muy útil.

En la figura 2 (capítulo 1) se representa un proyecto mediante el clásico diagrama de barras o de Gantt. El eje horizontal corresponde a una escala de tiempo de días laborales.

2.8 Objetivo de la Programación

El objetivo en la programación es obtener el calendario de realización de actividades que conduce a la terminación del proyecto en el periodo de tiempo mas corto. Además de atribuirle factibilidad para seguimiento y actualización.

El programa del proyecto nos permitirá detectar en todo momento el estado que una determinada actividad presenta.

Capítulo 3: Presupuestación

Para mayor comprensión de la forma en que una Institución Educativa determina el presupuesto de un proyecto de Ingeniería Básica, me enfocaré al caso práctico.

3.1 Personal y sus funciones

El enfoque de la presente tesis es desde un grupo de trabajo de una Institución Educativa establecida, que cuenta con equipo y personal apropiados para el desarrollo de proyectos de Ingeniería Básica; por lo que a continuación se enlista el personal y su categoría con el que se cuenta para el desarrollo del proyecto:

CLAVE	Personal	Clave de Categoría
I	ESPECIALISTA	2
II	ING. DE PROCESO	3
III	ING. DE PROCESO JR.	7
IV	ING. DE PROYECTO	5
V	AYUDANTE DE ING. DE PROYECTO	6
VI	ING. DE PROYECTO JR.	7
VII	ING. MECANICO	5
VIII	AYUDANTE DE ING. MECANICO	6
IX	ING. MECANICO JR.	7
X	ING. CIVIL	5
XI	AYUDANTE DE ING. CIVIL	6
XII	ING. CIVIL JR.	3
XIII	ING. ELECTRICO	5
XIV	AYUDANTE DE ING. ELECTRICO	6
XV	ING. ELECTRICO JR.	7
XVI	ING. INSTRUMENTISTA	5
XVII	AYUDANTE DE ING. INSTRUMENTISTA	6
XVIII	ING. INSTRUMENTISTA JR.	5

XIX	LABORATORISTA ANALISTA I	3
XX	LABORATORISTA ANALISTA II	8
XXI	DIBUJANTE	5
XXII	ING. CONTROL DE PROYECTO	3
XXIII	ING. CONTROL DE PROYECTO JR.	5
XXIV	AYUDANTE ING. CONTROL DE PROYECTO I	6
XXV	AYUDANTE ING. CONTROL DE PROYECTO II	6
XXVI	ING. CONTROL PRECIOS UNITARIOS	5
XXVII	AYUDANTE ING. CONTROL PRECIOS UNITARIOS	6
XXVIII	SECRETARIA	8
XXIX	ADMINISTRADOR	3
XXX	RESIDENTE	5
XXXI	DIRECTOR DE PROYECTO	1
XXXII	GERENTE DE PROYECTO	3

Especialista. Realiza las funciones específicas que requieren de un conocimiento más profundo del tema central del proyecto. Normalmente lo desempeña personal con varios años de experiencia en el campo, o bien con grado de maestría o doctorado.

Ingeniero de Proceso. Realiza las funciones de ingeniería en el área de proceso, tomando en cuenta su experiencia mínima de 7 años tanto en operación como en diseño de plantas.

Ingeniero de Proceso Jr. Realiza las funciones de ingeniería con base en la experiencia de 2 años.

Ingeniero de Proyecto. Realiza las funciones de coordinación técnica de todas las áreas que participan en el proyecto.

Ayudante del Ingeniero de Proyecto. Apoya al ingeniero de proyecto en todas sus funciones.

Ingeniero de Proyecto Jr. Apoya al ingeniero de proyecto en las funciones básicas de integración de toda la documentación asociada al proyecto.

Ingeniero Mecánico. Realiza las funciones asociadas con el área de equipo como son: recipientes, cambiadores de calor, columnas de destilación, bombas, compresores, ventiladores, tuberías y accesorios.

Ayudante del Ingeniero Mecánico. Apoya al ingeniero mecánico en todas sus funciones.

Ingeniero Mecánico Jr. Apoya al ingeniero mecánico en las funciones básicas de integración de toda la documentación asociada al área mecánica.

Ingeniero Civil. Realiza las funciones relacionadas con estudios topográficos, mecánica de suelos, drenajes, diseño de estructuras y cimentaciones.

Ayudante del Ingeniero Mecánico. Apoya al ingeniero civil en todas sus funciones.

Ingeniero Mecánico Jr. Apoya al ingeniero civil en las funciones básicas de integración de toda la documentación asociada al área civil.

Ingeniero Eléctrico. Realiza las funciones asociadas con la generación y distribución de energía eléctrica, como son: generadores, transformadores, centros de control de motores, subestaciones eléctricas, corto circuito y diagramas unifilares.

Ayudante del Ingeniero Eléctrico. Apoya al ingeniero eléctrico en todas sus funciones.

Ingeniero Eléctrico Jr. Apoya al ingeniero eléctrico en las funciones básicas de integración de toda la documentación asociada al área eléctrica.

Ingeniero de Instrumentación. Realiza las funciones asociadas con la especificación de instrumentos, sistemas de control y circuitos lógicos de control.

Ayudante del Ingeniero de Instrumentación. Apoya al ingeniero de instrumentación en todas sus funciones.

Ingeniero de Instrumentación Jr. Apoya al ingeniero de instrumentación en las funciones básicas de integración de toda la documentación asociada al área de instrumentación.

Laboratorista Analista I y II. Realiza las funciones relacionadas con análisis químicos.

Dibujante. Realiza las funciones relacionadas con el dibujo, como lo son: los isométricos, Diagramas de Flujo de Proceso, Diagramas de Tuberías e Instrumentación y especificación de equipo.

Ingeniero de Control de Proyecto. Realiza las funciones relacionadas con avance de proyecto, consumo de H-H y presupuesto del proyecto que se asigne.

Ingeniero de Control de Proyecto Jr. Apoya al ingeniero de control de proyecto en las funciones básicas de integración de toda la documentación asociada al control del proyecto.

Ayudante del Ingeniero de Control de Proyecto I y II. Apoya al ingeniero de control de proyecto en todas sus funciones.

Ingeniero de Control de Precios Unitarios. Realiza las funciones de verificación para que los precios unitarios con lo que cotizo el proyecto no sean rebasados por los costos reales que va teniendo el proyecto.

Ayudante del Ingeniero de Control de Precios Unitarios. Apoya al ingeniero de control de precios unitarios en todas sus funciones.

Secretaria. Apoya al administrador en todas sus funciones.

Administrador. Realiza las gestiones para viajes a lugar de obra, tramitación de viáticos, evaluación de ruta crítica y análisis de riesgos del proyecto.

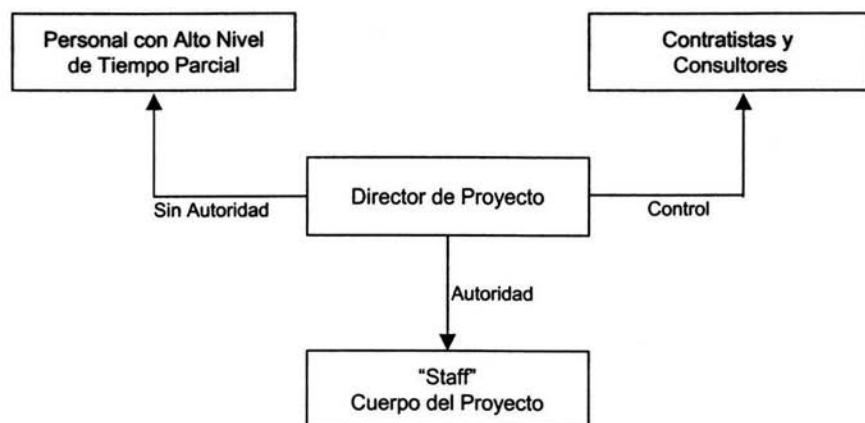
Residente. Realiza las funciones de representante del grupo de ingeniería en el lugar del obra, llevando las bitácoras al día y sirviendo de puente de comunicación entre el cliente y el grupo de ingeniería.

Gerente de Proyecto. Coordina simultáneamente la realización de varios proyectos independientes.

Director de Proyecto. Realiza las funciones de planeación, organización, supervisión y control de los proyectos, con el apoyo de los gerentes de proyecto a su cargo.

Características del Director de Proyecto.

- Necesita coordinar y asignar prioridades a su trabajo común, junto con sus proyectos, de manera que ambos se realicen efectivamente.
- Para tener éxito como director de proyectos, su equipo debe considerarlo líder.
- Requiere habilidades para tratar con la gente, habilidades de comunicación y habilidades técnicas para ser un director de proyecto efectivo.
- Como director de proyecto, tendrá necesidad de asumir papeles interpersonales, informativos y toma de decisiones, lo que depende de la fase y requerimientos del proyecto.
- Ser un buen director de proyectos requiere de un esfuerzo entusiasta y constante.

El director de proyecto en función con el apoyo logístico.

Fuente: Prof. Rojo y de Regil Eduardo, Asesor de la Dirección, Facultad de Química, UNAM.

3.2 Determinación del Precio de la Hora-Hombre (H-H) del personal.

Los estudios de Ingeniería Básica se venden en H-H, por lo que el problema se centra en determinar el precio de la H-H para cada categoría de personal.

La manera de evaluar el precio de la H-H en una Firma de Ingeniería es la siguiente:

1. Se determinan los Salarios Bases Mensuales (SBM) del personal involucrado.
2. Los SBM's son incrementados por el factor FASAR (Incluye Seguro Social, prestaciones según la Ley Federal del Trabajo, Sistema de Ahorro para el Retiro, Infonavit), para obtener el Salario Real (SR), mismo que recibirá el personal.
3. El SR es incrementado por una serie de factores, en el siguiente orden: Factor CI (Costos Indirectos), Factor UT (Utilidad).
4. Finalmente el SR incrementado es dividido entre 180 (que es el número de horas trabajadas en un mes), para obtener el precio de la H-H, para cada categoría.

En ecuaciones se expresa de la siguiente forma:

$$SR = SBM * Factor FASAR$$

$$\text{Precio H-H} = \frac{SR * Factor CI * Factor UT}{180}$$

Por ejemplo:

El director de proyecto, tiene un Salario Base Mensual de \$60,000.00, por lo que tiene: FASAR = 33%, CI = 30% y UT = 10%.

$$SR = 60,000 * 1.33 = \$79,800.00$$

Así que,

$$\text{Precio H-H} = \frac{79,800 * 1.30 * 1.10}{180} = \$633.97$$

Es decir, el salario mensual bruto recibido por el Director de Proyecto es de \$79,800.00, mientras que su H-H tiene un precio de \$785.99.

En el caso de la Institución Educativa el factor FASAR no existe (el personal se contrata por honorarios), pero aparece un nuevo factor de incremento nombrado Factor IE (Porcentaje que recibe la Institución Educativa por concepto de la realización del proyecto). En consecuencia la ecuación para el cálculo del precio de la H-H es la siguiente:

$$\text{Precio H - H} = \frac{SBM * \text{Factor CI} * \text{Factor IE}}{180}$$

Aplicado al mismo ejemplo se tiene:

$$\text{Precio H - H} = \frac{60,000 * 1.30 * 1.35}{180} = \$585.00$$

El valor del Factor IE es del 35% (esto solo aplica para la UNAM).

En este caso el Director de Proyecto recibe \$60,000.00 y su precio de H-H es de \$585.00.

Esta metodología se aplica para cada categoría y de esta manera se determinan los precios de la H-H. A continuación se muestran los precios de la H-H, evaluados desde ambos puntos de vista (como Firma de Ingeniería y como Institución Educativa).

Nótese que el precio de la H-H evaluado por una Firma de Ingeniería es ligeramente superior al de la Institución Educativa, pero no siempre es así, depende del tamaño del Factor FASAR, ya que es muy variable.

Evaluación del precio de la HH para cada categoría en una Firma de Ingeniería

Categoría	Salario Base Mensual	FASAR	Salario real	Indirectos	Utilidad	Precio Bruto Mensual	Precio H-H
Director de proyecto	\$ 60,000.00	0.33	\$ 79,800.00	0.3	0.1	\$ 114,114.00	\$633.97
Especialistas	\$ 40,000.00	0.33	\$ 53,200.00	0.3	0.1	\$ 76,076.00	\$422.64
Gerentes de técnicos y administrativos	\$ 30,000.00	0.33	\$ 39,900.00	0.3	0.1	\$ 57,057.00	\$316.98
Subgerente de proyecto	\$ 20,000.00	0.33	\$ 26,600.00	0.3	0.1	\$ 38,038.00	\$211.32
Jefes de departamento	\$ 15,000.00	0.33	\$ 19,950.00	0.3	0.1	\$ 28,528.50	\$158.49
Profesionista A	\$ 10,000.00	0.33	\$ 13,300.00	0.3	0.1	\$ 19,019.00	\$105.66
Profesionista B	\$ 7,000.00	0.33	\$ 9,310.00	0.3	0.1	\$ 13,313.30	\$73.96
Técnico A	\$ 5,000.00	0.33	\$ 6,650.00	0.3	0.1	\$ 9,509.50	\$52.83
Técnico B	\$ 4,000.00	0.33	\$ 5,320.00	0.3	0.1	\$ 7,607.60	\$42.26

Evaluación del precio de la HH para cada categoría en una Institución Educativa

Categoría	Salario base Mensual	Indirectos	UNAM	Precio Bruto Mensual	Precio H-H
Director de proyecto	\$60,000.00	0.3	0.35	\$105,300.00	\$585.00
Especialistas	\$40,000.00	0.3	0.35	\$70,200.00	\$390.00
Gerentes de técnicos y administrativos	\$30,000.00	0.3	0.35	\$52,650.00	\$292.50
Subgerente de proyecto	\$20,000.00	0.3	0.35	\$35,100.00	\$195.00
Jefes de departamento	\$15,000.00	0.3	0.35	\$26,325.00	\$146.25
Profesionista A	\$11,000.00	0.3	0.35	\$19,305.00	\$107.25
Profesionista B	\$7,500.00	0.3	0.35	\$13,162.50	\$73.13
Técnico A	\$6,000.00	0.3	0.35	\$10,530.00	\$58.50
Técnico B	\$5,000.00	0.3	0.35	\$8,775.00	\$48.75

3.2.1 Factores de Incremento

Factor de Incremento	Valor
FASAR	0.33
CI	0.3
UT	0.1
IE	0.35

FASAR: es el factor de incremento referido a las prestaciones que se le otorgan al trabajador e incluye Seguro Social, prestaciones según la Ley Federal del Trabajo, Sistema de Ahorro para el Retiro e Infonavit. Normalmente se tiene un valor de 0% a 33%.

Costos Indirectos (CI): Son todos los gastos que se tienen para la elaboración del proyecto excluyendo los de mano de obra, como lo son el lugar donde se realiza el proyecto, servicios (Agua, Luz, teléfono, etc.), papelería, equipo de cómputo, etc.

Utilidad (UT): Es la ganancia por la realización del proyecto, normalmente su valor es del 10% al 15%, para estudios de ingeniería básica.

Factor Institución Educativa (IE): es el porcentaje que se destina a la Institución Educativa, donde se realizó el proyecto. En el caso de la UNAM, a Rectoría le corresponde el 20%, mientras que la Facultad desarrolladora del proyecto recibe 15% del monto total del proyecto. El Factor UNI cuenta con diferentes valores, dependiendo de la Institución Educativa.

Es indispensable contar un con una lista de precios de la H-H por categoría para la evaluación del monto total de proyecto.

Clave de Categoría	Categoría	Precio \$ (H-H)
1	Director de proyecto	\$585.00
2	Especialistas	\$390.00
3	Gerentes de técnicos y administrativos	\$292.50
4	Subgerente de proyecto	\$195.00
5	Jefes de departamento	\$146.25
6	Profesionista A	\$107.25
7	Profesionista B	\$73.13
8	Técnico A	\$58.50
9	Técnico B	\$48.75

3.3 Identificación de actividades y servicios.

La estimación de las H-H requeridas para la elaboración de la ingeniería básica de un proyecto, depende de un desglose apropiado de las actividades que se realizarán, lo que implica un conocimiento y experiencia más profundos del trabajo.

En el desglose de actividades se debe definir principalmente la cantidad de documentos de todo tipo que se emitirán durante el proyecto. Asimismo se enlistarán los servicios que tengan costo (como por ejemplo, la junta de arranque de proyecto).

Como por ejemplo para el ⁸ caso práctico tenemos lo siguiente:

Código	Descripción	Entregable	Notas
P.1	Recopilación de Información en el Sitio		
P.1.1.01	Junta de Arranque	Servicio	Junta
P.1.1.02	Levantamiento en Campo	Reporte	Visita a las instalaciones de la planta para recopilación de datos, así como para ver el área disponible y acometidas
P.2	Estudio de Pretratamiento		
P.2.1.01	Análisis de Procesos	Reporte	Evaluación de los posibles procesos para desmineralizar el agua y selección del más óptimo.
P.2.1.02	Junta de Selección Alternativa	Servicio	Junta
P.3	Elaboración de la Ingeniería Básica		
P.3.1	Área de Proceso		
P.3.1.01	Memoria de Cálculo del Proceso	Documento	Elaboración de la memoria de cálculo del proceso seleccionado, para la desmineralización del agua.
P.3.1.02	Bases de Diseño de Proceso	Documento	Elaboración de las bases de diseño.
P.3.1.03	Criterios de Diseño	Documento	Elaboración de los criterios de diseño.
P.3.1.04	Diagramas de Tubería e Instrumentos	Dibujo	Elaboración del DTI del proceso seleccionado.
P.3.1.05	Diagrama de Flujo de Proceso	Dibujo	Elaboración del DFP del proceso seleccionado.
P.3.1.06	Balance de Materia del Proceso, Agentes Químicos, Servicios Auxiliares, etc.	Documento	Elaboración del balance de materia del proceso, agentes químicos, servicios auxiliares, etc.

⁸Para ver lista completa ver ANEXO 3A.

Con lo anterior se asigna una cantidad de H-H del personal a cada actividad. El costo de personal administrativo no debe sobrepasar el 20% del costo de personal técnico.

Con el Programa de Trabajo Detallado se puede determinar lo siguiente:

- El número de H-H totales del proyecto para el personal involucrado.
- El presupuesto requerido mensualmente.
- El número de H-H requeridas a lo largo de la vida del proyecto.

3.5 Estimación del Costo Total del Proyecto.

La manera de calcular el costo de proyecto depende del tipo de contrato, por lo que es difícil dar un procedimiento genérico.

Usualmente se manejan dos tipos de contrato: a precio alzado y por administración. A precio alzado, quiere decir, que el monto del proyecto presentado por el contratista al cliente, es lo que el cliente tiene que pagar, independientemente de si se haya consumido dicho monto.

En una Institución Educativa, normalmente se maneja a precio alzado, por lo que el caso práctico esta enfocado a este tipo de contrato.

Como se cuenta con el número de H-H totales del proyecto para el personal involucrado, se puede calcular el monto total del proyecto, como se muestra en la siguiente tabla:

Clave de Categoría	Personal	H-H	Precio \$ (H-H)	Total
2	ESPECIALISTA	628	\$ 390.00	\$ 244,920.00
3	ING. TRATAMIENTO DE AGUA	628	\$ 292.50	\$ 183,690.00
7	ING. TRATAMIENTO DE AGUA JR.	882	\$ 73.13	\$ 64,496.25
5	ING. DE PROYECTO	462	\$ 146.25	\$ 67,567.50
6	AYUDANTE DE ING. DE PROYECTO	432	\$ 107.25	\$ 46,332.00
7	ING. DE PROYECTO JR.	450	\$ 73.13	\$ 32,906.25
5	ING. MECANICO	1094	\$ 146.25	\$ 159,997.50
6	AYUDANTE DE ING. MECANICO	448	\$ 107.25	\$ 48,048.00
7	ING. MECANICO JR.	1194	\$ 73.13	\$ 87,311.25
5	ING. CIVIL	894	\$ 146.25	\$ 130,747.50
6	AYUDANTE DE ING. CIVIL	248	\$ 107.25	\$ 26,598.00
3	ING. CIVIL JR.	470	\$ 292.50	\$ 137,475.00
5	ING. ELECTRICO	894	\$ 146.25	\$ 130,747.50
6	AYUDANTE DE ING. ELECTRICO	248	\$ 107.25	\$ 26,598.00

7	ING. ELECTRICO JR.	706	\$ 73.13	\$ 51,626.25
5	ING. INSTRUMENTISTA	1246	\$ 146.25	\$ 182,227.50
6	AYUDANTE DE ING. INSTRUMENTISTA	488	\$ 107.25	\$ 52,338.00
5	ING. INSTRUMENTISTA JR.	1158	\$ 146.25	\$ 169,357.50
3	LABORATORISTA ANALISTA I	80	\$ 292.50	\$ 23,400.00
8	LABORATORISTA ANALISTA II	80	\$ 58.50	\$ 4,680.00
5	DIBUJANTE	608	\$ 146.25	\$ 88,920.00
3	GERENTE CONTROL DE PROYECTO	437	\$ 292.50	\$ 127,822.50
5	ING. CONTROL DE PROYECTO	437	\$ 146.25	\$ 63,911.25
6	AYUDANTE ING. CONTROL DE PROYECTO	437	\$ 107.25	\$ 46,868.25
6	AYUDANTE ING. CONTROL DE PROYECTO	437	\$ 107.25	\$ 46,868.25
5	ING. CONTROL PRECIOS UNITARIOS	200	\$ 146.25	\$ 29,250.00
6	AYUDANTE ING. CONTROL PRECIOS UNITARIOS	200	\$ 107.25	\$ 21,450.00
8	SECRETARIA I	429	\$ 58.50	\$ 25,096.50
3	ADMINISTRADOR	429	\$ 292.50	\$ 125,482.50
5	RESIDENCIA	1268	\$ 146.25	\$ 185,445.00
1	DIRECTOR DE PROYECTO	232	\$ 585.00	\$ 135,720.00
3	GERENTE DE PROYECTO	229	\$ 292.50	\$ 66,982.50
Total		18073		\$ 2,834,880.75

3.6 Determinación de la Hora-Hombre (H-H) vendida.

El precio de la H-H de Ingeniería Básica vendida es la división entre el monto total del proyecto y el total de H-H empleadas; y se expresa de la siguiente forma:

$$H - H_{\text{vendida}} = \frac{\text{Monto Total del Proyecto (\$)}}{H - H \text{ Totales}}$$

En el caso práctico se tiene lo siguiente:

$$H - H_{\text{vendida}} = \frac{\$2,834,880.75}{18,073} = \$156.86$$

Capítulo 4: Control

4.1 Criterios para el Control.

Durante la vida del proyecto, es indispensable vigilar el desarrollo del mismo, tanto desde el punto de vista técnico, como administrativo.

Es muy importante que las estimaciones a realizar sean confiables, puesto que serán la guía para la realización del proyecto durante la ejecución de las actividades.

Se debe verificar que correspondan los costos, las H-H, y el tiempo de realización del proyecto, etc., con los estimados, de ser así, se dirá que el proyecto fue realizado correctamente.

Los controles administrativos que se estiman importantes durante la realización del proyecto son los siguientes:

- Control del costos del proyecto.
- Control de Horas-Hombre.
- Control del tiempo de realización del proyecto.

Los dos primeros aspectos están relacionados entre sí, puesto que un mayor número de H-H implican un mayor costo del proyecto.

En el tercer punto, es de vital importancia que el proyecto concluya en el tiempo acordado, ya que puede ahorrar multas por retraso, por parte del cliente y reducir el tiempo total del proyecto con los consecuentes ahorros económicos.

Los parámetros principales para controlar los puntos antes mencionados son las siguientes:

- Control de Costos del Proyecto.
- Contratación o asignación del personal adecuado desde el punto de vista de costo de H-H.
- Aumento de la productividad del trabajo, reduciendo la cantidad de H-H.
- Control de aumento de salarios.
- Vigilancia de la tendencia del aumento de costo en forma periódica, la cual permite pronosticar los cambios a futuro de la situación económica del proyecto.
- Disminuir el tiempo de realización del proyecto.
- Reducción del personal a un mínimo posible.
- Control de H-H.
- Vigilancia estricta en los tiempos empleados en la realización de las actividades, tales como planos, isométricos, especificaciones, etc., con el objeto de minimizar al detectar excesos.
- Utilización de documentos que reduzcan la cantidad de trabajos repetitivos.
- Control de intercambio de información eficiente entre todas las partes involucradas, tales como cliente, proveedores y departamentos o áreas.
- Uso de máquinas (computadoras, calculadoras, etc.), que reduzcan el tiempo de la elaboración de las tareas.
- Estricta vigilancia del cumplimiento del programa de realización de labores, detectando cualquier atraso en el mismo e inmediatamente buscar el plan de solución.
- Posibilidad de laborar jornadas extraordinarias (tiempo extra).
- Expeditar la entrega e intercambio de información en forma rápida y confiable.

Debido a que durante el desarrollo de proyecto los conceptos de costos, H-H y tiempo están íntimamente relacionados entre sí, se debe tener mucho cuidado al tomar una decisión acerca de las acciones que se realicen al controlar el proyecto.

4.2 Seguimiento y Control

En un proyecto cuya duración sea apreciable, es ilusorio pensar:

- a) Que de inicio se disponga de un conocimiento tan profundo sobre todas las actividades a realizar que pueda obtenerse un calendario de realización de cada una de ellas con todo detalle.

- b) Que no se van a producir incidencias a lo largo del tiempo, que produzcan separación entre la realidad y el programa inicialmente establecido.

El proceso de programación no queda terminado una vez que se ha establecido el programa inicial y eventualmente se ha publicado, sino que tiene una permanencia a lo largo de toda la realización del proyecto en la que se van incorporando, en las sucesivas actualizaciones, los acontecimientos producidos, las nuevas estimaciones sobre los acontecimientos producidos, las nuevas estimaciones (más confiables por ser más próximas), y las modificaciones debidas a las decisiones que se van adoptando, para impedir repercusiones indeseables.

La determinación y seguimiento de las actividades críticas y subcríticas permite un buen control de proyecto.

4.2.1 Documentos para Seguimiento y Control

Los documentos indispensables para el seguimiento y control de proyecto, son de tres tipos:

- Documentos sobre los costos, gastos y presupuestos. Compromisos y pagos realizados desde el inicio de proyecto y desde inicio del año en curso, ventilados por bloques de actividades y conceptos; previsiones hasta fin de año y fin de proyecto.
- Documento que muestra el estado de avance.
- Documento estado de la planeación vigente.
- Documentos sobre personal y plantilla. Personal existente, seleccionado por especialidades y afiliación; previsiones por periodo hasta final de año y hasta el final de proyecto.

Estos documentos deben permitir comparar las especificaciones exigidas y previstas con las realizaciones concretas. La información debe ser cuantificada y normalizada en forma de tablas y/o gráficos. Estas tablas y gráficos, además de describir la situación en el momento de su emisión, deben permitir comparaciones y mostrar las tendencias.

Cada documento tiene tres modalidades que son las siguientes:

6. Documento de base en el que se elige la estimación más confiable en la fecha de emisión.
7. Documento de actualización en el que se recoge la nueva versión del anterior, o la información que ha sufrido modificación.
8. Documento de comparación que permite seguir y analizar la evolución de las estimaciones.

4.3 Análisis de las variaciones del Programa y Costo

Periódicamente se realizan actualizaciones de la planeación, normalmente cada mes, y como resultado se obtienen estimaciones, algunas veces iguales a las precedentes, otras distintas, de las fechas en las que se alcanzarán ciertas etapas. Estas estimaciones se difunden a los diversos responsables, con la finalidad de resolver las desviaciones, en el caso de que existan.

4.4 Actualización

En un proyecto a medida que transcurre el tiempo y avanza la realización del mismo, varían las estimaciones sobre las realizaciones futuras:

1. El conocimiento que se posee sobre estas realizaciones ha mejorado, debido a la experiencia o al incremento de atención que les proporciona la inmediatez.
2. Han podido variar los condicionantes existentes y, por consiguiente, haberse decidido el empleo de un método diferente del inicialmente previsto, lo que repercute en las actividades y sus duraciones.
3. La marcha del proyecto obliga a secuenciar las actividades en una forma diferente a la establecida inicialmente.
4. Se han producido (o se prevé que se producirán), incidentes que han repercutido en retrasos en la terminación de algunas actividades respecto a lo previsto. Estos retrasos pueden haber influido únicamente en la reducción de los márgenes, o incluso en su anulación, con repercusiones en cadena hasta el final previsto del proyecto, lo que obliga a replanear a partir de datos actualizados.

El origen de los datos de actualización se encuentra en:

- a) La propia realización.
- b) Los equipos técnicos de los departamento que intervienen en la realización.

La forma de conseguirlos son:

- a) La observación directa de la realización.
- b) Entrevistas con los responsables.

- c) Las reuniones del seguimiento del proyecto.

El equipo de planeación debe ir adquiriendo progresivamente cierta competencia técnica en los diferentes sectores involucrados para disminuir su dependencia con los responsables de área, pero no para eliminar su compromiso y responsabilidad.

4.4.1 Frecuencia de Actualización

Depende de los recursos del equipo de planeación, pero normalmente la verdadera revisión del programa es mensual, puesto que existen revisiones parciales.

4.5 Investigación de Alternativas

Tiene mucha menos importancia el programa, que la labor y el esfuerzo de planeación durante el cual se detectan los problemas, analizan las soluciones y se toman decisiones.

Documento: Estado de la planeación.

Es un documento que contiene lo siguiente:

1. Número del documento y fechas de emisión.
2. Situación actual:
 - c) Actividades terminadas desde el documento anterior.
 - d) Actividades iniciadas.
 - e) Actividades que continúan.
 - f) Problemas encontrados.
 - g) Desviaciones producidas, sus causas y alternativas de solución.
3. Previsiones para el plazo inmediato:
 - a) Etapas a alcanzar a corto plazo.
 - b) Posibles problemas y soluciones.
 - c) Actividades críticas y subcríticas.
 - d) Modificaciones de la planeación.
4. Estimación cualitativa fundada en aspectos cuantitativos anteriores y otra información disponible.

Capítulo 5: Caso Práctico

En esta sección se presenta un ejemplo de cómo desarrollar la metodología, para la planeación y Control de la instalación de una planta Desmineralizadora de Agua.

5.1 Proyecto:

"Elaboración de la Ingeniería Básica, Especificaciones Técnicas y Elaboración del paquete de Licitación para la Construcción de una Planta Desmineralizadora de Agua en una Refinería".

5.2 Objetivo:

El objetivo principal de la Planta Desmineralizadora, conformada por dos módulos de tratamiento del 50% de capacidad cada uno, es la producción continua de 200 litros por segundo de agua desmineralizada, por medio de un proceso de desmineralización por ósmosis inversa e intercambio iónico.

La planta desmineralizadora empleará como fuente principal de repuesto, agua negra renovada, contando con dos fuentes opcionales de alimentación provenientes del río y de la línea de tratamiento salino de la planta de tratamiento de agua residual existente en las instalaciones de la Refinería.

5.3 Descripción simplificada del proceso.

Las tres líneas de alimentación a saber: agua negra renovada, agua de río y agua tratada de la línea de tratamiento salino de la planta existente, llegarán a integrarse a un cabezal común de alimentación hacia la planta, mismo que llegará directamente hacia el tanque de almacenamiento de agua cruda.

Cada una de las alimentaciones contará con un lazo de medición de flujo y señalización hacia el sistema de control distribuido para el registro y totalización del flujo de agua recibida de cada fuente de suministro. Es importante aclarar que la planta deberá operar normalmente, en forma exclusiva, con agua negra renovada. Las dos alimentaciones restantes son alternativas.

El flujo de llegada hacia el tanque de agua cruda es controlado dinámicamente para regular el nivel en el tanque de agua cruda.

Desde el tanque de agua cruda, el flujo total de alimentación se divide y bombea hacia dos módulos de tratamiento idénticos constituidos por una serie de trenes en paralelo. La selección del número de trenes de cada módulo será hecha por el licitante para cumplir con la filosofía básica de diseño de la planta; y consistente en que cualquiera de los dos módulos podrá entregar el caudal de diseño de agua desmineralizada, igual a 100 Lps (200 Lps totales por ambos módulos), aún en el caso de que un tren esté fuera de servicio debido a operaciones de mantenimiento y un segundo tren del mismo módulo esté llevando a cabo las operaciones de limpieza / regeneración, o esté en espera de entrar en servicio cuando un tren requiera regeneración o limpieza.

La configuración de tratamiento deberá incluir las siguientes etapas:

- Desinfección por medio de luz ultravioleta.
- Filtración a presión con inyección de coagulante y floculante.
- Almacenamiento de agua filtrada.
- Desmineralización parcial por ósmosis inversa.
- Descarbonatación en un desgasificador atmosférico de tiro forzado.
- Intercambio catiónico fuertemente ácido.
- Intercambio aniónico débil/ fuerte.

El agua desmineralizada producto de ambos módulos de tratamiento se recibe en un tanque de balance de agua desmineralizada común a ambos módulos, desde donde se enviará el caudal de agua desmineralizada de la planta hacia el punto de integración definido más adelante en este documento.

La etapa de filtración a presión se llevará a cabo empleando un coagulante y un floculante inyectados en la línea de alimentación hacia el sistema de filtración.

Para la ósmosis inversa se empleará la inyección de ácido sulfúrico, bisulfito de sodio y una solución anti-incrustante, todos estos productos se inyectarán corriente arriba de cada tren de ósmosis inversa.

Cada etapa de tratamiento de cada módulo contará con sistemas de preparación, almacenamiento e inyección de productos químicos propios, de manera que los módulos no compartan estos servicios.

La planta contará igualmente con los sistemas y procesos necesarios para colectar, manejar y neutralizar los efluentes de proceso de la planta. El sistema de neutralización de efluentes será independiente para cada módulo y tendrá capacidad para manejar el caudal total resultante de la combinación del rechazo de ósmosis inversa, efluentes de regeneración de las unidades catiónicas y efluentes de regeneración de unidades aniónicas.

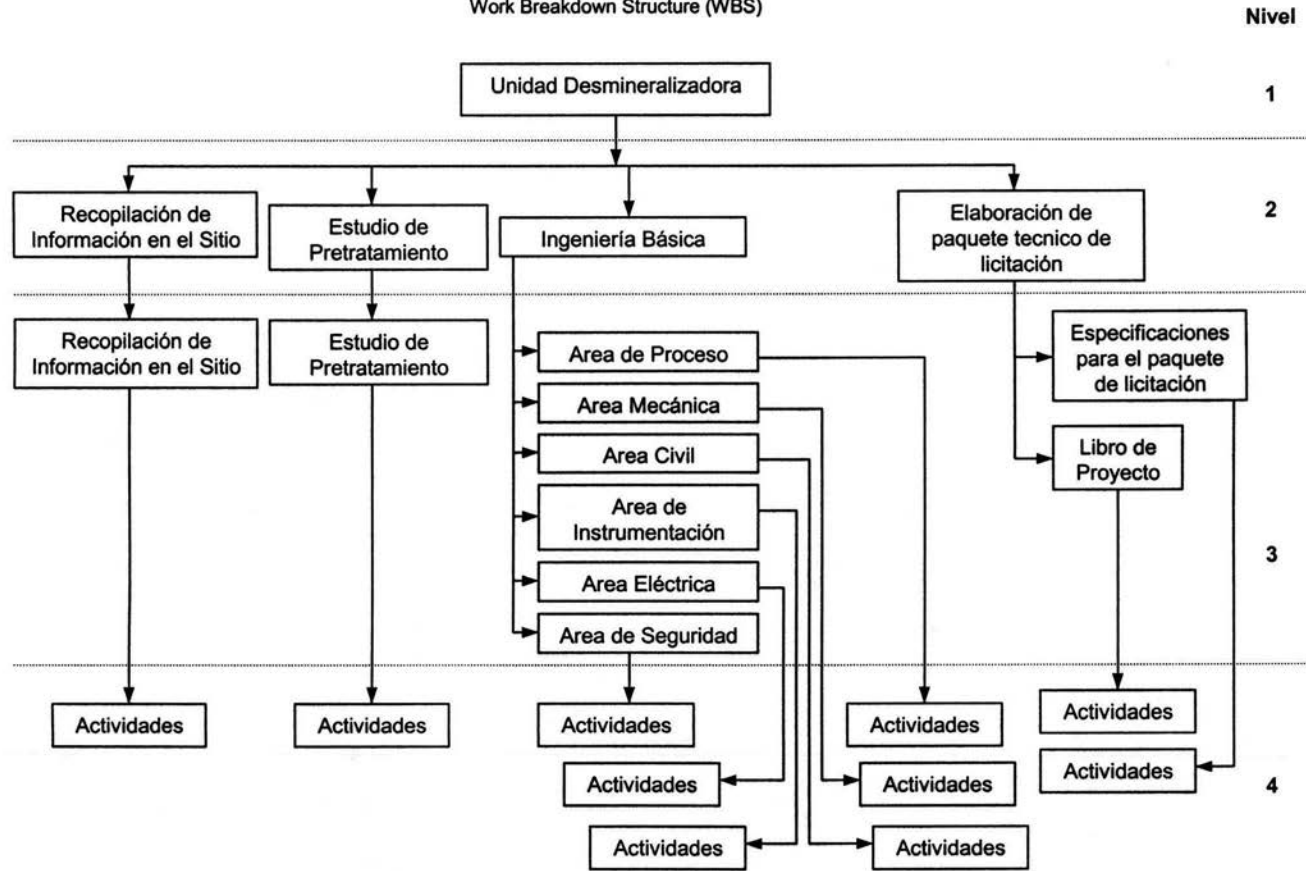
Los efluentes de lavado de los filtros a presión serán enviados directamente al sistema de drenaje aceitoso de la Refinería. El contratista decidirá el registro en el que se integrará, en función de los niveles de arrastre de tubería. El ramal de drenaje corre paralelamente a un costado del límite de terreno donde se ubicará la planta.

Los tanques de almacenamiento de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio para los servicios de regeneración de las unidades de intercambio iónico de cada módulo servirán como sistema central de almacenamiento y trasiego hacia los demás tanques de almacenamiento de estos productos dentro del mismo módulo de la planta de tratamiento, por lo que incluirán, para cada producto, dos bombas centrífugas de transferencia y las tuberías fijas de trasiego, incluyendo los dispositivos de seguridad, válvulas de aislamiento e instrumentos necesarios para llevar el ácido sulfúrico hacia el tanque de ácido a ósmosis inversa y el tanque de ácido para neutralización; y el hidróxido de sodio hacia el tanque de hidróxido de sodio a neutralización.

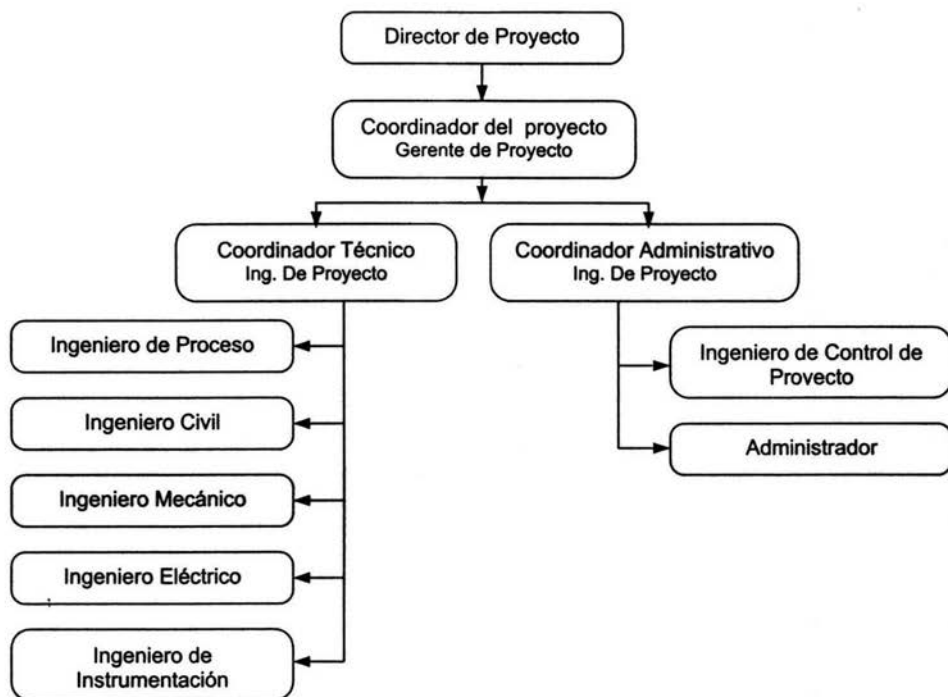
Debido a esto, la zona de instalación de los dos tanques mencionados de cada módulo contará con las provisiones dimensionales para maniobra de carros tanque.

Como una opción operativa, debido a la existencia de sistemas de almacenamiento de ácido e hidróxido de sodio en la planta desmineralizadora existente, la planta incluirá los sistemas de trasiego de ácido y sosa desde los tanques existentes en las instalaciones de la Refinería hacia los tanques de ácido y sosa de cada módulo. Estos sistemas de trasiego serán formados por dos bombas centrífugas de transferencia por cada producto y las tuberías de transferencia (instaladas permanentemente) hacia los tanques de ácido y sosa de ambos módulos. La instalación será permanentemente y controlada desde de la nueva planta desmineralizadora.

5.4 Estructura de Desglose de Trabajo (EDT)
Work Breakdown Structure (WBS)



5.5 Organigrama



5.6 Presupuesto.

Para ver el desarrollo de la presupuestación de la ingeniería básica del proyecto referirse al capítulo 3. Dicho capítulo está enfocado al cálculo del monto total del proyecto, así como la determinación de la H-H vendida.

5.7 Documentos de Control

A grandes rasgos los documentos más importantes empleados para el control del proyecto son los siguientes:

- Reporte de Avance.
- Grafica de Avance de Proyecto.
- Reporte de Avance Físico-Financiero.
- Programa Detallado.
- Ruta Crítica.

Mismos que podrán ser consultados en los anexos 5A, 5B, 5C, 5D Y 5F respectivamente.

Conclusiones y Recomendaciones

Con base al objetivo original, se describieron a manera de resumen los elementos más importantes en la planeación y control, que hay en la elaboración de la ingeniería básica para un proyecto industrial. Se desarrollaron metodologías empleadas en la planeación (como lo es la determinación de la ruta crítica, fechas mínimas y máximas) y se mencionaron algunos criterios del control de proyectos.

Se realizó una presupuestación de la ingeniería básica al caso práctico, desde el punto de vista de Institución Educativa y se mostraron algunas diferencias que existen con una Firma de Ingeniería.

Con el objeto de ilustrar la mecánica de la planeación y control de proyectos se elaboró un ejemplo aplicado a un caso de estudio ("Elaboración de la Ingeniería Básica, Especificaciones Técnicas y Elaboración del Paquete de Licitación para la Construcción de una Planta Desmineralizadora de Agua en una Refinería"), en el cual se desarrollaron algunos de los aspectos más importantes que deben ser considerados al realizar la planeación y se mostraron los documentos empleados en el control del proyecto.

Los criterios propuestos en esta tesis, intentan resolver algunos de los problemas existentes en la planeación y control de proyectos, presentando no algo desconocido, pero si un nuevo enfoque para planear, programar, presupuestar y controlar la ingeniería básica de un proyecto industrial.

La planeación, seguimiento y control de proyectos es una labor delicada, en la que los aspectos de relaciones humanas juegan un papel muy importante. No obstante, es posible la obtención de soportes de tipo automático y formalizado que permitan una mejor eficacia y eficiencia en esta labor. Los avances de la tecnología en sistemas de cómputo han hecho posible el desarrollo de paquetes informáticos especializados que facilitan la planeación y control de proyectos.

La planeación es una fase muy importante dentro de la administración de proyectos, puesto que es la base de la realización del proyecto. Una buena planeación minimizará la pérdida de tiempo y definirá claramente los papeles de todos los participantes (cliente e Institución Educativa) en el proyecto.

La planeación puede ser una fuerza poderosa para el cambio y el control, pero plantea problemas difíciles para la administración de proyectos.

Lo importante del planear y controlar radica en encontrar soluciones preventivas y no correctivas a la gran diversidad de problemas asociados a cada proyecto.

El desarrollo de proyectos de ingeniería (básica y de detalle) en una Institución Educativa es de suma importancia, principalmente por dos razones, la primera es que fomenta la participación del alumnado y la segunda es que la Institución Educativa recibe un porcentaje por concepto de ayuda para proyectos de investigación que a juicio de la Institución Educativa tienen prioridad, puesto que la Institución Educativa tiene algunos proyectos dirigidos, es decir, que la industria paga por la investigación de lo que ellos requieren, pero existen otros que son necesarios y se financian con estas aportaciones.

Por lo expuesto anteriormente se recomienda:

- Que se definan claramente los alcances del proyecto.
- Que se identifique el trabajo que debe hacerse, para obtener la participación de aquellos mejor calificados para hacer el trabajo.
- Que se consideren todos los problemas previstos, independientemente del potencial de impacto. Asimismo que se elaboren estrategias alternativas de solución a cada uno de estos problemas.
- Que se elija una EDT tal que, satisfaga las necesidades de la planeación y control del proyecto, no exagerando a nivel de supercontrol.
- Que se estime la duración de las actividades con un alto grado de confiabilidad, para ser competitivos en los concursos.
- Que se desarrolle el calendario de actividades base, ya que este será un punto de comparación a lo largo de la vida del proyecto y nos permitirá cuantificar las desviaciones a una fecha de corte. Nos permitirá conocer la fecha de terminación del proyecto en el periodo de tiempo más corto, además de atribuirle factibilidad para el seguimiento y actualización.
- Que se tenga precaución al estimar algunos de los porcentajes de incremento (Costos Indirectos y FASAR), puesto que depende de esto en gran proporción la estimación del costo del proyecto.
- Que se mantenga en alrededor del 20% (del costo de personal técnico) el costo del personal administrativo, ya que el cliente no permite más de dicho porcentaje.
- Que se tomen en cuenta fundamentalmente las siguientes variables de control: los costos del proyecto, las Horas-Hombre y el tiempo de realización del proyecto.
- Que se realicen fechas de actualización parciales (semanalmente) y globales (mensualmente). Aunque lo anterior es función de la duración total del proyecto.
- Que se realicen los pronósticos necesarios y que se consideren en el momento preciso.

Bibliografía

LIBROS:

1. **KIMMONS Robert L.**
Project Management Basics. Ed. Marcel Dekker, inc., New York, 1990, [págs. 31-83, 111-133]
2. **HAROLD Kerzner, Ph.D.**
Project Management a systems approach to planning, scheduling and controlling.
7ª Edición., Ed. John Wiley & Sons, Estados Unidos, 2001, [págs. 549-608, 671-691]
3. **COMPANYS, Pascual Ramón**
Planificación y Rentabilidad de Proyectos Industriales. Ed. Marcombo, España, 1988, [págs. 53-132]
4. **F.S. HILLIER and G.J. Lieberman**
Introduction to Operations Research, Ed. HOLDEN-DAY, San Francisco (London), 1976,
[págs. 225-234]
5. **HAJEK Victor G.**
Management of Engineering Projects, 3ª. Edición, Ed. McGraw Hill, 1984, [págs. 1-13]
6. **ARRANZ Ramonet Antonio**
Planificación y Control de Proyectos. Ed. Noriega, México 1993, [págs. 24-26]
7. **CLELAND David I.**
Manual de la Administración de Proyectos. 5ª. Edición, Ed. Continental, México 1998, [págs. 459-464]

TESIS:

1. **García Reyes Jaime y Portugal López Jorge Alberto.**
Propuesta de un método de planeación y criterios de control de proyectos en una firma de ingeniería. Facultad de Química, UNAM. México 1980.
2. **Torres de la Torre Eduardo.**
Coordinación, Control y Ejecución de un Proyecto Industrial. Facultad de Química, UNAM. México 2003.

PÁGINAS DE INTERNET:

1. **Critical Tools**, Project Planning and Graphing Software
www.criticaltools.com
2. **Planeación y Control de Proyectos con PERT**, Administración y Finanzas
www.monografias.com
3. **Diccionario de la Lengua Española**, Real Academia Española
www.rae.es

Glosario

Proyecto.

Es un grupo de actividades que se ejecutan en un periodo de tiempo determinado para lograr un conjunto de objetivos específicos.

Es un evento único, con fechas específicas de inicio y fin, con un costo presupuestado y recursos asignados, para la elaboración de actividades definidas alcanzando objetivos tangibles.

Ruta crítica.

Es la secuencia más larga de actividades a través del proyecto y que determina la fecha de terminación del mismo. Un retraso en cualquiera de estas actividades provoca un retraso en todo el proyecto.

Fecha de corte.

La fecha de corte es la fecha hasta la cual se reportan avances reales a partir de la cual se recalculará el programa.

Actividad.

La unidad mínima de información a controlar en el programa del proyecto. También se le conoce como tarea.

Contiene la información a detalle que hay que realizar.

Sus componentes son: duración, códigos, registro, descripción, presupuesto, recursos, identificador de actividad y restricciones.

Concepto de margen.

Es la diferencia entre la fecha máxima y la mínima en el comienzo de una actividad nos proporciona el margen total de la misma.

Plazo.

Es el periodo de tiempo que hay entre el comienzo de la actividad predecesora y el comienzo de la activada considerada.

Actividad crítica.

Es una actividad que tiene margen nulo, es decir, el valor numérico del margen es cero.

Actividad subcrítica.

Es aquella actividad que tiene margen reducido.

Anexos

ANEXO 3A

Código	Descripción	Entregable	Notas
P.1	Recopilación de Información en el Sitio		
P.1.1.01	Junta de Arranque	Servicio	Junta
P.1.1.02	Levantamiento en Campo	Reporte	Visita a las instalaciones de la planta para recopilación de datos, así como para ver el área disponible y acometidas
P.2	Estudio de Pretratamiento		
P.2.1.01	Análisis de Procesos	Reporte	Evaluación de los posibles procesos para desmineralizar el agua y selección del más óptimo.
P.2.1.02	Junta de Selección Alternativa	Servicio	Junta
P.3	Elaboración de la Ingeniería Básica		
P.3.1	Área de Proceso		
P.3.1.01	Memoria de Cálculo del Proceso	Documento	Elaboración de la memoria de cálculo del proceso seleccionado, para la desmineralización del agua.
P.3.1.02	Bases de Diseño de Proceso	Documento	Elaboración de las bases de diseño.
P.3.1.03	Criterios de Diseño	Documento	Elaboración de los criterios de diseño.
P.3.1.04	Diagramas de Tubería e Instrumentos	Dibujo	Elaboración del DTI del proceso seleccionado.
P.3.1.05	Diagrama de Flujo de Proceso	Dibujo	Elaboración del DFP del proceso seleccionado.
P.3.1.06	Balance de Materia del Proceso, Agentes Químicos, Servicios Auxiliares, etc.	Documento	Elaboración del balance de materia del proceso, agentes químicos, servicios auxiliares, etc.
P.3.1.07	Carta de Secuencia de Operación	Dibujo	Elaboración de la carta secuencia de operación.
P.3.1.08	Descripción del Proceso.	Documento	Elaboración de la descripción del proceso.
P.3.1.09	Filosofía de Operación	Documento	Elaboración de la filosofía de operación del proceso seleccionado.
P.3.1.10	Diagrama de Simbología	Dibujo	Elaboración del diagrama de símbolos utilizados en la realización del DTI y DFP.
P.3.1.11	Índice de Servicios	Documento	Elaboración de Índice de Servicios
P.3.1.12	Listado de Equipos	Documento	Elaboración del listado de los equipos indicando sus principales características.
P.3.1.13	Listado de Líneas	Documento	Elaboración del listado de las líneas, indicando características y servicios.

P.3.1.14	Listado de Válvulas	Documento	Elaboración del listado de las válvulas manuales y automáticas, indicando su servicio.
P.3.2	Área Mecánica		
P.3.2.01	Bases de Diseño	Documento	Elaboración de las bases del diseño para la elaboración de la Ingeniería de Detalle mecánica.
P.3.2.02	Hojas de Datos de Equipos	Documento	Elaboración de las hojas de datos de los equipos elector-mecánicos con los datos básicos de operación.
P.3.2.03	Hojas de Datos de Recipientes	Documento	Elaboración de las hojas de datos de recipientes a presión y atmosféricos con los datos básicos de operación.
P.3.2.04	Hojas de Datos de Válvulas Manuales y Automáticas.	Documento	Elaboración de las hojas de datos de válvulas manuales y automáticas con los datos básicos de operación.
P.3.2.05	Dibujos Dimensionales de Recipientes	Dibujo	Elaboración de los dibujos de recipientes a presión y atmosféricos, indicando sus dimensiones básicas.
P.3.3	Área Civil		
P.3.3.01	Bases de Diseño	Documento	Elaboración de las bases de diseño para la elaboración de la Ingeniería de Detalle civil.
P.3.3.02	Arreglo general	Dibujo	Elaboración de los dibujos de l arreglo de equipo, indicando el área requerida para la instalación de la planta desmineralizadora.
P.3.3.03	Básicos Civiles	Dibujo	Elaboración de los dibujos de los tanques de concreto, indicando sus dimensiones básicas.
P.3.4	Área de Instrumentación		
P.3.4.01	Bases de Diseño	Documento	Elaboración de las bases de diseño para la elaboración de la Ingeniería de Detalle de instrumentación.
P.3.4.02	Filosofía de Control	Documento	Elaboración de la filosofía de control, índice de instrumentos y diagramas de instrumentos.

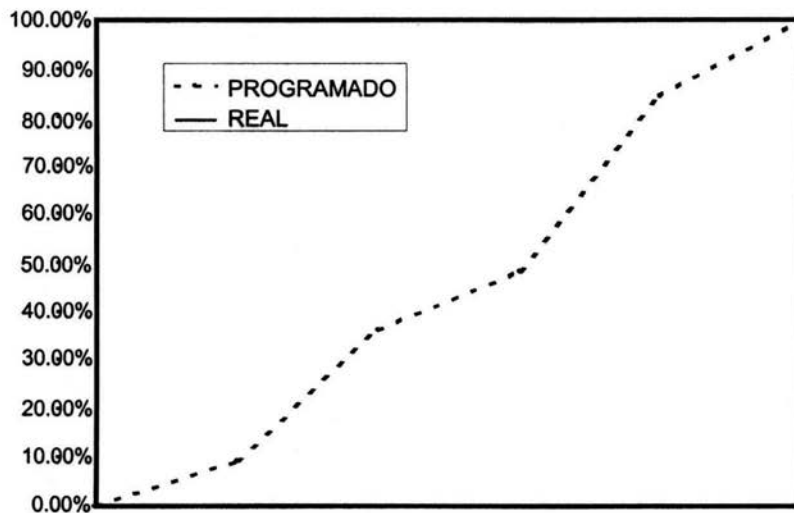
P.3.4.03	Especificación del Sistema de Control Distribuido	Documento	Elaboración de las especificaciones del sistema de control para la automatización de la planta desmineralizadora.
P.3.4.04	Diagramas Funcionales de Instrumentos.	Documento	Elaboración de diagramas funcionales de instrumentos.
P.3.4.05	Hojas de Datos de Instrumentos	Documento	Elaboración de las hojas de datos de instrumentos con los datos básicos de operación.
P.3.4.06	Circuitos Lógicos de Control.	Documento	Elaboración de los circuitos lógicos de control.
P.3.4.07	Listado de Instrumentos	Documento	Elaboración del listado de los instrumentos, indicando características y servicio.
P.3.5	Área Eléctrica		
P.3.5.01	Bases de Diseño	Documento	Elaboración de las bases de diseño para la elaboración de la Ingeniería de Detalle eléctrica.
P.3.5.02	Diagramas Unifilares	Dibujo	Elaboración de los diagramas unifilares.
P.3.5.03	Plano de Clasificación de Áreas Peligrosas	Dibujo	Elaboración del plano de clasificación de áreas peligrosas.
P.3.5.04	Listado de Motores	Documento	Elaboración del listado de motores indicando, características y servicio.
P.3.5.05	Hojas de Datos del Centro de Control de Motores.	Documento	Elaboración de hojas de datos de los equipos eléctricos con los datos básicos de operación.
P.4	Elaboración del Paquete Técnico de Licitación		
P.4.1	Especificaciones del paquete de Licitación		
P.4.1.01	Especificaciones del paquete de Licitación	Documento	Elaboración del anexo "C" y cuestionario técnico.
P.4.2	Libro de Proyecto		
P.4.2.01	Libro de Proyecto	Documento	Recopilación de todos los documentos y planos carpetas para su entrega final al cliente.

"Elaboración de la Ingeniería Básica, Especificaciones Técnicas y Elaboración del Paquete de Licitación para la Construcción de una Planta Desmineralizadora de Agua en una Refinería"

GRAFICA DE REPORTE DE AVANCE

Periodo del: _____ Reporte No. _____
 al: _____

PROYECTO UDA



			Dic-03	Ene-04	Feb-04	Mar-04	Abr-04
100.00%	Prog	Periodo	9.20%	26.95%	12.02%	35.93%	15.90%
		Acum	9.20%	36.15%	48.17%	84.10%	100.00%
	Real	Periodo					
		Acum					

ESTA TESIS NO SALE DE LA BIBLIOTECA

**"Elaboración de la Ingeniería Básica, Especificaciones Técnicas y Elaboración del Paquete de Licitación
para la Construcción de una Planta Desmineralizadora de Agua en una Refinería"**

REPORTE DE AVANCE FÍSICO FINANCIERO

		Periodo del: _____	Reporte No. _____				
		al: _____					
IMPORTE EN PESOS		Dic-03	Ene-04	Feb-04	Mar-04	Abr-04	
PROYECTO UDA	FÍSICO	PROGRAMADO PARCIAL	9.20%	26.95%	12.02%	35.93%	15.90%
		REAL PARCIAL COBRADO					
		REAL PARCIAL EJECUTADO					
		DESVIACION PARCIAL EJECUTADO					
		PROGRAMADO ACUMULADO	9.20%	36.15%	48.17%	84.10%	100.00%
		REAL ACUMULADO COBRADO					
		REAL ACUMULADO EJECUTADO					
		DESVIACION ACUMULADA EJECUTADO					
	FINANCIERO	PROGRAMADO PARCIAL	\$ 260,782.55	\$ 764,090.55	\$ 340,733.89	\$ 1,018,654.30	\$ 450,619.46
		REAL PARCIAL COBRADO					
		REAL PARCIAL EJECUTADO					
		DESVIACION PARCIAL EJECUTADO					
		PROGRAMADO ACUMULADO	\$ 260,782.55	\$ 1,024,873.10	\$ 1,365,607.00	\$ 2,384,261.29	\$ 2,834,880.75
		REAL ACUMULADO COBRADO					
REAL ACUMULADO EJECUTADO							
DESVIACION ACUMULADA EJECUTADO							

ID	Activity Description	Rem Dur	%	Early Start	Early Finish	2003		2004			
						DEC	JAN	FEB	MAR	APR	
UDA											
P0001	INICIO DEL SERVICIO	0	100	03DEC03A							
P0002	ENTREGA DE PAQUETE TECNICO	0	0		04MAY04						
RECOPILACION DE INFORMACION EN SITIO											
RECOPILACION DE INFORMACION EN SITIO											
P1101	JUNTA INICIAL DE ARRANQUE	1	0	18DEC03A	18DEC03A						
P1102	LEVANTAMIENTOS EN CAMPO	3	0	18DEC03A	18DEC03A						
ESTUDIO DE PRETRATAMIENTO											
ESTUDIO DE PRETRATAMIENTO											
P2101	ANALISIS DE PROCESO	20	0	19DEC03A	15JAN04A						
P2102	JUNTA DE SELECCION DE ALTERNATIVA	1	0		22JAN04A						
INGENIERIA BASICA											
AREA DE PROCESO											
P3100	ELABORACION DE MEMORIA DE CALCULO DEL PROCESO	10	0	02FEB04	13FEB04						
P3101	ELABORACION DE BASES DE DISEÑO	10	0	02FEB04	13FEB04						
P3102	ELABORACION DE LOS CRITERIOS DE DISEÑO	10	0	02FEB04	13FEB04						
P3103	ELABORACION DE DIAGRAMAS DE TUBERIAS E INSTRUMENT	20	0	02FEB04	27FEB04						
P3104	ELABORACION DE LOS DIAGRAMAS DE FLUJO DE PROCESO	20	0	02FEB04	27FEB04						
P3105	ELAB. DE BALANCES DE MAT. AGENTES QUIM. Y SERV.	20	0	02FEB04	27FEB04						
P3106	CARTA DE SECUENCIA DE OPERACION	20	0	02FEB04	27FEB04						
P3107	ELABORACION DE LA DESCRIPCION DEL PROCESO	10	0	02FEB04	13FEB04						
P3108	ELABORACION DE LA FILOSOFIA DE OPERACION	15	0	02FEB04	20FEB04						
P3109	ELABORACION DEL DIAGRAMA DE SIMBOLOGIA	5	0	23FEB04	27FEB04						
P3110	ELABORACION DE INDICE DE SERVICIOS	5	0	23FEB04	27FEB04						
P3111	ELABORACION DE LA LISTA DE EQUIPOS	5	0	23FEB04	27FEB04						
P3112	ELABORACION DE LA LISTA DE LINEAS	5	0	23FEB04	27FEB04						
P3113	ELABORACION DE LA LISTA DE VALVULAS	5	0	23FEB04	27FEB04						
AREA MECANICA											
P3201	ELABORACION DE LAS BASES DE DISEÑO MECANICO	12	0	01MAR04	18MAR04						
P3202	ELAB. HOJAS DE DATOS Y ESP. EQUIP. ELECTROMECC.	15	0	17MAR04	06APR04						
P3203	ELAB. HOJAS DE DATOS Y ESP. EQUIPOS RECIPIENTES	15	0	17MAR04	06APR04						
P3204	ELAB. HOJAS DE DATOS Y ESP. DE VALV. MAN. Y AUT.	15	0	24MAR04	13APR04						
P3205	DIBUJOS DIMENSIONALES DE RECIPIENTES	15	0	24MAR04	13APR04						
AREA CIVIL											
P3301	ELABORACION DE LAS BASES DE DISEÑO CIVIL	12	0	01MAR04	18MAR04						
P3302	ELABORACION DE PLANO DE LOCALIZACION GENERAL	15	0	17MAR04	06APR04						
P3303	ELAB. DE BASICOS CIVILES (ESP. PARTICULARES)	15	0	17MAR04	06APR04						
Project Start: 09DEC03 0104 Project Finish: 04MAY04 Data Date: 31JAN04 Run Date: 07FEB04								Sheet 1 of 2			
© Primavera Systems, Inc.						UNAM		PROGRAMA DETALLADO			

ANEXO 5D

ID	Activity Description	Rem Dur	%	Early Start	Early Finish	2003					2004																		
						DEC	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	DEC	JAN	FEB	MAR	APR	MAY												
						8	16	22	29	5	12	19	26	2	9	16	23	1	8	15	22	29	5	12	19	26	2	9	
UDA																													
INGENIERIA BASICA																													
AREA DE INSTRUMENTACION																													
P3401	ELAB. DE LAS BASES DE DISEÑO DE INSTRUMENTOS	12	0	01MAR04	16MAR04																								
P3402	ELAB. FILOSOFIA CONTROL, DIAGRAMAS DE INSTR.	15	0	17MAR04	06APR04																								
P3403	ELAB. DE LA ESP. DEL SISTEMA DE CONTROL DIGITAL	15	0	17MAR04	06APR04																								
P3404	ELBORACION DE DIAGRAMAS FUNCIONALES DE INSTR.	15	0	17MAR04	06APR04																								
P3405	ELAB. HOJAS DE DATOS Y ESP. DE LOS INSTRUMENTOS	15	0	17MAR04	06APR04																								
P3406	ELABORACION DE LOS CIRCUITOS LOGICOS DE CONTROL	15	0	17MAR04	06APR04																								
P3407	ELABORACION DEL SUMARIO DE INSTRUMENTOS	15	0	17MAR04	06APR04																								
AREA ELECTRICA																													
P3501	ELAB. DE LAS BASES DE DISEÑO DE ELECTRICO	12	0	01MAR04	16MAR04																								
P3502	ELABORACION DE LOS DIAGRAMAS UNIFILARES	6	0	09MAR04	16MAR04																								
P3503	ELAB. PLANO DE CLASIFICACION DE AREAS PELIGROSAS	5	0	10MAR04	16MAR04																								
P3504	ELABORACION DE LISTAS DE MOTORES	8	0	17MAR04	26MAR04																								
P3505	ELAB. HOJAS DE DATOS Y ESP. DE EQ. ELECTRICOS	15	0	17MAR04	06APR04																								
ELABORACION DE PAQUETE TECNICO DE LICITACION																													
ESPECIFICACIONES PARA EL PAQUETE DE LICITACION																													
P4101	ESPECIFICACIONES DE CONCURSO	20	0	07APR04	04MAY04																								
LIBRO DE PROYECTO																													
P4201	LIBRO DE PROYECTO	15	0	14APR04	04MAY04																								
Project Start: 03DEC03																				0104					Sheet 2 of 2				
Project Finish: 04MAY04																				UNAM									
Date Date: 31JAN04																				PROGRAMA DETALLADO									
Run Date: 07FEB04															© Primavera Systems, Inc.														

ID	Activity Description	Rem Dur	%	Early Start	Early Finish	2003					2004																	
						DEC	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	DEC	JAN	FEB	MAR	APR	MAY											
UDA																												
P0002	ENTREGA DE PAQUETE TECNICO	0	0		04MAY04																							
RECOPIACION DE INFORMACION EN SITIO																												
RECOPIACION DE INFORMACION EN SITIO																												
P1101	JUNTA INICIAL DE ARRANQUE	1	0	18DEC03A	18DEC03A																							
P1102	LEVANTAMIENTOS EN CAMPO	3	0	18DEC03A	18DEC03A																							
ESTUDIO DE PRETRATAMIENTO																												
ESTUDIO DE PRETRATAMIENTO																												
P2101	ANALISIS DE PROCESO	20	0	19DEC03A	15JAN04A																							
P2102	JUNTA DE SELECCION DE ALTERNATIVA	1	0		22JAN04A																							
INGENIERIA BASICA																												
AREA DE PROCESO																												
P3103	ELABORACION DE DIAGRAMAS DE TUBERIAS E INSTRUMEN	20	0	02FEB04	27FEB04																							
AREA DE INSTRUMENTACION																												
P3401	ELAB. DE LAS BASES DE DISEÑO DE INSTRUMENTOS	12	0	01MAR04	16MAR04																							
P3403	ELAB. DE LA ESP. DEL SISTEMA DE CONTROL DIGITAL	18	0	17MAR04	06APR04																							
P3404	ELBORACION DE DIAGRAMAS FUNCIONALES DE INSTR.	15	0	17MAR04	06APR04																							
P3405	ELAB. HOJAS DE DATOS Y ESP. DE LOS INSTRUMENTOS	15	0	17MAR04	06APR04																							
P3406	ELABORACION DE LOS CIRCUITOS LOGICOS DE CONTROL	15	0	17MAR04	06APR04																							
P3407	ELABORACION DEL SUMARIO DE INSTRUMENTOS	15	0	17MAR04	06APR04																							
AREA ELECTRICA																												
P3501	ELAB. DE LAS BASES DE DISEÑO DE ELECTRICO	12	0	01MAR04	16MAR04																							
P3502	ELABORACION DE LOS DIAGRAMAS UNIFILARES	6	0	09MAR04	16MAR04																							
P3503	ELAB. PLANO DE CLASIFICACION DE AREAS PELIGROSAS	5	0	10MAR04	16MAR04																							
P3504	ELABORACION DE LISTAS DE MOTORES	8	0	17MAR04	26MAR04																							
P3505	ELAB. HOJAS DE DATOS Y ESP. DE EQ. ELECTRICOS	15	0	17MAR04	06APR04																							
ELABORACION DE PAQUETE TECNICO DE LICITACION																												
ESPECIFICACIONES PARA EL PAQUETE DE LICITACION																												
P4101	ESPECIFICACIONES DE CONCURSO	20	0	07APR04	04MAY04																							
LIBRO DE PROYECTO																												
P4201	LIBRO DE PROYECTO	15	0	14APR04	04MAY04																							

Project Start	03DEC03	Early Bar	#104
Project Finish	04MAY04	Progress Bar	
Data Date	31JAN04	Critical Activity	
Run Date	07FEB04		

© Primavera Systems, Inc.

UNAM

RURA CRITICA

Sheet 1 of 1

ANEXO 5E