



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**A LOS ASISTENTES A LOS CURSOS**

**L**as autoridades de la Facultad de Ingeniería, por conducto del jefe de la División de Educación Continua, otorgan una constancia de asistencia a quienes cumplan con los requisitos establecidos para cada curso.

El control de asistencia se llevará a cabo a través de la persona que le entregó las notas. Las inasistencias serán computadas por las autoridades de la División, con el fin de entregarle constancia solamente a los alumnos que tengan un mínimo de 80% de asistencias.

Pedimos a los asistentes recoger su constancia el día de la clausura. Estas se retendrán por el periodo de un año, pasado este tiempo la DECFI no se hará responsable de este documento.

Se recomienda a los asistentes participar activamente con sus ideas y experiencias, pues los cursos que ofrece la División están planeados para que los profesores expongan una tesis, pero sobre todo, para que coordinen las opiniones de todos los interesados, constituyendo verdaderos seminarios.

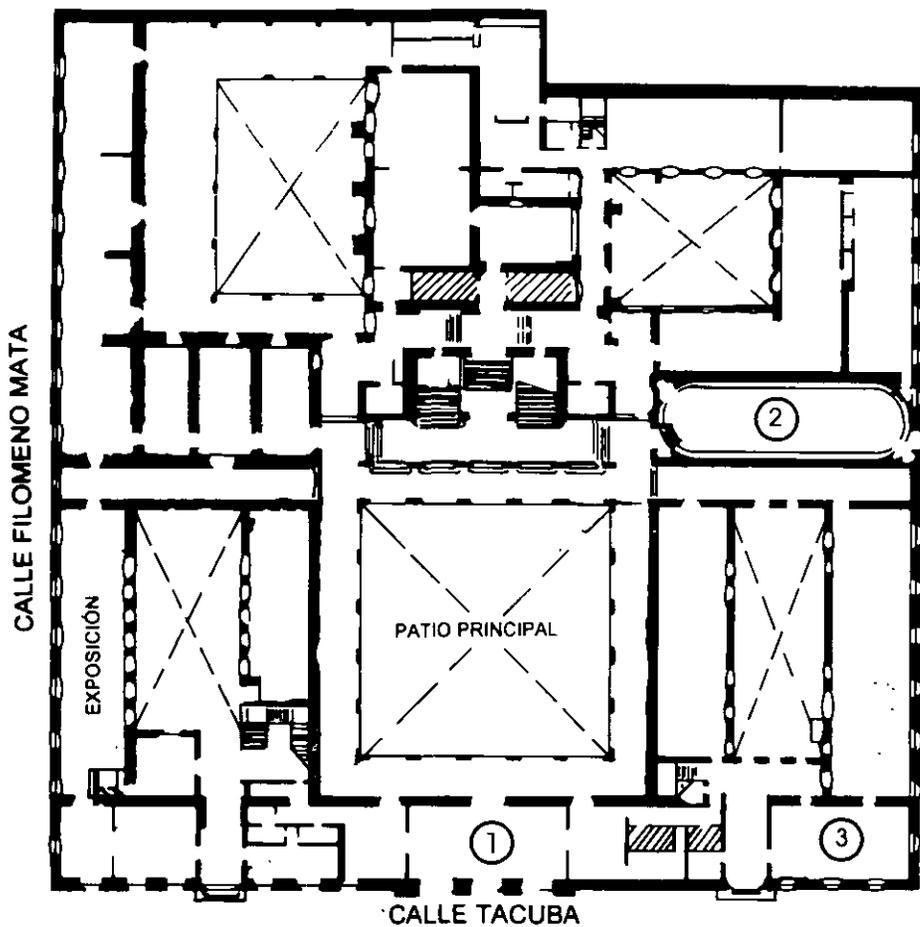
Es muy importante que todos los asistentes llenen y entreguen su hoja de inscripción al inicio del curso, información que servirá para integrar un directorio de asistentes, que se entregará oportunamente.

Con el objeto de mejorar los servicios que la División de Educación Continua ofrece, al final del curso deberán entregar la evaluación a través de un cuestionario diseñado para emitir juicios anónimos.

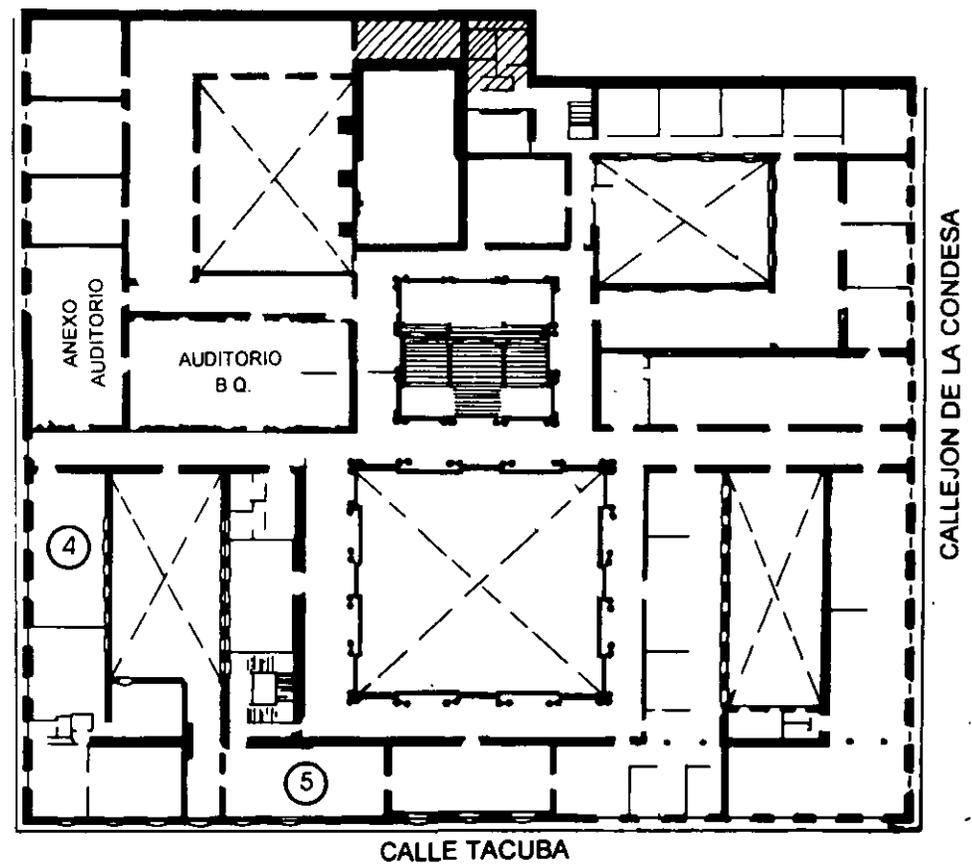
Se recomienda llenar dicha evaluación conforme los profesores impartan sus clases, a efecto de no llenar en la última sesión las evaluaciones y con esto sean más fehacientes sus apreciaciones.

**Atentamente  
División de Educación Continua.**

# PALACIO DE MINERIA

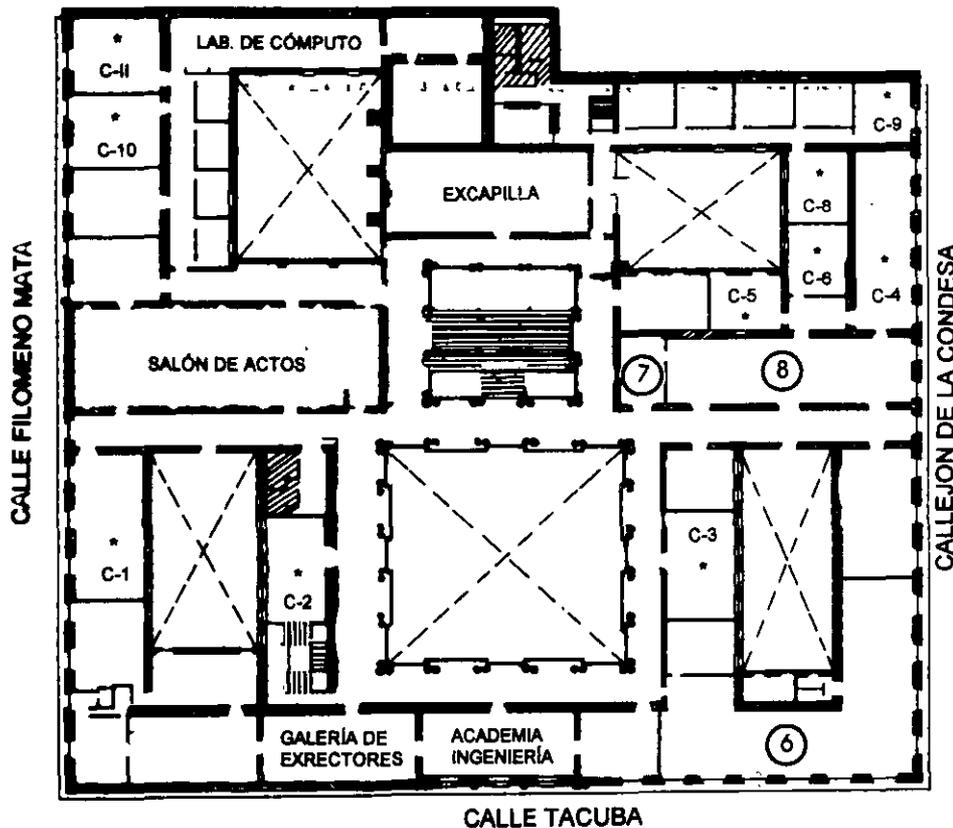


**PLANTA BAJA**



**MEZZANINNE**

# PALACIO DE MINERÍA



**1er. PISO**

## GUÍA DE LOCALIZACIÓN

1. ACCESO
2. BIBLIOTECA HISTÓRICA
3. LIBRERÍA UNAM
4. CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN "ING. BRUNO MASCANZONI"
5. PROGRAMA DE APOYO A LA TITULACIÓN
6. OFICINAS GENERALES
7. ENTREGA DE MATERIAL Y CONTROL DE ASISTENCIA
8. SALA DE DESCANSO

SANTARIOS

\* AULAS



DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA  
FACULTAD DE INGENIERÍA U.N.A.M.  
CURSOS ABIERTOS

DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA





**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**CURSOS INSTITUCIONALES**

**DIPLOMADO GERENCIA DE PROYECTOS  
ICA-DECFI, UNAM**

**Módulo II "Tecnología e Ingeniería Básica y de Detalle"  
27, 28 y 29 de mayo de 1999**

*"Ingeniería de Detalle"*

Ing. Arturo R. Rosales González  
Ing. Ernesto Alfaro Pastor  
Palacio de Minería  
1999

# TECNOLOGIA E INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE

## PARTE 3 INGENIERIA DE DETALLE

1.0 OBJETIVOS

2.0 ORGANIZACIÓN

2.1 ALCANCE DEL TRABAJO

- 2.1.1 DEFINICIÓN DE INGENIERÍA DE DETALLE.
- 2.1.2 ALCANCE DE LA INGENIERÍA DE DETALLE
- 2.1.3 INGENIERÍA BÁSICA COMPLEMENTARIA
- 2.1.4 NORMAS Y ESPECIFICACIONES
- 2.1.5 BASES DE DISEÑO Y BASES DE USUARIO
- 2.1.6 ASPECTOS PARA DEFINIR EL ALCANCE
- 2.1.7 ESPECIALIDADES PARTICIPANTES
- 2.1.8 FORMAS ACTUALES DE TRABAJO

2.2 LISTAS DE DOCUMENTOS

- 2.2.1 DOCUMENTOS EN LA INGENIERÍA DE DETALLE.
- 2.2.2 INGENIERÍA DE PROCESOS
- 2.2.3 INGENIERÍA DE INSTRUMENTACIÓN
- 2.2.4 DISEÑO DE TUBERÍAS
- 2.2.5 DISEÑO DE ANÁLISIS DE ESFUERZOS
- 2.2.6 DISEÑO DE EQUIPO DE TRANSFERENCIA DE CALOR
- 2.2.7 DISEÑO DE RECIPIENTES
- 2.2.8 DISEÑO CIVIL
- 2.2.9 DISEÑO ELÉCTRICO
- 2.2.10 DISEÑO MECÁNICO
- 2.2.11 DISEÑO ARQUITECTÓNICO

2.3 PROGRAMAS DE EJECUCIÓN Y RECURSOS.

2.3.1 PROGRAMA DE EJECUCIÓN

- 2.3.1.1 ¿QUÉ ES UN PROGRAMA?
- 2.3.1.2 TIPOS DE PROGRAMA Y NIVEL
- 2.3.1.3 CURVA DE AVANCE PROGRAMADA
- 2.3.1.4 MÉTODOS DE REDUCCIÓN DE TIEMPOS

2.3.2 PROGRAMA DE RECURSOS

- 2.3.2.1 ¿QUÉ ES UN RECURSO?
- 2.3.2.2 ¿QUÉ ES UN PROGRAMA DE RECURSOS?
- 2.3.2.3 TIPOS DE RECURSOS
- 2.3.2.4 INFORMACIÓN REQUERIDA
- 2.3.2.5 MANEJO DE RECURSOS

2.3.3 SISTEMA DE PROGRAMACION

- 2.4 ORGANIGRAMA
  - 2.4.1 ENFOQUE ORGANIZACIONAL.
  - 2.4.2 TIPOS DE ORGANIZACIONES
  - 2.4.3 ORGANIZACIÓN FUNCIONAL O DEPARTAMENTAL
  - 2.4.4 ORGANIZACIÓN POR GRUPO ESPECIAL DE PROYECTO O "TASK FORCE".
  - 2.4.5 ORGANIZACIÓN MATRICIAL
  - 2.4.6 ESTABLECIMIENTO DE LAS DIVERSAS ORGANIZACIONES
  - 2.4.7 FACTORES PARA DECIDIR EL TIPO DE ORGANIZACIÓN
  
- 2.5 REPORTE DE AVANCE
  
- 2.6 PROCEDIMIENTOS ADMINISTRATIVOS
  - 2.6.1 TIPOS DE PROCEDIMIENTOS.
  - 2.6.2 PROCEDIMIENTOS INTERNOS
  - 2.6.3 PROCEDIMIENTOS EXTERNOS
  - 2.6.4 CONTENIDO
  
- 3.0 BASES PARA EL DESARROLLO
  - 3.1 LUGAR PARA LA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS
    - 3.1.1 UBICACIÓN FÍSICA
    - 3.1.2 CUARTEL GENERAL DEL PROYECTO
    - 3.1.3 ÁREA DE TRABAJO
  
  - 3.2 ASIGNACION DE RECURSOS
    - 3.2.1 RECURSOS HUMANOS
    - 3.2.2 RECURSOS TECNOLÓGICOS.
    - 3.2.3 RECURSOS FÍSICOS.
    - 3.2.4 RECURSOS MATERIALES.
    - 3.2.5 RECURSOS FINANCIEROS.
    - 3.2.6 RECURSOS DE APOYO.
  
  - 3.3 RECEPCIÓN DE LA INGENIERÍA BÁSICA
    - 3.3.1 DESARROLLO DE LA INGENIERÍA BÁSICA
    - 3.3.2 SELECCIÓN DE UN PROCESO.
    - 3.3.3 PAQUETE DE INGENIERÍA BÁSICA.
    - 3.3.4 RECEPCIÓN DE LA INGENIERÍA BÁSICA.

- 3.4 INFORMACIÓN DEL SITIO
  - 3.4.1 CONSIDERACIONES GENERALES AL DISEÑO DE LA PLANTA.
  - 3.4.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS DATOS DEL LUGAR.
  - 3.4.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS SERVICIOS AUXILIARES.
  - 3.4.4 CARACTERÍSTICAS DE LAS OBRAS DE INFRAESTRUCTURA DISPONIBLE.
  
- 3.5 CRITERIOS Y BASES DE DISEÑO
  - 3.5.1 CRITERIOS DE DISEÑO.
  - 3.5.2 BASES DE DISEÑO.
  
- 3.6 NECESIDADES DE INFORMACION Y COMUNICACIÓN INTERDISCIPLINARIA.
  - 3.6.1 INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO.
  - 3.6.2 INFORMACIÓN ESPECÍFICA POR ACTIVIDAD.
  - 3.6.3 COMUNICACIÓN.
  
- 3.7 PROCESO DE MEJORA CONTINUA Y CALIDAD
  - 3.7.1 EL MEJORAMIENTO CONTINUO
  - 3.7.2 OBJETO DE UN PROGRAMA DE MEJORA CONTINUA Y CALIDAD
  - 3.7.3 ELEMENTOS QUE COMPRENDE UN PROCESO DE MEJORA CONTINUA Y CALIDAD
  - 3.7.4 APLICACIÓN DEL PROGRAMA
  
- 3.8 EVALUACION DE LOS AVANCES DE LOS DOCUMENTOS
  - 3.8.1 OBJETIVO DE DETERMINAR LOS AVANCES EN DOCUMENTOS
  - 3.8.2 ETAPAS EN LA EDICIÓN DE DOCUMENTOS
  - 3.8.3 DEFINICIÓN DE LOS AVANCES PARCIALES
  
- 3.9 CAMBIOS AL DISEÑO
  - 3.9.1 ALCANCES DEL PROYECTO
  - 3.9.2 IMPACTO EN EL PROYECTO
  - 3.9.3 CONTROL DE CAMBIOS
  
- 3.10 EDICION DE DOCUMENTOS
  - 3.10.1 LAS DIFERENTES EDICIONES DE LOS DOCUMENTOS DE INGENIERIA
  - 3.10.2 DEFINICION DE LAS EDICIONES A EMITIR EN PLANOS DE INGENIERIA

- 3.11 COMUNICACIÓN CON EL CLIENTE
  - 3.11.1 EL PROCEDIMIENTO DE TRABAJO
  - 3.11.2 PROCEDIMIENTO DE CONTROL DE LA COMUNICACIÓN
  
- 3.12 ESTIMADO DE COSTO
  - 3.12.1 GENERALIDADES
  - 3.12.2 DEFINICIÓN DE INGENIERIA DE COSTOS
  - 3.12.3 APLICACIÓN DE LOS ESTIMADOS DE COSTO
  - 3.12.4 TIPOS DE ESTIMADOS DE COSTO
  - 3.12.5 PROCEDIMIENTO DE CALCULO PARA EL ESTIMADO DE INVERSION TOTAL
  - 3.12.6 PARAMETROS DE ESTIMACION DE COSTO
  
- 3.13 LECCIONES APRENDIDAS Y DOCUMENTACION
  - 3.13.1 OBJETIVO
  - 3.13.2 DOCUMENTACION
  
- 3.14 ENTREGA DEL PROYECTO EJECUTIVO
  - 3.14.1 EVENTOS EN LA ENTREGA DEL PROYECTO
  - 3.14.2 CIERRE INTERNO DEL PROYECTO
  - 3.14.3 RETROALIMENTACION DEL CLIENTE
  
- 3.15 JUNTAS
  - 3.15.1 TIPOS DE JUNTAS
  - 3.15.2 REALIZACIÓN DE LAS JUNTAS
    - 3.15.2.1 PLANEACIÓN
    - 3.15.2.2 DESARROLLO
    - 3.15.2.3 SEGUIMIENTO

## 1.0 OBJETIVOS

Un proyecto es el camino que hay que recorrer para alcanzar un objetivo, cuyo logro requiere de una serie de actividades en las que intervienen diversos participantes en sus diferentes fases. En varias de esas fases intervienen disciplinas de ingeniería para su ejecución.

Existen diferentes tipos de proyectos; por ejemplo el diseño de un componente para una maquinaria, la construcción de un edificio, la investigación y desarrollo de un nuevo proceso, la construcción de un Complejo Petroquímico o la de una Central Nucleoeléctrica.

Con mucha frecuencia, el objetivo está relacionado con un beneficio que puede caracterizarse en términos económicos. En tal caso se denomina, en forma genérica, proyecto de inversión, para cuya ejecución se requiere la aplicación de recursos: humanos, materiales y tecnológicos, todos ellos normalmente cuantificables en términos económicos

Un proyecto puede ser relativamente sencillo y de corta duración, involucrando unas cuantas actividades, o inmensamente complejo con participación multidisciplinaria en miles de actividades interrelacionadas durante un largo periodo.

Dentro de este último tipo de proyectos se enfocarán los siguientes temas y específicamente, a la etapa correspondiente a la Ingeniería de Detalle, aunque en realidad todas las fases de un proyecto están altamente relacionadas, por ejemplo, para iniciar la Ingeniería de Detalle se requiere que ciertas actividades de Ingeniería Básica hayan concluido, pero algunas de éstas, a su vez, necesitan de cierta información de la fase de Detalle.

La Ingeniería de Detalle puede analizarse desde múltiples ángulos y con aplicación a muy diversos tipos de proyectos, nuevamente, en este caso específico nos enfocaremos a la Ingeniería de Detalle aplicada al diseño de Plantas Industriales.

Los proyectos de Plantas Industriales son lo suficientemente complejos para que se puedan observar, con claridad, las técnicas que se requieren para la administración de este tipo de proyectos y por lo tanto los conceptos que aquí se expondrán son válidos para otros tipos de proyectos.

La alta interrelación que existe entre la Ingeniería de Detalle con las otras etapas del proyecto hace que la planeación de ésta sea un aspecto fundamental, pero para poder llevar a cabo esta planeación en forma adecuada se requiere conocer también las necesidades y los tiempos de las otras, así por ejemplo dentro del programa de Ingeniería de Detalle se deberá conocer cuándo se contará con la información de dibujos de fabricantes, los cuales corresponden a la fase de procura, asimismo, se deberá considerar dentro de este programa la llegada de estos equipos a campo y por lo tanto ¿en qué momento se necesita contar con los diseños de cimentaciones?

Debido a lo anterior y en virtud de que la ingeniería de detalle es un esfuerzo coordinado de múltiples especialistas, veremos en los próximos capítulos que antes de iniciar esta fase se requiere definir perfectamente su alcance y planear adecuadamente cada una de sus etapas.

## **2.0 ORGANIZACION**

### **2.1 ALCANCE DEL TRABAJO**

#### **2.1.1 Definición de Ingeniería de Detalle.**

La ingeniería de Detalle es la fase dentro del diseño de un proyecto, en la que se generan los dibujos constructivos del mismo.

Adicionalmente, se complementan los dibujos de ingeniería básica, principalmente con información de fabricante y se desarrollan las especificaciones de equipo, materiales y construcción.

Con la información generada durante esta fase, es posible estimar el costo de construcción de la obra en la forma más precisa y por lo tanto, contratar esta etapa.

La ingeniería de Detalle es una de las etapas claves de un proyecto, ya que al pasar de una fase conceptual, como es la Ingeniería Básica, a una de definición constructiva, se involucran a una gran cantidad de especialidades, las cuales se interrelacionan entre sí, debido a que los documentos generados por una especialidad se utilizan para generar otros en diferentes áreas, por lo es primordial una planeación adecuada para esta fase.

Un proyecto es un esfuerzo temporal que tiene un inicio y un fin definidos y dentro de éste se identifican tres etapas que son: Planeación, ejecución y control, las cuales forman parte del ciclo de vida de un proyecto.

Dentro del ciclo de vida del proyecto se pueden definir, también, diversas fases como son:

- Identificación del proyecto
- Planeación del proyecto
- Definición del proyecto
- Ingeniería, procura y construcción
- Arranque e inicio de operación
- Operación y mantenimiento.

Dentro de las tres primeras se debe definir el alcance del proyecto.

Tanto la Ingeniería Básica como las actividades iniciales de la Ingeniería de Detalle son parte primordial de la fase de definición del alcance de un proyecto, ambas pertenecen a la actividad denominada "Front End Loading", que corresponde a las actividades a desarrollar para determinar adecuadamente el proyecto.

Como se observa en la figura 2.1.1 durante las etapas iniciales del proyecto, es cuando se tiene una mayor influencia sobre el mismo y por lo tanto si se tiene una adecuada definición se tendrán mayores posibilidades de éxito. Debido a lo anterior, es por lo que las actividades del Front End Loading deben llevarse a cabo durante esta fase.

Los componentes del Front End Loading son los siguientes:

- Factores de Especificación del Sitio
  - ✓ Plano de localización
  - ✓ Información de suelos
  - ✓ Requerimientos ambientales
  - ✓ Requerimientos de salud y seguridad.
  
- Definición de ingeniería
  - ✓ Actividades de ingeniería
    - Alcance detallado
    - Alimentación de productos y materias primas
    - Diagramas de flujo de proceso
    - Hojas de datos
    - Diagramas de tubería e instrumentación
    - Diagramas unifilares
    - Especificaciones de equipo mayor
    - Estimado de costo
  - ✓ Participación de:
    - Operadores
    - Personal de mantenimiento
    - Personal de ventas
  
- Plan de ejecución del proyecto
  - ✓ Estrategia de contratación
    - ¿A quién?
    - ¿Cómo?
  - ✓ Equipos participantes y su rol
  - ✓ Programa integrado
    - Actividades críticas
    - Identificación de puntos de disparo en uniones
    - Requerimiento de recursos
    - Tiempos extras requeridos
  - ✓ Planes
    - Comisionamiento
    - Arranque
    - Operación
    - Aseguramiento de la calidad

✓ Programas de control de costos

Un Front End Loading pobre corresponde a un 2.8% del costo total del proyecto, mientras que uno que se encuentre dentro de las mejores prácticas recomendadas será del orden del 4.2%, sin embargo, el ahorro total en el costo del proyecto, por llevar a cabo un Front End Loading adecuado puede ser aproximadamente hasta un 20% del costo total.

### 2.1.2 Alcance de la Ingeniería de Detalle

Como se conoce, es en estas primeras etapas, durante las cuales se está conceptualizando el proyecto en donde se puede influir de una manera más notoria en el resultado final del mismo, aún y cuando no son las fases de mayor gasto dentro del proyecto.

De acuerdo a lo anterior, una adecuada definición de alcance en cada una de éstas, permitirá que, en las fases subsecuentes, se tengan menores imprevistos.

El desarrollo de la Ingeniería de Detalle está basado, fundamentalmente, en la ingeniería básica de proceso, en las normas y bases de diseño.

Para contar con un alcance adecuado de la Ingeniería de Detalle, es conveniente, por lo tanto, el tener una ingeniería Básica suficientemente desarrollada.

En cada proyecto varía sensiblemente el grado de desarrollo que se requiere de la Ingeniería Básica, para definir el alcance de la Ingeniería de Detalle. En caso de plantas conocidas, o proyectos duplicados, tal vez sea suficiente con conocer las bases de diseño y el esquema de flujo para determinar las actividades a desarrollar, sin embargo, si el proyecto corresponde a plantas nuevas, modificaciones importantes en la localización de las plantas, sobre todo en el tipo de suelo o cambios importantes al plano de localización o, en el caso de proyectos de integración de plantas, se requiere contar con un desarrollo completo de los diagramas de tubería e instrumentación para poder definir adecuadamente el alcance de la Ingeniería de Detalle.

### **2.1.3 Ingeniería Básica Complementaria**

Cuando una Ingeniería Básica no está suficientemente madura, ya sea porque forme parte de un paquete básico de un licenciador, el cual no puede o quiere desarrollar más trabajo, o por que el tiempo no ha permitido terminarla adecuadamente, es necesario complementarla, por medio de una actividad a la que se denomina "Ingeniería Básica Complementaria" (Front End Engineering) y corresponde básicamente a la complementación de los diagramas de tubería e instrumentación, las hojas de datos y el plano de localización general para incluirles aquellos aspectos del procesos que no estén completos y adicionarles la parte correspondiente a servicios auxiliares. Posteriormente, se detallarán en forma más adecuada las actividades del "Front End Engineering".

Desafortunadamente, de acuerdo a los tiempos en que se requiere desarrollar actualmente un proyecto, con frecuencia no se cuenta con una Ingeniería Básica suficientemente completa para especificar claramente el alcance de las actividades de Ingeniería de Detalle, y en múltiples ocasiones, tanto el "Front End Engineering", como las actividades de inicio de la Ingeniería de Detalle, se llevan a cabo en paralelo.

### **2.1.4 Normas y Especificaciones**

Otro aspecto que se requiere para definir adecuadamente el alcance de la Ingeniería de Detalle es correspondiente a normas y especificaciones que se deben utilizar durante el desarrollo del proyecto.

Una norma es una serie de reglas, conceptos y procedimientos que establecen, en los códigos, los requisitos mínimos de calidad de los elementos que integran un proyecto, definiendo a la vez como alcanzar y comprobar la calidad establecida como requisito básico.

Los Códigos son normas a escala internacional, que han establecido los países altamente desarrollados y que, por lo tanto, definen también los requisitos mínimos de calidad de los equipos y materiales y establecen los procedimientos de pruebas de calidad, clasificando los materiales por sus características físicas y químicas y los tipos de equipos, por sus características, así como las ecuaciones y factores de seguridad que se deben considerar para el diseño de los mismo o elementos de construcción.

Los códigos se revisan frecuentemente con las experiencias obtenidas o las investigaciones efectuadas para los diferentes tipos y clases de materiales y equipos.

Los principales códigos que son utilizados en México provenientes de los Estados Unidos son:

✓ API	American Petroleum Institute
✓ ASME	American Society of Mechanical Engineers
✓ TEMA	Tubular Exchanger Manufacturers Association
✓ UBC	Uniform Building Code
✓ ASTM	American Society for Testing Materials
✓ ANSI	American National Standard Institute
✓ NFPA	National Fire Protection Association

Los estándares pueden ser parte de las normas. Éstos se refieren a dibujos típicos de partes de proyectos, tales como detalles de instalación de instrumentos, separación entre equipos, entre tuberías, espesores y formas de colocar aislamiento, dibujos de escaleras, soportería, etc. Se puede decir que la relación y número de estándares está en correspondencia directa a la experiencia y calidad de la firma o grupo de ingeniería.

Anteriormente definimos qué son las Normas o Especificaciones Generales. Ahora es conveniente definir qué son las Especificaciones del Proyecto. Éstas son las normas en donde se establecen las condiciones específicas para el proyecto de que se trate; en otras palabras, es una adaptación de las Normas a los requerimientos específicos del Proyecto. Para llevar a cabo tal adaptación es necesario conocer las Bases de Diseño, donde se establecen los datos del lugar, leyes locales, las preferencias del usuario del proyecto y la disponibilidad de equipos y materiales en el mercado nacional.

Frecuentemente, el usuario obliga a la firma de ingeniería a utilizar Especificaciones Generales desarrolladas por él mismo. Esto tiene la ventaja de que las instalaciones del usuario estarán siempre bajo un mismo criterio de diseño y la desventaja de un aumento en el costo de ingeniería, ya que el personal de la firma utilizará tiempo en el estudio y aprendizaje de las especificaciones del usuario.

Es importante también, en el caso de utilizar normas y especificaciones propias del usuario, definir correctamente el grado de prioridad que se le va a aplicar a cada una de éstas, ya que el término "La más estricta", no siempre es aplicable y puede conducir a diseños erróneos.

## 2.1.5 Bases de Diseño y Bases de Usuario

De acuerdo a lo antes expuesto, un documento que debe estar completo al inicio de la Ingeniería de Detalle, son las Bases de Diseño, debido a que en él se definen los parámetros a seguir para el desarrollo del proyecto. Este documento normalmente forma parte de la Ingeniería Básica, ya que tiene su inicio antes del desarrollo de ésta y su complementación durante la misma. Más adelante, se definirá en forma más amplia el alcance de este documento.

Otro documento importante, que con frecuencia se utiliza para definir el alcance de la Ingeniería de Detalle, es el que corresponde a las bases de usuario, en el que la parte operativa describe los alcances del proyecto, el tipo de equipos y materiales que requiere, la disponibilidad de área, tipo de equipo, etc.

## 2.1.6 Aspectos para definir el alcance

Adicionalmente y con el objetivo de definir adecuadamente el alcance de un proyecto se deben considerar los siguientes aspectos relativos a la administración del mismo:

- ✓ ¿Por qué se hará el proyecto?
- ✓ ¿Cuáles son las bases del proyecto?
- ✓ ¿Por qué se localizará la planta en un lugar específico?
- ✓ ¿Cuál es el esquema económico del proyecto?
- ✓ ¿Cuál es el tiempo requerido para su ejecución?
- ✓ ¿Cuál es la actividad crítica en el programa del proyecto?
- ✓ ¿Quién hará el diseño de la planta?
- ✓ ¿Quién manejará la procura?
- ✓ ¿Cuál será el esquema de construcción?
- ✓ ¿Cómo se harán los estimados del proyecto y cuál será su grado de aproximación?

En cuanto a aspectos correspondientes a la instrumentación y al control, es conveniente considerar lo siguiente:

- ✓ ¿Existe alguna preferencia por alguna marca de instrumentos?
- ✓ ¿Hay algún tipo nuevo de instrumentos?
- ✓ ¿Cuál es el tipo de control requerido para el proceso?
- ✓ ¿Hay suficiente capacidad para la llegada y salida de señales?
- ✓ ¿Se requiere contar con sistema de control distribuido?
- ✓ ¿Se requiere un sistema de control avanzado?
- ✓ ¿Se requiere un cuarto satélite o un cuarto centralizado?

Con relación a los aspectos de proceso tenemos:

- ✓ ¿Están definidos todos los equipos de la planta?
- ✓ ¿Cuáles son los efectos que se tienen corriente arriba y corriente debajo de la planta?
- ✓ ¿Las instalaciones y facilidades para descarga y almacenamiento de las materias primas son adecuadas?

Con respecto a Civil, Estructuras, Arquitectura y Tuberías, se debe considerar lo siguiente:

- ✓ ¿Se requiere alguna preparación del terreno?
- ✓ ¿Los equipos serán colocados dentro o fuera de algún edificio?
- ✓ ¿Se requiere algún edificio de proceso especial?
- ✓ ¿Se requieren cimentaciones especiales de equipo?
- ✓ ¿Se requieren edificios especiales?
- ✓ ¿Se requiere de un edificio específico para el personal?
- ✓ ¿Las facilidades para el almacenamiento y manejo de producto son adecuadas?
- ✓ ¿Están identificadas todas las interfases que existen en la planta?
- ✓ ¿Cuáles son los materiales requeridos para la construcción de los equipos y materiales?
- ✓ ¿Hay equipos que deban ser suministrados por algún proveedor especial?
- ✓ ¿Para válvulas y tuberías existe algún proveedor recomendado?
- ✓ ¿Cuáles son los requerimientos de aislamiento?

Para el caso de Seguridad, Protección Ambiental y Servicios Auxiliares se debe considerar:

- ✓ ¿Se tienen requerimientos especiales de seguridad dentro de la planta?
- ✓ ¿Cuáles son los requerimientos de protección contra fuego?
- ✓ ¿La planta genera corrientes de desecho?
- ✓ ¿Se deben incluir instalaciones para el tratamiento de efluentes?
- ✓ ¿Qué otro tipo de facilidades deben instalarse en la planta?
- ✓ ¿Hay capacidad suficiente para servicios auxiliares, como son agua de enfriamiento, vapor, aire de instrumentos, etc.?

Finalmente, en el aspecto Eléctrico se debe tomar en cuenta:

- ✓ ¿Cuál es la clasificación de áreas del proyecto?
- ✓ ¿Hay espacio suficiente para la instalación eléctrica?
- ✓ ¿Hay carga suficiente para alimentar a los equipos eléctricos?
- ✓ ¿Se requiere área de alumbrado?
- ✓ ¿Se requiere equipo especial para el sistema de tierras y apartarrayos?

## 2.1.7 Especialidades Participantes

En la Ingeniería de Detalle intervienen ingenieros de muy diversas especialidades, entre los que podemos encontrar a Ingenieros Químicos que ejecutan los cálculos de proceso necesarios para la compra y selección de los equipos, tales como bombas, compresores, torres de destilación; recipientes reactores cambiadores de calor, tuberías, sistemas de control, etc., a través de la complementación de hojas de datos y los diagramas de tubería e instrumentación.

Intervienen también, Ingenieros Civiles, para el cálculo de cimentaciones, drenajes y estructuras, principalmente; Ingenieros Eléctricos, para el cálculo de circuitos eléctricos, subestaciones, centros de control de motores, etc.

Participan Ingenieros Mecánicos para el estudio de esfuerzos en tuberías, trazos de tuberías y el desarrollo de los planos mecánicos de los equipos, principalmente estáticos. Asimismo, trabajan en esta fase Ingenieros Electrónicos para el desarrollo de los planos de alambrado de los sistemas de control.

Intervienen también una gran cantidad de técnicos especializados, principalmente para el diseño de tuberías y estructuras.

De acuerdo a lo anterior los grupos especializados que intervienen en esta fase son los siguientes:

- a) Proceso
- b) Civil
- c) Eléctrico
- d) Instrumentación
- e) Tuberías

Los documentos que generan cada una de estas especialidades tienen diferentes usos, dentro de los que se encuentran los siguientes:

1. Constructivos. Los documentos indican el procedimiento constructivo que se debe seguir, así como las dimensiones, tipo de material y especificaciones que se deben utilizar.
2. Procura. Los documentos generados se utilizan para determinar el tipo de equipo y materiales que se deben comprar, así como sus cantidades. Dentro de este tipo de documentos están las requisiciones de equipos y materiales y las especificaciones técnicas que deben de cumplir.

3. Generación de volumen de obra. Estos documentos son los que determinan los conceptos unitarios, sus cantidades y sus precios para poder definir el precio de la construcción del proyecto.
4. Utilización interna. Los documentos que se generan en la ingeniería de detalle son utilizados por otras disciplinas para poder determinar, a su vez, nuevos diseños constructivos. Por ejemplo un isométrico de tuberías da lugar a un diseño de soportería para la misma.

Las diferentes disciplinas de ingeniería deben trabajar, por lo tanto, relacionadas entre sí para poder llevar a cabo la Ingeniería de Detalle con éxito, por lo que actualmente se están utilizando bases de datos compartidas para que la información que generen estas disciplinas sea la misma que utilicen todos los participantes. En la parte correspondiente al organigrama se detallarán más las diferentes formas en que se debe de operar.

### **2.1.8 Formas actuales de trabajo**

Una forma de trabajo actualmente en boga, es la correspondiente a la Ingeniería Concurrente, mediante la cual todas las especialidades involucradas y los otros participantes en el proyecto, como son los proveedores de equipo, los contratistas y el propio dueño participan en forma conjunta mediante sistemas de redes de comunicación y sistemas de bases de datos relacionales compartiendo la misma información y aportando todos al mismo tiempo al proyecto, logrado con esto que, cuando éste es liberado cuenta con todo tipo de información necesaria y por lo tanto, los tiempos de elaboración total del proyecto se ven reducidos de forma significativa

A fin de garantizar que la información generada durante esta etapa va a servir de una forma óptima a la fase de construcción, a últimas fecha se ha puesto en práctica el concepto de Constructabilidad, el cual es una técnica que involucra al personal con amplia experiencia en construcción, desde la etapa de planeación de la ingeniería de detalle, y es en algunos casos, desde las etapas finales de la ingeniería básica.

La presencia de personal especializado en construcción permitirá que, los documentos que se generen, consideren la mejor forma de llevar a cabo la parte constructiva de cada uno de ellos. Por ejemplo, el desarrollo de un plano de localización que tome en cuenta la mejor secuencia constructiva y los tiempos de fabricación de los equipos, evitará que en medio de la planta quedé una torre de destilación, la cual, por su tiempo de construcción y dimensiones, pudiera retrasar el inicio de construcción de las secciones aledañas.

## **2.2 LISTAS DE DOCUMENTOS**

### **2.2.1 Documentos en la Ingeniería de Detalle.**

En la Ingeniería de Detalle, el resultado final se presenta, principalmente, mediante diagramas, planos, modelos tridimensionales y listas de materiales; la elaboración de ellos requiere, en ocasiones, hacer cálculos laboriosos y repetitivos, cuyo resultado se plasma en los dibujos. Por esta razón las firmas de ingeniería han implementado diferentes programas de cómputo, como: son el cálculo de sistemas de desfogue, cálculo de cimentaciones, estructuras y análisis de esfuerzos, entre otros. Por otra parte, la gran cantidad de planos constructivos que se elaboran en esta parte de la Ingeniería de Proyecto, representa un consumo muy grande de horas hombre, aun el caso de utilizar sistemas asistidos por computadora.

A continuación, se analizarán los principales documentos que se generan en cada una de las diferentes disciplinas que participan dentro del desarrollo de la Ingeniería de Detalle, para un proyecto de plantas industriales.

### **2.2.2 Ingeniería de Procesos**

En esta especialidad de la Ingeniería de Detalle se elaboran documentos que son fundamentales para el inicio de actividades de otras especialidades del diseño.

Para su realización, a su vez, requiere de los documentos que se elaboran en la Ingeniería Básica, de hecho varios de estos, como son los diagramas de tubería e instrumentación, se inician en la etapa básica y se concluyen en la de detalle cuando se tiene información de fabricante de equipos.

Las actividades principales de esta especialidad son:

- ✓ Hojas de datos de equipos de servicios auxiliares.
- ✓ Elaboración de diagramas de tubería e instrumentación de proceso y servicios auxiliares.
- ✓ Elaboración de planos de localización general de equipos.
- ✓ Cálculo de líneas.
- ✓ Diseño de sistemas de desfogue.
- ✓ Elaboración de hojas de datos de instrumentos.
- ✓ Verificación del comportamiento hidráulico de tuberías.

Para el desarrollo de estas actividades se cuenta con diferentes programas de cómputo para el cálculo de líneas de tubería en una y en dos fases, así como redes de tuberías, cálculo de válvulas de control, etc.

La descripción detallada de algunos de los documentos que se generan por esta especialidad se indica a continuación:

□ Diagramas de Tubería e Instrumentación de Proceso.

Estos diagramas contienen todas las líneas de proceso identificadas con diámetro, servicio, número y especificación, incluyendo los accesorios necesarios para su correcta operación; en las estaciones de control se muestra su arreglo, indicando tamaños de válvulas de bloqueo y de desvío, la posición de la válvula de control a falla de aire; los instrumentos numerados; para las válvulas de seguridad se muestra su localización e identificación, indicando su tamaño y diámetros de entrada y salida, mientras que las líneas de servicios muestran su localización e identificación indicando diámetro, número y especificación de las líneas de entrada y salida.

Se indica también la altura tentativa de los equipos que la requieran por proceso y las notas para diseño de tuberías que deban tener consideraciones especiales de diseño, así como, el número total de serpentines a los calentadores a fuego directo.

Estos diagramas se elaboran empleando software de aplicación específica para dibujo y diseño asistido por computadora.

□ Diagramas de Tubería e Instrumentación de Servicios Auxiliares.

Estos diagramas se obtienen de los diagramas de balance de servicios auxiliares y muestran la distribución de diversos servicios a los equipos que así lo requieran (agua de enfriamiento, vapor, condensado, combustible, aire de instrumentos, etc.), así como, la localización relativa de entrada y salida de servicios de acuerdo al plano de localización general; los diagramas incluyen diámetros, número y especificación de tuberías.

□ Lista de Líneas de Proceso.

Esta lista es un sumario de todas las líneas de proceso donde se incluye: diámetro, servicio, numeración y especificación, origen y destino de las líneas, así como presión y temperatura máxima de operación.

□ Plano de Localización General de Equipos.

Este plano involucra el arreglo del equipo, mostrando soportería de tuberías, áreas de mantenimiento, cuartos de control y accesos. Se elabora tomando en consideración aspectos operacionales, de mantenimiento, de seguridad y económicos.

En él se muestra el arreglo de los equipos, considerando vientos dominantes y reinantes, e indicando coordenadas para los equipos: al centro para torres y recipientes verticales, a la línea de tangencia para recipientes horizontales, y al centro de los canales en cambiadores de calor; se representa, además, la separación de equipos respecto a los soportes de tuberías. Las dimensiones de las bombas provenientes de los dibujos de fabricante y cimentaciones de equipo, mientras que para recipientes, torres y cambiadores de calor serán las indicadas por su diseño mecánico.

Se indican también los límites de batería del área requerida, así como la lista de equipo considerada con sus características principales.

□ Diagramas de Tubería e Instrumentación de Desfogue.

Este diagrama se prepara de acuerdo a los diagramas de proceso y de los planos de localización general de equipos, en él se representa, en forma esquemática, el conjunto de líneas que se envían al sistema de desfogue, con dimensiones, numeración y especificación.

□ Hojas de Datos De Válvulas de Seguridad y Relevó.

Las hojas de datos de válvulas de seguridad indican localización, materiales, tipo de válvula de seguridad, condiciones de flujo, temperatura de operación y de relevó, así como la presión de operación y la presión de ajuste de la válvula.

□ Plano de Notas Generales, Leyendas y Símbolos.

En este plano se numeran y se listan todos los planos de localización general de equipos de la unidad de proceso, así como, los diagramas de proceso, servicios auxiliares y diagramas de paquetes de proceso proporcionados por el fabricante, que integran el paquete de ingeniería básica y de detalle para el proyecto, anotándose los códigos de servicio de tuberías y de drenajes. Además, se presenta la simbología de válvulas y accesorios en tuberías y la simbología de instrumentos, indicándose los elementos de medición y las notas generales que aplican en los diagramas de proceso y servicios del proyecto.

□ Índice de Servicios.

En este documento se presentan las condiciones de presión y temperatura de operación máxima de los sistemas de proceso, y en función de estas condiciones, se anotan las especificaciones de tubería empleadas en el proyecto.

### 2.2.3 Ingeniería de Instrumentación

Esta especialidad es responsable de desarrollar los sistemas de control de la planta, así como especificar los instrumentos para su adquisición.

Las principales actividades de esta especialidad son:

- ✓ Diseñar y especificar los sistemas de control del proceso.
- ✓ Elaborar los diagramas lógicos de control.
- ✓ Elaborar los planos de localización de instrumentos.
- ✓ Especificar para su adquisición la instrumentación de la planta.
- ✓ Elaborar los diagramas para instalación de la instrumentación de la planta.
- ✓ Elaborar las especificaciones del sistema de control distribuido.
- ✓ Elaborar las listas de materiales de instrumentos.

La descripción de los principales documentos generados por esta especialidad, se indica a continuación:

□ Índice de Instrumentos.

El índice de instrumentos recopila y conjunta, de una manera ordenada y sistematizada, las principales características y referencias documentales de los distintos circuitos de control e instrumentación auxiliar de una planta. El ordenamiento normal del índice de instrumentos se efectúa con base a las variables de proceso (flujo, nivel, presión, temperatura, análisis, etc.) ó función específica de los circuitos (paquetes, sistemas auxiliares, etc.). Las características y referencias que se incluyen típicamente en un índice de instrumentos son las siguientes:

- Identificación del circuito (Norma ISA S 5.1).
- Servicio o descripción principal del circuito.
- Tipo de componente o funcionalidad del dispositivo.
- Localización del dispositivo; en tubería, localmente, en la parte posterior del tablero principal de control, en la parte frontal del tablero principal de control ó en el sistema de control distribuido.
- Diagrama de tubería e instrumentación en que se indica.
- No. de línea o equipo en el que se instala el dispositivo (\*).
- Diagrama funcional de instrumentación en que se refiere el circuito.

- Hoja de especificaciones en que se describe el dispositivo.

En la etapa de ingeniería de detalle se completa el índice de instrumentos, con la siguiente información adicional:

- Número de requisición de compra del dispositivo.
- Isométrico de tubería en que se indica la instalación del dispositivo (\*).
- Dibujo típico de instalación del dispositivo(\*).
- Información adicional varia.

\* Solo aplica para la instrumentación de campo.

Cuando se genera una base de datos como respaldo a un índice de instrumentos, adicionando información complementaria, se pueden generar otros documentos de una manera muy sencilla, como es el caso de los sumarios de señales de entrada/salida y funciones. Además, se puede tener un mejor y más rápido manejo de la información de los sistemas de instrumentación y control del Proyecto o de la Planta, debido a que no existen diferencias en cuanto a identificación, ya que ésta es la misma en todos los documentos involucrados.

#### □ Diagramas Funcionales de Instrumentación.

Son representaciones esquemáticas de la estructura de un circuito de control, ya sea del tipo abierto o cerrado. Estos diagramas indican las principales funciones e interrelaciones de los constituyentes de los circuitos de control y sirven de base para la generación de otros documentos encontrados en la ingeniería básica de instrumentación. Para la construcción de los diagramas funcionales de instrumentación se utiliza la simbología, nomenclatura y filosofías establecidas por la Norma Internacional ANSI/ISO S 5.1.

El formato de los diagramas funcionales de instrumentación depende del tipo de instrumentación utilizada en cada proyecto y es como sigue:

- a. Para plantas con instrumentación convencional el formato diferencia a la instrumentación local o de campo; a la instrumentación ubicada en la parte posterior del tablero principal de control; y a la instrumentación localizada en la parte frontal del tablero principal de control.
- b. Para plantas con sistema de control distribuido el formato diferencia únicamente a la instrumentación local o de campo y a la instrumentación o funciones incluidas en el sistema de control distribuido.

A diferencia de los diagramas de instrumentación típicos, los diagramas funcionales de instrumentación no muestran los direccionamientos de las tablillas de interconexión de los instrumentos, esto con la finalidad de simplificar la construcción e interpretación de los diagramas funcionales de instrumentación, indicándose dichas tablillas en los diagramas de alambrado asociados, en donde se plasma información más detallada y completa sobre las estrategias de interconexión entre la instrumentación de campo y los sistemas de control.

Los diagramas funcionales de instrumentación se utilizan a través del desarrollo de un proyecto, en aplicaciones como las que se muestran a continuación:

#### 1.- Ingeniería.

- a) Como una herramienta de diseño; el empleo de los diagramas funcionales, cuando éstos se preparan de antemano, ofrece grandes beneficios al facilitar la expresión de la filosofía de control.
- b) Como un complemento a los diagramas de tubería e instrumentación; el diagrama funcional debe mostrar los componentes y accesorios del circuito de instrumentos, enfatizando los requisitos de seguridad y operabilidad.
- c) Como una herramienta para la especificación de instrumentos y sus accesorios.
- d) Como parte de la definición del alcance de instrumentación en un proyecto.
- e) Como un medio de comunicar requisitos a proveedores potenciales.
- f) Como una verificación de que la información presentada y la recibida están completas.
- g) Para la definición de las características del SCD.

#### 2.- Construcción.

- a) Instalación de instrumentos en campo, incluyendo tableros.
- b) Interconexión de instrumentos.
- c) Revisión de instrumentos en los circuitos.
- d) Documentación e inspección.

#### 3.- Puesta en Marcha.

- a) Calibración y revisión antes del arranque.
- b) Como un complemento de los DTI's, los diagramas funcionales pueden usarse como material didáctico de entrenamiento.

#### 4.- Conservación.

- a) Mantenimiento programado y de emergencia.
- b) Modificaciones.
- c) Adecuación (reconstrucción).

#### 5.- Operación

- a) Como un medio de comunicación entre el personal de operación, mantenimiento e ingeniería.
- b) Como material de entrenamiento del personal de operación.

#### □ Hojas de Datos de Instrumentos.

Recopilan la Información de las condiciones de operación del proceso, a las que se encuentran sometido cada instrumento conectado físicamente al proceso. También se incluyen las propiedades de los fluidos del proceso, tanto físicas como químicas, así como, requerimientos específicos de la medición y características importantes del sistema en que se encuentre el instrumento. Las hojas de datos sirven como base para la elaboración de las memorias de cálculo y de las hojas de especificaciones.

Las hojas de datos se clasifican de acuerdo con el tipo de variable que mida el instrumento, considerándose, así mismo, en cada caso, los parámetros requeridos para la realización de cada tipo de cálculo, de dimensionamiento o bien para la especificación del instrumento.

#### □ Hojas de Especificaciones.

Estos documentos permiten definir las características más importantes de todo instrumento, o dispositivo auxiliar, a fin de asegurar la adquisición del equipo mas adecuado para cada servicio. Las hojas de especificación le proporcionan a los fabricantes o proveedores, la información necesaria sobre las características requeridas y sobre las condiciones de operación de los instrumentos, así como las normas y regulaciones a las que ha de apegarse el instrumento o dispositivo suministrado.

Las hojas de especificaciones se definen de acuerdo con cada tipo de instrumento de que se trate, ya que los diferentes tipos o familias de instrumentos tienen características y requerimientos muy particulares, que los distinguen de cualquier otro instrumento.

□ Sistema de Control Distribuido. (SCD).

El SCD, conjuga las ventajas del sistema de control digital centralizado con las ventajas del sistema de control analógico. El desarrollo de la tecnología de integración en gran escala, la evolución de las telecomunicaciones y las técnicas de despliegue de datos y procesamiento de la información ha hecho posible distribuir dispositivos inteligentes alrededor de dichos sistemas, con intercomunicación entre estos dispositivos para proveer facilidades en la operación y el control de las plantas de proceso.

Los componentes básicos de los sistemas de control distribuido son:

- Equipo y accesorios (Hardware). El término "Hardware" engloba a todos los componentes físicos que constituyen al sistema, considerando los aspectos de arquitectura, sistema de comunicaciones, conceptos generales, etc.
- Programas y Procedimientos (Software). El término "Software" engloba a todos los programas, lenguajes y procedimientos necesarios para que los equipos del sistema sean configurados, arranquen, operen, reciban mantenimiento y reparación, considerando los aspectos de compatibilidad, flexibilidad, operatividad y confiabilidad.

Para la especificación de estos sistemas se requiere la siguiente información.

- Índice de instrumentos.
- Diagramas de instrumentación.
- Resumen de señales de entrada/salida.

□ Sumario de Señales de Entrada/Salida y Funciones.

Recopila la información necesaria para que los proveedores de los Sistemas de control distribuido puedan configurar sus sistemas, de la manera mas adecuada para satisfacer los requerimientos operativos de los sistemas de control de cada planta.

El sumario de señales de entrada/salida y funciones de cada planta, se relaciona muy estrechamente con el índice de instrumentos de la misma, a través de la base de datos de instrumentos, a la que se le adicionan algunas características requeridas por los Sistemas de Control Distribuido para particularizar el comportamiento de sus entidades dinámicas, a través de las que se efectúa el control y monitoreo de las condiciones de operación del proceso.

La información que se reporta en el sumario de señales de entrada/salida y funciones, típicamente es la siguiente:

- Identificación .
- Servicio con tamaño del campo de acuerdo con el SCD en particular.
- Clave contracta del servicio (según se requiera).
- Información de la señal de entrada; origen, rango o tipo y acondicionamiento requerido.
- Información de la función asociada; tipo y ajustes.
- Información de la señal de salida; tipo, destino.
- Información complementaria para la configuración; como sea requerida por el proveedor.

□ Sumario de Alarmas Paros y Arranques.

Este documento contiene la información necesaria de los puntos de ajuste para alarmas, paros y arranques, para su elaboración se requiere el índice de instrumentos, hojas de datos de instrumentos, filosofía de operación, hojas de datos de equipo, DTI de desfogue (puntos de relevo de válvulas de seguridad),. es un documento básico para la configuración del SCD.

□ Esquemas de los Desplegados Gráficos.

Son representaciones simplificadas de un proceso, de una sección de un proceso, de un equipo o de una sección de un equipo, cuya operación y supervisión puede ser aislada de otras secciones del proceso y que es factible representar dentro del espacio disponible de un monitor de un SCD.

Los parámetros que definen el criterio que ha de utilizarse para el seccionamiento de los esquemas de proceso, son: el número y complejidad de los equipos, así como, el número de puntos de monitoreo y control que se tengan, de tal manera que sean adecuados para que un operador pueda realizar una operación eficiente y segura de la sección del proceso representada.

Para la construcción de los desplegados gráficos se deberán establecer y seguir normas y estándares con el propósito de fijar convenciones para la interpretación de colores y símbolos, para la definición de funcionalidades que se aplican, así como para definir procedimientos de dibujo que han de seguirse. A través de la selección o toque de una sección de la pantalla, se debe realizar una función preestablecida. Las funciones mínimas que deberán poder ser ejecutadas son:

- Invocación de otro gráfico o página del sistema.
- Invocación de una ventana.
- Selección de un instrumento, para su supervisión o manipulación.
- Ejecución de rutinas.

Funciones adicionales que los desplegados gráficos deben tener, son las siguientes:

- Actualización periódica de la información, desde su base de datos.
- Cambio del color de los objetos y textos, por condicionamiento o estados de las variables de proceso (0-1, si-no, existencia-no existencia).
- Variación en el patrón de una figura o contenido de un texto, por cambio en el estado de las variables de proceso.
- Centelleo de los objetos o textos por condicionamiento del estado de las variables del proceso.
- Cambio proporcional en el tamaño de una barra, por cambio en el valor de una variable analógica asociada de la base de datos.

Se pueden construir diferentes tipos de desplegados gráficos, siendo los más representativos los siguientes:

- a) Gráficos de vista general. Son representaciones del diagrama de flujo de proceso, en donde sólo se indican los equipos y líneas principales del mismo. Deben tener la característica que, mediante el toque de pantalla o selección, se deberá invocar un gráfico de vista parcial (si se hubiese configurado) o un gráfico dinámico, en que se encuentre el equipo que ha sido seleccionado.
- b) Gráficos de vista parcial. En el caso de procesos de alta complejidad, se deberán crear gráficos de vista parcial, en donde se representan secciones completas de un proceso mayor. Con las mismas características que los gráficos de vista general.
- c) Gráficos dinámicos. El objetivo principal de un gráfico dinámico, es el de poder ser una herramienta eficaz de operación que permite un fácil monitoreo de las condiciones de operación de los procesos, asegurando, a su vez, que el operador pueda tener el control total de este proceso, mediante la apropiada manipulación de los elementos finales involucrados.

Los esquemas de los desplegados gráficos deberán ser entregados a los fabricantes de los sistemas de control distribuido, con las características necesarias para que se puedan construir en los SCD's, de acuerdo con los requerimientos establecidos anteriormente.

□ Dibujos Típicos de Instalación.

Utilizando las especificaciones de tubería, los requerimientos particulares de cada instrumento y las filosofías del cliente, se diseñan los arreglos de tuberías y accesorios más adecuados para permitir la instalación óptima de los nuevos instrumentos y dispositivos de control, en términos de operación y mantenimiento.

□ Plano de Localización de Instrumentos.

Normalmente se elaboran dos planos, uno para instrumentación, que requiere suministro de aire (válvula de control, convertidores) y otro para la instrumentación con señalización electrónica. La ubicación exacta de los instrumentos se realiza sobre un plano general de localización de equipo y se utilizan, como fuente de información, los planos isométricos de tubería. Estos planos se requieren para realizar actividades como tendido de subcabezales de suministro de aire y cableado.

□ Sistema General de Alimentación a Instrumentos.

En este plano se indican las trayectorias de tubería conduit que portan los conductores con señales digitales, analógicas y de termopar, desde los instrumentos que las generaron, indicándose también las cajas de paso. Este plano se complementa con el de cédulas de cables y conduit.

□ Cédulas de Cables y Conduits.

Este plano, indica el diámetro y longitud de los conduits, longitud de cables, así como el número de conductores por tramo de tubería.

□ Alambrado de Cajas de Paso para Señales de Instrumentos.

En este plano se indican las terminales a que se conectarán los conductores provenientes de los instrumentos y se le asignará un par de conductores del multiconductor que lleva la señal al cuarto de control.

□ Diagramas Lógicos de Control

Como parte de las estrategias de control de las plantas, es necesario establecer secuencias de protección de equipos y de paros ordenados, para lo cual se desarrollan los llamados diagramas lógicos de control.

Los diagramas lógicos de control son un conjunto de dispositivo (compuestas, memorias, inversores, etc.), por medio de los cuales cuando un elemento o elementos de entrada (interruptores, sensores, botones, etc.) detectan alguna anomalía dentro de un sistema o proceso, es posible desencadenar o provocar una o varias acciones en los dispositivos de salida (válvulas, relevadores, luces, etc.) en un orden lógico prefijado, con el objeto de mantener al sistema o proceso bajo control.

Para el desarrollo de estos diagramas se requiere de la siguiente información:

- DTI's (diagramas de tubería e instrumentación).
- Diagramas de instrumentación.
- Filosofías de operación.
- Descripción del proceso.
- Especificaciones de instrumentos involucrados.

□ Sistema de Tierras en Cuarto de Control para el SCD.

En este plano se especifica la red de tierras adecuado para proteger al personal y los equipos dentro del cuarto de control. Esta red es independiente de la red de tierra de la planta.

□ Sistema de Fuerza y Cuadros de Carga para el SCD.

Se determina en este plano la alimentación a los componentes del SCD definiendo cableado, tableros de distribución, etc.

□ Distribución de Charolas para Conducción de Señales en Cuarto de Control y Acometidas de Tubería Conduit.

Este plano indica el arreglo de charolas para cables de señalización de instrumentos, de acuerdo a la ubicación de los gabinetes.

□ Alambrado del Gabinete de Interfase "Marshalling".

En este plano se agrupan las señales de acuerdo a su tipo (digital, analógica; termopar) con el fin de organizar todas las señales que vienen de campo y su interconexión en los gabinetes, sirve también para identificar señales al realizar pruebas de campo y cierre de loops, sin que el personal no autorizado tenga acceso.

- Diagramas de Control de Motores Relacionados con el SCD

En este diagrama se muestra la interconexión de motores y el SCD.

- Alambrado de Relevadores Auxiliares.

Este plano nos muestra el acoplamiento entre señales de 24 VCD del SCD y los arrancadores de motores de 120 VAC.

- Alambrado Punto a Punto de Instrumentos de Campo a CC.

Se indica el alambrado de todas las señales de instrumentos provenientes de cajas de paso a los gabinetes "Marshalling" o a los gabinetes del SCD.

- Arreglo de Equipo en Cuarto de Control

En este plano se indica la ubicación de los equipos que comprende el SCD, como son: sistema de fuerza ininterrumpible, tablero de distribución de fuerza, tablero de interfase "Marshalling" y gabinetes del SCD.

- Dimensionamiento Preliminar del Cuarto de Control.

Para dimensionar el cuarto de control, es necesario contar con el resumen de señales de entradas y salidas, con lo que se obtiene el número de gabinetes que se necesitan para el sistema de control distribuido, considerando los tableros de relevadores que se alojarán en este cuarto, las maniobras de mantenimiento, el espacio para el aire acondicionado y/o calefacción, se hace un estimado del área requerida.

- Hojas de Datos de Válvulas de Control.

Este documento indica tipo de válvula de control, tamaño preliminar del cuerpo, tipo de brida, característica del tapón y condiciones de diseño para la válvula.

## 2.2.4 Diseño de Tuberías

La finalidad de esta especialidad es lograr diseños de tuberías funcionales, de acuerdo a las necesidades del proceso, de operación y mantenimiento.

Las actividades de Diseño de Tuberías se realizan tomando como base los diagramas de tubería e instrumentación y el plano de localización general de equipo y se continúan con información de casi todas las demás especialidades, complementándose con dibujos de fabricante; asimismo, la información generada por esta especialidad es fuente de información para otras, como son Análisis de Esfuerzos, Recipientes, etc.

Las principales actividades del Diseño de Tuberías son:

- ✓ Elaborar diseños de tuberías de proceso y servicios auxiliares que llenen los requisitos de seguridad, montaje, operación, mantenimiento y economía.
- ✓ Elaboración de planos de tuberías con vista en planta y a diferentes elevaciones.
- ✓ Elaboración del modelo tridimensional de la planta.
- ✓ Elaboración del plano de entradas y salidas.
- ✓ Elaboración de diseños de tuberías subterráneas, tales como: drenajes y tuberías contra incendio.
- ✓ Elaboración de isométricos.
- ✓ Localización de boquillas en recipientes.
- ✓ Localización de plataformas y escaleras.
- ✓ Elaboración de listas de materiales.
- ✓ Elaboración de requisiciones de materiales especiales.
- ✓ Elaboración de volúmenes de obra.

Actualmente, la mayoría de los diseños de tuberías son basados en el modelo tridimensional de la planta, dentro del cual, no solo se incluyen las tuberías, sino también se indican equipos, localización de escaleras, cimentaciones, estructuras, etc., lo cual permite detectar posibles interferencias entre los distintos componentes del sistema, evitando así que estos problemas se detecten hasta la etapa de construcción.

Para la realización de dibujos isométricos de líneas de tuberías, que servirán para la fabricación de las piezas de tubería y montaje de la misma, se cuenta con programas de cómputo que desarrollan estos dibujos a partir de las coordenadas incluidas en el modelo tridimensional, elaborando adicionalmente las listas de materiales de tubería, válvulas, accesorios y aislamiento.

A continuación, se indican los principales documentos que desarrolla la especialidad:

□ Planos de Plantas de Tuberías.

La información contenida en los planos representa la vista en planta del área, concerniente entre los niveles requeridos y son usadas para el montaje de tuberías y soportes. Los planos de construcción de tuberías son complementados por los isométricos correspondientes y vistas ortogonales, si es necesario, para detallar la ruta de tubería del área bajo consideración. El contenido de los documentos incluye lo siguiente:

- Norte de construcción.
- Límites de batería y/o áreas con coordenadas.
- Referencias (número de los dibujos de las áreas adyacentes).
- Dibujos de referencias.
- Plano clave de la planta en consideración, con los números de todas las áreas y sombreando el área cubierta con el dibujo.
- Notas generales y simbología.
- La elevación inferior y superior del corte que muestra el área física representada.
- Elementos principales (trabes y columnas) de estructuras, edificios y racks.
- Representación de todos los equipos con su identificación.
- Identificación de boquillas de equipos que conectan a tuberías, proporcionando la información siguiente: Número de boquilla, rango (libraje), cara y elevación.
- Localización e identificación de instrumentos.
- Identificación de válvulas de control.
- Ruta de tuberías de diámetro mayor de proceso y servicios, indicando los componentes de instrumentación y soportes.
- Número de la línea, elevación a línea de centro, cambios en diámetro y especificación de material para todas las tuberías.
- Los planos se elaboran en escala 1:25.

□ Información Contendida en el Plano de Localización General de Equipo.

La información contenida en el plano de localización general de equipos es la siguiente:

- Información gráfica de cada uno de los equipos con su identificación y sus coordenadas de localización.
- Norte de construcción.
- Límites de batería y/o de área con coordenadas.
- Dibujos de referencia.
- Representación gráfica de soportes elevaciones (Racks), edificios, estructurales con sus coordenadas de localización e identificación.
- Notas generales
- Representación gráfica de áreas de extracción de haz de tubos en cambiadores de calor.

□ Plano de Tubería Subterránea.

La información contenida en el plano de tubería subterránea es la siguiente:

- Representación gráfica de cada una de las cimentaciones de los equipos.
- Representación gráfica de los soportes de tubería (Rack), estructuras, edificios, etc.
- Norte convencional.
- Límites de batería y/o áreas con coordenadas.
- Referencias (número de los dibujos de las áreas adyacentes), si se requiere.
- Dibujos de referencia (plano clave), si se requiere más de un plano.
- Plano clave de la planta en consideración, con los números de las áreas y achurando el área cubierta por el dibujo (si se requiere más de un plano).
- Localización e identificación de los registros y coladeras indicando niveles de arrastres.
- Representación gráfica de las áreas de cada uno de parteaguas.
- Rutas de tubería para drenaje pluvial, aceitoso, químico vaciado de equipo, y sistemas de contraincendio y agua de enfriamiento identificando cada una de ellas, acotadas a puntos de referencia.
- Localización de monitores y tomas de mangueras del sistema contraincendio.
- Detalles típicos aplicables a los sistemas de drenajes contra incendio y agua de enfriamiento.
- Identificación de áreas que requieren concreto reforzado.
- Diámetros de tuberías.

□ Plano de Notas Generales.

La información contenida en el plano de notas generales es la siguiente:

- Notas generales en las cuales se incluyen prácticas de ingeniería de la firma, normas de diseño relacionadas con los sistemas de tuberías y criterios de diseño.
- Notas de fabricación, en las cuales se incluyen una serie de criterios a seguir para localizar los elementos de cada uno de los componentes de los sistemas de tuberías (instrumentos, bridas, parches de refuerzo, etc.) en la etapa de prefabricación.
- Notas para la construcción, en las que se incluyen una serie de normas que se deben aplicar en la instalación y montaje de los arreglos de tuberías.

□ Plano de Líneas de Entrada y Salida.

La información contenida en el plano de líneas de entrada y salida proporciona la información necesaria para realizar las interconexiones con las líneas de salida y/o entrada a la planta. Este plano contiene la siguiente información:

- Cortes de tubería en planta dependiendo de los niveles del rack de tuberías, con la identificación de cada una de las líneas y su localización respectiva, la localización de la plataforma de operación de válvulas, localización de válvulas de corte, placas reversibles e instrumentos de medición.
  - Un croquis del área de la planta indicando las diferentes estaciones de interconexión de las líneas de entrada y salida de límite de baterías de la planta, con integración (drenajes, agua de enfriamiento y sistema contraincendio).
  - Una tabulación que incluye: No. de identificación de interconexión, No. de estación, diámetro y No. de línea, elevación de las tuberías a línea de centro, conexiones suministradas (tipo rango y cara), especificación de material, dibujo de referencia, servicio, gasto (normal y máximo), presión y temperatura.
- Isométricos

El dibujo en isométrico, representa una vista tridimensional de cada uno de los arreglos de tuberías, por número de línea mayor a 2" de diámetro. Este es la base para una correcta prefabricación y el ensamble de cada uno de los arreglos de tuberías. La información contenida en éste es la siguiente:

- Norte convencional.
- Trazo de la línea.
- Dirección de flujo.
- Notas de referencia (plano de notas generales).
- Localización de instrumentos y No. de identificación.
- Coordenadas de referencia:
- Tramos rectos de tuberías.
- Lista de material.
- Nombre de línea.
- Condiciones de operación.
- Porcentaje de radiografiado requerido.
- Especificación de material.
- Espesor y tipo de aislamiento.
- Requerimiento de relevado de esfuerzos.
- Lista de material.
- Dibujos de referencia.
- Ensamblajes con otras líneas.

- Parches de refuerzos (si se requieren).
- Control de emisiones y revisiones.
- Indicación de drenajes y venteos (para operación o para prueba).
- Identificación de válvulas de control y alivio.

□ **Plano Clave de Dibujos**

Este plano es realizado basándose en el plano de localización general de equipo, y su función es la de limitar las áreas de cada uno de los planos de tuberías en planta y elevación, así como la de los soportes elevados. Este plano contiene la siguiente información:

- Indicación del área que incluye cada uno de los planos de tuberías en planta y elevación, indicando el número del área dentro de un círculo.
- Indicación del área que incluyen cada uno de los planos de tuberías sobre soportes elevados, indicando el número del área en un rectángulo.
- Norte de construcción.
- Una tabulación indicando la correlación de cada una de las áreas con los números de los planos correspondientes al área.
- Simbología.
- Notas generales.
- Dibujos de referencia.

### **2.2.5 Diseño de Análisis de Esfuerzos**

Se elabora el análisis de esfuerzos de las tuberías limitando las mismas a los valores permitidos por los códigos y ajustando las reacciones a los valores que resultan aceptables por los equipos que interconectan.

Las principales actividades que, sobre el Análisis de Esfuerzos se realizan son:

- ✓ Analizar los esfuerzos producidos en los sistemas de tuberías por efectos de temperatura, presión y peso propio.
- ✓ Analizar las líneas críticas.
- ✓ Diseñar juntas de expansión, curvas de expansión, resortes y en general todos los soportes para tuberías.
- ✓ Elaborar dibujos de detalle y localización de soportes de tuberías.
- ✓ Seleccionar resortes y juntas de expansión, evaluarlos técnicamente y especificar para su adquisición los más convenientes.

Esta área de ingeniería es muy especializada y debe dar solución, tanto a los esfuerzos en tuberías, como los que se producen sobre los diferentes equipos de proceso.

Los principales documentos que se elaboran se describen a continuación:

- Dibujo de Apoyos para Tuberías en Recipientes Verticales.

Dibujos de detalles constructivos y montaje de apoyos para tuberías (bajantes) en equipos verticales.

- Dibujo de Guías para Tuberías en Recipientes Verticales.

Dibujos de detalles constructivos y montaje de guías para tuberías (bajantes) en equipos verticales.

- Apoyos para Tuberías.

Detalles de diseño y construcción de apoyos para tuberías. (Apoyos de diseño especial que no aparecen en los estándares).

- Guías para Tuberías

Detalles de diseño y construcción de guías para tuberías (guías de diseño especial que no aparecen en los estándares).

- Grapas para Soportes de Tubería en Recipientes.

Detalles de diseño, montaje, orientación, etc. de grapas o clips para los apoyos y guías de tuberías en recipientes.

- Detalles de Apoyos Típicos.

Dibujos de detalle de soportes y aditamentos típicos para la soportería de tuberías.

- Resortes para Tuberías.

Dibujos de detalle (características, tamaño, rigidez, montaje, etc.) de resortes para tuberías.

- Procura de Resortes Para Tubería

Elaboración de requisiciones de resortes necesarios en la soportería de tuberías.

- Edición de Isométricos de Soportería (Cta. "N")

Edición de isométricos en donde se indica localización, tipo, etc. de soportes para las tuberías.

- Detalles de Muñones para Tuberías.

Dibujo de detalle para la colocación y fabricación de muñones para tuberías.

- Localización Dimensionamiento Loop's de Expansión.

Diseño, cálculo, detalles de soportería para Loop's de expansión.

- Apoyos Típicos para Líneas de Diámetro Menor.

Notas, criterios de soportería, detalle de apoyos para líneas de 2 1/2" de diámetro y menores.

- Estructuras Especiales.

Detalles de construcción y montaje de estructuras especiales para tuberías: (Postes, estructuras adicionales en rack, edificios, etc.)

- Análisis de Esfuerzos en Tuberías.

Análisis de flexibilidad y esfuerzos en sistemas de tuberías críticas, mediante el uso de un programa de computadora. Además de la revisión de resultados contra el código de diseño. Elaboración y archivo de las memorias de cálculo.

- Aprobación de Isométricos de Tuberías (Cta. "F")

Revisión y aprobación de isométricos de tuberías (flexibilidad, parches de refuerzo, etc.)

- Volumen de Obra.

Elaboración del volumen de materiales requeridos para la soportería (apoyos, guías, estructuras especiales, etc.) de tuberías.

- Prácticas no Permitidas.

Recomendaciones de construcción sobre prácticas y métodos empleados en campo los cuales no están aprobados como un parámetro del "Control de Calidad".

### **2.2.6 Diseño de Equipo de Transferencia de Calor**

El objetivo de esta especialidad es el de efectuar el diseño termodinámico y mecánico de los equipos.

La información para efectuar el diseño del equipo se recibe como parte de la Ingeniería Básica, en esta etapa se efectúa el diseño termodinámico de los equipos y posteriormente durante el desarrollo de la Ingeniería de Detalle se realiza el diseño mecánico de los mismos.

Las principales actividades de la ingeniería de Transferencia de Calor son:

- ✓ Realizar cálculos y diseño de cambiadores de haz y envolvente.
- ✓ Realizar cálculo y diseño de cambiadores de doble tubo.
- ✓ Realizar cálculo y diseño de calentadores a fuego directo.
- ✓ Elaborar dibujos en detalle, dimensionales especificaciones y listas de materiales de estos equipos para su adquisición.

Los programas de cómputo, con los que se cuenta, efectúan el análisis de diferentes alternativas, para seleccionar el óptimo.

Los principales documentos que se generan dentro de esta especialidad son:

- Hoja de Especificaciones de Cambiadores de Calor.

La hoja de datos de cambiadores de calor se puede dividir en cuatro secciones.

La primera sección, además de contener información general como: Nombre del cliente, nombre y localización de la planta, y clave del equipo; presenta: tamaño, posición y tipo de equipo; área de transferencia y arreglo de envolventes.

En la segunda sección se muestran las condiciones de operación por unidad de intercambio, indicándose, entre otros datos: propiedades termofísicas y temperaturas a la entrada y salida de ambos fluidos; presión y caídas de presión en ambos fluidos; y, número de pasos y factores de ensuciamiento de ambos fluidos, así como, carga térmica, coeficientes globales de transferencia de calor y diferencia logarítmica media de temperaturas corregida.

En la tercera sección se indican los datos de construcción por envolvente, presentando, entre otros conceptos, la siguiente información: condiciones de diseño, geometría del equipo y materiales de construcción.

Finalmente, en la cuarta sección, se pueden indicar notas y/o observaciones así como representar esquemáticamente el equipo.

□ Requisición de Cambiadores de Calor de Tubos y Envolvente.

En este documento se indican, como información general, el nombre y localización de la planta, el número de requisición, etc.

Los equipos a requisitar se clasifican por partidas, indicándose la cantidad de equipos. Adicionalmente, se hace una descripción de cada partida incluyendo conceptos como: partes de repuesto, llenado con nitrógeno, etc.

A continuación se indican las especificaciones, códigos, estándares y dibujos a los cuales se deberán apegar los proveedores en su cotización.

Finalmente, se indican las responsabilidades y garantías que el proveedor deberá tener en la fabricación del equipo, así como, las penalidades que se aplicarán en caso de incumplimiento.

□ Requisición de Internos de Torres

Como información general se indican, principalmente: el número de requisición, el nombre y localización de la planta, etc.

Los internos a requisitar se clasifican por partidas, indicándose la cantidad de internos. Adicionalmente, se hace una descripción de cada partida incluyendo conceptos como: tinas de sello, plato de alimentación, etc.

A continuación se indican las especificaciones, códigos, estándares y dibujos a los cuales se deberán apegar los proveedores en su cotización.

Finalmente, se indican las responsabilidades y garantías que el proveedor deberá tener en la fabricación del equipo, así como, las penalidades que se aplicarán en caso de incumplimiento.

□ Paquete de Requisición de Eliminadores de Niebla

Como información general se indican, principalmente: el número de requisición, el nombre y localización de la planta, etc. Los eliminadores de niebla a requisitar se clasifican por partidas, indicándose la cantidad de eliminadores. Adicionalmente, se hace una descripción de cada partida incluyendo conceptos como: partes de repuesto, soportes, etc.

A continuación se indican las especificaciones, códigos, estándares y dibujos a los cuales se deberán apegar los proveedores en su cotización. Finalmente, se indican las responsabilidades y garantías que el proveedor deberá tener en la fabricación del equipo, así como, las penalidades que se aplicarán en caso de incumplimiento.

□ Dibujo de Arreglo General de Cambiadores de Calor.

Incluye datos de diseño, materiales de construcción, listado de boquillas, secciones transversales de boquillas, silletas y elevación del cambiador de calor.

□ Dibujo de Arreglo y Detalles de Cambiadores de Calor.

Incluye la plantilla de barrenado, notas de fabricación, arreglo del haz de tubos indicando número de mamparas, espaciamiento, detalle de placa de choque, dimensionado de todos los elementos como: bridas principales, espejos, tapas, cabezales, empaques, etc.

□ Dibujo de Arreglo General de Enfriadores por Aire.

Incluye arreglo general del enfriador con aire con vistas: frontal, longitudinal y en planta, materiales de construcción, descargas a la cimentación, esfuerzos permisibles en boquillas, etc.

□ Dibujo de Arreglo y Detalles de Haz de Tubos y Bastidor.

Incluye corte longitudinal y vista frontal, plantillas de barrenado de cabezales, detalles de ensamble.

□ Dibujo de Estructura Principal y Cajas de Aire.

Incluye vista en planta, detalles de ensamble de columnas con paredes y conexiones con los contraventeos.

- Dibujo de Lámina Inferior para Caja de Aire y Anillo Ventilador

Incluye vista en planta de lámina de sello, corte transversal del anillo ventilador y barrenado de lámina para ensamble de caja de aire.

- Dibujo de Estructura Soporte del Motor y Ventilador.

Incluye vista en planta, corte longitudinal y detalles de ensamble para montaje de motor.

- Dibujo de Pasillos y Escaleras de Acceso a Cabezales.

Incluye vista en planta, cortes transversales y detalles de ensamble de la estructura.

- Dibujo de Arreglo General del Sistema de Transmisión de Potencia.

Incluye corte transversal del arreglo del sistema de transmisión de motor, rodamientos, soportes y especificaciones de componentes.

### **2.2.7 Diseño de Recipientes**

El objetivo de esta especialidad es el diseño mecánico de recipientes y torres, así como el efectuar los dibujos dimensionales que mostrarán este diseño y elaborar las especificaciones técnicas requeridas para su adquisición.

El diseño de recipientes es un esfuerzo combinado de ingenieros de proceso, ingenieros mecánicos y fabricantes de equipos.

Las actividades principales del diseño de recipientes son:

- ✓ Diseño de recipientes atmosféricos API.
- ✓ Diseño de recipientes a presión y atmosféricos
- ✓ Diseño de torres a presión, atmosféricas y a vacío.
- ✓ Diseño de soportes de internos de torres.
- ✓ Diseño de reactores.
- ✓ Especificaciones para la adquisición de estos equipos.
- ✓ Aprobación de planos de fabricantes de recipientes.

El diseño mecánico se basa en códigos internacionales como ASME (American Society of Mechanical Engineers) en sus diferentes secciones o el API (American Petroleum Institute) en sus diferentes normas aplicables a tanques de almacenamiento.

Se cuenta con programas de cómputo que hacen el análisis de cargas externas sobre cascarones y boquillas, utilizando la técnica del elemento finito.

Los principales documentos que se desarrollan en esta especialidad, se listan a continuación:

□ Dibujo de Diseño (Preliminar).

En esta etapa se elabora el croquis del dibujo con sus detalles, datos de diseño, dibujos de referencia, pesos y capacidades, especificación de materiales y lista de boquillas, dicha información sirve para cotizar el equipo.

□ Requisición.

Es el documento donde además de listar los equipos que ampara dicha requisición, se describen los requisitos que deben cubrir los proveedores, tanto en el aspecto técnico como comercial, además de la penalización en caso de incumplimiento.

□ Lista de Proveedores.

Es el documento en donde se listan los proveedores invitados a ofertar la requisición antes descrita.

□ Estándares.

Son los documentos donde se describen dibujos o notas comunes en un dibujo de diseño y los cuales sirven como complemento del mismo (tolerancias, patas para soporte, placa de identificación, etc.)

□ Prácticas de Ingeniería (Recipientes A Presión O Atmosféricos).

En este documento se describen los requisitos de diseño, fabricación, inspección, pruebas y embarque, que los proveedores deben cumplir en caso de que se les asigne el pedido.

- Cuestionario Técnico.

Documento que se proporciona a los proveedores invitados, el cual contiene los requisitos mínimos que deben considerar; una vez contestado deberá enviarlo con su oferta, ya que es la principal información que sirve para su evaluación.

- Tabulación Técnica.

Documento donde se integra la información que envían los proveedores y en el que se argumenta si cumple o no técnicamente el proveedor.

- Dictamen Técnico.

En este documento se listan los proveedores seleccionados, indicando los motivos que originaron su preferencia.

- Dibujo de Diseño Final.

En esta etapa el dibujo además de la información generada en la edición preliminar, se le anexan los dibujos de referencia generados por los demás especialistas (Tuberías, Civil Acero y Análisis de Esfuerzos).

- Aprobación de Dibujos para Fabricación.

Una vez asignado el pedido, el proveedor está obligado a enviar sus dibujos de fabricación para ser aprobados. Dichos dibujos están basados en la información que se les entregó en la requisición.

### **2.2.8 Diseño Civil**

En esta área de la ingeniería de detalle se hacen todos los trabajos de ingeniería de civil de concreto y acero, tales como, cimentaciones de equipo de edificios y estructuras metálicas.

Es una especialidad que requiere trabajar coordinadamente con otras como son: Tuberías, Arquitectura, Recipientes, etc., además de información de fabricante de equipo.

El área de civil se divide en Civil Acero y Civil Concreto.

Dentro del área de Civil Acero se tienen actividades tanto dentro de plantas industriales como de plataformas marinas.

Las principales actividades de ingeniería de Civil Acero en plantas industriales son:

- ✓ Analizar y diseñar edificios y estructuras para apoyo y servicio de equipos.
- ✓ Analizar y diseñar soporterías y apoyos especiales para tuberías.
- ✓ Elaborar los diseños de cobertizos.
- ✓ Analizar y diseñar cobertizos para equipos o naves industriales.
- ✓ Diseñar plataformas para operación y mantenimiento en equipos verticales y horizontales.
- ✓ Analizar y diseñar estructuras modulares o skids.

Las principales actividades de la especialidad de Civil Acero dentro de plataformas marinas son:

- ✓ Análisis y diseño por arrastre (módulo habitacional, superestructura y subestructura).
- ✓ Análisis y diseño por transportación.
- ✓ Análisis y diseño por izaje.
- ✓ Análisis y diseño por operación en sitio.
- ✓ Análisis y diseño por flotación (Subestructura).

Los principales documentos que se generan dentro de esta especialidad se describen a continuación:

□ Dibujos Estructurales:

Contienen la información necesaria para la fabricación de la estructura mostrada, también se indican las especificaciones de los materiales a emplear y algunas recomendaciones de fabricación y montaje. Se incluye en estos documentos, por lo tanto:

- a) Plantas, elevaciones, cortes, conexiones y detalles con la información necesaria para la elaboración de los planos de taller, los cuales serán responsabilidad del fabricante de la estructura.
- b) Lista de materiales con la descripción de los materiales utilizados y sus cantidades correspondientes.
- c) Notas Generales que incluyen toda clase de información correspondiente a materiales, acotaciones, dimensiones, especificaciones, cargas de diseño, montaje, etc.
- d) Notas específicas que determinarán detalles importantes que deberán ser tomados en cuenta.

□ Volumen de Obra:

Se indican en detalle todos los materiales, cantidades y alcances de fabricación, montaje, accesorios y pintura a emplear.

El área de Civil Concreto es responsable de las actividades siguientes:

- ✓ Realizar estudios topográficos (altimetría y planimetría), previos o complementarios a los proyectos en desarrollo,
- ✓ Requisar, supervisar, interpretar y certificar estudios de mecánica de suelos, previos o complementarios a los proyectos en desarrollo.
- ✓ Elaborar, revisar o certificar especificaciones generales o requisitos específicos de los diferentes proyectos, en lo relacionado al análisis, diseño y construcción de obras civiles.
- ✓ Analizar y diseñar cimentaciones de todo tipo de equipos, con base en los códigos y criterios de diseño, establecidos, respetando y adoptando las recomendaciones del estudio de mecánica de suelos.
- ✓ Analizar y diseñar cimentaciones de todo tipo de equipos, con base en los códigos y criterios de diseño establecidos, respetando y adoptando las recomendaciones del Estudio de Mecánica de Suelos.
- ✓ Análisis y diseño de estructuras de soporte y cimentaciones de equipo rotatorio (comportamiento dinámico) que garanticen un comportamiento óptimo en condiciones de operación, durante vida útil.
- ✓ Análisis y diseño de estructuras de concreto, para soporte de tuberías, equipos e instalaciones complementarias.
- ✓ Análisis y diseño estructural de edificaciones, basándose en el diseño arquitectónico de éstos y a las condiciones de servicio especificadas (a prueba de fuego o explosión). Cumpliendo con los códigos y normas especificadas en las bases de diseño o del proyecto.
- ✓ Análisis y diseño de pavimentos rígidos y flexibles.
- ✓ Diseño de urbanizaciones, vialidades, banquetas, guarniciones y áreas verdes.
- ✓ Análisis y diseño de drenajes pluviales y sanitarios. Así como de todas las obras civiles complementarias relacionadas con éstos.
- ✓ Análisis y diseño estructural de tanques y fosas de concreto, de todo tipo de servicios.
- ✓ Diseño geométrico de vías secundarias de ferrocarril (escapes, patios, espuelas, etc.).
- ✓ Realización y descripción de: especificaciones y procedimientos de construcción de todo tipo de obra civil. Así como, cuantificación y descripción de volúmenes de obra.
- ✓ Elaborar el cálculo y diseño de cuartos de control y los edificios que se requieran en un proyecto.
- ✓ Elaborar los planos de diseño y localización de pilotes.
- ✓ Elaborar el plano clave de cimentaciones.
- ✓ Elaborar los planos para el diseño de oficinas y talleres.
- ✓ Elaborar los diseños de marcos de soportería.

### 2.2.9 Diseño Eléctrico

La finalidad de esta especialidad es la realización de diseños económicos, con la aplicación de las mejores técnicas para llevar energía eléctrica a equipos, alumbrado y comunicaciones.

Las principales actividades del diseño eléctrico son:

- ✓ Especificación de equipo eléctrico.
- ✓ Estudio de resistividad eléctrica.
- ✓ Elaboración de diagramas unifilares.
- ✓ Elaboración del arreglo de equipo eléctrico en subestaciones.
- ✓ Elaboración de planos de clasificación de áreas.
- ✓ Elaboración de planos de distribución de fuerza.
- ✓ Elaboración de planos de alumbrado y cuadro de cargas.
- ✓ Elaboración de planos de tierras y apartarrayos.
- ✓ Elaboración de planos de comunicaciones y sonido.
- ✓ Elaboración de planos de control eléctrico.
- ✓ Diseño de centros de control de motores.
- ✓ Elaboración de listas de materiales.

A continuación se describen los principales documentos que se generan en la especialidad:

#### □ Diagrama Unifilar.

Se describe simbólicamente el equipo eléctrico requerido para alimentar, controlar y proteger a los diferentes niveles de tensión, como son transformadores, tableros de distribución, centros de control de motores, equipo auxiliares de emergencias, etc.

#### □ Sistema de Tierras

Se representa el tipo de aterrizamiento adecuado para el sistema eléctrico (neutro).

En un dibujo de arreglo general de equipo se muestran las trayectorias de la red general de tierras y de las diferentes derivaciones para la puesta a tierra de equipos y estructuras, indicando, además, el material que se requiere para hacer esta instalación.

También se describe, en caso de requerirse, el sistema de protección contra descargas atmosféricas para estructuras y edificios.

- Especificación para Compra de Tableros de Media y Baja Tensión.

Se presenta la descripción de las características técnicas y condiciones comerciales para la adquisición del equipo, incluyendo una especificación - cuestionario con los datos de operación, requerimientos de construcción y descripción del equipo que debe contener cada tablero.

- Trayectorias de Cableado de Fuerza.

Basándose en la configuración del sistema eléctrico y sobre un dibujo de arreglo general de equipo se muestran las diferentes trayectorias de alimentación, desde la subestación eléctrica hasta los equipos de utilización, como motores y tableros de distribución de alumbrado y contactos ubicados en las áreas de proceso.

- Cédula de Cables y Tubería Conduit.

En esta cédula se vierten las longitudes de las trayectorias a seguir, así como las principales características de cables y tipo de canalización empleados para alimentar a cada una de las cargas de utilización en los diferentes niveles de tensión a los equipos y la entrada de servicio o acometida eléctrica.

- Distribución de Alumbrado y Contactos.

Para cada equipo que requiera alumbrado se muestran las trayectorias de los circuitos necesarios para alimentar unidades de alumbrado y contactos, desde los tableros de distribución correspondientes.

- Especificación para Compra de Transformadores de Distribución y Potencia.

Se presenta la descripción de las características técnicas y condiciones comerciales para la adquisición del equipo, complementada con una especificación-cuestionario que debe llenar y cumplir el proveedor.

- Especificación para Compra de un Sistema de Fuerza Ininterrumpible Para Alimentación a Instrumentos.

En esta especificación se describen las características técnicas y condiciones comerciales para la adquisición de un sistema de respaldo de suministro de energía eléctrica a través de un equipo rectificador-cargador, inversor (si se requiere), banco de baterías y sistema de transferencia.

- Revisión y Aprobación de Dibujos de Fabricante de Equipo Eléctrico.

Se da seguimiento a la información proporcionada por el proveedor de equipo apeándose a lo ofrecido en la cotización correspondiente emitiendo comentarios, en caso de que se presenten desviaciones, hasta otorgar la aprobación definitiva de los dibujos. El equipo eléctrico considerado corresponde a:

- Transformadores de distribución y potencia.
- Tableros de distribución de media tensión.
- Tableros de distribución de baja tensión.
- Sistema de fuerza ininterrumpible.

- Cortes de Trayectorias Eléctricas.

Este documento muestra los detalles de las trayectorias de cableado eléctrico identificando cada uno de los circuitos e indicando el orden que llevan las diferentes trayectorias.

- Arreglo de Equipo en Cuarto de Control Eléctrico.

En este documento se muestra la localización de los equipos eléctricos en el área de transformadores y cuarto de tableros de distribución, así como las trayectorias de los cables que interconectan los diferentes equipos, incluyendo la entrada de servicio o acometida.

- Cuadros de Carga y Especificación de Tableros de Alumbrado y Contactos.

Para cada tablero se describe la forma en que son distribuidas las cargas de alumbrado y contactos en los diferentes circuitos derivados, tomados de cada una de las fases de alimentación. Se indica, además, la capacidad de cada uno de los circuitos derivados, el total de carga conectada a cada fase y el desbalanceo entre fases cuando se trata de tableros de más de una fase.

□ Sistema de Intercomunicación y Voceo

Basándose en la filosofía del sistema de telecomunicación para el proyecto, en un dibujo de arreglo general de equipo se muestra la ubicación de las diferentes estaciones de intercomunicación y las trayectorias del cableado desde la sala de control hasta cada unidad de intercomunicación, localizada en el área de la planta.

□ Requisiciones de Materiales Eléctricos.

Se hace una descripción de las características de los materiales eléctricos, basándose en catálogos de fabricante. Se presenta normalmente en tres documentos generales:

- Requisición de conductores eléctricos, de baja y alta tensión.
- Requisición de tubería conduit.
- Requisición de misceláneos (equipos, dispositivos y accesorios eléctricos no contemplados en los dos primeros documentos).

□ Estándares de Ingeniería.

En este documento se presentan una serie de detalles y dibujos típicos que son útiles para la cuantificación de material y el montaje de las diferentes instalaciones, asimismo, se especifican todos los elementos que se requieren en la etapa de construcción.

□ Diagramas de Control Eléctrico de Motores.

Se indican los diagramas típicos para el control eléctrico de diferentes tipos de motores o sistemas de control accionados por señales no eléctricas.

### **2.2.10 Diseño Mecánico**

El objetivo de esta especialidad es la elaboración de especificaciones técnicas para la adquisición de equipos mecánicos rotatorios y el análisis técnico económico de las ofertas de proveedores.

Los equipos aquí considerados, aunque son diseñados y garantizados por el fabricante deben cumplir las especificaciones del proyecto, las cuales normalmente, se basan en normas internacionales como son: API, NEMA, ASME, ANSI, etc.

Las principales actividades de esta especialidad son:

- ✓ Especificar para su adquisición equipos mecánicos como compresores, bombas, sopladores, torres de enfriamiento, grúas y manejo de sólidos.
- ✓ Hacer una evaluación técnico económica de las ofertas de los fabricantes de equipo.
- ✓ Revisar y aprobar los dibujos de los fabricantes de equipo.
- ✓ Especificar los paquetes de refrigeración y aire acondicionado.
- ✓ Asistir a pruebas de funcionamiento en el taller de los equipos.
- ✓ Definir el arreglo de casas de compresoras.

Los principales documentos generados por esta especialidad se describen a continuación:

- Complementación de la Especificación de Bombas.
  - ◇ Documento de Requisición. Contiene clave del equipo, servicio, las normas bajo las cuales deben ser adquiridos los equipos.
  - ◇ Hoja de Datos de Bombas.- En estas se indicarán las condiciones de operación bajo las cuales debe trabajar los equipos.
  - ◇ Hoja de Datos del Accionador. En estas se indicarán algunas características de los motores como son: tipo, voltaje, factor de servicio, etc.
  - ◇ Lista de fabricantes.- Contiene los posibles proveedores de los equipos.
- Complementación de la Especificación de Compresor de Aire.
  - ◇ Documento de Requisición. Contiene clave del equipo, servicio y las normas bajo las cuales deben ser adquiridos los equipos.
  - ◇ Hoja de Datos de Proceso. En éstas se indicarán las condiciones de operación bajo las cuales debe trabajar los equipos.
  - ◇ Hoja de Datos del Accionador. En éstas se indicarán algunas características de los motores como son: tipo, voltaje, factor de servicio, etc.
  - ◇ Lista de fabricantes. Contiene los posibles proveedores de los equipos.
- Complementación de Requerimientos para Aire Acondicionado.
  - ◇ Especificaciones de Diseño.- En ésta se indicarán: locales a acondicionar, Condiciones interiores, descripción de equipos, sistema de filtración, distribución del aire, tuberías, control y fuerza, especificación de materiales y normas a aplicar.

### **2.2.11 Diseño Arquitectónico**

En esta especialidad se realizan los diseños de todos los cuartos y edificios que se requieren en un proyecto.

El diseño arquitectónico que se efectúa obedece a los requerimientos del proceso, requerimientos del cliente, condiciones del lugar y funcionalidad.

Las principales actividades que esta especialidad desarrolla son:

- ✓ Diseño arquitectónico de casas de bombas, de compresores, cuartos de control y edificios de una planta.
- ✓ Elaboración de planos arquitectónicos de los diseños para detallar fachadas, cortes e instalaciones sanitarias e hidráulicas.
- ✓ Formular las especificaciones y documentos necesarios para la contratación de obra.

Aunque el diseño es del tipo industrial, se busca además de su funcionalidad, resaltar los aspectos de comodidad y estética.

Adicionalmente se lleva acabo el diseño arquitectónico de edificios relacionados con instalaciones industriales, tales como:

1. Edificios de compresores
2. Edificios administrativos
3. Edificios de control
4. Edificios de servicios auxiliares de todo tipo

Respetando y satisfaciendo los servicios y espacios solicitados por el cliente y requerimientos de seguridad y confort. Diseñado y detallando espacios verticales y horizontales, acabados, herrajes y dispositivos especiales. Así como, instalaciones hidráulicas y sanitarias.

## **2.3 PROGRAMAS DE EJECUCIÓN Y RECURSOS.**

### **2.3.1 Programas de Ejecución**

#### **2.3.1.1 ¿ Qué es un programa?**

Definición  
Objetivo  
Alcance del Programa  
Información Requerida  
Información Generada

#### **2.3.1.2 Tipos de Programa y Nivel**

Programa Maestro (Nivel 0)  
Programa Ejecutivo (Nivel 1)  
Programa Detallado (Nivel 2 en adelante)

#### **2.3.1.3 Curva de Avance Programada**

#### **2.3.1.4 Métodos de Reducción de Tiempos**

Fast Tracking  
Crashing

### **2.3.2 PROGRAMA DE RECURSOS**

#### **2.3.2.1 ¿Qué es un recurso?**

#### **2.3.2.2 ¿Qué es un programa de recursos?**

#### **2.3.2.3 Tipos de recursos**

#### **2.3.2.4 Información requerida**

#### **2.3.2.5 Manejo de Recursos**

### **2.3.3 SISTEMAS DE PROGRAMACION**

#### **2.3.1 PROGRAMA DE EJECUCIÓN**

### 2.3.1.1 ¿ Qué es un programa?

**Definición.** Es la determinación del momento en que se deben realizar las actividades de un proyecto con el propósito de cumplir con las fechas comprometidas.

**Objetivo.** Es contar con una herramienta que represente la dinámica de la realización de un proyecto con base a un calendario donde se muestran la duración y las fechas de inicio y terminación de cada una de las actividades que integran el proyecto.

La elaboración de un programa de trabajo debe visualizarse como un proceso iterativo y de sucesivos ajustes que permitan afinar el proyecto, en la medida en que va desarrollando la ingeniería.

**Alcance del programa.** El alcance de un programa esta en función directa del alcance del proyecto, por tanto el detalle que se puede lograr en la programación depende del grado de definición del proyecto y las restricciones que se tengan para el mismo.

**Información Requerida.** La información requerida es la determinación de que tareas serán desarrolladas de acuerdo al alcance del proyecto, la duración de las actividades así como la relación que existe entre ellas, representada como matrices de precedencias, y las fechas y actividades claves del proyecto.

**Información Generada.** La información que se produce es las fechas de inicio y terminación, holguras totales y libres de cada actividad y la ruta crítica del proyecto, cuya representación gráfica es una red en una escala de tiempo o un Diagrama de Barras o de Gantt.

### 2.3.1.2 Tipos de Programa y Nivel

El proceso para elaborar el programa, esta muy ligado al alcance que se tenga definido y a la calidad y confiabilidad que tenga la información con que se cuente, con lo anterior se podrá definir diferentes niveles de detalle en un programa de acuerdo a lo requerido para cumplir los propósitos establecidos.

**Programa Maestro (Nivel 0).** Todo proyecto debe tener un programa formal de alto nivel directivo, en el cual se definirán los parámetros del proyecto, debe ser un documento formalmente emitido y distribuido a todos los participantes claves del proyecto.

Este programa generalmente lo desarrolla personal con gran experiencia y describe de forma global las fechas de inicio y terminación de las fases de mayor importancia para el proyecto así como los eventos clave del mismo.

**Programa Ejecutivo (Nivel 1)** Este programa debe estar relacionado con el programa Maestro y el detalle que muestra, refleja los conceptos mayores de la estructura jerárquica de trabajo (WBS) que se define para el proyecto.

Este programa se desarrolla con el propósito de brindar información a un nivel de detalle suficiente para una rápida comprensión de las etapas en que se ha programado el proyecto, debe incluir solo de ser necesaria la información detallada de aquellas actividades cuya realización resulta en un evento clave.

**Programa Detallado (Nivel 2 en adelante).** Este programa debe estar relacionado con el programa Maestro a través del programa Ejecutivo y representa a los elementos o paquetes de trabajo que constituirán las células de control del proyecto también conocidas como centros de costo que comúnmente son la base de la medición del progreso del proyecto cuando se usan métodos como el de "Valor Generado" (Earn Value).

Los niveles para este tipo de Programa están en función del Nivel de la Estructura Jerárquica de Trabajo (WBS) que se haya definido para el proyecto, la mayor parte de los proyectos requieren de un Nivel 4 como máximo para un control eficiente de la realización de las tareas.

En estos niveles de programa se deben incluir todas las actividades que se van a realizar en el proyecto, ya que es el que se usa para la ejecución y control del proyecto.

La aplicación de las técnicas de programación y la definición del esquema de control son la columna vertebral de la administración del proyecto.

Una buena programación, requiere de una correcta y adecuada aplicación las técnicas de programación, el objetivo que se pretende es reducir la incertidumbre con la que se ejecutará el proyecto.

Al efectuar la programación se podrán identificar las variables claves del proyecto, así como el impacto que estas ejercen y que pueden afectar las metas de tiempo y costo. Asimismo se podrán plantear otros esquemas para la ejecución del proyecto, a través de simulaciones en el programa.

### **2.3.1.3 Curva de Avance Programada**

La curva "S" de avance, es la representación gráfica que refleja de acuerdo al programa del proyecto como se espera avanzar a través del tiempo. Normalmente este es un elemento de control en donde se informa del avance acumulado logrado en el proyecto a los niveles gerenciales.

Para la construcción de las curvas de avance en ingeniería, se parte de la base de que todas las actividades tienen un elemento común, en este caso es "horas-hombre", del personal que participa en el desarrollo de la ingeniería, ya sean horas-hombre ingeniero, horas-hombre dibujante, etc.

Por otra parte sabemos que la ejecución de una actividad requiere también de equipo de apoyo como maquinas de copiado, equipo de computo, etc. , sin embargo su distribución se dejará implícita en la distribución de "horas-hombre" durante el tiempo normal de la ejecución de la actividad.

Para cada actividad se le asignará un factor de participación en función de su requerimiento en "horas-hombre" específico con respecto al total requerido en el proyecto. Así mismo también, para cada actividad se determinan diferentes etapas a las cuales pueden por ejemplo pueden ser ediciones de un plano y a cada una se le puede asignar un factor de importancia y con ello asignar valor de peso a la etapa que represente la mayor aportación. El producto de ese factor de aportación con el de importancia distribuido a través del tiempo de acuerdo a lo programado en el programa del proyecto, indicará como según programa se debe avanzar. Y la suma de las actividades programadas por periodo será la aportación de avance en el periodo. Los valores acumulados de los periodos conformarán la curva de avances contra tiempo.

### **2.3.1.4 Métodos de Reducción de Tiempos**

Es una práctica común el reducir los tiempos de ejecución de un proyecto y para ello se hace uso de dos métodos principalmente

**Fast Tracking.** Este método consiste en modificar la relación lógica de las actividades adelantando el inicio de alguna tarea sin respetar las precedencias establecida en el plan original del proyecto, esto resulta en un traslape de actividades.

**Crashing.** Este método consiste en la reducción de la duración de las actividades que forman la ruta crítica cuidando que en la reducción si se generan nuevas rutas críticas se repita el proceso hasta lograr establecer las nuevas fechas compromiso del proyecto.

Podríamos seguir comprimiendo todas las actividades de la ruta crítica hasta llegar a su mínimo de tiempo con lo cual se obtiene el Crash Point del proyecto.

## **2.3.2 Programa de Recursos**

### **2.3.2.1 ¿Qué es un recurso?**

Un recurso es todo aquello que se requiere para la realización de una actividad; dinero, materiales, personas, maquinaria, etc.

Es importante recordar que no existen los recursos ilimitados en un proyecto hasta ahora no se había considerado la posibilidad de que tuviéramos que modificar nuestro programa debido a una limitación de recursos, por ello debe establecerse un programa de recursos para el proyecto.

### **2.3.2.2 ¿Qué es un programa de recursos?**

Un programa de recursos es el resultado de la asignación de recursos a cada actividad, acumulados en cada intervalo de tiempo a lo largo de la duración del proyecto. Con los totales para cada periodo se construye el Histograma de Recursos del Proyecto.

### **2.3.2.3 Tipos de Recursos**

Los recursos pueden clasificarse en renovables o permanentes y no renovables o Totales.

Los recursos permanentes son por ejemplo el personal que esta asignado durante todo el proyecto cuyas horas hombre están disponibles en forma constante para las actividades que integran al proyecto.

Los recursos no renovables son aquellos que se asignan en una cantidad fija para el proyecto y se van disminuyendo a lo largo del mismo, por ejemplo los materiales.

Otra clasificación puede ser los recursos alternos la cual es mas utilizada en construcción, estos son aquellos que se pueden emplear el lugar de los asignados en forma original, por ejemplo se puede emplear una cuadrilla de trabajadores o bien una excavadora para una actividad o viceversa.

En el caso de ingeniería los recursos mas importantes son las horas hombre de diseño que se pueden considerar como permanentes. La asignación de las horas-hombre en cada período, da origen a la curva de avance, como un parámetro de control en la realización de un proyecto.

#### **2.3.2.4 Información Requerida**

La Información requerida para definir un recurso es la cantidad asignada a la actividad, el tipo de recurso, su disponibilidad, las fechas en las que se debe aplicar el recurso y el costo del mismo.

#### **2.3.2.5 Manejo de Recursos**

La administración de los recursos para un proyecto es un factor clave para el cumplimiento de los objetivos, y requiere por tanto de un seguimiento específico a la forma en la cual los recursos se aprovechan en forma óptima en la realización de las actividades.

Para este fin se establece un programa para el uso de los recursos que generalmente se representa en forma de histograma para cada uno de los recursos del proyecto. En cada intervalo se define la cantidad de recurso que se puede usar, en función de la disponibilidad que exista.

En un proyecto de ingeniería es común representar los histogramas de horas hombre de las diferentes especialidades que participan en el proyecto.

La limitación en la disponibilidad de recursos en un proyecto se resuelve aplicando métodos de nivelación que den como resultado mantener al proyecto dentro de sus límites de tiempo y costo.

La administración de Recursos va estrechamente ligada al manejo del programa de tiempos y en forma conjunta ajustan al proyecto dentro de los límites establecidos.

La preparación de un programa de proyecto debe incluir el manejo de recursos; su elaboración debe visualizarse como un proceso iterativo y de sucesivos ajustes que permitan afinar el programa del proyecto, en la medida en que se desarrolla la ingeniería.

### 2.3.3 Sistemas de Programación

Dada la complejidad para el manejo de la información, para la integración de un programa y su optimización en la fase de control, se hace necesaria la implantación de un sistema de programación que facilite la realización de estas funciones.

Este sistema de programación y control debe responder con la mayor veracidad y oportunidad los siguientes puntos:

- Identificación de actividades, duraciones, interrelaciones, ruta crítica y el entorno sobre el cual se ejecutarán y fechas de realización.
- Recursos requeridos; sean horas-hombre, costo, materiales etc.
- Duración estimada del proyecto, holguras, posibilidades de compresión en la programación, así como su correspondiente análisis en fechas, recursos y factor crítico (holgura cero y próxima a cero)
- Esquema de organización del proyecto (WBS), incluyendo la participación de terceros. Establecer puntos específicos de riesgos por incumplimiento de compromiso.
- Evaluación del estado actual del proyecto, detección de actividades atrasadas y adelantadas, evaluación en el consumo de recursos, detección e identificación de desviaciones y el estado del avance físico del proyecto.
- Reprogramaciones y nuevas estimaciones para el término del proyecto.
- Cierre del proyecto.

Hoy en día es más factible realizar esta tarea por el experto en programación gracias al apoyo de los equipos de cómputo y a la gran variedad de disponibilidad de software que existe para Administración de Proyectos, dentro de los más conocidos se encuentran: MICROSOFT, TIMELINE, SCHEDULER, SURETRACK, OPENPLAN, PRIMAVERA, ETC.

## **2.4 ORGANIGRAMA**

### **2.4.1 Enfoque Organizacional**

Dentro de la administración de proyectos, uno de los temas que más polémica despierta es el referente a los enfoques organizacionales para la administración de proyectos.

De lo anterior se desprende que para estructurar adecuadamente una buena organización, para la administración de proyectos, es necesario conocer y analizar:

- Las diferentes soluciones posibles, es decir, los diferentes tipos de organizaciones existentes, los principios administrativos en que están basadas y sus características estructurales principales.
- Las ventajas y desventajas que cada tipo de organización nos ofrece.
- La forma de implementación de las organizaciones.
- Los factores clave a evaluar para la adecuada selección de la organización más conveniente.

### **2.4.2 Tipos de Organizaciones**

Las diferentes organizaciones para la administración de proyectos pueden clasificarse de acuerdo a sus características en tres tipos básicos:

- Organización Funcional o Departamental.
- Organización por Grupo Especial de Proyecto, Projectizada o "Task-Force".
- Organización Matricial.

### **2.4.3 Organización Funcional o Departamental**

Esta organización corresponde a una estructura piramidal tradicional, con la "Alta Gerencia" en la parte superior y la administración en el nivel medio y bajo, abriéndose hacia la parte inferior de la pirámide.

La organización está separada en unidades funcionales o departamentos, de acuerdo a las diferentes disciplinas, encabezadas por una persona (Jefe de Departamento) entrenado y con experiencia en esta disciplina en especial.

Este tipo de organización está basado en los siguientes principios administrativos:

- División de labores. Especialización.
- Proceso Escalar y Funcional: Escalar se refiere al crecimiento vertical y los niveles en la organización. Funcional se refiere al crecimiento horizontal y los departamentos funcionales.
- Rango de Control. Se refiere al número de individuos que un administrador puede supervisar con efectividad.
- Estructura. Ésta refleja los siguientes factores:
  - ◆ Lineal y Apoyo ("Staff").
  - ◆ Unidad de Mando
  - ◆ Relaciones formales de autoridad y responsabilidad, incluyendo la relación tradicional superior-subordinado.
  - ◆ Flujo formal de comunicación e información.

Los anteriores principios están basados en la filosofía administrativa siguiente:

- Todas las actividades importantes de la organización deben de llevarse a cabo a través de la jerarquía vertical.
- La mayor parte del proceso de dirección y toma de decisiones debe hacerse por parte de la alta Gerencia.
- Los niveles en la organización corresponden a los niveles de competencia y talento.
- La relación más importante es la de superior - subordinado.

### VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Por sus características, este tipo de organización ofrece las siguientes ventajas, que provienen principalmente de la centralización de recursos similares.

- ◆ La capacitación de técnicos especializados se facilita al estar supervisados y manejados por personas con amplia experiencia en el campo.
- ◆ El desarrollo y las oportunidades para una persona se encuentran perfectamente definidas dentro del departamento, lo que le da seguridad en cuanto a su trayectoria dentro de la organización.

Sin embargo, la organización funcional presenta, debido a la rigidez de su estructura, las siguientes desventajas:

- ◆ Los departamentos funcionales frecuentemente ponen mayor atención a los objetivos de desarrollo tecnológico dentro de su especialidad que a los objetivos del proyecto de tiempo y costo.
- ◆ La falta de motivación y la inercia en el trabajo son problemas que se presentan frecuentemente al estar desarrollando continuamente actividades para proyectos de cuyos objetivos no tienen una visión permanente.

La crítica de este tipo de organización se refleja en la “Ley de Parkinson” y “El Principio de Peter”.

- ◆ Los mecanismos de integración inherentes a este tipo de organización son adecuados para interdependencias de actividades secuenciales (el resultado de las actividades de un departamento funcional sirven de información para el inicio de las actividades de otro), pero son inadecuados para interdependencias recíprocas (las actividades de un departamento afecta las de otro, y las de este último afectan a las del primero).
- ◆ Al partir de la suposición de que la calidad de las cesiones es proporcional al nivel jerárquico en que se tomen, se presenta una monopolización de las decisiones en los niveles altos, lo que ocasiona dos problemas:
  - a).- Las decisiones técnicas no son tomadas por los más capacitados para ello, que son los especialistas que se encuentran en el nivel de operación.
  - b).- Los niveles altos no pueden desarrollar adecuadamente su trabajo con una orientación estratégica en lugar de operativa.
- ◆ Al ser esta organización primariamente vertical, la comunicación horizontal que corresponde al flujo natural del trabajo a través de la organización es difícil, por lo que la estructura es altamente susceptible a sobrecarga de información y se dificulta procesar grandes volúmenes de información altamente técnica, relacionada a diferentes proyectos.
- ◆ La rigidez estructural dentro de la organización y la filosofía administrativa en la que está basada hace que sea excepcionalmente difícil, para una organización de este tipo, ser adaptable e innovadora.

#### **2.4.4 Organización por Grupo Especial de Proyecto o “Task Force”.**

En una organización por Grupo Especial de Proyecto o Proyectizada, casi todos los recursos necesarios humanos y materiales requeridos para la realización del proyecto son separados de su estructura funcional normal y reunidos formando una unidad autosoportada encabezada por un Jefe de Proyecto. El Jefe de Proyecto tiene la responsabilidad total de la administración del proyecto y todo el personal queda bajo su autoridad directa durante el tiempo de desarrollo del proyecto. El personal del proyecto se organiza en grupos por áreas funcionales o especialidades.

Los principios administrativos en los que se basa esta organización son los mismos que los de la organización funcional. En efecto, dentro de una organización grande se establece una estructura más pequeña y temporal con el propósito de lograr un determinado objetivo. Sin embargo, se puede observar que la estructura interna de este tipo de organización es funcional.

#### **VENTAJAS Y DESVENTAJAS**

Las ventajas de este tipo de organización provienen principalmente del tener un solo objetivo (el de un proyecto) y una unidad de mando.

- Entendimiento claro y permanente de los objetivos del proyecto, debido a que el personal está dedicado exclusivamente a la consecución de los mismos.
- Al tener todo el personal un común y único objetivo (el proyecto), se desarrolla un espíritu de grupo.
- La comunicación se facilita e inclusive la comunicación informal resulta efectiva, debido a que es un grupo cerrado en el que todos se encuentran físicamente próximos.
- Debido a que el Jefe de Proyecto tiene la responsabilidad total de la administración y el control de todos los recursos, la consecución del objetivo de tiempo y la coordinación interfuncional se facilitan.
- Autonomía completa del proyecto, lo que facilita la administración del mismo.

La organización proyectizada presente las siguientes desventajas.

- El crear dentro de una organización una estructura nueva, de carácter temporal, altera el funcionamiento de la organización normal.
- Ante la necesidad de proporcionarle a la estructura recursos humanos y materiales propios, se incurre muchas veces en duplicidad de los mismos.

- La utilización efectiva de los recursos es difícil, especialmente en la fase de terminación la que se puede extender por mucho tiempo. Como todas las organizaciones, la organización proyectizada tiene una fuerte tendencia a continuar su existencia.
- Al separarse el personal de su departamento funcional, son alejados también de los mecanismos de capacitación del mismo, por otro lado, al terminar el proyecto, el personal que participó, perdió su lugar dentro de la estructura funcional, por lo que se ocasionó una falta de seguridad en el trabajo.
- Esta estructura está enfocada hacia los objetivo a corto plazo o del proyecto, descuidándose los objetivos a largo plazo de los departamentos funcionales de desarrollo técnicos especializados.

#### **2.4.5 Organización Matricial**

La organización matricial fue diseñada con el objeto de maximizar las ventajas de las organizaciones funcional y proyectizada y minimizar sus desventajas, buscando como resultado el tener la mejor utilización de los conocimientos tecnológicos, el uso más eficiente de los recursos y la planeación, control y coordinación requeridos para los diferentes proyectos al menor costo posible.

La organización matricial consiste en una estructura funcional vertical a la cual se le superpone una estructura horizontal encabezada por un Coordinador o Jefe de Proyecto (cuya función básica es la Integración), con objeto de lograr un balance de los objetivos tecnológicos del departamento funcional (Como) con los objetivos de tiempo y costo del proyecto (Que, Cuando, Cuanto). De acuerdo a las necesidades, se pueden diseñar una amplia variedad de estructuras matriciales con diferentes características, según se requiera que el balance de objetivos tienda hacia los funcionales (matricial débil) o hacia los de del proyecto (matricial fuerte).

De esta forma es posible graficar un continuo que vaya de la organización funcional en un extremo hasta la proyectizada en el extremo opuesto. El continuo está basado en la cantidad de personal que trabaja en su departamento contra el personal que es miembro del grupo de proyecto. Se observará que la cantidad de personal en el grupo de proyecto puede oscilar desde cero, en el caso de la organización funcional, pasando por un Coordinador a tiempo parcial, Coordinador a tiempo completo, Jefe de Proyecto hasta un grupo que puede incluir Ingenieros de Sistemas, de Costos, de Programación e inclusive (aunque es una práctica muy limitada) algunas actividades funcionales que sean únicas del proyecto o que sean muy críticas para el proyecto. La diferencia entre Coordinador y Jefe de Proyecto, es la diferencia entre la mera integración y la autoridad para tomar decisiones.

## VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Como puede verse en la figura, la organización matricial realmente reúne las ventajas que fueron previamente mencionadas para las organizaciones funcional y proyectizada.

Las desventajas de este tipo de organización provienen de la existencia de una doble autoridad, la del Jefe de Departamento, en el aspecto funcional, y la del Jefe de Proyecto, en el aspecto administración del proyecto, lo que ocasiona:

- La adopción de una organización matricial debe ser cuidadosamente planeada e implementada, mediante un programa por fases de desarrollo y cambio organizacional para preparar adecuadamente a la organización, con objeto de evitar problemas dentro de la organización de los departamentos funcionales, lo cual implica un proceso largo y difícil.
- Es frecuente la existencia de conflictos entre el Jefe de Proyecto y los Jefes de Departamento cuando no se definen claramente las funciones, responsabilidad y autoridad de cada uno de ellos.
- Otro problema clave de las organizaciones matriciales es la sobrecarga de trabajo en los departamentos funcionales, lo que acarrea conflictos sobre prioridades de los proyectos; para evitar esto, se requiere de la formulación de un plan estratégico que fije prioridades de objetivos y presupuesto que asigne recurso a cada proyecto y de una actualización constante.

## **2.4.6 Establecimiento de las Diversas Organizaciones**

### **❖ ORGANIZACIÓN FUNCIONAL**

De las organizaciones empleadas en la administración de proyecto, la funcional es la más sencilla de establecer y poner en operación. Esto obedece a que esta organización es tradicional, en ella la distribución del trabajo se efectúa por especialidades agrupada en departamentos a personas con intereses y objetivos similares.

Para la administración de proyectos, esta organización requerirá de que personal de las especialidades se capacite en las técnicas de programación y control, disciplinas que por lo general no son clásicas de la formación de las especialidades de ingeniería.

Cabe señalar que al igual que cualquier otra organización tradicional, en ésta, se deberá definir claramente la autoridad y responsabilidad para cada uno de los puestos, así como las líneas de comunicación.

### **❖ ORGANIZACIÓN DE GRUPO (TASK FORCE).**

Esta forma de organización es más difícil de establecer y operar que la anterior. Se puede contemplar como el establecimiento temporal de una pequeña empresa dentro de la compañía en la que el director es el Jefe del Proyecto.

Si esta organización no ha sido empleada previamente en una compañía, es muy conveniente tener pláticas con los directivos que se verán involucrados en su establecimiento y operación para presentar las bases de ella y discutir las ventajas y obstáculos que se pueden presentar en su desenvolvimiento. Asimismo, es recomendable que el cambio a esta organización sea gradual.

A continuación se describen brevemente los obstáculos más importantes y frecuentes que se presentan durante el establecimiento de esta organización:

#### **a).- Selección del Jefe del Proyecto.**

Este obstáculo es más marcado si es la primera ocasión que se utiliza esta organización, ya que en general el personal de la empresa no ha tenido experiencia amplia en el manejo de proyectos. Además, aunque si se tenga experiencia en el área de proyectos, es difícil encontrar el Jefe de Proyecto ideal a quien se pueda hacer responsable, casi en su totalidad, del éxito del proyecto; requisito que impone este tipo de organización.

b).- Selección del Personal del Grupo

La situación ideal para la integración eficiente del grupo de trabajo sería aquella en la que el Jefe del Proyecto seleccionara a cada uno de los miembros. Sin embargo, en la mayor parte de los casos, los Jefes de los Departamentos funcionales, son lo que seleccionan al personal de su especialidad que integrará un cierto grupo. Bajo estas condiciones, no se tiene el mejor personal ya que en ocasiones se puede enviar al menos deseable y también pueden llegar a presentarse conflicto de caracteres.

c).- Antecedentes Profesionales de los Integrantes.

En virtud de que un proyecto de ingeniería demanda de la participación de diversos tipos de ingenieros y técnicos, la integración del grupo se dificulta por dicha heterogeneidad, ya que los intereses personales de los participantes pueden ser muy diferentes.

d).- Carácter Temporal de la Organización.

El carácter temporal del proyecto puede ocasionar inseguridad en los participantes, sobre todo si no se tienen objetivos muy claros y, por otro lado, una dependencia fuerte del departamento funcional al cual están adscritos en forma permanente.

Para disminuir dicha inseguridad, es necesario establecer los objetivos del proyecto así como los personales en forma clara y concisa. También se deberá definir claramente que la evaluación del personal se hará de acuerdo al desempeño en el proyecto y que se tomará en cuenta para recompensas.

e).- Definición de Autoridad y Responsabilidad en el Grupo.

Al igual que en las otras organizaciones, es fundamental, para la buena operación de la misma una clara definición de la autoridad y responsabilidad en cada uno de los distintos puestos.

❖ ORGANIZACIÓN MATRICIAL

Este tipo de organización es difícil de establecer y operar. Su establecimiento no es inmediato, sino que requiere de un tiempo extenso para lograrlo. Al igual que la organización del tipo de grupo (Task Force), es necesario tener sesiones con los directivos claves involucrados para presentarles en forma clara la manera de establecer y operar esta organización, así como sus ventajas y dificultades. Después de este período, se establecerá un plan para ir introduciendo esta forma de organización lentamente. Es indiscutible que para lograr que esta organización opere, requiere del convencimiento y respaldo de los altos directivos de la empresa.

Tomando en consideración que una de las características básicas de esta organización, es que cierta parte del personal tiene dos jefes simultáneamente, su buena operación en parte se logra estableciendo la responsabilidad y autoridad de ambos jefes: Jefe de Proyecto y Jefe funcional, de tal forma que exista un balance entre ambos. Varios autores han establecido las bases para definir las responsabilidades de ambos jefes.

El Jefe del Proyecto define el plan del proyecto (Que), el programa del mismo (Cuando) y el plan financiero (Cuanto) y el Jefe Funcional cuida de la calidad técnica (Como) y designa quién efectúa el trabajo. Esta división es en si puramente teórica, ya que en la práctica uno u otro jefe invaden el otro campo, así el Jefe del Proyecto tendrá que opinar y, en casos, rechazar el trabajo cuando la calidad deje que desear; asimismo, él mismo participará en la selección del personal que ejecute el trabajo cuando éste no se esté realizando satisfactoriamente.

Por lo anteriormente expuesto, se puede apreciar que además de la definición de responsabilidades, es necesario contar con otras estrategias para hacer operante la organización matricial, una de éstas es la negociación en la interfase proyecto / funcional, la cual se logra teniendo en mente el objetivo común de la empresa y un entendimiento y comunicación adecuados, trabajando eficientemente en equipo y empleando las técnicas de resolución de problemas.

#### **2.4.7 Factores para Decidir el Tipo de Organización**

Los factores que determinan la selección del tipo de organización para la administración de proyectos son bastante numerosos y han sido apuntados en la literatura (3). La evaluación para la selección tiene que ser minuciosa y cada caso tiene que ser analizado en detalle, tomando en cuenta como mínimo los factores que se describen a continuación:

a).- Complejidad del Proyecto

Este renglón se refiere básicamente al número de departamentos funcionales que se ven involucrados y la interrelación en el flujo de información. En general, cuando el proyecto se torna complejo, las administraciones matriciales y de grupo se vuelven atractivas.

b).- Tecnología del Proyecto.

Este factor se debe considerar como lo avanzado de la tecnología del proyecto en sus diversas especialidades. Si el proyecto es altamente avanzado en la tecnología de diversas especialidades, favorecerá a la organización matricial, la cual podrá garantizar una alta calidad técnica.

c).- Tamaño del Proyecto

En este inciso, se deberán considerar los requerimientos de personal para el proyecto. Así, en general, un proyecto grande favorece a la organización de grupo. Sin embargo, la decisión debe de considerar los diversos factores ya que en un proyecto pequeño no muy complejo preferentemente se maneja también como organización de grupo.

d).- Duración

Una duración amplia tiene a favorecer a la organización matricial.

e).- Importancia

Debido al respaldo que se puede proporcionar a las organizaciones de grupo, existe una tendencia a favorecer a la organización de grupo.

f).- Tipo de Cliente

En muchas ocasiones la decisión se puede inclinar a una u otra organización, dependiendo de la opinión o peticiones de los clientes.

g).- Frecuencia de cambios al Proyecto

La organización matricial tiende a ser más flexible en este aspecto, comparada con las otras organizaciones.

h).- Número de Proyectos Simultáneos

La organización matricial favorece altamente al manejo de varios proyecto simultáneos, en virtud de un mejor aprovechamiento de los recursos humanos.

g).- Dificultad en el Establecimiento de la Organización.

De acuerdo al inciso anterior, la organización funcional es la más simple, siguiendo la de grupo y finalmente la matricial que es la más difícil de establecer y operar.

Finalmente se puede concluir que para los distintos tipos de organización se tiene:

- a). - La administración de los proyectos de una sola especialidad, se realiza en forma eficiente con una organización funcional; sin embargo, estos proyectos son poco usuales.
- b). - La administración de los proyectos de ingeniería que involucran diversas especialidades favorece a las organizaciones de grupo y matricial.
- c). - Las organizaciones matricial y de grupo son difíciles de establecer y operar requiriendo apoyo de la dirección y convencimiento de los participantes de alto nivel.
- d). - La selección entre las diversas organizaciones para administración de proyectos deberá hacerse en forma casuística, tomando en consideración los factores anteriormente descritos.

## 2.5 REPORTE DE AVANCE

El reporte mensual de avance de proyecto es uno de los documentos cuya elaboración queda normalmente establecida en los contratos de prestación de servicios entre el cliente y la firma de ingeniería.

Este documento es el principal reporte que se desarrolla en el ciclo de vida de un proyecto, y se emite por parte del Jefe de Proyecto al cliente y a los directivos de la compañía de ingeniería con el objetivo de mantenerlos informados del progreso global del proyecto, presentando la evaluación del trabajo desarrollado en el periodo de reporte respecto al trabajo programado, con el fin de analizar posibles desviaciones en el plazo de entrega y en el presupuesto, indicando las acciones correctivas a tomar. El contenido del reporte para un proyecto de ingeniería normalmente es el siguiente:

### Contenido.

El reporte de avance mensual del proyecto se elabora, generalmente, considerando los siguientes capítulos adaptados a las condiciones establecidas o negociadas con el Cliente.

- A. Introducción
- B. Resumen
- C. Ingeniería
- D. Procuración
- E. Avance
- F. Programas
- G. Controles
- H. Costo del proyecto
- I. Facturación
- J. Recursos

A continuación se describe de manera resumida la información que debe manejarse en cada uno de los capítulos que forman el documento del reporte de avance.

### A) Introducción

Consiste en un informe en el cual se comentan los sucesos relevantes del periodo, las metas alcanzadas, las tendencias observadas, los problemas y pendientes más críticos, así como también las acciones correctivas que resulten necesarias. La forma del informe y los datos indicados dependen importantemente de la modalidad contractual del proyecto.

Asimismo, se mencionan las visitas especiales de personal del cliente, las reuniones importantes entre ambas partes, las visitas realizadas al sitio de la obra, así como los cambios en el personal clave de una u otra parte.

Además de su inclusión, en su caso, en las listas del capítulo 3 se deben destacar los éxitos y resultados, y se mencionan por su nombre los estudios y análisis importantes efectuados, así como las actividades en proceso que lo ameriten, concluyendo con un resumen del estado de facturación y cobranza indicándose únicamente las cifras totales.

## **B) Resumen**

En este capítulo se deben indicar las cifras principales del reporte, como son:

### **Avance**

Indicar que el avance se desglosa en el capítulo 5, proporcionando la cifra global en el texto:

“El avance del mes fue ----%, con el cual el avance global a la fecha es de --%.

Lo anterior es generalmente aplicable tanto a proyectos controlados bajo un esquema por administración como en proyectos bajo un esquema a precio alzado.

Asimismo, cuando se acuerde con el cliente proporcionar otro tipo de información básica, como pueden ser datos de flujo de efectivo, costos promedio de horas-hombre por plano, etc., se deberán suministrar en este capítulo en incisos subsecuentes, siempre y cuando se cuente con la autorización correspondiente a los casos anotados en el capítulo 6.

## **C) Ingeniería.**

En este capítulo se informa de toda la documentación de ingeniería entregada al cliente en sus distintas fases durante el periodo. La información se debe organizar por especialidad y se debe informar de las visitas realizadas al sitio de la obra, de las reuniones entre ambas partes, y de otras actividades, según el interés que manifieste el cliente en que se le reporten casos particulares.

#### **D) Procuración.**

Se debe hacer una descripción detallada de los trabajos ejecutados durante el periodo de reporte, incluyendo:

- a) Requisiciones elaboradas de material y equipo.
- b) Solicitudes de cotización elaboradas.
- c) Concursos cerrados.
- d) Tablas comparativas en elaboración.
- e) Tablas comparativas en aprobación.
- f) Tablas comparativas aprobadas.
- g) Cartas de intento en aprobación.
- h) Cartas de intento colocadas.
- i) Pedidos en aprobación.
- j) Pedidos colocados.
- k) Información de fabricante recibida.

#### **E) Avance.**

##### **Control de avance del proyecto.**

El control de avance del proyecto se presenta en 2 resúmenes de acuerdo a lo siguiente.

---

##### **Control de avance total.**

En este control se informa de los avances alcanzados por las diferentes especialidades que participan en el desarrollo de las actividades del proyecto, informándose de:

- Los porcentajes pesados de cada una de las especialidades, que en conjunto suman el 100% del proyecto.
- El porcentaje de avance, respecto al 100% de cada especialidad, desarrollado durante el periodo de reporte.
- El porcentaje de avance pesado alcanzado por cada especialidad durante el periodo de reporte, en donde la suma de avances de todas las especialidades nos da el avance obtenido durante el periodo.
- El porcentaje de avance acumulado respecto al 100% de cada especialidad, en donde la suma de avances de todas las especialidades nos da el avance total obtenido a la fecha del reporte.

## **Control de avance por especialidad.**

Mediante este documento se lleva el control de avance de todas las actividades que conforman el alcance de trabajo de cada una de las especialidades que participan en un proyecto determinado.

Al igual que en el control de avance total, se manejan los siguientes 4 conceptos.

- Los porcentajes pesados de cada una de las actividades de una determinada especialidad, que en conjunto dan el porcentaje pesado de esa misma especialidad.
- El porcentaje de avance, respecto al 100% de cada actividad, desarrollado durante el periodo de reporte.
- El porcentaje de avance pesado alcanzado por cada actividad durante el periodo de reporte, en donde la suma de avances de todas las actividades de una misma especialidad nos da su avance obtenido durante el periodo.
- El porcentaje de avance acumulado respecto al 100% de cada actividad, en donde la suma de avances de todas las actividades nos da el avance total obtenido por una determinada especialidad a la fecha del reporte.

## **Curva de Avance**

La curva de avance físico acumulado es la gráfica mediante la cual se puede conocer el porcentaje de avance del proyecto en función del tiempo. Esta gráfica es elaborada basándose en el programa de trabajo, determinando un pronóstico de avance correspondiente a cada unidad de tiempo a lo largo de la ejecución del proyecto, analizando de manera importante y profunda cada una de sus etapas con el objeto de estimar los avances alcanzados de la mejor manera posible.

## **F) Programas.**

Se deben incluir los programas actualizados en los formatos de la empresa que, convenidos con el cliente, reflejen el alcance de los servicios contratados, programa general del proyecto; asimismo, deberá haber un programa maestro a nivel ejecutivo que muestre los objetivos por área de trabajo, Gráfica de Gantt y generalmente un programa en el cual aparezcan, entre otras cosas, las necesidades del proyecto en cuanto a información proveniente del cliente, programa de fechas clave del proyecto.

De acuerdo con las normas del proyecto al respecto, se hará la indicación sobre los programas del estado de avance de cada actividad, y deberá registrarse la entrega real de información fundamental en ambas direcciones.

### **G) Controles**

En este capítulo se incluyen los diversos controles del proyecto que se dan a conocer al cliente, actualizados a la fecha de corte, entre los cuales están normalmente los siguientes:

- a) Control de Dibujos
- b) Control de Equipo y Materiales
- c) Proyección de Personal
- d) Control de información faltante
- e) Control de documentos pendientes de aprobación
- f) Control de pendientes de procuración

### **H) Costo del proyecto**

Los informes de costos mensuales son la herramienta del Jefe del Proyecto para informar a todo el personal involucrado del impacto del costo de las decisiones y acciones tomadas durante el mes anterior. Las discusiones de este informe de costos mensual en las juntas del equipo de administración del proyecto, es un camino efectivo para enfocar la atención en áreas donde hay problemas y para crear una atmósfera consciente de los costos, así como para comunicar al cliente del estado del proyecto.

El informe de costos deberá incluir principalmente las siguientes cuatro partes:

- *Una sección narrativa* que explique cualquier cambio mayor del pronóstico del costo hecho durante el mes anterior. También deberá cubrir los problemas potenciales del costo y las acciones correctivas tomadas para minimizar esos problemas
- *Estado costos del Proyecto:* Incluirá los datos necesarios para mantener informado tanto al cliente como al Jefe del Proyecto, de los movimientos del costo del proyecto.

El estado de costos del proyecto, lo constituyen el estado financiero de la ingeniería del proyecto (figura No. 1), que es el documento que se presenta al cliente, y los documentos que deberá considerar el Jefe del Proyecto para efectos de control interno del proyecto como son: El estado financiero interno (figura No. 2), los costos programados y reales del proyecto en forma global (figura No. 3) y los costos programados y reales del proyecto por especialidad (figura No. 4).

Muchos clientes y contratistas presentan su estado de costos mensual en una hoja electrónica. Esto tiene muchas ventajas ya que una simple base de datos puede ser usada por los ingenieros de costos, quienes deberán llevar el control y pronóstico del presupuesto, y por los contadores, quienes necesitan conocer de los compromisos y desembolsos. La computadora es una excelente herramienta para el reporte de costos. Puede decirle al ingeniero de costos cuantas horas - hombre en ingeniería o dinero han sido gastado y por que especialidad.

El estado financiero interno del proyecto deberá considerar los siguientes rubros:

<b>COSTO CONTRATADO</b>	Es el costo fincado en el contrato por los servicios que proporcionará el contratista y aceptado por el cliente.
<b>TOTAL FACTURADO</b>	Es el costo acumulado de facturas emitidas por el contratista a la fecha de corte.
<b>TOTAL PAGADO</b>	Es el monto pagado por el cliente al contratista la fecha de corte.
<b>PENDIENTE POR PAGAR</b>	Es el monto pendiente por pagar a la fecha de corte por parte del cliente.
<b>TOTAL FACTURADO POR AVANCE</b>	Es el monto pagado por el cliente, calculado con base al avance físico aplicado al <b>COSTO CONTRATADO</b> .
<b>MONTO FACTURADO EJERCIDO</b>	Es el monto que cubre las actividades realizadas a la fecha de corte por el contratista.
<b>GASTO ACUMULADO</b>	Son los costos directos, gastos y subcontrataciones realizados por el contratista, para el desarrollo del proyecto hasta la fecha de corte.
<b>UTILIDAD BRUTA</b>	Es el monto que resulta de restar al

% DE UTILIDAD	<p>monto facturado ejercido el gasto acumulado, a la fecha de corte. Es la relación de la utilidad bruta entre el monto facturado ejercido.</p>
MONTO COBRADO	<p>Es el monto cobrado a la fecha de corte por el contratista al cliente. (equivalente al monto pagado)</p>
ADEUDO	<p>Es el importe pendiente por pagar por parte del cliente al contratista, a la fecha de corte. (equivalente a pendiente por pagar)</p>

La figura No. 2 es una muestra del estado de financiero interno del proyecto para la ingeniería desarrollada por el contratista, en el que se observan: El monto fincado en el contrato, los montos facturados y pagados, el gasto, adeudos, la utilidad y avance físico a la fecha de corte.

Los documentos de control interno incluirán también un estado de los costos programados y reales del proyecto en forma mensual que indiquen los costos programados de trabajos programados de ingeniería (CPTP) en el mes, la facturación al cliente y el gasto realizado de los trabajos ejecutados en el mes (CRTE), la figura No. 3 es un ejemplo de la presentación de los costos programados y reales del proyecto en forma mensual, que incluye también el porciento de avance programado y real, para que el Jefe del Proyecto tome las acciones necesarias para disminuir la brecha entre la diferencia de avance programado y real, y asignar los recursos sobre las actividades que causan estos movimientos.

En la figura No. 4 se presentan por especialidad además de las Horas – Hombre y los avances programados y reales, los costos programados de los trabajos ejecutados ( CPTP ) a la fecha, que se compararán con el costo programado de los trabajos programados ( CPTP ), cuya diferencia deberá analizarse y mencionarse en la sección narrativa del informe de costos, explicando las causas que provocaron el no cumplir con lo programado. En la figura No. 4, se indica también el costo facturado al cliente y los gastos de los trabajos ejecutados ( CRTE ), estos últimos datos servirán para calcular la varianza en costo, el cual determinará con la diferencia de ( CPTP ) menos ( CRTE ), y podremos también calcular el índice de desempeño por especialidad el cual resultará de dividir los costos programados de los trabajos ejecutados ( CPTP ) entre los gastos de los trabajos ejecutados (CRTE).

- *Registro de cambios de ingeniería*: Es el documento en el que se totalizan las H – H y monto pactados originalmente así como las H – H y monto revisados o acordados. Especifica cada cambio con sus H – H, costo, fecha y oficio de autorización del cliente, un ejemplo de este documento se muestra en la figura No. 5.
- *Cartas y gráficas*: Incluye al nivel de resumen, perfiles de productividad, gráficas de tendencias, y curvas de avance que son usados por el Jefe del Proyecto para el control interno del costo del proyecto.

## I) **FACTURACION**

Este documento incluye un control de la facturación emitida hasta la fecha del reporte, en donde se indican las facturas que se han enviado para pago, informando tanto de los números de facturas, periodo al que corresponden, monto facturado, y el estado que guardan (pagada, en trámite de autorización o con comentarios del cliente). Asimismo, se contabiliza el total pagado a la fecha y el total pendiente de pago. (Figura No. 6)

La facturación del proyecto deberá cubrir los aspectos contractuales fincados entre el cliente y el contratista. En el contrato se especificará el monto de los trabajos, el cual podrá ser convenido de la siguiente forma:

<b>Precio alzado</b>	Monto total cotizado por el contratista y aceptado por el cliente para la realización integral de los trabajos con el alcance y especificaciones acordadas entre las dos partes.
<b>Precios Unitarios</b>	Monto cotizado por el contratista y aceptado por el cliente por tipo de obra, con el alcance y especificaciones acordadas entre las dos partes.
<b>Administración</b>	Monto cotizado por el contratista considerando sus costos, gastos directos y distribuibles, indirectos y reembolsables, con base a tabuladores aprobados e indirectos convenidos.

Asimismo, en un apartado del contrato se establecerán los conceptos de facturación acordados mutuamente entre el cliente y el contratista, que para ejemplo, se muestra en la figura No. 7 dichos conceptos a considerar en la facturación.

## **J) RECURSOS**

En el reporte mensual interno del proyecto, el capítulo de recursos nos indicará la asignación del personal por mes y para todo el proyecto. En este documento, se establecerán los requerimientos de personal para todo el proyecto, mostrando en dicho reporte la disponibilidad total que es la suma de la disponibilidad del personal por honorarios más la disponibilidad del personal de la plantilla perteneciente a la firma de ingeniería, como se muestra en la figura No. 8.

La figura No. 9 nos da un ejemplo del avance del proyecto y los consumos de H – H realizados por especialidad, en la que se puede observar que para algunas especialidades los consumos han sido muy altos para poder llegar al avance programado. Un análisis profundo deberá realizarse para explicar con detalle en la sección narrativa del informe de costos si el consumo excesivo fue ocasionado por el cliente o por omisiones o fallas en el contratista. Las figuras No. 10 y 11 ilustran que los niveles de detalle de los reportes de asignación de recursos se pueden realizar en forma global para todo el proyecto y por especialidad como se muestra para las especialidades de Tuberías y Sistemas.

## **2.6 PROCEDIMIENTOS ADMINISTRATIVOS**

### **2.6.1 Tipos de Procedimientos.**

Los procedimientos administrativos son los documentos que se generan para regular las distintas acciones de tipo administrativo que se llevan a cabo durante el ciclo de vida de un proyecto.

La función principal de este tipo de procedimientos es el de indicar a cada uno de los participantes en el proyecto qué se debe hacer cuando se presenta una acción tanto rutinaria como no programada.

Existen diversos procedimientos administrativos, los cuales se pueden clasificar de la siguiente forma:

- Procedimientos internos
  - ✓ Comunicación
  - ✓ Trabajo
  - ✓ Cambios de alcance
  - ✓ Modificaciones
  - ✓ Informativos
  - ✓ Organizacionales
  - ✓ Manejo de documentos
  - ✓ Elaboración de documentos
  
- Procedimientos externos
  - ✓ Comunicación
  - ✓ Cambios de alcance
  - ✓ Coordinación general

### **2.6.2 Procedimientos Internos**

Los procedimientos internos son los que se elaboran para coordinar las acciones de los participantes en el proyecto dentro de la Firma de Ingeniería, es decir las distintas disciplinas participantes, así como el grupo encargado de la administración del proyecto. Tal como se indicó anteriormente, dentro de este tipo se pueden encontrar los siguientes procedimientos:

➤ Comunicación

Establecen las líneas de comunicación en el proyecto, quién debe reportar a quién, basándose en el organigrama establecido para el mismo.

También, dentro de este tipo de procedimientos, se indica la forma en que se debe reportar, por lo que, es conveniente establecer un sistema de numeración de documentos, de tal forma que los distintos participantes puedan conocer, de una manera sencilla, si cuentan con los oficios, transmisiones, memoranda, etc., que les corresponden.

Un aspecto importante es que los participantes puedan identificar si están trabajando con la última revisión de los documentos de ingeniería que se generan, por ejemplo, la especialidad de Civil debe asegurarse que cuenta con la última revisión del plano de localización general.

Actualmente se están utilizando sistemas de intranets, por medio de correos electrónicos y bases de datos compartidas para transmitir los distintos documentos y mensajes a cada uno de los participantes en el proyecto. En este caso se debe contar con un procedimiento administrativo que indique la forma en que se van a recibir estos documentos y que garantice que cada uno, realmente sea recibido por la persona adecuada.

➤ Trabajo

Los procedimientos de trabajo (Job Procedure) le proporcionan a cada uno de los participantes del proyecto, información sobre la cual se deben de basar. Por ejemplo, el número de proyecto, el nombre del proyecto, las normas y especificaciones a utilizar y las consideraciones especiales para el proyecto.

Este documento debe estar basado en las bases de diseño, el contrato y las especificaciones firmadas para el desarrollo del mismo.

➤ Cambios de alcance

En virtud de que los cambios de alcance son una situación común en cada proyecto, es conveniente contar con uno ó más procedimientos que establezcan la forma de identificarlos, documentarlos y cuantificarlos adecuadamente, a fin de poder presentarlos al cliente en forma oportuna.

Un cambio de alcance, normalmente trae como consecuencia un cambio en el programa del proyecto, por lo que es muy importante determinar si este cambio se encuentra en la ruta crítica del mismo.

➤ Modificaciones

Conforme un proyecto va avanzando, es necesario modificar los distintos documentos que se generan, por lo que se emiten diferentes revisiones o ediciones que contienen la información con que se cuenta hasta ese momento.

Normalmente, una edición presenta una modificación menor al proyecto, pero sirve para informar a cada participante que concepto se modificó. Una revisión normalmente involucra cambios mayores y generalmente se clasifican en “Aprobado para Diseño”, “Aprobado para Construcción” y revisiones posteriores a los mismos.

Es importante, que cada cambio, se identifiquen adecuadamente, por medio de triángulos o colores los aspectos que cambiaron.

➤ Informativos

Este tipo de procedimientos proporcionan información valiosa y complementaria a cada uno de los participantes, como por ejemplo; los consumos de horas hombre por periodo, la productividad de los participantes, etc.

➤ Organizacionales

Este tipo de procedimientos indican la estructura organizacional que se debe seguir en el proyecto, indicando claramente quién es el Jefe del Proyecto, sus coordinadores, los responsables de cada una de las especialidades involucradas y las distintas líneas de mando que se deben de seguir, así como los distintos grupos de apoyo o staff que intervienen en el proyecto.

En el caso de que existan otros participantes dentro del proyecto (Stakeholders), distintos al equipo del mismo, como pueden ser proveedores, internos o externos, accionistas, compañías contratistas, asesores y el mismo dueño, se debe definir claramente su forma de participación.

➤ Manejo de documentos

En este tipo de procedimientos se debe definir la forma en que se llevará a cabo el manejo de los documentos durante el desarrollo del proyecto.

Es conveniente contar con una matriz de distribución que indique a quienes se les debe distribuir cada documento y la forma de distribución, como por ejemplo:

- ◆ Original
- ◆ Copias
- ◆ Transmisión
- ◆ Etc.

Dentro de este procedimiento se considera conveniente el adicionar la forma de manejar el registro de dibujos de ingeniería en sus distintas revisiones.

Este registro debe elaborarse en las primeras etapas de la Ingeniería de Detalle, a fin de que el administrador del proyecto pueda conocer el número de documentos esperados y el estado en que se encuentra cada uno de ellos.

#### ➤ Elaboración de documentos

Este tipo de procedimientos se refiere a la elaboración de los documentos administrativos que se deben desarrollar durante el ciclo de vida del proyecto.

Dentro de este tipo de documentos se puede identificar los siguientes:

- ◆ Reportes de avance
- ◆ Reportes de costo
- ◆ Reportes de facturación
- ◆ Reportes de utilización de recursos
- ◆ Programas y curvas de avance
- ◆ Etc.

### **2.6.3 Procedimientos externos**

Existen una serie de procedimientos externos que se deben definir durante la junta de arranque con el cliente, los cuales ayudarán a determinar claramente la manera en que ambas partes se van a coordinar durante el proyecto.

Dentro de este tipo de procedimientos no se está considerando los documentos contractuales como pueden ser; las Bases de Diseño, Bases de Usuario, Convenios y el Contrato mismo.

Dentro de los documentos que es conveniente desarrollar en forma externa están los siguientes:

➤ Comunicación

En este documento se deberán establecer los canales de comunicación entre el Cliente y la Firma de Ingeniería.

Dentro de estos canales de comunicación debe establecerse:

- ◆ ¿A quién se le enviará la documentación?
- ◆ ¿Quién la enviará?
- ◆ ¿Cómo se numerarán los documentos de transmisión?
- ◆ ¿Cómo se numerarán los oficios?
- ◆ ¿Cómo se numerarán los faxes?
- ◆ Otras formas de comunicación

➤ Cambios de alcance

Aunque un proyecto parezca perfectamente definido, es conveniente establecer un procedimiento con el cliente para el caso en que se presenten cambios de alcance, dentro del cual se debe fijar lo siguiente:

- ◆ ¿Cómo se identificarán estos cambios de alcance?
- ◆ ¿Cómo se cuantificará el cambio?
- ◆ ¿Qué precio tendrá?
- ◆ ¿Cómo se determinarán sus repercusiones en el proyecto?
- ◆ Forma de determinar si está en la ruta crítica del proyecto
- ◆ Formas de definir sus repercusiones sobre otras actividades del proyecto.
- ◆ ¿Cómo se procederá en caso de discrepancia?

➤ Coordinación General

Se deben establecer diversos procedimientos generales de coordinación entre la Firma de Ingeniería y el Contratista a fin de poder definir como se van entender en las diferentes situaciones del proyecto. Dentro de estos procedimientos se pueden encontrar, por ejemplo:

- ◆ Formas de entrega de la información
  - Número de copias
  - Forma de entrega de la documentación (Archivos electrónicos, CD, etc.)
  - Índice de la documentación a entregar
- ◆ Procedimientos de facturación

- ◆ Procedimientos de comprobación de avance

#### 2.6.4 Contenido

Un procedimiento administrativo debe contener cuando menos la siguiente información:

a) **Alcance**

En éste se indicará que actividades se cubren dentro del procedimiento correspondiente, asimismo, se deben exponer las razones por las cuales se requiere contar con el documento.

b) **Objetivo**

Se debe indicar claramente que se espera lograr con la elaboración y utilización del procedimiento en cuestión.

Se deberán mostrar tanto los objetivos generales como los objetivos particulares que se esperan cubrir.

c) **Responsabilidades**

Deberá indicarse quienes son los responsables de la aplicación y seguimiento del procedimiento.

Asimismo, se deberá mostrar quienes son los responsables de la distribución, resguardo y aprobación de los procedimientos y la forma en que éste se actualizará.

d) **Definiciones**

Dentro de este capítulo se deberán establecer todos los términos que se considere requieren una aclaración para el entendimiento correcto del procedimiento.

e) **Instrucciones**

Esta es la parte central del procedimiento y es donde se deben indicar claramente los pasos a seguir para alcanzar los objetivos planteados en el procedimiento.

f) **Referencias**

Dentro de este capítulo se deben indicar las referencias, tanto bibliográficas como la correspondencia con otros instructivos o normas que apliquen dentro del alcance del procedimiento que se está estableciendo.

h) **Anexos**

Se deberán anexar todos los documentos que se consideren necesarios para la correcta comprensión y seguimiento del procedimiento en cuestión.

A continuación se muestra un ejemplo de un procedimiento administrativo:

**PROCEDIMIENTO DE COORDINACIÓN  
CONTROL DE DOCUMENTOS**

## **CONTENIDO**

### **I. ALCANCE**

### **II. OBJETIVO**

### **III. DEFINICIONES**

### **IV. RESPONSABILIDADES**

### **V. INSTRUCCIONES**

**V.I Control de planos de ingeniería**

**V.II Control de requisiciones de equipo y material**

**V.III Control de dibujos de fabricante**

**V.IV Control de consumos de horas-hombre**

**V.V Control de isométricos de tubería**

**V.VI Control de la verificación y seguimiento del proyecto**

**V.VI.I Actualización de las actividades realizadas en el periodo.**

**V.VI.II Cuantificación de avance.**

### **VI. REFERENCIAS**

### **VII. ANEXOS**

## **I.- ALCANCE**

Durante la ejecución de los proyectos que lleva a cabo la Firma de Ingeniería, se generan una gran cantidad de documentos, tanto de las diversas disciplinas que intervienen en su desarrollo así como del control administrativo, dependiendo de la complejidad y forma en la realización de los mismos.

Por tal motivo resulta necesario llevar a cabo un control eficiente y sistemático de todo tipo de documento generado en cualquier proyecto

El alcance del presente procedimiento es el de establecer una metodología para la recepción, registro, control y transferencia de los documentos del proyecto, así como establecer una guía para el seguimiento y verificación del proyecto.

## **II.- OBJETIVO**

El objetivo del control de documentos es poder contar con un registro histórico y ordenado, que permita conocer todos los documentos que se han iniciado, disponer de un respaldo del avance parcial de los mismos, y para los que ya se han emitido, conocer la revisión bajo la cual están expuestos (preliminar, para cotización, aprobado para diseño y aprobado para construcción) y aquellos que faltan por generarse.

Es importante mencionar que esto se encuentra íntegramente relacionado con el avance total del proyecto, así como la facturación del mismo.

## **III.- DEFINICIONES**

**Documento del proyecto.** Se consideran como documentos de ingeniería los esquemas, planos y dibujos que sirven como base para las actividades que siguen para la consecución de un objetivo final incluyendo los aspectos relacionados con la construcción de una obra en particular.

**Plano del proyecto.** Es el documento final editado por cada una de las especialidades que incluye las especificaciones de las actividades de ingeniería a realizar en la construcción o fabricación de un determinado equipo, asimismo se incluyen dimensionamientos, cortes, materiales o detalles particulares que hagan más clara la comprensión del mismo.

**Hoja de datos.** Es el documento base incluye características esenciales para el diseño mecánico de equipos, tales como propiedades fisicoquímicas, materiales, dimensiones del mismo y boquillas, características de los accesorios con que cuente y que formen parte integral del mismo. La hoja de datos soporta otros documentos considerados dentro de la Ingeniería Básica y de Detalle, y en casos particulares se incluye como anexo en la especificación y requisición de algunos equipos.

**Manual del proyecto.** Es el compendio de los documentos de ingeniería que se generan durante la ejecución del proyecto.

**Especificaciones del proyecto.** Comprende las normas y códigos indicados dentro del contrato celebrado con el cliente, así como los estándares y prácticas de ingeniería.

**Bases de diseño.** Es un cuestionario, llenado por el cliente, o en común acuerdo con el cliente, que agrupa las características de las corrientes a considerar incluyendo el producto final, además de los servicios y calidad de los mismos. Asimismo, dentro de éstas se incluyen las condiciones del sitio donde se realizarán los trabajos, así como cualquier tipo de consideración en la ejecución del proyecto.

**Requisiciones.** Es el documento que describe los bienes (materiales o equipo) que se requiere concursar para su adquisición. Incluye documentos tales como especificaciones, normas, dibujos, hojas de datos, instructivos, que permiten que los proveedores tengan el conocimiento pleno de lo que se debe cotizar.

**Revisión.** Se refiere propiamente al tipo de información incluida dentro de los documentos de ingeniería, así como cada vez que surja o sufra una modificación importante que obligue a efectuar un cambio dentro del mismo, lo cual puede surgir por el ajuste a la información de fabricante, información proporcionada por el cliente o como resultado de la información generada durante la ejecución del proyecto. Generalmente las revisiones manejadas en los documentos de ingeniería son preliminar, aprobado para cotización, aprobado para diseño y aprobado para construcción.

**Estudios especiales.** Se refiere a aquellos estudios que por su naturaleza y/o requerimientos del proyecto deban de realizarse en forma específica para algún tipo de proceso o equipo, éstos pueden realizarse como parte integral de un proyecto o bien como una solicitud directa del cliente.

**Especialidades.** Comprende las diversas disciplinas que intervienen en la realización de un proyecto, mismas que se encuentran adscritas a la Firma de Ingeniería.

**Reporte de avance.** Es el documento que agrupa y describe en forma detallada las actividades realizadas durante el período indicado en el mismo reporte. Asimismo, incluye los controles de dibujos de ingeniería, requisiciones, dibujos de fabricante, curva de avance, desglose de los avances alcanzados por especialidad, avance total parcial y avance acumulado, estado de facturación y relación de pendientes. Cabe mencionar que la estructura del mismo depende de los requerimientos del cliente, aunque sin omitir conceptos descritos en esta definición. Por otra parte es el documento que sirve como soporte del avance y facturación generada en el desarrollo del proyecto.

**Archivo técnico.** Es el compendio de documentos generados por las diversas especialidades, incluyendo las revisiones emitidas durante la ejecución del proyecto, mismos que se agruparán por especialidad y registros en su respectivo formato.

**Archivo administrativo.** Comprende las diversas comunicaciones escritas tales como oficios, fax, memorándums, etc., generados en forma interna así como con el cliente, mismas que forman parte del control administrativo del proyecto y que se encuentran clasificadas conforme al índice de archivo indicado en el Anexo 19 del presente procedimiento. Todas las comunicaciones deben de mantenerse incluidas en forma de archivos electrónicos, con objeto de llevar un mejor control de las mismas.

**Registro de documentos de ingeniería.** Es el formato correspondiente a la cantidad de dibujos que serán generados por las diversas especialidades y que incluye los conceptos de fecha de emisión, revisión, avance del mismo y la descripción correspondiente.

**Control de requisiciones.** Es el registro de las diversas requisiciones tanto de equipo y materiales generadas por las especialidades que intervienen en el proyecto, los conceptos que se encuentran relacionados dentro de este formato incluyen el número de requisición de acuerdo al equipo o material que se va a cotizar, la clave de identificación del equipo requisitado, la descripción del mismo, fecha de emisión de la requisición, recepción de cotización, fecha de la emisión de la tabulación técnica y comercial (en algunos casos), proveedor ganador, fecha de adjudicación del pedido, período de fabricación y llegada al lugar en que será instalado, en algunos casos se incluye el monto con el cual fue asignado el pedido. Este registro debe mantenerse actualizado en forma periódica en archivo electrónico y en forma física para un control adecuado del mismo. . .

**Control de dibujos de fabricante.** Es el registro que agrupa los dibujos de fabricante de los proveedores a los que se les ha asignado el (los) equipos y/o materiales de las requisiciones generadas por las diversas especialidades que intervienen en el proyecto. Incluye conceptos tales como número de requisición, proveedor asignado, equipos asignados, descripción de los mismos,

número de dibujo, descripción, fecha de recepción (considerando generalmente tres revisiones), fecha de envío al proveedor y el estado en que fue enviado, éste puede ser preliminar, aprobado con comentarios, aprobado y certificado. Este registro al igual que los otros debe de manejarse en forma física así como en archivo electrónico para un mejor control de los documentos además de la actualización periódica del mismo.

**Control de horas-hombre.** Es el registro de las horas-hombre asignadas a cada una de las disciplinas que intervienen en el proyecto, así como los consumos que se van dando durante la ejecución del mismo, los cuales deben ser acordes a las actividades requeridas para el cumplimiento de éste. Dicho registro incluye las horas-hombre programadas por especialidad, el consumo de horas-hombre en forma mensual y consumo acumulado de horas-hombre. Este registro debe de realizarse en forma física y magnética, además de actualizarse periódicamente para mantener un control eficiente del mismo.

**Control de isométricos de tuberías.** Es el registro de los isométricos de tuberías generados durante el desarrollo del proyecto, incluyendo líneas mayores y menores, tanto de proceso como de servicios auxiliares. Dicho registro debe de incluir el número de isométrico, circuito o sistema, número y diámetro y de línea, presión de operación, temperatura, requerimiento de radiografiado, relevado de esfuerzos, aislamiento, revisión y fecha de emisión, tanto de los isométricos de diseño (cuenta F) como los isométricos con soportería (cuenta N). Este registro debe de realizarse en forma física y magnética, además de la actualización periódica del mismo, con el objeto de mantener un control eficiente de éste.

#### **IV.- RESPONSABILIDADES**

En todos los casos, el control y seguimiento del proyecto debe llevarse a cabo bajo la responsabilidad del Jefe de Proyecto (JP) asignado, mismo que deberá realizar la actualización y formas de control de los controles y registros descritos en el capítulo de "Definiciones" de este procedimiento, con el apoyo de su equipo de trabajo (coordinador ingenieros de proyecto, secretaria, etc.), así como de todos los Departamentos de especialidades involucradas.

En virtud de las plataformas existentes de hardware y software disponibles en la Firma de Ingeniería. Deberán crearse archivos electrónicos de respaldo de toda la documentación y planos del proyecto.

Será responsabilidad del JP la distribución adecuada de documentos

## **V INSTRUCCIONES**

### **V.I Control de planos de ingeniería.**

Tomando como base las actividades descritas en el programa del proyecto, las distintas especialidades que intervienen en el desarrollo del mismo, elaborarán el correspondiente **registro de dibujos** inherente a cada una de ellas.

Este registro de dibujos contendrá la cantidad y tipo de dibujos que se espera emitir durante su ejecución, tomando siempre en consideración la fecha en la cual han sido programadas las actividades, así como la información con que se cuenta en el momento para el desarrollo de los mismos.

Con la información generada y dirigida al JP, éste elaborará el registro de dibujos conforme al alcance citado en el capítulo de definiciones. Al momento en que se genere la emisión de un dibujo por cualesquiera de las especialidades, éste deberá enviarse al JP, quien inspeccionará y distribuirá dicho documento. Adicionalmente, se llevará un padrón de información generada, con el objeto de observar que especialidades cuentan con esta información, además del cliente.

### **V.II Control de Requisiciones de equipo y material.**

Al igual que los planos y documentos de ingeniería, las especialidades que integran el proyecto emitirán las requisiciones de equipo y material conforme a las fechas indicadas en el programa de ejecución del proyecto. Una vez emitidas al JP, éste efectuará los tramites necesarios para hacerla llegar al cliente. Asimismo, se llevará su registro de las mismas.

### **V.III Control de dibujos de fabricante.**

Una vez adjudicado (s) el (los) equipo (s) y/o materiales el proveedor presentará sus dibujos para aprobación, los cuales serán registrados y distribuidos a las especialidades involucradas dependiendo del equipo en cuestión y conforme a una matriz de distribución. Asimismo, se deberá anotar la fecha de envío de los dibujos a los especialistas, los cuales tendrán el plazo previsto por el JP para la revisión de los mismos. Dentro de este periodo de tiempo podrán surgir cuestionamientos técnicos con relación a las cotizaciones presentadas. Las respuestas deberán de registrarse en el control de dibujos de fabricante.

Una vez revisados los dibujos, éstos serán enviados al proveedor indicando su estado, el JP llevará a cabo el registro tanto del estado como la fecha en que estos fueron emitidos.

Resulta importante mencionar que el presente procedimiento no describe en forma detallada las actividades de procura, por lo que habrá que referirse al procedimiento correspondiente.

#### **V.IV Control de horas-hombre.**

Con el objeto de mantener el proyecto dentro de presupuesto, resulta requisito indispensable llevar a cabo un control estricto del consumo real de horas-hombre, contra los estimados, manteniendo la congruencia con el avance generado.

El concepto de los alcances que intervienen en el control de horas-hombre se indica en el capítulo de definiciones. Las horas-hombre programadas y manejadas dentro de este control serán las indicadas en el formato del Anexo 5, generado por la División de Programación. Por otra parte las horas - hombre consumidas se tomarán de los reportes catorcenales de horas - hombre, generados por el Departamento de Planeación, Desarrollo y Estudios Especiales de la Gerencia de Proyectos.

Para mayor referencia sobre el control de horas-hombre es recomendable referirse al procedimiento particular respectivo.

#### **V.V Control de Isométricos de Tuberías.**

El Departamento de Tuberías proporcionará al JP la relación de isométricos de tuberías que emitirá durante el desarrollo del proyecto.

Por la magnitud del impacto en la fase de construcción, resulta importante vigilar que la emisión de isométricos se realice dentro de las fecha fijadas en el programa del proyecto.

#### **V.VI Control de la verificación y seguimiento del proyecto.**

El control de la verificación y seguimiento del proyecto debe de realizarse en forma continua, en función del tiempo de ejecución y la complejidad del mismo. Esta actividad tiene como finalidad el asegurar que el proyecto se realice dentro de las normas de calidad en el tiempo establecido y con el presupuesto asignado. El seguimiento adecuado permite detectar en forma oportuna las desviaciones y/o anomalías además de permitir llevar a cabo las acciones correctivas para mantener bajo control el desarrollo del proyecto.

La Jefatura de Proyecto realizará la verificación y seguimiento del proyecto por medio de actualizaciones en el desarrollo de las actividades con los especialistas involucrados; la información recopilada se transfiere a la División de Programación para su análisis y actualización del programa del proyecto.

A continuación se describen las actividades para la verificación y seguimiento del proyecto:

#### **V.VI.I Actualización de las actividades realizadas en el período.**

El cumplimiento del programa general del proyecto radica fundamentalmente en la realización oportuna de las actividades que conforman la ruta crítica. La verificación en su ejecución resulta fundamental para el control adecuado del proyecto. Por otra parte, las fechas reales de las actividades realizadas en el período de actualización determinarán tendencias en las actividades restantes, el análisis de esta nueva planeación traerá como resultado las actividades que requieren mayor atención tanto en tiempo como recursos, dicho análisis se encuentra conformado de dos etapas.

- 1a. Revisión de actividades críticas. En caso de presentarse un atraso en la ejecución de estas actividades, se analizará si con una mayor asignación de recursos, se puede dar cumplimiento a las fechas programadas que son claves en la ejecución del contrato para no alterar la terminación del proyecto.
- 2a. Revisión de actividades no críticas. La revisión de estas actividades complementa las acciones de control para mantener el desarrollo del proyecto dentro de los límites establecidos en tiempo y costo. Al igual que las actividades críticas se deberán comparar las fechas programadas contra las fechas reales y/o tendencias. Esta comparación permitirá redefinir la asignación de recursos reajustando sólo en caso necesario las fechas de terminación basándose en sus holguras.

#### **V.VI.II Cuantificación de avance.**

La medida de avance en la ejecución del proyecto se determina conforme al grado de realización de las actividades inherentes al mismo, por lo que un seguimiento adecuado, garantizará el cumplimiento de cada una de ellas, por lo tanto el Departamento de Programación emitirá el listado de "Actividades a realizar en el período", el cual describe las actividades que dan inicio, ¿cuáles se mantienen ejecutándose? y ¿cuáles han terminado?, el que se

turnará a las diversas especialidades, a través del JP con el objeto de recabar el avance obtenido en el período mencionado con anterioridad, para que posteriormente se devuelva al Departamento de Programación y éste efectúe la actualización del programa de valores, curva de avance y programa general del proyecto, la curva de avance programada es la representación gráfica de las aportaciones periódicas de acuerdo al programa general del proyecto, la curva de avance real es la aportación por las actividades iniciadas o terminadas en el período de actualización. La graficación de ambas curvas será para efectos de comparación y detección de desviaciones.

## **VI. REFERENCIAS**

- Procedimiento de programa de actividades
- Procedimiento de control de horas-hombre
- Procedimiento de transferencia de horas-hombre
- Procedimiento de avance del proyecto
- Procedimiento de cierre de proyecto
- Procedimiento de elaboración de reporte de avance
- Procedimiento de procura de equipo y materiales

## **VII. ANEXOS**

### **3.0 BASES PARA EL DESARROLLO**

#### **3.1 LUGAR PARA LA EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS**

El lugar para desarrollar las diferentes actividades requeridas por un proyecto multidisciplinario, depende del sistema de manejo de un proyecto en particular.

Existen dos sistemas básicos de estructurar la organización de un proyecto en una empresa encargada de la ejecución de multiproyectos. En un extremo la organización Funcional o Departamental, y en el otro, la Proyectizada o Task-Force; dadas las condiciones económicas actuales, se requiere optimizar los trabajos de cada uno de los integrantes de los grupos de trabajo, evitando los "tiempos muertos" mediante una adecuada programación de sus actividades; a partir de lo anterior, surgió la organización matricial, en la cual se trata de optimizar las ventajas y minimizar las desventajas de las estructuras proyectizada y funcional.

En este tema, vamos a comentar respecto al lugar requerido para la ejecución de los trabajos de un proyecto Task-Force.

##### **3.1.1 Ubicación física**

Para formar un equipo de proyecto eficiente, la medida más fácil que puede poner en juego el jefe de proyecto es situar a las personas del proyecto cerca unas de otras. El hecho de trabajar juntos en el mismo sector geográfico inevitablemente vincula a las personas.

También hay razones muy prácticas para situar juntos a los miembros del personal del proyecto; casi todas se refieren a las buenas comunicaciones. Un recorrido a dos puertas de distancia es más eficaz para discutir un problema que suscita controversias, que la llamada más impersonal por teléfono que habría de hacerse si la persona estuviera a diez minutos de distancia. También se impulsa el espíritu informal gracias al contacto directo con los propios colegas. Además de esto, se reduce el papeleo excesivo, lo cual es sumamente conveniente. Los planes importantes, las especificaciones, las instrucciones y los informes deben asentarse precisamente en documentos, pero constituyen únicamente la décima parte de las comunicaciones en el proyecto y del papeleo coordinador. Casi todo el resto deberá suprimirse, situando a los miembros del equipo cerca unos de otros.

Colocar a las personas cercanas entre si es característica clave del éxito en trabajos de ensayo en sitios especiales para proyectos de desarrollo. Las pruebas empíricas tardan en realizarse, pero el principio de colocar a las gentes cerca unas de otras ha demostrado ser una clave importante para el éxito de los proyectos.

El jefe de proyecto y los miembros clave del equipo no deben permanecer ubicados físicamente en sus respectivos departamentos.

Si un hombre permanece en su escritorio y lugar antiguos, la gente tenderá a seguirle llevando los problemas de rutina, y tendrá que soportar en todo momento una presión dispersora.

Se debe organizar el equipo de proyecto como si fuera un departamento temporal, en un área física separada, sólo así podrán el Jefe de Proyecto y los miembros clave, dedicarle toda su atención al proyecto, ya que éste necesita toda su atención.

Si se saca físicamente a los miembros clave de sus propios departamentos, aún podrán ser distraídos por llamadas telefónicas o comunicados del personal que estaba a su cargo.

Una forma de hacer que esto no pase, es que el jefe del departamento gire un comunicado a los empleados, diciéndoles que ya no lleven a los miembros del equipo, como lo habían estado haciendo, asuntos o problemas sobre el trabajo de rutina; debiéndose informar a los empleados, el nombre de una persona a quién puedan recurrir en busca de las soluciones que él solía darles.

### **3.1.2 Cuartel general del proyecto**

Elija como cuartel general, un salón suficientemente grande para las juntas de los miembros claves del grupo. También deberá tener espacios en las paredes para mostrar las gráficas de planeación y avance.

Monte sobre la pared el diagrama de red de actividades del proyecto y la gráfica de Gantt. Estos, junto con otros datos, pueden proporcionar una guía visual a cada miembro del equipo, a medida que éste avance hacia la meta del proyecto. Asimismo, lleve los registros y reportes de avance en el cuartel general.

### **3.1.3 Área de Trabajo**

El área de trabajo que sea asignada al grupo de proyecto, deberá ser acorde a la magnitud del proyecto por realizar, es decir, si el proyecto a ejecutar es de gran envergadura, con un alcance de actividades que involucra a los diferentes especialistas de la ingeniería, deberá contarse con un área grande que dé albergue a todo el personal que participe en este trabajo.

Una vez conocida el área disponible de trabajo, ésta se deberá distribuir de tal manera de dotar inicialmente de oficinas al grupo de administración y control del proyecto, es decir, el Jefe de Proyecto, el Coordinador de Diseño, el

Coordinador Administrativo, ingenieros de proyecto, programación y costos, personal de contabilidad, secretarías y oficinistas, así como también área para instalar el equipo de cómputo que resulte necesario y el archivo de toda la información generada en el proyecto.

Asimismo, deberá haber un área definida para centralizar el ploteo de los planos que se originen por los diferentes especialistas mediante el uso de sistemas de cómputo; así como también impresoras y copiadoras para uso general del proyecto.

En lo que respecta a las diferentes especialidades que participan en la ejecución de las actividades (proceso, sistemas, control, operación, cambiadores de calor, hornos, mecánica, civil concreto y acero, tuberías, análisis de esfuerzos, eléctrico, dinámica de rotores, etc.), es necesario tratar de ubicar a su personal en áreas definidas para cada una de las disciplinas, tomando en consideración hasta donde sea posible, el acercamiento físico que resulta necesario entre las especialidades de las que su información es predecesora o sucesora. Asimismo, debe tomarse en cuenta que el personal de cada especialidad debe contar con los recursos informáticos, tanto de equipo como de paquetería, que resulten necesarios para desarrollar sus actividades dentro de los parámetros de tiempo, costo y calidad.

Dentro del área de trabajo, deberá considerarse también, la necesaria para la oficina del ingeniero residente por parte del cliente, quien también deberá contar con área para secretaria, equipo de cómputo y archivo de la información que maneja.

Por otra parte, con el fin de mantener un ambiente agradable, se debe cuidar hasta donde sea posible, aparte de que necesariamente haya una buena iluminación, ventilación y limpieza, que los locales de oficinas, mobiliario y equipo del proyecto sean de calidad semejante a los ocupados por quienes desempeñan trabajos similares en la misma compañía, esto con el fin de evitar resentimientos innecesarios en el personal.

## **3.2 ASIGNACION DE RECURSOS**

El recurso clave en el desarrollo de un proyecto es el elemento humano que participará en la ejecución de tareas bien definidas, pero también es indispensable hacer otras asignaciones.

El proyecto debe iniciarse, ya sea asignándosele realmente los recursos o facultándolo para que los adquiera. Al Jefe de Proyecto no debe ponérsele en situación de tener la responsabilidad del trabajo sin los medios a la mano para saber lo que se necesita para ejecutarlo.

Es preciso establecer inmediatamente un presupuesto para el proyecto. Si el Jefe de Proyecto tiene que confiar en el apoyo general de otras divisiones, usando los recursos existentes en ellas, debe recibir las prioridades adecuadas y tener inmediatamente disponibles las instalaciones adecuadas, las cuales deben contar con el equipo necesario para poder desarrollar los trabajos específicos contratados con el cliente.

En un proyecto grande, se tendrá que proporcionar a los miembros del equipo, no sólo las necesidades físicas, sino también las actividades de apoyo. Estas incluyen los servicios de oficina, secretariales y telefónicos. Puede que desee incluir dibujantes y mecanógrafas y proporcionar espacio para catálogos y archivos de especificaciones.

La asignación de los diferentes recursos que una compañía tiene que proporcionar para poder desarrollar un proyecto cubre los siguientes aspectos.

### **3.2.1 Recursos Humanos**

Los recursos humanos se obtienen internamente de los departamentos o áreas funcionales, o sea de toda la organización que no es el proyecto; externamente de subcontratistas y asesores, que ya proporcionando personal o trabajando por su cuenta participan en la ejecución del proyecto.

El aspecto más delicado de los recursos humanos, es el Jefe de Proyecto quien en buena parte es el responsable del éxito del trabajo. Los jefes de sección o responsables de disciplina son, por su carácter de doble responsabilidad, otro elemento que se requiere se maneje con atención.

A continuación se listan algunos de los requerimientos del Jefe de Proyecto

- a) Tener su autoridad y responsabilidad bien definida y documentada.
- b) Tener un adecuado sistema de información.
- c) Entender los problemas de un gerente.
- d) Tener suficiente rango ejecutivo y nivel organizacional.

- e) Al manejar el proyecto, quedar separado del área funcional de la empresa.
- f) Tener gran participación en la definición del grupo básico de trabajo, durante la vida del proyecto.
- g) Tener experiencia en el manejo de proyectos.
- h) Tener un estatus definido respecto al resto de los integrantes del proyecto.

En un proyecto de magnitud considerable, uno que probablemente consuma miles de horas-hombre, el jefe de proyecto trabajará tiempo completo. Pero también se necesitará que algunos miembros del equipo trabajen igual.

Para asegurar la continuidad del proyecto, conviene que una o dos de esas gentes recorran, con el jefe de proyecto, toda la ruta planeada del proyecto.

A medida que avanza el proyecto, una persona pasará a ser, en forma "natural", el asistente del jefe de proyecto, sea que se le dé o no, tal nombramiento.

Una vez que se emprende un proyecto, debe llevarse a cabo, independientemente de los problemas individuales de personal. Si el jefe de proyecto desaparece del cuadro por cualquier motivo, el asistente debe tomar su lugar.

La necesidad de seleccionar buenos empleados para el equipo, se aplica indistintamente a internos y externos. No utilice a una persona que no ha sido probada o a una compañía desconocida. Evítese dolores de cabeza, asegurándose de que todos los miembros del equipo, internos o externos, tengan un "historial" satisfactorio.

Supervisando a los miembros del equipo. Una vez que ha seleccionado a los integrantes del equipo, tendrá que hacerse otra pregunta: "¿Cuál es la mejor manera de supervisarlos?".

Dado que los miembros de su equipo serán gentes de alto nivel, tome en cuenta que son tipos independientes. La mayoría profesionales y por ende competentes en sus campos de trabajo. Usted no puede manejarlos del mismo modo que a otras gentes dándoles órdenes.

El jefe de proyecto les dice a los miembros individuales del equipo qué es lo que debe hacerse, pero no cómo hacerlo. También les hace saber para qué fecha debe estar terminado el trabajo.

Se debe ejercer dirección y control durante todo el avance del proyecto. Un miembro indisciplinado en el equipo podría echar a rodar todo el proyecto. Se debe estar alerta para que esto no suceda.

### **3.2.2.1 Recursos Tecnológicos.**

Los recursos tecnológicos pueden ser propios o externos, y corresponden a los diferentes paquetes de cómputo, software, requeridos por las diferentes especialidades que intervienen en un proyecto para desarrollar sus actividades; como pueden ser los requeridos por ingeniería de sistemas para cálculo de líneas de tubería, válvulas de control, válvulas de desfogue, etc.

Los externos pueden ser nacionales o extranjeros, como ejemplo de estos últimos podemos mencionar la paquetería para desarrollar el diseño completo de la ingeniería de tuberías de una planta, comprendiendo planos de plantas y elevaciones, isométricos de tubería y listas de materiales de tubería.

### **3.2.3.1 Recursos Físicos**

Como recursos físicos se pueden mencionar los requerimientos de áreas de oficina preferentemente integradas o grandes espacios en edificios en donde ubicar a todo el equipo de trabajo de un proyecto.

Asimismo, se deben considerar los diferentes servicios como son teléfonos, red interna de cómputo, Internet, Fax, copiado tanto electrostático como heliográfico.

### **3.2.3.2 Recursos Materiales.**

Los recursos materiales comprenden el equipo y mobiliario de oficina requerido tanto para el personal técnico, como son los ingenieros participantes en el proyecto de las diferentes especialidades, como para el personal administrativo y de servicios, como son el personal de contabilidad, secretarial, oficinistas, intendencia, vigilancia.

Por otra parte, en este renglón se considera también la asignación del equipo de cómputo requerido para la ejecución de los trabajos, el cual deberá cubrir computadoras personales, el software necesario, impresoras en blanco y negro y color, plotters, etc.

### **3.2.4 Recursos Financieros.**

Los recursos financieros para desarrollar el proyecto pueden ser propios o externos, normalmente para proyectos importantes el cliente otorga un anticipo que puede ser del 10 al 20% del costo estimado de los trabajos, que permite iniciar el desarrollo de los mismos, recuperando posteriormente mediante la facturación mensual, los gastos de ejecución del proyecto.

### **3.2.5 Recursos de Apoyo.**

Los recursos de apoyo al proyecto pueden ser muy diversos, como son las fuentes de información que pueden ser internas, biblioteca o manejo de normas, estándares y especificaciones; o externas, que lo mismo puede ser con el cliente, proveedores de equipo, licenciadores de tecnología, o de oficinas gubernamentales.

Asimismo, se debe considerar el apoyo informático que pueda ser requerido, tanto propio como externo.

### **3.3 RECEPCIÓN DE LA INGENIERÍA BÁSICA**

#### **3.3.1 Desarrollo de la ingeniería Básica**

La Ingeniería Básica del Proceso es aquella ingeniería que se refiere a saber como se elabora un producto (know how), en Petróleos Mexicanos esta Ingeniería se adquiere por diferentes medios:

- A) Cuando se trata de procesos de dominio público, estos pueden contratarse con una Firma de Ingeniería Mexicana.
- B) Cuando se trata de procesos que requieren del pago de regalías por el uso de una determinada patente, normalmente se acude a Licenciadores Extranjeros.

A pesar del esfuerzo que Petróleos Mexicanos está haciendo a través del Instituto Mexicano del Petróleo para el desarrollo de procesos, aún se tiene que comprar en el extranjero Ingeniería Básica con tecnología de punta de variados procesos. El desarrollo de éstos, es una labor difícil y costosa, y corresponde al ingeniero Químico su desarrollo. Es importante también hacer ver que aún en los países altamente desarrollados en este campo se importan con mucha frecuencia licencias extranjeras.

#### **3.3.2 Selección de un Proceso.**

En Petróleos Mexicanos la selección de un proceso, si este se requiere adquirir en el extranjero, se efectúa en base a un Concurso Internacional.

Si las condiciones comerciales son atractivas, tratándose de un proceso en el cual se cuente con buena experiencia, la selección es fácil; si no existen las condiciones anteriores o se trata de la fabricación de un producto nuevo, la selección se lleva a cabo, haciendo un estudio técnico-económico en base a las ofertas obtenidas para determinar la inversión inicial, los gastos de operación y las conveniencias técnicas en cada caso. Para constatar las ventajas técnicas, se efectúa una investigación directa por medio de visitas a unidades similares en operación que el Licenciador preseleccionado haya vendido.

Consideramos que el factor más importante para la selección de un proceso es la confiabilidad de operación de la unidad.

### **3.3.3 Paquete de Ingeniería Básica.**

La documentación que forma el Paquete de Ingeniería Básica es como mínimo la siguiente:

- A) Descripción detallada del Proceso.
- B) Diagrama de Proceso, donde se incluyan balances de materia y energía y condiciones de operación: presión, temperatura, flujo.
- C) Plano General de Localización sugerido.
- D) Lista de Equipo Básico.
- E) Hoja de datos de los Equipos Básicos, y en casos de Equipos Críticos en la operación de la Planta, especificaciones detalladas y dibujos si se requieren para la fabricación de equipos, como es el caso de reactores.
- F) Consumo estimado de Servicios Auxiliares.
- G) Consumo y especificaciones de reactivos químicos y catalizadores.
- H) Una guía de operación de la unidad.

### **3.3.4 Recepción de la Ingeniería Básica**

Durante el desarrollo y para la aceptación de la Ingeniería Básica, Petróleos Mexicanos normalmente envía un Residente a las oficinas del Licenciador, quien sirve de Coordinador entre Petróleos Mexicanos y el Licenciador, y quién verifica en paralelo con personal de la entidad operativa que la información suministrada por el Licenciador sea clara y completa, de tal manera que permita posteriormente el desarrollo sin ningún tipo de problemas de la Ingeniería de Detalle.

Cuando el paquete de proceso entregado por un Licenciador no contiene la información mínima correspondiente al paquete de ingeniería básica, se hace necesario desarrollar un paquete de ingeniería denominado Front End, cuyo alcance de trabajo corresponderá a la ejecución de las actividades de ingeniería que resulten necesarias, de tal manera que complementen la información suministrada por el Licenciador, a fin de poder determinar con mayor grado de precisión las actividades de Ingeniería de Detalle y en consecuencia, proceder con la ejecución de las mismas.

### **3.4 INFORMACIÓN DEL SITIO**

Desde que se elabora el estudio de factibilidad se inicia la definición de la información del proyecto, este es el caso de la capacidad de la planta, las características del producto y materias primas, y la localización de ésta; con esta información se definen muchos de los datos que forman las Bases de Diseño.

Durante el desarrollo del proceso se requiere de algunos de los datos del lugar, como son la presión atmosférica y las temperaturas ambiente, que forman parte de las Bases de Diseño.

En la Ingeniería de Detalle se definen, antes de iniciar las actividades propias de esta fase, todos y cada uno de los datos y condiciones que complementan la información del sitio y que forman las Bases de Diseño, y que podemos agrupar en los siguientes conceptos:

- A) Consideraciones generales al diseño de la planta.
- B) Características de los datos del lugar.
- C) Características de los Servicios Auxiliares.
- D) Características de las obras de infraestructura disponible.

#### **3.4.1 Consideraciones Generales al Diseño de la Planta.**

Aquí nuevamente se define la capacidad de la Planta, la flexibilidad de operación deseada, definiendo el factor de servicio de la Unidad en horas por año, se establece en qué condiciones de falla de los Servicios Auxiliares debe seguir operando la unidad.

Se define la necesidad de futuras expansiones, se establecen nuevamente las especificaciones de los productos y materias primas, las condiciones de presión, temperatura, estado físico y gasto o cantidad a que se entregarán al diseñador en un punto dado. Se establecen las Leyes o Reglamentos a los que debe sujetarse el diseño de la planta en lo referente a protección ambiental, seguridad industrial, uso eficiente de la energía, o cualquier otro requisito.

Y por último, se definen algunas de las características que debe tener la Planta, como son: tipo de instrumentos que se emplearán, requerimientos del sistema de control, se definen el sobrediseño de los equipos mecánicos y todas aquellas preferencias del usuario.

### **3.4.2 Características de los Datos del Lugar.**

Para poder diseñar apropiadamente una Unidad es fundamental establecer las condiciones del diseño, una parte de estas condiciones las da el propio proceso, pero otras son funciones de los datos del lugar.

Los datos del lugar son:

Condiciones Climatológicas  
Condiciones del Suelo  
Factor Sísmico

Las condiciones climatológicas requeridas en nuestro caso son: presión atmosférica, temperatura ambiente máxima promedio, temperatura mínima promedio, temperatura de bulbo húmedo, humedad atmosférica, velocidad máxima del viento, vientos reinantes, vientos dominantes y precipitación pluvial máxima en una hora o 24 horas.

Las condiciones del suelo son definidas por el Estudio de Mecánica de Suelos, y el factor sísmico es característico de cada lugar y se define en los códigos para diseño y construcción de edificios.

Muchas de estas condiciones influyen directamente en el diseño de los equipos, tal es el caso de la presión atmosférica, que se requiere para la selección de sopladores de aire, o bien para determinar el NPSH disponible de equipo de bombeo que succiona productos de un tanque atmosférico, las temperaturas ambiente son indispensables para el cálculo de enfriadores de aire, o el aislamiento de motores eléctricos, diseño de torres de enfriamiento, etc.

La información sobre precipitación pluvial se requiere para diseñar el sistema de drenajes. La velocidad máxima de viento, la zona sísmica y el estudio de mecánica de Suelos, son indispensables para el diseño de las estructuras, cimentaciones y espesor de recipientes, torres y reactores, en algunos casos.

### **3.4.3 Características de los Servicios Auxiliares.**

Antes de iniciar la Ingeniería de la Planta, es necesario definir las características de los Servicios Auxiliares que se emplearán en la unidad, estos son:

- A) Niveles y características de la corriente eléctrica, confiabilidad y disponibilidad.
- B) Niveles y características del vapor y disponibilidad.
- C) Características del agua de enfriamiento, agua contra incendio, agua para beber, agua para proceso, y para servicios sanitarios.

- D) Fuente de suministro y análisis de agua cruda.
- E) Disponibilidad y características de combustibles.
- F) Características del aire de instrumentos, aire de planta o gas inerte, si lo requiere el proceso.

#### **3.4.4 Características de las obras de infraestructura disponible.**

Es de mucho interés conocer la disponibilidad y características de las obras de infraestructura tal como: carreteras, vías y espuelas de ferrocarril, aeropuertos, puertos, etc., las cuales quedan definidas en las Bases de Diseño.

Si la Unidad se está diseñando para una refinería o complejo petroquímico existente, es también importante revisar la capacidad de talleres, bodegas, almacenamientos de materias primas y productos; si se trata de una refinería o de un complejo nuevo, lógicamente se deben considerar todos estos servicios en el proyecto, que frecuentemente se dejan para lo último y resultan a menudo la parte crítica de la puesta en marcha del proyecto.

### **3.5 CRITERIOS Y BASES DE DISEÑO**

En el desarrollo de un proyecto industrial, una vez que se ha hecho la elección del sitio en donde se instalará la planta de proceso, y antes del inicio de la etapa de ingeniería básica, deberán quedar definidos los criterios que aplicarán en el diseño del proceso y del equipo principal, así como los datos y condiciones correspondientes al diseño de la planta.

Posteriormente, y previo al inicio de la etapa de ingeniería de detalle, la información de diseño se complementará con los datos específicos del lugar, los de los sistemas de servicios auxiliares, así como la información referente a las obras de la infraestructura disponible.

Contractualmente, la anterior información queda establecida en los documentos correspondientes a criterios de diseño y bases de diseño, que se comentan a continuación.

#### **3.5.1 Criterios de Diseño.**

La finalidad de este documento consiste en establecer e informar la aplicación de todos aquellos criterios que se deben considerar en el diseño del proceso y equipo principal.

Algunos de estos lineamientos son considerados como estándares de diseño de equipo, y como tal deberán aparecer en las especificaciones generales de proceso y en los requisitos específicos, por lo que no es necesario mencionarlos en el documento de Criterios de Diseño, a menos que se presente una excepción en su aplicación.

Las prácticas recomendadas en la Ingeniería Básica cubren tanto aspectos generales de la planta, como parámetros particulares de los equipos:

Criterios generales.

- a) Criterios de sobrediseño de equipo.
- b) Expansiones futuras de planta.
- c) Criterios para absorber cambios en alimentación en las condiciones de operación.

Criterios de equipo:

- a) Flux máximo en calentadores a fuego directo.
- b) Velocidad de flujo en cambiadores de calor.
- c) Requerimientos especiales de materiales de construcción.

### **3.5.2 Bases de Diseño.**

En las bases de diseño se establece toda la información técnica necesaria para desarrollar la ingeniería del proyecto. Para contar con el documento final de bases de diseño, debe seguirse un procedimiento que establece el ordenamiento de los datos y la forma de obtenerlos.

El primer paso a seguir para la elaboración de las bases de diseño, es llenar el Cuestionario de Bases de Diseño, este paso normalmente se lleva a cabo en la "Junta de Arranque" de un proyecto, en la cual se reúnen los representantes de la firma de ingeniería (Jefe de Proyecto) con el cliente.

Un Cuestionario de Bases de Diseño generalmente contiene:

- a) Nombre de la planta o proyecto
- b) Datos de localización de la planta
- c) Función de la planta
- d) Tipo de proceso
- e) Capacidad, rendimiento y flexibilidad
- f) Especificaciones de las alimentaciones
- g) Especificaciones de los productos
- h) Condiciones de las alimentaciones en límites de batería
- i) Condiciones de los productos en límites de batería
- j) Eliminación de desechos
- k) Instalaciones requeridas de Almacenamiento
- l) Condiciones y especificaciones de Servicios Auxiliares
- m) Sistemas de Seguridad
- n) Condiciones Climatológicas
- o) Localización de la planta
- p) Bases de Diseño Eléctrico
- q) Bases de Diseño de tuberías
- r) Bases de Diseño Civil
- s) Bases de Diseño para Instrumentación
- t) Bases de Diseño para Equipo
- u) Normas, Códigos y Especificaciones

El Cuestionario de Bases de Diseño es un documento que establece en forma ordenada y objetiva toda la información que se requiere para iniciar el diseño de una planta de proceso y que después servirá de base para elaborar el documento final.

Es muy importante contar con un procedimiento para su elaboración, revisión, aprobación y manejo, el cual dependerá de las políticas de la compañía que desarrollará el proyecto.

El procedimiento fijará como guía el número de revisiones de las Bases de Diseño que deberán ser emitidas en el transcurso de un proyecto, así como de información mínima que debe incluirse en cada una de ellas, esto sin ser algo limitativo, ya que de hecho, el cliente es quien proporciona la mayor parte de la información cuando contesta el Cuestionario de Bases de Diseño. El Jefe de Proyecto de la firma de ingeniería es el responsable del manejo de este documento.

### **3.6 NECESIDADES DE INFORMACION Y COMUNICACIÓN INTERDISCIPLINARIA.**

En la ejecución de proyectos de ingeniería multidisciplinarios, el manejo de la información así como la comunicación entre los diferentes especialistas participantes en los trabajos es primordial para el buen desarrollo de los mismos.

Así como el Jefe de Proyecto, debe estar informado de todo lo que acontece en un proyecto y mantenerse comunicado internamente con todas las áreas técnicas y administrativas que participan en el mismo trabajo (aparte de la comunicación que debe guardar externamente tanto con el cliente como con los diferentes proveedores de equipo y materiales), los responsables de cada especialidad deberán mantenerse informados de las últimas revisiones que guardan los documentos que ellos requieren para desarrollar las actividades que son su responsabilidad dentro del alcance global de trabajo del proyecto. Lo anterior se logra mediante una buena comunicación a través del Jefe de Proyecto o de sus ingenieros coordinadores, o si el caso lo amerita, en reuniones sancionadas por el Jefe de Proyecto, directamente de los especialistas que generan los documentos requeridos para poder desarrollar sus actividades y editar los documentos que le corresponden.

A continuación, se mencionan tanto las actividades o documentos de control como los diferentes tipos de reuniones o acciones a tomar, que es necesario tener en consideración como apoyo de las actividades de cada una de las especialidades participantes en la ejecución de un proyecto de ingeniería multidisciplinario.

#### **3.6.1 Información general del proyecto.**

Antes del inicio de los trabajos de un proyecto, una visita al sitio de la obra por parte del Jefe de Proyecto y de los responsables de especialidad, permitirá conocer aspectos particulares como: topografía del terreno, construcciones vecinas, soporterías de integración, requerimientos de seguridad para la obra a instalarse, etc., lo cual redundará en el desarrollo de un mejor diseño de la ingeniería requerida.

Cada área de especialistas necesita conocer a detalle el alcance del trabajo por ejecutar, con lo que podrán definir los límites a los que se circunscribirán los trabajos de diseño.

Con las bases de diseño se definen los criterios que aplicarán en el diseño del proceso y del equipo principal, así como los datos y condiciones correspondientes al diseño de la planta.

El estimado de H-H y la definición de los planos a elaborar, es la parte de la planeación del trabajo de ingeniería que permite, por una parte, conocer a los especialistas las H-H con que cuentan para desarrollar sus trabajos comprometidos así como el tiempo establecido para su ejecución; y por la otra parte, ayuda al Jefe de Proyecto en el control, tanto del tiempo (mediante el programa general de trabajo) como del costo (por medio del control de H-H de la ingeniería así como su estimado y control de costo).

Asimismo, mediante la definición de un criterio de avance de planos, se uniformiza el criterio de todas las personas que intervienen en el proyecto en lo referente a la estimación de avances, y de esta manera, evitar valuaciones por arriba o abajo de la realidad.

El control de la información, permite conocer con que información se cuenta, en forma ordenada cronológicamente y por proveedores y/o equipos.

Mediante el manejo de la Bitácora de Diseño, se puede llevar un registro total de las instrucciones y acuerdos que se toman sobre la marcha en el desarrollo de un proyecto, y garantiza que dicha información sea conocida en forma inmediata por todas las personas involucradas.

La proyección de personal es el documento que permite planear y vigilar que el proyecto en todo momento cuente con el personal necesario, para marchar con el ritmo planeado.

### 3.6.2 Información específica por actividad.

La información predecesora, es la información necesaria para desarrollar una actividad. Disponer de la información básica de secuencias o bien de la matriz de precedencias en donde están definidas todas las actividades posibles de realizar en un proyecto, así como aquellas que son requeridas para dar inicio a una actividad en particular. Es necesario no iniciar la actividad en estudio sin antes haber concluido la última que le antecede.

Se muestran como ejemplo unos diagramas esquematizados de información básica necesaria en el desarrollo de un proyecto, que nos indican la información requerida para desarrollar cada actividad.

Asimismo, se muestra un diagrama de flujo de información durante el desarrollo de un proyecto, en donde se indica como desde el inicio de un proyecto se van generando los diferentes documentos, tomando como base la definición de las bases de diseño, la propuesta de un esquema de proceso y, a partir de este, el desarrollo de la ingeniería básica con la emisión del diagrama de flujo de proceso; el diagrama de balance de servicios auxiliares y las hojas de datos de torres, recipientes, reactores, bombas, cambiadores de calor, compresores, etc.; información que a su vez sirve de base para elaborar

el plano de localización general, así como los planos mecánicos de calentadores a fuego directo, cambiadores de calor, torres, recipientes, reactores, tanques atmosféricos, filtros. Por otra parte se tienen los diagramas de tubería e instrumentación de proceso y servicios auxiliares.

Las hojas de datos dan paso a las hojas de especificación de bombas y compresores. Los planos mecánicos de equipo y el plano de localización general son la precedencia para poder iniciar:

- los planos civiles, tales como, cimentaciones de equipo, pavimentos, edificios, soportería de tubería, estructuras, plataformas, escaleras, drenajes, etc.
- planos de tuberías, como son: plantas y elevaciones, isométricos, tubería subterránea, sistema contra incendio, estudio de puentes, localización de boquillas, etc.
- planos eléctricos (los cuales también requieren de los diagramas de tuberías e instrumentación para su elaboración): clasificación de áreas, tierras y apartarrayos, diagramas de control, sistema general de fuerza, alumbrado en equipos, coordinación de protecciones, diagrama unifilar, etc.
- por último, teniendo como precedencia los diagramas de tubería e instrumentación tanto de proceso como de servicios auxiliares, se obtienen las hojas de especificación de instrumentos, válvulas de control, válvulas de relevo, definición de los sistemas de control distribuido, etc.

### 3.6.3 Comunicación.

La junta de arranque del proyecto permite presentar a todas las personas que estarán involucradas en el proyecto, acerca de las características del mismo, y sentar las bases principales en que se apoyará el diseño.

La revisión semanal del estado del proyecto se efectúa entre el Jefe de Proyecto y los responsables de cada especialidad, permite conocer semanalmente el estado de los trabajos de cada grupo, así como sus necesidades tanto de información como de personal.

La junta quincenal con el cliente permite mantener informado al cliente del estado del proyecto y conocer sus indicaciones o peticiones en los aspectos de importancia en el proyecto.

En las juntas de depuración de documentos de proyecto, participan con el Jefe de Proyecto las especialidades que originan los documentos así como las que requieren de esta información como precedencia para desarrollar sus documentos comprometidos en el alcance de los trabajos.

Los documentos que se discuten en juntas de depuración son los siguientes:

Cuestionario de bases de diseño  
Diagrama de flujo de proceso  
Plano de localización general de equipo  
Diagramas de tubería e instrumentación de proceso  
Diagramas lógicos de control  
Sistema de desfogue  
Plano de derechos de vía de rutas subterráneas de tubería, drenajes y acometidas eléctricas respecto a las cimentaciones en general.

Por otra parte, el chequeo cruzado de la información generada, permite que el diseño de cada fase sea congruente con el de los demás y evitar errores por interferencias o malas interpretaciones.

## 3.7 PROCESO DE MEJORA CONTINUA Y CALIDAD

### 3.7.1 El Mejoramiento Continuo

El mejoramiento continuo ha sido un pilar fundamental para el desarrollo y evolución de lo que ahora se conoce como calidad total, cuyo origen se podría ubicar en el enfoque del mejoramiento continuo (Shewart) que se orientaba hacia la reducción constante de la variabilidad de los procesos, debido a que consideraban a ese factor como el principal causante de los problemas relacionados con la falta de calidad en aquellos tiempos en que la estandarización comenzaba a ser la plataforma de despegue de la industria. Esta idea, como ya se sabe, fue reforzada después por Deming, Taguchi y todos aquellos que han aplicado un enfoque estadístico para el control de la calidad. Sin embargo, poco a poco creció la importancia de mejorar otros procesos, no solamente los productivos, para poder ofrecer un producto y un servicio que diera satisfacción a las necesidades y expectativas del cliente. Así es como Juran, desde principios de los años cincuenta ha impulsado la idea del "mejoramiento proyecto a proyecto". Por otro lado, los japoneses dieron un gran impulso al concepto a través del *kaizen*, que significa mejoramiento continuo, que se debe concretar no solo a procesos productivos sino a todas las operaciones de la empresa, siempre con la orientación hacia la satisfacción del Cliente.

El mejoramiento continuo se logra a través de todas las acciones diarias, por pequeñas que estas sean, que permiten que los procesos y la empresa sean más competitivos en la satisfacción del Cliente. La velocidad del cambio dependerá del número de acciones de mejoramiento que se realicen día a día y de la efectividad con que estas se realicen, por lo que es importante que el mejoramiento continuo sea una idea internalizada por completo en la conducta de todos los miembros de la organización, convirtiéndose en una filosofía de trabajo y de vida. Las personas tienen que estar convencidas del beneficio en lo individual al adoptar esta filosofía, y la organización tiene la responsabilidad de motivarlos para tal efecto, además de procedimientos estandarizados y técnicas de análisis apropiadas para orientar correctamente sus deseos de mejoramiento.

Por otro lado, se debe tener en cuenta que para ciertos procesos muy utilizados y obsoletos el mejoramiento continuo podría no ser el remedio apropiado, pues involucraría muchos recursos y esfuerzo para mejorar con la velocidad que exige el mercado en que la empresa compite. En casos extremos se aplica el mejoramiento radical, lo que implica la reingeniería de procesos.

Existen dos tipos de programas estándar para el mejoramiento de la calidad de las organizaciones: Las Normas ISO Serie 9000 (o su equivalente BS 5750), y los premios de calidad otorgados a las organizaciones tomando como

base un modelo preestablecido, como los Premios Deming (Japón), Nacional de Calidad (México), Malcom Balridge (Estados Unidos) y Europeo.

### **3.7.2 Objeto de un programa de mejora continua y calidad**

El objeto de contar con un plan de mejora continua para el desarrollo de ingeniería de proyectos es la identificación y realización de acciones a corto, mediano y largo plazos que mejoren la calidad de la ingeniería, así como que los servicios prestados excedan las expectativas del Cliente, generando una mejora tangible a la empresa, tanto en ingresos como en prestigio.

Las acciones tendientes a mejorar la calidad de la ingeniería deberán ser parte de un plan global de mejora continua de la empresa y manejado en paralelo con programas similares y compatibles, como son: el programa de aseguramiento de calidad, calidad total, y otros.

El enfoque de un programa de administración de calidad, del cual el plan de mejora continua forma parte, debe aplicarse de manera simultánea a la administración del proyecto y al producto o productos del proyecto. El omitir el cumplimiento de cualquiera de estos enfoques de calidad, puede tener graves consecuencias para el proveedor del servicio o para el Cliente.

### **3.7.3 Elementos que comprende un proceso de mejora continua y calidad**

En general y salvo variaciones de terminología, la metodología de mejora continua abarca los siguientes elementos que cubren el proceso completo:

Atributos de calidad.- Acorde con las expectativas identificadas inicialmente con el Cliente (especificaciones del servicio y especificaciones del producto), el Proceso de Mejora Continua y Calidad (PMCC) cumplirá con ellas dentro de un marco de normatividad, confiabilidad, consistencia, seguridad y protección ambiental.

Diagnóstico.- Mediante el análisis de las expectativas del Cliente, en relación con los objetivos de calidad de la empresa, determinar la creación del plan de mejora continua tendiente a satisfacer y superar las expectativas del Cliente, ofreciendo una ingeniería de alto contenido tecnológico.

Elaboración del Plan.- Del análisis de expectativas, identificar las acciones a realizarse de manera inmediata, a mediano y a largo plazos, que aseguren el cumplimiento de los atributos de calidad del proyecto en todo su plazo de ejecución.

Determinación de recursos requeridos.- Tomando como base el PMCC, identificar los recursos humanos, financieros, tecnológicos y materiales requeridos durante las diferentes fases del proyecto.

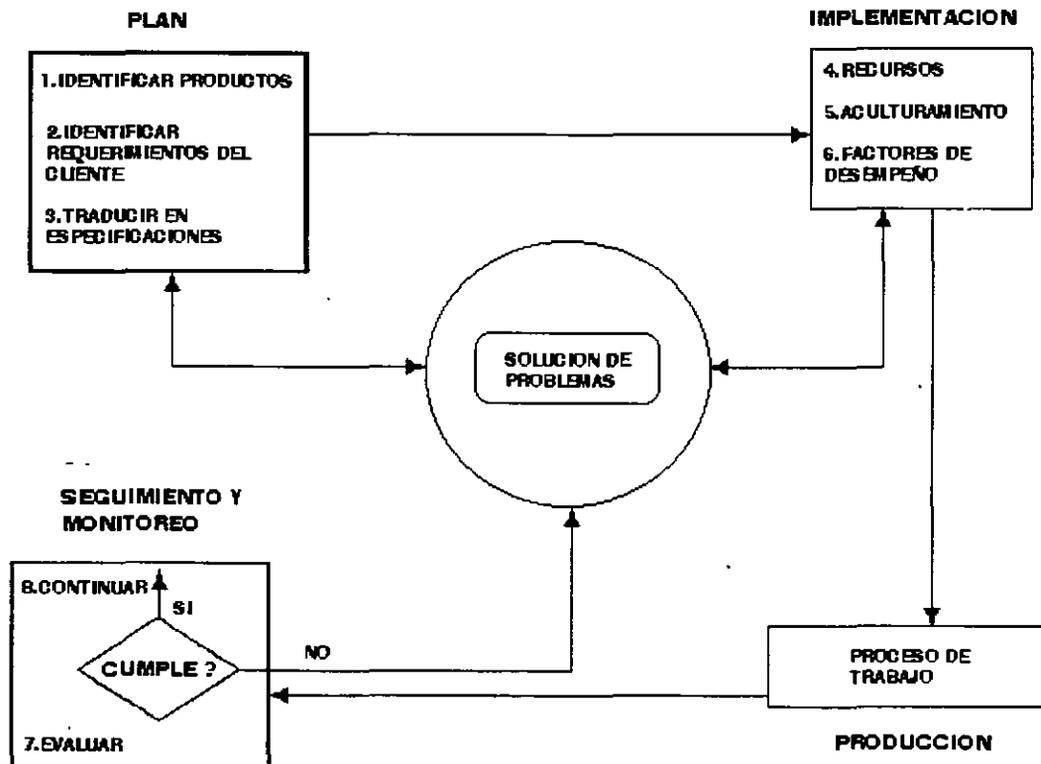
Implementación del plan.- La implementación del plan requiere de la plena difusión del mismo y el aculturamiento del personal participante en sus diferentes niveles. Así mismo, una vez creada la conformación de los grupos, requiere la asignación de recursos y responsabilidades.

Seguimiento y monitoreo.- Para evaluar el comportamiento del PMCC y su efecto en los servicios de ingeniería del proyecto, se deben establecer los factores de desempeño para cuantificar aspectos tales como: frecuencia de errores, revisiones, no conformidades, retrasos, etc., con el propósito de utilizarlos como guías para la toma de decisiones correctivas en su caso.

Se deberá crear el grupo o comité de seguimiento y control del PMCC, definir la documentación para el seguimiento y control, con base en los índices de desempeño establecidos, determinar la programación de juntas de seguimiento y realizar auditorías de control.

Retroalimentación.- Los resultados obtenidos durante el seguimiento y control, servirán para retroalimentar el proceso mediante las acciones de: documentación, identificación de desviaciones del plan, determinación de desviaciones, estado de resultados, reporte y recomendaciones periódicas.

## PROCESO DE MEJORA CONTINUA Y CALIDAD



Como se puede observar, este es un proceso cíclico que busca la calidad de lo que se produce y lo verifica constantemente, no como el antiguo concepto de calidad, que se basaba en inspección para discriminar los artículos buenos de los defectuosos. En la actualidad el enfoque se ha dirigido a la administración de la calidad, adicionando en las políticas empresariales principios como los siguientes:

- La calidad la define el Cliente
- La calidad está ligada con la rentabilidad
- La calidad se ha convertido en una arma competitiva
- La calidad es ahora una parte integral del proceso de planeación estratégica
- La calidad requiere un compromiso de toda la organización

Los expertos que más han contribuido internacionalmente al éxito del movimiento de calidad son W. Edwards Deming, Joseph F. Juran y Phillip B. Crosby

### **3.7.4 Aplicación del programa**

El éxito de un plan de mejora continua consiste en que el grupo de administración del proyecto comprenda que la administración moderna de la calidad se complementa con la administración moderna de proyectos. Ambas especialidades deben reconocer la importancia de satisfacer o exceder las necesidades de satisfacción, entendimiento, participación y decisión del Cliente. Esto requiere una combinación de cumplimiento con especificaciones (el proyecto debe producir lo que se dijo que produciría) y ser adecuado para su aplicación (el producto o servicio debe satisfacer una necesidad real).

Puesto que todo programa de calidad tiene entre sus indicadores un indicador económico que se le conoce como "costos de calidad". Estos costos de calidad se clasifican en: a) aquellos que están relacionados con la medición de la calidad y la prevención de la ocurrencia de problemas de la calidad (conocidos como costo de evaluación y prevención de la calidad), y b) los que son consecuencia de la existencia de los problemas de calidad (conocidos como costos por falta de calidad). Es obvio que se debe buscar tener un adecuado balance de verificación, ya que el costo involucrado en evitar errores es siempre menos que el costo por corregirlos, en lo que a ingeniería se refiere.

Además, las iniciativas de mejora continua implementadas por la organización de la empresa (por ejemplo: TQM, Mejora Continua y otras) pueden mejorar tanto la calidad de la administración de la ingeniería, como la calidad del producto de la ingeniería.

Sin embargo, existe una importante verdad que el grupo de administración del proyecto debe tener en cuenta, la naturaleza temporal del proyecto significa que la inversión en mejora de calidad del producto, especialmente detección y prevención de errores, deben ser siempre iniciativas de la compañía, ya que el proyecto no puede durar lo suficiente para recibir la total retroalimentación de las ventajas y recompensas del PMCC.

Cada persona en la empresa juega un papel importante en la administración de calidad. Todos los niveles deben participar activamente para que una organización se convierta en una organización de calidad y, según Deming, la clave para una implementación exitosa de la calidad empieza por los altos niveles. La alta administración debe crear el ambiente de cooperación entre los grupos, derribando las barreras organizacionales.

Dentro del proyecto, el Gerente de Proyecto es el responsable último de la calidad, así como el Director General es el último responsable de la calidad en la empresa. El Gerente de Proyecto selecciona los procedimientos y políticas que mejor encajan en su proyecto, por lo que es quien mantiene el mando en el control de la calidad. De forma semejante, el Gerente de Proyecto debe crear un ambiente que promueva la confianza y la cooperación entre los miembros de su equipo de trabajo.

Los miembros del grupo deben ser entrenados en identificar problemas, recomendar soluciones y en implementar las soluciones recomendadas. También deben tener la autoridad para detener el proceso cuando un producto se encuentre fuera de los parámetros especificados. En otras palabras, deben estar capacitados para en algún momento en el desarrollo del proyecto, detener cualquier actividad que esté fuera de los límites de calidad que fueron establecidos para el proyecto y, posteriormente, trabajar hacia la solución del problema, proponiendo alternativas viables de solución.

## **3.8 EVALUACION DE LOS AVANCES DE LOS DOCUMENTOS**

### **3.8.1 Objetivo de determinar los avances en documentos**

Los documentos de ingeniería tienen diferentes etapas de edición durante la vida de un proyecto. Hay documentos de ingeniería cuyas primeras etapas se emiten durante las fases tempranas del proyecto y sus etapas finales se emiten después de que el proyecto ha avanzado y generado más información. Otros documentos sólo son emitidos hasta que el proyecto se encuentra con cierto avance y la disponibilidad de información es suficiente.

Es importante reconocer que un plano de ingeniería pasa por diferentes etapas, en las cuales progresivamente va acumulando información y va teniendo una utilización diferente en cada una de sus ediciones, según se van cumpliendo sus precedencias parciales de otras especialidades o de externos, como puede ser información de dibujos de fabricante de equipos o resultados de estudios de campo.

El caso de un DTI o un PLG es típico, sus etapas van desde "preliminar", pasando por "para aprobación", siguiendo "para diseño", hasta llegar a su etapa "para construcción".

El hecho de que en cada etapa vaya acumulando información, es indicativo de que los documentos precedentes le van suministrando la información de que se dispone en el momento. La especialidad responsable de la elaboración de los documentos emplea una cantidad de esfuerzo y asignación de recursos en la preparación de cada una de las etapas, siendo en cada caso diferente. Esto se debe a la cantidad de horas que se emplean en cálculos, revisión de dibujos de otras especialidades y de fabricante, juntas de depuración, diseño y dibujo que la especialidad correspondiente requiere para preparar y emitir cada una de las ediciones de sus planos y diagramas.

El objeto de medir avances de los documentos es tener una medida de correlación de progreso del proyecto contra consumo de horas-hombre de una manera lo más representativa posible. De otra manera, existen dos maneras de medir avance: a) si se tomara avance de un plano solo hasta que se concluye al 100%, obtendríamos parámetros que no reflejarían la realidad, porque el avance aparecería muy por debajo del consumo de horas mientras el proyecto llegara a la fase en que la mayoría de los planos fuera editada; b) si se tomara avance en forma subjetiva y sujeta al criterio del especialista, podríamos obtener igualmente información poco confiable y hasta caer en lo opuesto, que la curva de avance apareciera por encima de la del consumo de horas-hombre y se igualarían cuando se concluyera la mayor parte de los planos.

### 3.8.2 Etapas en la edición de documentos

Las etapas por las cuales puede ir avanzando un diagrama o plano de ingeniería, durante el desarrollo del proyecto, que generan la edición del documento y su distribución entre especialidades y/o al Cliente, son típicamente las siguientes:

- Preliminar
- Para Diseño
- Para Cotización
- Para Aprobación
- Para Construcción
- Como se Construyó

Para cada caso, la especialidad responsable cuenta con la estadística del consumo de horas-hombre, esfuerzo de cada etapa de sus documentos, así como los factores que se involucran, dependiendo del tamaño, tipo y complejidad de la instalación que se diseña.

Es precisamente esa estadística y factores la base para la estimación de las horas-hombre, ya que se hace un cálculo aproximado del número de planos y diagramas de cada tipo que se requerirán durante la ingeniería.

Igualmente, cuando se programa a detalle cada uno de los documentos, las horas-hombre de cada etapa constituyen precisamente su porcentaje parcial respecto al total en el documento.

### 3.8.3 Definición de los avances parciales

Por ejemplo, en el desarrollo de la ingeniería, tomaremos las etapas típicas de un DTI, asociando los porcentajes parciales de consumo de horas hombre, de donde tomaremos los avances parciales que servirán para medir el cumplimiento del programa de edición de la ingeniería y que también nos da la base para determinar la eficiencia en el uso de los recursos (productividad):

<b>Etapas</b>	<b>Horas-Hombre (Programadas)</b>	<b>% parcial de la etapa</b>
Inicio	10	6
Preliminar	40	24
Para Aprobación	40	24
Para Diseño	20	12
Para Construcción	40	24
Como se construyó	15	10
Total	165	100

Las horas-hombre por etapa de este ejemplo y la forma de acumular el 100 % de avance del documento no son representativas de la realidad, ya que como

se dijo, en cada caso se definirá el esquema particular. Adicionalmente, la Gerencia en concordancia con el Cliente, determinará si se considera el 100% de avance del documento cuando se emita para construcción, dejando la etapa restante fuera de la medición normal de avance de la ingeniería.

Si, durante el desarrollo de la ingeniería, se cuenta con los medios para registrar los consumos reales de horas-hombre por documento, será factible entonces, hacer una medición de la productividad obtenida por la especialidad por documento y global, ya que se podrá obtener el cociente de horas consumidas para lograr el avance de una etapa del plano, entre las horas programadas para dicha etapa (horas-hombre ganadas, según el concepto de Earned Value). Un cociente  $> 1.0$  indica baja eficiencia, mientras que un resultado  $< 1.0$  nos dirá que el valor del producto emitido es mayor que los recursos (horas-hombre) empleadas en su producción.

Para la actividad de emisión de documentos de procura de equipo y material, se tiene una situación de alguna manera semejante a la de planos y diagramas. Se pueden asignar porcentajes parciales a las etapas por las que pasa el trámite de compra de un equipo: emisión de la requisición para concurso, la etapa de tabulación técnica, la tabulación económica, la entrega del pedido, la junta de coordinación, la revisión de dibujos de fabricante, la inspección y pruebas en taller y la recepción en el sitio de la obra.

Por otro lado, existen documentos como los isométricos de tuberías, cuyo avance se determina de manera muy diferente a la de los planos y diagramas. Es una práctica común definir el total de isométricos a emitir para un área, como el 100% de la actividad. Así, el avance de un total de 250 isométricos programados para el área 100, será de 50% cuando hayamos emitido 125 isométricos.

También existen planos de diseño, los que no pasan por diferentes ediciones antes de emitirse para construcción. Es el caso, por ejemplo, de muchos planos típicamente de ingeniería de detalle que toman como base la información de planos, diagramas, datos del lugar de la construcción y que se emiten directamente en una sola edición. Aquí aparecen los planos civiles de diseño de estructuras, cimentaciones, planos de detalles de cortes y fachadas de edificios, etc. Estos planos logran su 100% de avance en esta sola emisión, sin contar las horas requeridas para emitir la edición "como se construyó".

Una combinación de estos mecanismos para medir avance en la emisión de documentos, nos da los elementos para establecer la curva de avance físico de la ingeniería, el programa de consumo de horas-hombre, las cargas de trabajo por especialidad, en fin, una serie de documentos de planeación y posteriormente de seguimiento y control del desarrollo de los trabajos.

## 3.9 CAMBIOS AL DISEÑO

### 3.9.1 Alcances del Proyecto

Los cambios al alcance son, por lo general, inevitables aún teniendo la mejor planeación, las mejores bases de diseño y los criterios de diseño perfectamente definidos.

En el contexto del proyecto, el término Alcance se puede referir a:

Alcance del producto – las características y funciones que debe cumplir el producto o servicio contratado.

Alcance del proyecto – el trabajo; en cantidad y calidad; que se debe ejecutar con el fin de producir el producto o servicio con las características y funciones especificadas.

El cumplimiento del alcance del producto se mide comparando contra las especificaciones, mientras que el cumplimiento del alcance del proyecto se mide contra el plan (programa y costo)

Sucede en ocasiones que, una vez iniciada la ingeniería, el Cliente suele tomar la decisión de hacer una modificación al alcance de la obra a ejecutar, por así convenir a sus intereses. Puede ser que requiera una modificación de la distribución de las áreas, incluir una sección que no estaba considerada, definir especificaciones adicionales para un sistema de telecomunicaciones, cambiar los materiales o los acabados de un edificio, incluso hasta un cambio de capacidad de las instalaciones.

### 3.9.2 Impacto en el Proyecto

Sin importar el origen de los cambios al diseño de una instalación, es necesario determinar el impacto que se tendrá sobre el proyecto.

Los parámetros que determinan un proyecto son el programa (tiempo), el costo y el alcance. Los cambios al proyecto pueden llegar a impactar en alguno o en todos estos parámetros, o quizá en ninguno de ellos.

Hay cambios que involucran la necesidad de realizar más ingeniería de la considerada al inicio, lo que modifica el alcance, incrementando por ejemplo el número de documentos a emitir. De este cambio se derivará un incremento al costo del proyecto y muy probablemente un incremento al tiempo requerido para concluir el proyecto.

En la mayoría de los casos, la realización de los cambios no da inicio si no se cuenta antes con la aprobación del Cliente a la Orden de Cambio.

Una Orden de Cambio puede ser iniciada por el Gerente de Proyecto cuando sean cambios solicitados por el Cliente. Los líderes de cada especialidad técnica o el Gerente de Controles del Proyecto pueden también iniciar una Orden de Cambio.

Cada Orden de Cambio será registrada por el Gerente de Controles del Proyecto en el Control de Ordenes de Cambio, con el fin de mostrar el estado de la Orden de Cambio y el efecto acumulado de las Orden de Cambio autorizadas y por negociar. Con esta información se actualiza el pronóstico del presupuesto de ingeniería.

Además de verificar que esté adecuadamente evaluada y registrada la Orden de Cambio, el Gerente de Proyecto deberá evaluar el efecto del cambio en los siguientes aspectos donde sea aplicable:

Costo total para el Cliente

Penalizaciones

Utilidades

Horas-hombre de ingeniería

Programa

Costos Directos e Indirectos

El Gerente de Proyecto otorga inicialmente la aprobación o rechazo de la Orden de Cambio. Si la Orden de Cambio es aprobada, se envía copia a los miembros del grupo de proyecto que se vean involucrados, con el objeto de que la revisen y aporten cualquier dato adicional pertinente.

El Gerente de Proyecto tramita la Orden de Cambio hacia la empresa, para asegurar que todas las Ordenes de Cambio cumplen los requerimientos legales y de la empresa.

Posteriormente, la Orden de Cambio es enviada al Cliente para aprobación y firma. Al recibirla del Cliente, el Gerente de Proyecto la distribuye por medio del Gerente de Controles a cada disciplina y envía el original al grupo de administración de contratos. Además se registra en el control de Ordenes de Cambio para mostrar si finalmente fue aprobada o desaprobada por el Cliente.

El Gerente de Proyecto debe asegurarse que el impacto de las Ordenes de Cambio sea mostrado en los programas de trabajo, así como en los presupuestos de horas-hombre y de costos del proyecto y se hagan las adecuaciones correspondientes al contrato, para que se integren en el Ciclo de Administración del Proyecto.

Puede haber casos en que la modificación solamente afecte el tiempo o solamente el costo. Incluso se puede dar que una modificación de alcance tenga un impacto nulo en los parámetros de tiempo y costo del proyecto.

En cualquier caso, es indispensable contar con los elementos para llevar un registro de los cambios y sus efectos en el proyecto. Cualquier cambio en los parámetros del proyecto debe ser entendido, respaldado, aceptado y autorizado por ambas partes: el proyecto y el Cliente.

### **3.9.3 Control de Cambios**

El programa de control de cambios establece un método para la evaluación oportuna de los efectos de los cambios en un proyecto. El procesamiento de los cambios al diseño se requiere para evaluar en forma definitiva su efecto en el costo, programa, utilidades, metas de un proyecto y para proporcionar información al Cliente, con el fin de obtener su conformidad para una modificación al contrato.

Un cambio de alcance es una variación potencial que involucra los límites de trabajo, los criterios funcionales o capacidad de la instalación a diseñar y sus sistemas individuales; o el alcance y naturaleza de los trabajos contratados por el Cliente. Un cambio también incluye el trabajo requerido para evaluar todas las revisiones, adiciones o cancelaciones que involucre el cambio de alcance. Dentro de un programa de control de cambios se registran los cambios y sus efectos, se obtiene la aprobación del Cliente y se modifican los documentos contractuales.

El alcance de un proyecto está expresado en el Contrato, en las Bases de Diseño, el documento de Alcances de los Servicios y en el presupuesto. Se debe mantener en operación un sistema de evaluación de tendencias y pronósticos, con el fin de evaluar e informar oportuna y constantemente al Cliente acerca de los cambios significativos que signifiquen efectos potenciales o que afecten el programa o costo del proyecto.

Una vez que se identifica un cambio de alcance, se requiere la documentación que lo respalde y la evaluación de los efectos en costo y programa. Para facilitar este proceso, se inicia una Orden de Cambio. En el caso de que se requiera la inversión considerable de tiempo y recursos para evaluar la orden de cambio, se deberá recabar la autorización por escrito del Cliente antes de proceder a su evaluación.

En cualquier caso, los resultados de la evaluación de cada Orden de Cambio deben ser emitidos para revisión de la empresa antes de somerla a la aprobación del Cliente. Una vez contando con la autorización interna, el Gerente de Proyecto emite la Orden de Cambio para aprobación del Cliente.

## **3.10 EDICION DE DOCUMENTOS**

### **3.10.1 Las Diferentes Ediciones de los Documentos de Ingeniería**

Como se definió en el punto 3.8 “Evaluación de los Avances de los Documentos”, la ingeniería recurre a preparar diferentes ediciones en los planos y diagramas en que se plasman los diseños de las instalaciones.

Esta forma de trabajo responde a la necesidad de comunicar entre grupos de trabajo y al Cliente, el estado de un diseño particular. Esto puede, a su vez, ser utilizado por las especialidades para posteriores diseños, o en campo para la construcción de equipos y la erección de las instalaciones.

Prácticamente cualquier diseño se realiza en etapas y no en un solo esfuerzo del grupo especialista. Esto obedece también a la cantidad de información de que se dispone a lo largo del proyecto. Esto queda definido por las precedencias de los documentos establecidas en el punto 3.6 “Necesidades de información y comunicación interdisciplinaria”.

De esta forma, no será necesario esperar a que un diseño esté completo al 100% en todos sus aspectos para hacerlo llegar a los especialistas en turno. Esa forma de trabajar sería en serie, lo que naturalmente involucraría tiempos excesivamente largos y muchos tiempos muertos en los grupos de trabajo.

### **3.10.2 Definición de las Ediciones a Emitir en Planos de Ingeniería**

Se pueden definir tres principales grupos de documentos en la ingeniería, dependiendo de las ediciones que se realizan para concluir su objetivo.

Planos y diagramas que van acumulando información y que se emiten en diferentes ediciones a lo largo del proyecto, en función de la información que contienen y el propósito para el que sirven.

En esta categoría se tienen diagramas como el Diagrama de Tubería e Instrumentación (DTI), el Plano de Localización General de Equipos, Proyectos Arquitectónicos, etc. En ellos se tiene una primera edición, en los que se plasma la información que se desprende de las Bases de Diseño y los Criterios de Diseño proporcionados por el Cliente. Posteriormente, al realizarse los primeros cálculos y determinaciones, como dimensiones de equipo, condiciones de operación o consumos de energía eléctrica, se adiciona esta información y se puede incluso, dependiendo de lo establecido por el Cliente en el contrato, prepararse una emisión para aprobación. Esta edición tendría la misión de obtener la confirmación del Cliente de su aceptación a los arreglos, espacios y dimensiones resultantes, una vez que los especialistas del Cliente tuvieron la oportunidad de revisar aspectos de áreas para mantenimiento, almacenamiento de materias primas, en proceso y producto terminado, vías de escape, etc.

Otra posible edición sería para que otras especialidades utilicen la información disponible ya validada para iniciar sus diseños. Esta edición se llamaría para diseño, la cual es de circulación interna dentro del grupo de proyecto, y que en muchas ocasiones marca el inicio de diseños detallados de partes como: arreglos de tuberías, arreglo de equipo en cuartos de control eléctrico, arreglos mecánicos en casas de compresores y bombas, etc.

Es común que con cada emisión de diagramas, planos e isométricos, en los que se distribuyen al cliente, a campo e internamente entre especialidades, se maneje un número de revisión del documento. Es decir, cuando un plano, por ejemplo el de localización de equipo, se emite por primera vez para revisión y comentarios internos, se le aplica un número de revisión. Cuando se emite nuevamente, después de que se recabaron, analizaron y aplicaron los comentarios de las especialidades y de la Gerencia del Proyecto, se cambia a la siguiente revisión y se distribuye "para aprobación" del Cliente.

Al contar con la autorización del Cliente y contando con mayor información originada por el avance del proyecto, como son dimensiones definitivas de diseño de equipos, definiciones de áreas de almacenamiento de la planta, dimensiones y orientaciones de los equipos, etc., se emite con cambio de revisión "para diseño".

Finalmente, cuando se cuenta con las dimensiones de fabricante, diseño de detalle de los edificios y de los racks de tubería, se cambia la revisión y se emite "aprobado para construcción".

Existen diferentes métodos entre firmas que desarrollan ingeniería, en lo que respecta a la numeración de las ediciones o revisiones de sus documentos.

Una de ellas, por ejemplo, es la de usar letras en aquellas revisiones que se emiten para uso interno de la empresa, y números para las revisiones que se emiten al Cliente y Campo. De esta manera, las revisiones con su descripción serían como se muestra a continuación:

<b>REVISION</b>	<b>DESCRIPCION</b>
A	Preliminar
B	Para comentarios
C	Para junta de depuración
0	Para aprobación
1	Para diseño
2	Para diseño final
3	Para construcción

En estos casos, en las disciplinas que solamente tienen la edición para construcción, a la revisión 0 le corresponde la descripción "Para construcción", conservando las letras para las ediciones de manejo interno.

Otra manera de asignar la numeración, difiere de la anterior en que desde la primera edición interna se asigna números a las revisiones, quedando de la siguiente forma:

<b>REVISIÓN</b>	<b>DESCRIPCION</b>
0	Preliminar
1	Para comentarios
2	Para junta de depuración
3	Para aprobación
4	Para diseño
5	Para diseño final
6	Para construcción

Es una buena práctica el incluir una lista de cambios para cada revisión que se emita posteriormente a la de "Para construcción", con el fin de hacer evidente aquello que motivó los cambios y en que consisten los mismos en el documento, con respecto a la revisión anterior. Esto es con el fin de que el personal de construcción en campo identifique más rápido y más claramente las modificaciones que originaron esta nueva revisión y en qué parte del documento se localizan.

Para efectos de control del proyecto, y también en caso de auditorías, es muy útil que haya coincidencia entre las descripciones de la lista de cambios y lo consignado en la Orden de Cambio, puesto que cualquier modificación posterior a la revisión "Para construcción" debe tener su origen en una Orden de Cambio y estar plenamente documentada.

Otra práctica, no muy generalizada, es la de utilizar una secuencia de numeración adicional a las revisiones y que se les llaman "ediciones". La utilidad para la Firma de Ingeniería es la de controlar emisiones intermedias de un plano entre revisiones, cuando es necesario agregar o enmendar información contenida en el documento y que no resultan tan considerables como para ameritar un cambio de revisión.

Con las ediciones intermedias la empresa circula información actualizada internamente entre especialistas con el fin de permitir la continuidad de los diseños, sin perder el control de documentos. Esto significa que la revisión 0 de un plano, puede tener las ediciones A, B y C, mientras la revisión 1 puede existir en las ediciones consecutivas D, E, F y G. Este proceso de control de ediciones admite que las diferentes especialidades puedan compartir información plasmada en planos oficiales, llevar el control de la información generada y recibida, y hablar un lenguaje común cuando se mencione un documento de referencia.

Este método significa el manejo de un mayor número de copias para distribución ya que todas las especialidades deberán contar con la versión actualizada de cada plano y diagrama y así evitar confusiones y errores en los diseños. Una ventaja del método es que la adición y corrección de información de un plano puede publicarse conforme se plasma en el original y evita el tener que recurrir a la distribución de escritos y/o bocetos con la información que se requiere o es necesario compartir sin esperar a que se complete toda la información que el procedimiento exige para la revisión siguiente.

## **3.11 COMUNICACIÓN CON EL CLIENTE**

### **3.11.1 El Procedimiento de Trabajo**

La comunicación con el Cliente en el entorno de un proyecto es una actividad que debe ser considerada como el intercambio oficial de información, órdenes, cambios, notificaciones, etc., y que esas comunicaciones forman parte contractual y, por ello, tienen valor legal, aplicable para ambas partes. Es por lo tanto un aspecto que debe recibir la atención que merece por parte del Gerente de Proyecto y de sus colaboradores.

Es común que a la firma de un contrato para la ejecución de un proyecto se establezca un Procedimiento de Trabajo, elaborado por ambas partes, en el que se expresan las prácticas a que se debe sujetar la relación Cliente-proveedor de servicio.

Dentro de las prácticas a regular, el Procedimiento de Trabajo, cubre la relacionada con la comunicación entre el Cliente y la empresa prestadora del servicio.

El Cliente nombra su representante, quien fungirá como Director del Proyecto o Gerente de Proyecto por su parte. Igualmente, se nombra un Residente para el proyecto, quien será el que se encontrará presente físicamente en las oficinas destinadas para el proyecto.

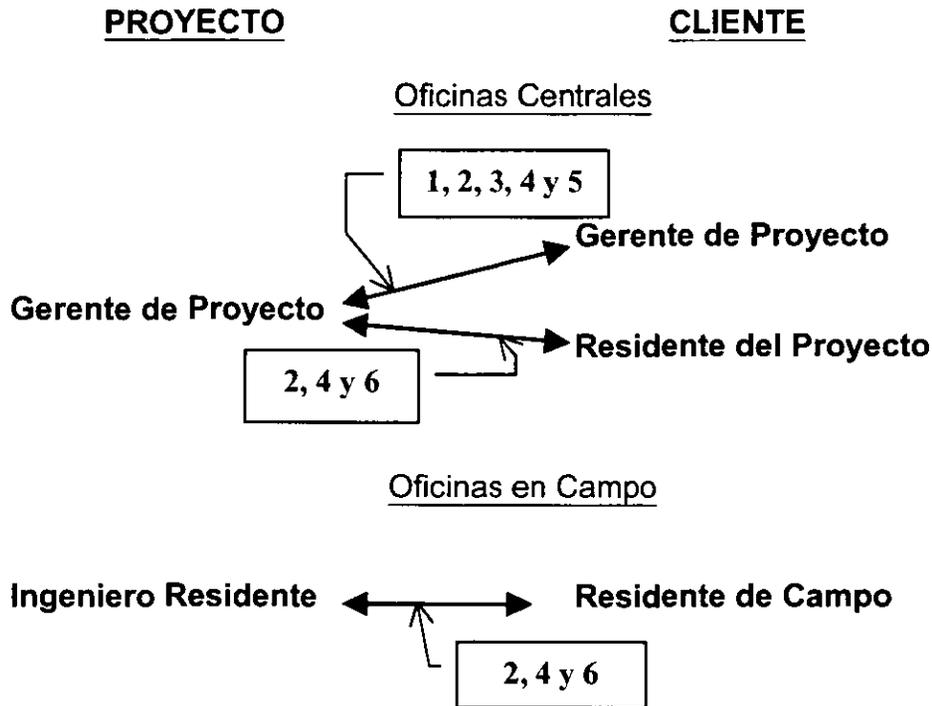
A su vez, la empresa prestadora de servicio nombra al Gerente del Proyecto, quien tendrá la representación de la empresa para lo relacionado con el proyecto. Adicionalmente se definen los apoderados legales por ambas partes para todo lo concerniente.

Además de definir el nivel de autoridad de sus representados y colaboradores para lo que se refiere a autorizaciones de documentos comerciales y otros aspectos, se establecen claramente los niveles de comunicación que se pueden dar por las partes. De esta forma definen cómo van a fluir las comunicaciones en uno y otro sentido. Se deben indicar las vías de comunicación que existirán, ya sea por ejemplo: teléfono, fax, transmisiones de documentos, cartas, oficios, e-mail, etc.

Se requiere especificar también cuales asuntos se pueden tratar en cada una de estas vías de comunicación. Por ejemplo, en fax y teléfono no se hacen comunicados oficiales, sino solamente aquella información que no constituya una definición o cambio de alcance o que afecte las bases del trabajo. Para ello se debe utilizar exclusivamente los oficios. Es común que se prefiera que las indicaciones hechas por vía telefónica sean confirmadas por vía de carta.

### 3.11.2 Procedimiento de Control de la Comunicación

El documento que recoge todas y cada una de las definiciones y establece las reglas de la comunicación con el Cliente es el procedimiento de control de la comunicación. Aquí se describen los posibles canales de comunicación del proyecto, por ejemplo, en un proyecto con oficinas centrales y oficinas en campo, podrían ser así:



Donde:

- |              |            |                 |
|--------------|------------|-----------------|
| 1 = Oficio   | 2 = Carta  | 3 = Fax         |
| 4 = Teléfono | 5 = e-mail | 6 = Transmisión |

En el procedimiento se describen comúnmente aspectos que, de no ser definidos desde el principio, serán causa de diferencias entre los participantes y se tendrán que ir adoptando durante el desarrollo del proyecto.

Aquí es conveniente revisar los archivos de la Lecciones Aprendidas de la empresa, con objeto de encontrar aquellas prácticas que dieron mejores resultados y cuales han sido las que han causado problemas. Así tendremos la definición de una mecánica de comunicación que cumpla su cometido de la mejor manera y al mismo tiempo permita que la relación con el Cliente sea lo más cordial posible.

Un aspecto importante es el establecimiento de los formatos para asignar la numeración consecutiva de los documentos. Si se define y emplea de manera correcta, este procedimiento hará que la recuperación de información del proyecto sea una labor sencilla.

Un ejemplo de numeración de escritos es el siguiente:

FAX-CL-FI-4286/OC/-016/98

TR-FI-CL-4286/SO/-125/98

FI-CL-4286/SO/-032/98

GP-FI-CL/OC/-4286-29/98

En el primer caso se trata de una comunicación vía fax generado en oficinas centrales (OC) del proyecto (Orden de Trabajo No. 4286), del Cliente a la firma de ingeniería, con el número consecutivo 16 y corresponde a 1998.

Para el segundo es una transmisión de documentos de la firma al Cliente en el sitio de la obra (SO), con el número consecutivo 125. El tercero es una carta de la firma al Cliente en el sitio de la obra con el número 32. Finalmente, una comunicación entre Gerentes de Proyecto, de la firma de ingeniería al Cliente, corresponde como es natural, a oficinas centrales y tiene el número 29.

Obviamente que este sistema debe ir emparejado con un sistema igualmente correcto de archivo para que rinda sus frutos en toda su extensión, guardando una carpeta o un archivo electrónico con el registro de la correspondencia enviada por tipo, asunto, destinatario y fecha; correspondencia recibida por tipo, asunto, originador y fecha.

Esta práctica es indispensable para cumplir con un programa eficiente de calidad en la administración del proyecto, permitirá una respuesta rápida y sin equivocaciones en caso de una auditoría del Cliente o de calidad y, al término del proyecto, eliminará obstáculos en el armado del archivo maestro para entrega del proyecto. Igualmente, será de extrema utilidad para el análisis de las Lecciones Aprendidas, que se presenta en la siguiente sección.

## 3.12 ESTIMADO DE COSTOS

### 3.12.1 Generalidades

La limitación de los recursos económicos de nuestro país, frente a las exigencias planteadas por su actual desarrollo, obliga al ingeniero de costos a la aplicación correcta de las técnicas de estimación de costos para garantizar la rentabilidad de las inversiones.

Con el desarrollo tecnológico, se visto la necesidad de contar con ingenieros especializados en aspectos económicos que apoyen a la gerencia y/o a la dirección de la empresa proporcionando un panorama claro y preciso de la situación económica de los proyectos y que permita a estas entidades tener el soporte necesario para la toma de decisiones.

### 3.12.2 Definición de Ingeniería de Costos

Definiendo la ingeniería de costos diremos que **es el campo de la ingeniería en el que se utilizan la experiencia y criterio del profesional en la aplicación de principios y técnicas científicas a los problemas de estimación de costos, control de costos y rentabilidad de inversiones.**

### 3.12.3 Aplicación de los Estimados de Costo

Los estimados de costo son una operación continua dentro del ciclo de vida del proyecto. La información que genera cada fase del proyecto, sirve como parámetro de costo, indicándonos la precisión del estimado. Los estimados de costo se efectúan para:

- a) Autorización de inversiones
- b) Análisis económico de alternativas
- c) Programas de erogaciones
- d) Licitaciones para construcción de plantas e instalaciones costafuera.
- e) Revamps
- f) Valuación de activos fijos
- g) Control del proyecto

## ***Autorización de Inversiones***

Para poder autorizar una inversión, se requiere que el estimado de inversión este elaborado bajo las técnicas y procedimientos confiables, que permitan dar los elementos suficientes para tomar la decisión de realizar el proyecto. En el estimado de inversión, el rubro más importante es la estimación de costos de equipo; ya que a partir de este concepto se determinarán mediante factores aplicados al costo del equipo los costos de los materiales tales como: tubería, válvulas, conexiones de tubería, concreto, acero, eléctrico, aislamiento y pintura, así como la estimación de los conceptos de: construcción, ingeniería, administración, pruebas y arranque y utilidad.

La autorización de inversiones también se aplica para la adquisición de equipo, ya que el determinar el costo esperado del equipo, servirá para fines de presupuesto y control del mismo.

### ***b) Análisis económico de alternativas:***

Es importante proporcionar el costo óptimo del equipo que cumpla con las condiciones requeridas del proceso.

### ***c) Programa de erogaciones***

Es necesario desarrollar un programa que indique fechas en que se tendrá que desembolsar el capital, mismo que se hará conforme lo manifieste la planeación del programa general del proyecto.

### ***d) Licitaciones para construcción de plantas e instalaciones costa fuera.***

En las licitaciones, la estimación de costo del equipo es de gran importancia, se realiza, para confrontarlo con las cotizaciones que presente el proveedor, y poder negociar el costo con el que se fincará el pedido (en caso de que la propuesta que presente el contratista sea la oferta ganadora de dicha licitación).

### ***e) Revamps***

Dada la competencia por participar en un mercado global cada vez más exigente, la planta industrial necesita renovarse, es decir aplicar la reingeniería tanto en sus procesos administrativos como procesos de producción, por lo tanto requiere modernizar sus instalaciones, esto implica efectuar Revamps a sus equipos, como es el modificar el tamaño de las torres, aumentar el número de platos, agregar y/o modificar serpentines de tubos de hornos, etc., realizando los correspondientes estimados de costo de equipo, a fin de determinar el importe de las adecuaciones.

### ***f) Valuación de activos fijos***

En evaluaciones de activos fijos, el estimado de costo de equipo se realiza periódicamente con el objeto de tener el inventario y valor de las instalaciones actualizadas, con el objeto de tener una base de negociación para efectos de venta o transferencia de los recursos patrimoniales. En estos estudios se calculan: el valor de reposición de los equipos, el valor actual de los equipos, la vida útil remanente, y la depreciación anual.

#### ***g) Control del proyecto***

Actualmente la modalidad de los contratos de construcción es "Llave en mano", por lo que el control de la inversión esta en función directa con el programa de avance del proyecto (schedule of values).

#### **3.12.4 Tipos de Estimados de Costo**

El rango de aproximación del estimado de costo de inversión, depende de la cantidad y calidad de la información de que se dispone, ya que es de esperarse que conforme avanza el proyecto tendremos más información y los estimados se irán afinando. Los estimados de costos se clasifican en cinco tipos de acuerdo con el grado de aproximación y con la información disponible, como se muestra en la tabla No. 1.

A continuación se menciona la información requerida para la elaboración de los estimados de costo en sus diferentes tipos:

#### ***Estimados de Orden de magnitud $\pm 40\%$***

Para realizar este tipo estimado para el caso de un proceso estándar, se requiere de la siguiente información:

Producto, capacidad, localización, requerimientos del sitio y de servicios auxiliares, edificios e instalaciones auxiliares requeridas, requerimientos de almacenamiento y manejo de materias primas y productos.

Entre los métodos más conocidos, dentro de este tipo de estimado está el exponencial. Consiste en multiplicar el costo conocido de un equipo o planta por la relación de capacidades, elevado a un exponente típico. La ecuación representativa de este método es la siguiente:

$$C = Cr (Qc/QR)^n$$

donde:

**C** = costo a estimar para el tamaño **Qc**

**Cr** = costo conocido del tamaño **QR** de referencia

**Qc** = tamaño del equipo o planta a estimar

**QR** = tamaño del equipo o capacidad de la planta de referencia

**n** = exponente

El factor ( **n** ) es frecuentemente cercano a **0.6**, y por esta razón el método también se le llama el método de los seis décimos.

Varios autores han desarrollado valores del exponente ( **n** ) tanto para equipos como para procesos, los cuales algunos se detallan en las tablas No. 2 y 3.

Tabla 2, exponentes típicos ( **n** ) para escalación de costos de equipo.

equipo	( n )
Agitadores	0.50
Bombas	0.60
Caldera paquete	0.75
Calentadores de proceso	0.80
Cambiadores de calor	0.60
Compresores centrífugos	0.75
Compresores reciprocantes	0.75
Enfriadores por aire	0.80
Motores eléctricos-tefc	0.60
Paquetes de refrigeración	0.75
Recipientes	0.65
Sopladores	0.65
tanques de almacenamiento	0.70
torres	0.70
torres de enfriamiento	0.74
transformadores	0.65
transportadores	0.70

Tabla 3 exponentes típicos ( n ) para escalación de plantas.

producto	capacidad	unidad	( n )
Amoniaco	37-110	1000 tpa	0.63
Butadieno	5-400	1000 tpa	0.65
Cemento			0.86
Cloro	3-350	1000 tpa	0.44
Destilación atmosférica	20-500	1000 bpd	0.90
Destilación al vacío	20-500	1000 bpd	0.70
Metanol	12-200	100000 tpa	0.78
Refinería			0.57
Azufre	2-78	1000 tpa	0.71
Hidrogeno	10-50	mmpcsd	0.68
Oxígeno (líquido)	200-1100	1000 tpa	0.37

**Estimado para estudio  $\pm$  30 %**

Para elaborar este tipo de estimados, se requiere de la siguiente información:

Localización, esquema del proceso, lista de equipo predimensionada y con especificaciones de materiales, tamaños aproximados y tipo de construcción para edificios y estructuras, cantidades aproximadas de servicios auxiliares, diagramas de tuberías preliminares, lista preliminar de motores dimensionados, horas-hombre para ingeniería y dibujo.

La estimación de costo de equipo se realiza mediante correlaciones y/o ecuaciones de costo; procedimiento, que relaciona las principales variables técnicas de los equipos tales como potencia, peso, capacidad y áreas de transferencia, contra costo.

También se recurre a los proveedores solicitando cotización de los equipos; o por analogía; es decir consultando referencias de órdenes de compra de equipos similares.

También se puede recurrir a software comercial para realizar los estimados de costo y/o a fuentes bibliográficas especializadas en estimación de costos.

Este método relaciona el costo de los materiales (tubería, válvulas, conexiones, concreto, acero, aislamiento, instrumentos, eléctrico y pintura) y construcción al costo del equipo de proceso.

### ***Estimado preliminar ± 20%***

Estos estimados que se utilizan para autorización de presupuestos, requieren de la siguiente información:

Localización, descripción general del sitio, mecánica de suelos, caminos, vías de ferrocarril, etc., diagrama de flujo de proceso preliminar, lista de equipo con dimensiones y materiales, plano de localización preliminar, tamaño y tipos de construcción, croquis de cimentaciones, anteproyecto arquitectónico y estructural, diagrama de servicios auxiliares y hojas de datos preliminares, diagramas y especificaciones de tuberías, especificaciones de aislamiento, lista preliminar de instrumentos, lista preliminar de motores con dimensiones, especificaciones y tamaños de subestaciones, especificaciones preliminares de alumbrado, horas hombre de ingeniería y dibujo.

Este tipo de estimado se realiza a partir de cantidades y costos unitarios; es decir, el costo del equipo se estima de acuerdo a cotizaciones de fabricantes, la ingeniería en base a las horas-hombre y el costo unitario por especialidad, los materiales a partir de cantidades de materiales preliminares con listas de precios de fabricantes. La construcción se puede calcular ya sea por medio de factores a partir del costo del equipo o por conceptos de obra.

### ***Estimado definitivo ± 10%***

Este estimado se realiza para efectos de control del proyecto, principalmente referido a la fase de construcción, la información que se requiere para este tipo de estimados es la siguiente:

Plano de localización general y topográfico, diagrama de flujo de proceso definitivo, lista de equipo definitiva, hojas de datos y planos mecánicos de equipos, arreglos generales y elevaciones de edificios, Balances de servicios auxiliares, diagramas de tuberías definitivos, lista de equipo y tubería para aislamiento, especificaciones de aislamiento, diagramas de instrumentación y lista definitiva, lista de motores y tamaños definitivos, especificaciones de control, interconexión y alumbrado de instrumentos, diagrama unifilar definitivo.

Las principales fuentes de información de costo para estos estimados, son las órdenes de compra de equipo y materiales, la construcción se estima aplicando precios unitarios a conceptos de obra, la ingeniería se calcula aplicando a las horas - hombre consideradas en el alcance del proyecto el costo de la hora - hombre por especialidad. Este costo deberá confrontarse periódicamente con el costo real de ingeniería con el fin de realizar los ajustes que se requieran para el control y seguimiento de avance del proyecto.

### ***Estimados definitivos ± 5%***

Se realizan cuando el proyecto se encuentra en la fase de construcción, se requiere que la ingeniería este completa hasta el punto donde las cantidades de materiales definitivas puedan obtenerse de DTI's, isométricos, dibujos de plantas y elevaciones y de documentos con un detalle definitivo para la cuantificación de materiales y volúmenes de obra. La información requerida para este tipo de estimados es la siguiente:

Plano de localización general y topográfico, estudio de mecánica de suelos, dimensiones de caminos y accesos, facilidades para desarrollo del sitio, diagrama de flujo de proceso APC, especificaciones generales y hojas de datos de proceso, ordenes de compra, diseño arquitectónico y áreas de construcción, dibujos detallados y volumen de obra, balance de energía con información de proveedores, isométricos y volúmenes de obra, especificaciones, cédulas de aislamiento y volúmenes de obra, diagramas de instrumentación, cotización de proveedores y volumen de obra de instalación, lista aprobada de motores y tamaños, especificación y tamaño de subestaciones, especificaciones del sistema de distribución de fuerza, diagrama unifilar aprobado para diseño, dibujos finales y volúmenes de obra, Horas - hombre de ingeniería, mano de obra por cuadrilla y supervisión.

### **3.12.5 Procedimiento de Cálculo para el Estimado de Inversión Total**

En toda firma de ingeniería se debe contar con procedimientos y métodos propios de estimación de costos de una manera simplificada, aprovechando para ello el desarrollo de sistemas informáticos. Una de las funciones esenciales clave para desarrollar un buen sistema de ingeniería de costos dentro de una organización, es el establecimiento y utilización de métodos de estimación y bancos de datos sólidos.

Los ingenieros de costos traen consigo un respaldo de conocimientos a menudo en la forma de colección de notas o copias de estimados anteriores que han realizado y acumulado en bancos de datos, convirtiéndose esta información en el núcleo de los métodos de estimación de las compañías.

¿Porqué los métodos de estimación son críticos?

Existe una pequeña duda acerca de que la espina dorsal de un estimado sea el método empleado en su preparación. Después de estimar las bases, el método es el más importante elemento. De hecho, los buenos métodos estimativos permiten al estimador tomar ventaja de un buen fundamento de estimación y en consecuencia preparar un buen estimado. Existen varias razones del porqué los métodos estimativos son importantes y justifican el esfuerzo para producir: **Consistencia, precisión, economización de tiempo y dinero, disponibilidad, confiabilidad, buen espíritu de equipo y entrenamiento.**

La razón por la cual los métodos de desarrollo serán utilizados por todos los ingenieros de costos de la compañía se justificaría si todos sus estimados fueran consistentes en formato y acercamiento, con lo cual sería mucho más fácil analizar los resultados ( real - versus - estimado ). Esto es muy importante en el incremento del nivel de precisión del estimado preparado por la compañía. Como las fallas son descubiertas, pueden corregirse las bases por medio de retroalimentación y esta buena sintonía del método redundará en el mejoramiento de la precisión del estimado. Debido a que el método es esencialmente un preestimado basado en el historial del banco de datos, los estimadores no tienen que reinventar la rueda cada vez que ellos estiman una cimentación de concreto o un soporte estructural. Se efectuó una sola ocasión por los métodos del grupo en un formato que permite a los estimadores tomar ventaja del tiempo útil del preestimado.

Se debe hacer notar que el método de estimación es típicamente desarrollado como un esfuerzo conjunto entre el diseñador y el ingeniero de costos. Este esfuerzo conjunto es en realidad una forma de inteligencia artificial (IA).

Tanto para los gerentes como para los ingenieros de costos, las ventajas aumentan cuando existen buenos métodos estimativos que permitan analizar objetivamente los excesos en el proyecto y determinar por lo tanto el problema que se tenía en la base estimativa o en el resultado de una estimación pobre.

Los métodos también se utilizan en el entrenamiento de nuevos e inexpertos ingenieros de costos. Ellos proporcionan una inmediata y consistente introducción para el nuevo ingeniero , no solamente para la estimación aproximada sino también para la manera en que la compañía realiza negocios, ya que esto es en efecto, lo que los métodos están prediciendo.

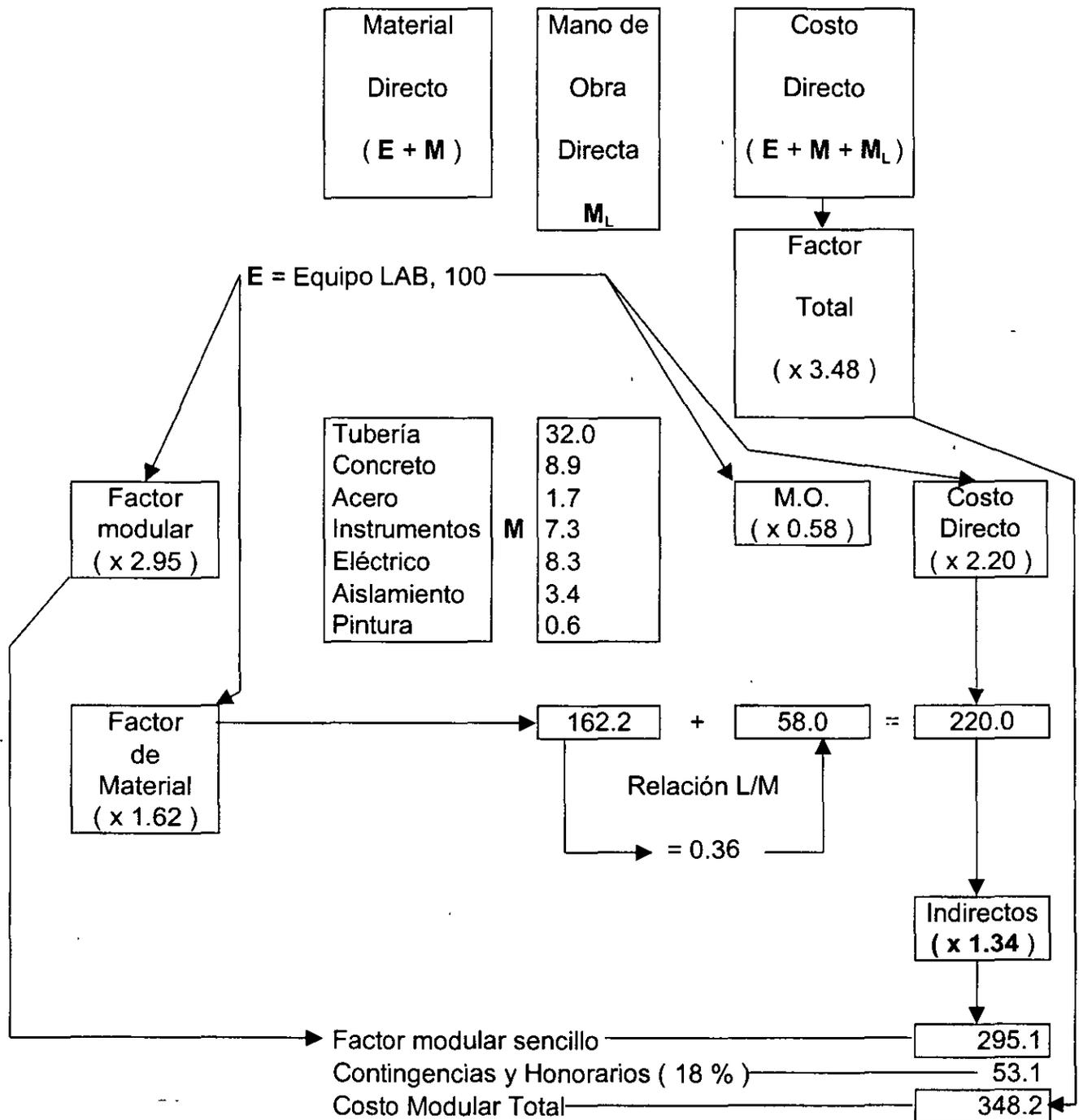
Los métodos de estimación que se realizan mediante factores, utilizan como referencia el estimado de costo de los equipos, al que se le aplican los factores que cada compañía ha determinado para calcular los conceptos de: **materiales (tubería, instrumentos, acero, concreto, eléctrico, aislamiento y pintura), construcción, ingeniería, administración, pruebas y arranque, capacitación y utilidad.**

### 3.12.6 Parámetros de Estimación de Costo

El costo del equipo en una planta de proceso, representa el rubro más importante dentro de un estimado de inversión, ya sea de orden de magnitud, estudio, presupuesto o definitivo, por lo que de ahí se deriva la necesidad de disponer de métodos confiables que permitan una correcta estimación del costo del equipo. Para ello, el ingeniero de costos deberá conocer cuales son las variables técnicas del equipo que estarán directamente relacionadas con su costo, y preparar sus herramientas de estimación como son las gráficas y/o correlaciones de costo. A continuación en la tabla No. 4, se presentan los parámetros que deberán considerarse en la estimación de costo de los equipos.

Asimismo, se describe en el esquema No. 1 el procedimiento para la realización estimados de costo de inversión y en el esquema No. 2 se detalla el método de Guthrie utilizado en la elaboración de los estimados de inversión.

Esquema No. 2 Método modular para estimados de inversión ( K. M. Guthrie )



### **3.13 LECCIONES APRENDIDAS Y DOCUMENTACION**

#### **3.13.1 Objetivo**

Las lecciones se pueden aprender de todos y cada uno de los proyectos, aún si el proyecto no es exitoso. La mayoría de las compañías no documentan las lecciones aprendidas, debido a que los empleados se rehusan a estampar su firma en documentos que indican que las lecciones fueron aprendidas de errores que ellos provocaron. Los empleados terminan repitiendo una y otra vez los errores que otros cometieron y terminan aprendiendo de sus propios errores en vez de los de otras personas.

Cómo implementar el programa de Lecciones Aprendidas es un problema clave. Recientemente una compañía terminó exitosamente un proyecto que requirió de varias decisiones y enfoques innovadores en cuanto a la forma de conducir los negocios. Durante la junta de arranque de operaciones, la alta gerencia decidió que toda la compañía debería beneficiarse de las experiencias ganadas en este proyecto.

El asesor ejecutivo desmanteló al grupo del proyecto y asignó a cada uno a diferentes departamentos de la compañía, pensando que este conocimiento se diseminaría. El experimento falló en cuanto las lecciones aprendidas se olvidaron.

Ahora el énfasis se pone en documentar las lecciones aprendidas. La compañía Boeing lleva registros diarios de las Lecciones Aprendidas en cada proyecto de diseño de aviones. Otra compañía lleva al cabo reuniones de post-implementación en las que el grupo de proyecto debe presentar un estudio de tres a cinco páginas en los que se documenten los éxitos y fallas del proyecto. Este reporte es estudiado por el área de capacitación en el entrenamiento de profesionales para futuros gerentes de proyecto. Algunas compañías se van a los extremos, ordenando que los Gerentes de Proyecto lleven bitácoras diarias de todas las decisiones, así como un archivo con toda la correspondencia del proyecto. En proyectos mayores esto debe ser impráctico.

La mayoría de las compañías parecen preferir juntas de post-implementación y reportes documentados. El problema viene cuando se debe realizar la reunión. Una compañía emplea gerentes de proyecto en su área de desarrollo y producción de nuevos productos. Cuando el primer lote de producción está completo, la compañía lleva al cabo la reunión para revisar y discutir lo que se aprendió. Aproximadamente seis meses después, la compañía realiza una segunda reunión para analizar la respuesta de los Clientes al producto. Ha habido situaciones en que la respuesta de los Clientes indicaron que lo que la compañía pensó que se hizo correctamente, realmente habían sido decisiones equivocadas. Como consecuencia, se programó una segunda reunión de seguimiento a partir de un segundo reporte.

### 3.13.2 Documentación

Es importante la labor del GP en la documentación del reporte histórico del proyecto. Se requiere la definición de los apartados o archivos de que constará el reporte. Es absolutamente indispensable la disciplina y constancia de organizar y registrar todos los eventos significativos durante la vida del proyecto, con el objeto de poder recuperar, analizar y tomar conclusiones de los eventos y decisiones ocurridas en el desarrollo de la ingeniería del proyecto.

El reporte histórico es a la vez un registro y una crítica de los eventos significativos ocurridos durante la vida del proyecto. Tiene la finalidad de reunir la historia completa y permanente del proyecto y generalmente es para uso exclusivamente interno de la empresa.

Para todo proyecto debe prepararse el reporte histórico. El índice típico para este reporte se muestra en el Anexo 1, que muestra los temas principales a cubrir. El Anexo 2 es una muestra de la información que deberá registrarse en cada sección. Estos ejemplos son sólo guías generales, puede haber características muy especiales que, a juicio del Gerente de Proyecto, requieran de ser incluidas en el reporte. En cualquier caso, la empresa debe tener definido el formato básico que debe ser seguido en todos los proyectos, para asegurar la uniformidad entre reportes.

Es recomendable hacer uso al máximo disponible de gráficas, tabulaciones y material ilustrativo. Es indispensable incluir toda la información relevante en forma descriptiva, especificaciones, cantidades, costos y horas-hombre del concepto registrado. Aquellos costos que no sean directos del proyecto, como indirectos, utilidad bruta, etc., no se deben incluir en el reporte.

Al inicio del proyecto se debe realizar la planeación de este reporte por el Gerente de Proyecto, por lo que conviene analizar las particularidades del trabajo a realizar y definir aquellos apartados que aplicarán.

Es conveniente considerar el uso de un sistema mecanizado para tener organizado el registro y documentación de los eventos del proyecto. Existen en el mercado paquetes de software disponibles para tal efecto. Lo importante es tener la disciplina y constancia de registrar desde un inicio y durante la vida del proyecto, como una de las actividades rutinarias y no esperar a que se acerque el término del programa. La información se debe registrar cuando todavía está vigente y el personal involucrado con el conocimiento de los hechos está disponible. El reporte debe terminarse y emitirse para revisión antes del cierre de la oficina del proyecto y en ningún caso debería ser después de tres meses de haber emitido el último paquete de trabajo al Cliente.

La revisión y aprobación final debe involucrar al Gerente de Proyecto y a los Gerentes funcionales de la empresa.

ANEXO 1

## **ÍNDICE DEL REPORTE HISTORICO DE LECCIONES APRENDIDAS**

### **Sección 1            INFORMACIÓN DEL PROYECTO**

#### **1.1 Introducción y Alcance**

- 1.1.1 Descripción del Proyecto
- 1.1.2 Reporte fotográfico
- 1.1.3 Cliente
- 1.1.4 Alcance del proyecto
- 1.1.5 Descripción del contrato
- 1.1.6 Financiamiento

#### **1.2 Información del sitio**

- 1.2.1 Ubicación
- 1.2.2 Topografía y condiciones del suelo
- 1.2.3 Clima
- 1.2.4 Sistemas de comunicación
- 1.2.5 Poblaciones cercanas, hospedaje

#### **1.3 Historia del proyecto y organización**

- 1.3.1 Historia del proyecto
- 1.3.2 Organización del proyecto
  - 1.3.2.1 Organización de ingeniería
  - 1.3.2.2 Organización de Servicios de Soporte
  - 1.3.2.3 Organización de procura
  - 1.3.2.4 Relaciones laborales, subcontratos y seguridad
  - 1.3.2.5 Organización en campo
  - 1.3.2.6 Organización de arranque y operación

#### **1.4 Información general del proyecto**

- 1.4.1 Ingeniería
- 1.4.2 Programación
- 1.4.3 Ingeniería de costos
- 1.4.4 Procura
- 1.4.5 Subcontratos y relaciones laborales
- 1.4.6 Asistencia técnica en campo, arranque y operación

## Sección 2 RESUMEN DE COSTOS

- 2.1 Información general del proyecto
- 2.2 Resumen de Presupuestos, Pronósticos y Costos Reales
- 2.3 Resumen de Ordenes de Cambio
- 2.4 Servicios por otros
- 2.5 Costos de ingeniería
- 2.6 Resumen de horas-hombre consumidas
- 2.7 Presupuesto Final contra Costos Finales

## Sección 3 ESTUDIOS DE COSTOS

- 3.1 Equipo principal
- 3.2 Tuberías
- 3.3 Materiales
- 3.4 Subcontratos
- 3.5 Mano de Obra
- 3.6 Renta de Espacio, Mobiliario
- 3.7 Distribuibles
- 3.8 Soporte Administrativo
- 3.9 Análisis detallado
- 3.10 Curvas de Avance

## Sección 4 LECCIONES APRENDIDAS

- 4.1 Administración del Contrato
- 4.2 Administración de Proyecto
  - 4.2.1 Planeación
  - 4.2.2 Organización
  - 4.2.3 Ejecución
  - 4.2.4 Monitoreo
  - 4.2.5 Controles de ingeniería
- 4.3 Ingeniería
  - 4.3.1 Proceso
  - 4.3.2 Tuberías
  - 4.3.3 Mecánico
  - 4.3.4 Civil
  - 4.3.5 Eléctrico
  - 4.3.6 Instrumentación y Control
  - 4.3.7 Diseño de Equipos

## INFORMACIÓN QUE SE DEBE INCLUIR EN EL REPORTE HISTORICO DE LECCIONES APRENDIDAS

### Sección

#### 1.1.1 Descripción del Proyecto

Describir brevemente la naturaleza del proyecto, planta, estación o ducto, tipo de proceso y capacidad.

#### 1.1.2 Reporte Fotográfico

Incluir las fotos más representativas 10 a 12 de interés general, además de otras fotos que puedan ser de interés en otras secciones.

#### 1.1.3 Cliente

Dar un breve antecedente del Cliente, mostrando un organigrama del grupo director del proyecto, mostrando nombres y puestos del personal responsable involucrado con el proyecto. Describir cualquier detalle relevante de acuerdos especiales para el proyecto. Describir a detalle las relaciones de trabajo con el cliente y dar sugerencias para mejorarlas en trabajos futuros

#### 1.1.4 Alcance del Proyecto

Dar un resumen del alcance del proyecto, incluyendo una descripción concisa de las instalaciones involucradas

#### 1.1.5 Descripción del Contrato

Definir los acuerdos contractuales, indicando el tipo de contrato firmado, es decir, precio fijo, por administración, reembolsable con un porcentaje, etc. Describir los límites de alcance de la empresa.

#### 1.1.6 Financiamiento

En proyectos internacionales, indicar los acuerdos de financiamiento con el Cliente, puntualizando en el impacto de los financiamientos en el programa y costo del proyecto.

1.2.1 Ubicación

Proporcionar un mapa del área, mostrando la localización de todas las instalaciones, indicando distancias entre puntos.

1.2.2 Topografía y Condiciones del Suelo

Indicar la topografía del lugar, el efecto de las condiciones del suelo y del nivel freático y cualquier condición especial encontrada en el sitio.

### **3.14 ENTREGA DEL PROYECTO EJECUTIVO**

#### **3.14.1 Eventos En La Entrega Del Proyecto**

Se requiere que la empresa tenga un sistema y un criterio uniforme en las actividades que realizan las diferentes áreas responsables de la administración de los proyectos para el cierre de los mismos, y contar con una delimitación clara de las responsabilidades y la toma de decisiones involucradas en el proceso.

Los eventos que se presentan en el proceso de cierre y entrega de un proyecto de ingeniería, se describen a continuación:

**Definición de los productos y sus especificaciones.-** En el contrato se establecen las condiciones contractuales, las bases técnicas y los alcances físicos de los productos o servicios contratados. En la ingeniería éstos pueden ser, para el caso de una planta de dos áreas de proceso y una de servicios auxiliares, más su integración. Los productos serían los planos aprobados para construcción; las órdenes de compra o pedidos para la totalidad de los equipos y materiales con especificaciones y hojas de datos anexas; la cuantificación de los conceptos de obra civil y electromecánica; el libro de proyecto, con el compendio de los planos, diagramas, hojas de datos, memorias de cálculo, especificaciones de equipos, requisiciones y órdenes de compra, volúmenes de obra, etc.; y el libro de fabricante, con todos los dibujos de fabricante certificados.

**Entregas parciales.-** Durante el desarrollo de la ingeniería se van produciendo los documentos que constituyen los productos contratados. Así, llegará la fecha clave en que se concluya la emisión de planos de la primera sección de proceso, después la segunda, posteriormente la ingeniería para el área de servicios auxiliares y finalmente la integración. En una secuencia semejante, se irán emitiendo con algún defasamiento los volúmenes de obra. También se irán ensamblando y entregando los libros de fabricante para cada área, así como los libros de proyecto.

Las cartas de transmisión serán los elementos que tiene el proyecto para efectuar las entregas parciales. El Cliente a su vez, recibirá los productos, hará la revisión y en su caso, aprobará individualmente los documentos en cuestión. Este acto constituirá en sí mismo la aceptación tácita de los mismos y, pasado el término establecido para presentar al proyecto una observación o rechazo, constituirá la aceptación expresa de los productos parciales recibidos.

**Cierre del proyecto con el Cliente.-** El Gerente de Proyecto notifica al Cliente la terminación oficial de los trabajos o servicios de ingeniería contratados, dando seguimiento a la recepción de los mismos por parte del Cliente. Simultáneamente, siguiendo los procedimientos internos de la empresa, el Gerente de Proyecto hace la notificación a los departamentos involucrados (p. ej.

: Contabilidad de Costos, Planeación, Cobranzas, Contratos) de que el proceso de finiquito ha sido iniciado.

Aquí se desarrolla una serie de actividades secuenciales que conducen a la presentación de documentación y notificaciones en ambos sentidos. Una secuencia típica se describe a continuación de manera enunciativa, aunque pueden existir variaciones de empresa a empresa y en función de lo que se acuerde con el Cliente. Se presenta a manera de tabla los pasos secuenciales, responsabilidad y un ejemplo de las formas típicas (Anexo 1) que se emplean para realizar el trámite en cuestión:

	<b>Responsable</b>	<b>Actividad</b>	<b>Forma</b>
1	Cliente	Activa a la Firma de Ingeniería la entrega de la documentación generada durante el desarrollo de las actividades amparadas en el contrato	001
2	Firma de Ingeniería	Notifica al Cliente al término de los trabajos	002
3	Cliente	Recibe la notificación de terminación y verifica que estén debidamente concluidos y confirma a la Firma de Ingeniería su aceptación o rechazo. En el caso de aceptarse, procederá a notificar a la Firma de Ingeniería que inicie la solicitud de recepción, dentro de un plazo de 60 días hábiles. En caso de rechazo procede el paso 5	003
4	Firma de Ingeniería	Solicita oficialmente la autorización para llevar al cabo la recepción final del proyecto. Ver paso 6	004
5	Cliente	En caso de no aceptar la recepción oficial del contrato, deberá generar un oficio de justificación a la Firma de Ingeniería	005
6	Firma de Ingeniería	Prepara expediente para cierre de proyecto, con la siguiente documentación: a) Asignación b) Propuesta c) Contrato de Orden de Trabajo d) Fianzas e) Estado de Facturación f) Copia de las estimaciones g) Documentos varios de respaldo, complemento de cierre.	
7	Cliente	Elabora oficio de autorización de recepción del proyecto y programa firma del Acta de Recepción, indicando lugar, fecha y hora.	006
8	Firma de Ingeniería	Verifica que a la fecha de cierre no existan pendientes de pago de estimaciones. En caso de existir, deberá conciliarse y obtener el pago correspondiente por parte	

No.	Responsable	Actividad	Forma
		del Cliente.	
9	Firma de Ingeniería - Cliente	Se lleva al cabo el protocolo de cierre del proyecto, levantando acta de entrega – recepción, firmándola los representantes autorizados de ambas partes	
10	Firma de Ingeniería	Organiza el archivo técnico y administrativo	
11		Fin del trámite	

### 3.14.2 Cierre Interno del Proyecto

El Gerente de Proyecto, en forma conjunta con los Departamentos de la Empresa, preparará un reporte ejecutivo con la siguiente información básica del proyecto:

- a) Nombre del Proyecto
- b) Objetivo
- c) Margen Bruto de Utilidad
- d) Consumo histórico de horas-hombre por especialidad
- e) Facturación
- f) Relación costo beneficio
- g) Lecciones Aprendidas

Esta información será de suma utilidad si se analiza y se integran los resultados al proceso de mejora continua

### 3.14.3 Retroalimentación del Cliente

Como parte del cierre del proyecto, el Gerente de Proyecto solicitará al Cliente el llenado de un cuestionario de retroalimentación. Este cuestionario servirá para conocer los puntos de vista del Cliente referente a los trabajos ejecutados considerando su valor estratégico y la forma en que se ejecutó el proyecto. (Anexo 3)

Una vez obtenido el cuestionario debidamente requisitado, este se hará del conocimiento de los Gerentes de Especialidad y los Gerentes Ejecutivos

Anexo 1. Flujograma

Anexo 2. Formatos para cierre de proyecto con el Cliente.

Anexo 3. Cuestionario de retroalimentación con el Cliente.

**ANEXO 1**  
**FLUJOGRAMA**

**ANEXO 2**

**FORMATOS PARA CIERRE DE  
PROYECTO CON EL CLIENTE**

FORMA: \_\_\_\_\_001

México, D.F., a \_\_ de \_\_\_\_\_ de 199\_

**FIRMA DE INGENIERIA**  
**Funcionario Responsable**  
**Presente.-**

No. De referencia: \_\_\_\_\_

Asunto: Activación de la entrega de  
documentación para  
recepción de contrato

Por este conducto solicito a usted su intervención, con el objeto de activar la preparación de la documentación generada en el Contrato No. \_\_\_\_\_, Para la entrega de la misma a (nombre del cliente), dado que su vigencia esta por terminar el día \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 199\_.

A fin de no incurrir en violaciones respecto a lo que establece la Ley de Obras Públicas (\*) y el propio contrato, agradeceré se lleve a cabo lo solicitado anteriormente; a la brevedad posible.

**A t e n t a m e n t e**

**Funcionario Responsable por el Cliente**

C.c.p.

(\*) = Si aplica

FORMA: 002

México, D.F., a \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 199\_

**CLIENTE**

**Funcionario Responsable  
P r e s e n t e.-**

No de referencia: \_\_\_\_\_

Proyecto: \_\_\_\_\_

Partida Presupuestal: \_\_\_\_\_

Asunto: Aviso Terminación de Trabajos.

Por medio del presente le informo que estamos dando por terminados los trabajos correspondientes al Contrato No. \_\_\_\_\_, que ampara el desarrollo de los trabajos correspondientes a: \_\_\_\_\_ del proyecto de referencia, cuyas características son las siguientes:

1. Vigencia original
2. Ampliación de vigencia
3. Horas-Hombre originales
4. Horas-Hombre ampliación
5. Horas-Hombre totales
6. Importe original
7. Importe de ampliación
8. Importe total
9. Avance total
10. Horas-hombre consumidas totales
11. Importe facturado total

Sobre el particular, me es grato remitir a usted la información derivada del objeto del contrato antes mencionado misma que a continuación se detalla:

- A.- Relación de planos (Código y número de plano)
- B.- Libros de proyecto
- C.- Memorias de cálculo.

En espera de que la documentación antes mencionada merezca su aprobación, nos ponemos a sus órdenes.

**A t e n t a m e n t e**

**Funcionario Responsable  
FIRMA DE INGENIERIA**

C.c.p.

FORMA: 003

México, D.F., a \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 199\_

**FIRMA DE INGENIERIA**  
**Funcionario Responsable**  
**Presente.-**

No de referencia: \_\_\_\_\_

Asunto: Aceptación de trabajos concluidos del  
Contrato No. \_\_\_\_\_

En respuesta a su oficio No \_\_\_\_\_, de fecha \_\_\_\_\_, mediante el cual nos informa de la terminación de los trabajos correspondientes al Contrato No. \_\_\_\_\_, que ampara el desarrollo de los trabajos relativos a: \_\_\_\_\_ correspondiente al (los) proyecto(s) No(s): \_\_\_\_\_, y cuyas características son las siguientes:

1. Fecha de inicio
2. Fecha de terminación contractual
3. Fecha de terminación última estimación
4. Horas-Hombre totales
5. Monto original contratado
6. Monto con ampliaciones
7. Monto erogado
8. Partida presupuestal
9. Avance total

Ratificamos que con fecha \_\_\_\_\_, ha sido recibida y aceptada a nuestra entera satisfacción toda la información derivada del presente, misma que se relaciona a continuación:

- A.- Relación de planos (Código y número de planos)
- B.- Libros de proyecto
- C.- Memorias de cálculo.

Con lo anterior se dan por terminados y concluidos los trabajos objeto de este contrato.

**Atentamente**

**Funcionario Responsable por el Cliente**

C.c.p.

FORMA: 004

México, D.F., a \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 199\_\_

**CLIENTE**  
**Funcionario Responsable**  
**Presente.-**

Atención: Funcionario

Asunto: Solicitud de autorización para  
recepción del Contrato No. \_\_\_\_\_

En relación con el Contrato No \_\_\_\_\_, relativo a: \_\_\_\_\_, solicitamos a usted se nos autorice su recepción, en virtud de que los trabajos fueron terminados el día \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 199\_\_ y entregados a satisfacción del personal responsable a su digno cargo con un avance final de \_\_\_% y un monto total generado de \$\_\_\_\_\_ (\$\_\_\_\_\_).

Por este mismo conducto, informamos a usted que los trabajos correspondientes a este contrato han sido totalmente liquidados por ustedes.

Asimismo, comunicamos que (nombre del cliente) ha recuperado la totalidad del anticipo que nos autorizó para el inicio de los trabajos.

Nota: En caso de que no se hubiera solicitado y/o autorizado algún anticipo, se deberá manifestar, de igual manera detallar las razones, en caso de no haber llegado al 100% de avance de trabajos contratados.

Esperando que lo anterior sea de su aprobación, quedamos de usted.

**Atentamente**

**Funcionario Responsable**  
**FIRMA DE INGENIERIA**

C.c.p.

FORMA: 005

México, D.F., a \_\_ de \_\_\_\_\_ de 199\_\_

**FIRMA DE INGENIERIA**  
**Funcionario Responsable**  
**P r e s e n t e.-**

No de referencia: \_\_\_\_\_

Asunto: **J U S T I F I C A C I O N**  
de la no recepción oficial  
del Contrato No \_\_\_\_\_

En atención a su solicitud de recepción oficial del Contrato No \_\_\_\_\_, nos permitimos informar a usted que consideramos que no es aceptable en virtud de: \_\_\_\_\_ por lo que consideramos que no ha quedado concluido el compromiso contractual contraído por la empresa a su digno cargo.

(Explicar los motivos que generaron el rechazo de la solicitud de autorización de recepción.)

Por lo anterior, solicito se sirva indicar un plazo adecuado para llevar a cabo la adecuación correspondiente con objeto de dejar concluido a satisfacción el compromiso contratado.

**A t e n t a m e n t e**

**Funcionario Responsable por el Cliente**

C.c.p.

FORMA: 006

México, D.F., a \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 199\_

**FIRMA DE INGENIERIA**  
**Funcionario Responsable**  
**Presente.-**

Asunto: Autorización de la recepción del  
Contrato No.

En respuesta a su oficio No. \_\_\_\_\_, de fecha \_\_\_\_\_ de 199\_ con un  
avance del \_\_\_% y con un monto total erogado de \$ \_\_\_\_\_  
(\$ \_\_\_\_\_).

Nota: Se deberá detallar la razón, en caso de no completar el 100% de avance de los  
trabajos.

Comunicamos a usted nuestra autorización para que se proceda a la recepción del  
mencionado contrato, debiendo elaborarse un acta de entrega-recepción final de los  
trabajos, para lo cual los citamos al responsable del cierre y representante legal el día \_\_\_\_, a  
las \_\_\_ horas. , en \_\_\_\_\_.

**Atentamente**

**Funcionario Responsable por el Cliente**

C.c.p.

**ANEXO 3**

**CUESTIONARIO DE RETROALIMENTACIÓN  
CON EL CLIENTE.**

## **Instrucciones para el llenado del Cuestionario de Retroalimentación del Cliente**

El cuestionario de retroalimentación de clientes de la FIRMA DE INGENIERIA, está orientado a conocer su punto de vista sobre los trabajos ejecutados para usted y su empresa. El cuestionario considera dos aspectos, el valor estratégico y la ejecución del proyecto.

- ◆ El valor estratégico se refiere a por qué se llevó a cabo el proyecto, es decir, cual es el valor global del proyecto en términos de su importancia dentro del programa real de su empresa, el valor técnico del mismo y los beneficios económicos potenciales de los resultados del proyecto.
- ◆ La ejecución del proyecto se refiere al modo en que la FIRMA DE INGENIERIA desarrolló sus servicios para el proyecto.

Por favor complete el cuestionario anexo, usando tinta negra, como sigue:

1. Revise y llene la información del cuadro de datos del proyecto, verificando su validez.
2. Complete los puntos 1 a 22, ya sea indicando su puntuación, o escribiendo una respuesta de tipo narrativa, según considere apropiado.
3. Regrese el cuestionario debidamente contestado al Responsable de Proyecto que lo atendió, o bien, por el medio de comunicación que prefiera; incluyendo los siguientes datos:

Atención:

Domicilio:

Fax:

Email:

Agradecemos de antemano la atención brindada para el llenado del cuestionario. Su retroalimentación será empleada para cubrir de mejor manera sus necesidades en proyectos futuros, dentro de nuestro actual programa de "Mejora Continua de Ingeniería". La información proporcionada será manejada en forma confidencial y exclusivamente para los fines descritos.

## Cuestionario de Retroalimentación del Cliente

Fecha: \_\_\_\_\_

Nombre del Proyecto: \_\_\_\_\_

No. Proyecto FIRMA DE INGENIERIA: \_\_\_\_\_ No. Proyecto Cliente: \_\_\_\_\_

Contacto del Cliente: \_\_\_\_\_

Contacto de la FIRMA DE INGENIERIA: \_\_\_\_\_

Concepto	Puntuación (a)					
	1	2	3	4	5	6
	Bajo		Medio		Alto	N/A
<b>Valor estratégico:</b> ( Por qué se desarrolló este proyecto?)						
1. La <b>importancia</b> de este proyecto para lograr los objetivos de su programa es: <small>(Por ejemplo, si el presupuesto fuera disminuido, cuál sería la probabilidad de que el proyecto sea ejecutado?)</small>						
2. El <b>significado del éxito o falla</b> de este proyecto para alcanzar los objetivos de su programa es:						
3. El grado de <b>integración</b> nacional de este proyecto es:						
4. El <b>impacto científico/tecnológico</b> de este proyecto en su campo es:						
5. El <b>reto técnico</b> asociado con la terminación exitosa de este proyecto es:						
6. El <b>potencial para el ahorro o eliminación de costos</b> resultantes, en caso de lograr los objetivos de este proyecto son:						
7. El <b>potencial para reducir a futuro responsabilidades ambientales, de seguridad y de salud</b> es:						

De los conceptos antes indicados, identifique los tres más importantes para usted

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

(a) N/A = No aplica

## Cuestionario de Retroalimentación del Cliente

9. Por favor proporcione cualquier otra información sobre el valor del trabajo desarrollado bajo este proyecto:

Concepto	Puntuación														
	1	2	3	4	5	6									
	<small>Bajo</small>		<small>Medio</small>		<small>Alto</small>	<small>N/A</small>									
<b>Desarrollo del Proyecto:</b> Evalúe la habilidad de la FIRMA DE INGENIERIA para															
1. <b>Comprender</b> lo que necesita el proyecto y cómo obtenerlo															
2. <b>Integrar</b> tecnologías, metodologías o disciplinas que mejoren el desarrollo del proyecto															
3. <b>Organizar los recursos</b> requeridos <small>(Por ejemplo, personal clave, instalaciones y/o equipos, etc.)</small>															
4. <b>Entregar</b> productos o servicios <b>a tiempo</b>															
5. <b>Entregar</b> productos o servicios <b>con un costo/beneficio</b>															
6. <b>Trabajar eficientemente</b> con usted, siendo flexibles y respondiendo a sus necesidades y expectativas															
7. <b>Entregar productos</b> que cumplan sus expectativas de <b>calidad</b>															
8. <b>Suministrar nuevas</b> tecnologías o métodos técnicos que pueden ser susceptibles de posterior desarrollo															
9. <b>Establecer asociaciones industriales</b> con empresas fuertes en comercialización de nuevas tecnologías															
10. De los conceptos listados anteriormente, marque los cuatro más importantes para usted.															
<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">10</td> <td style="padding: 2px 5px;">11</td> <td style="padding: 2px 5px;">12</td> <td style="padding: 2px 5px;">13</td> <td style="padding: 2px 5px;">14</td> <td style="padding: 2px 5px;">15</td> <td style="padding: 2px 5px;">16</td> <td style="padding: 2px 5px;">17</td> <td style="padding: 2px 5px;">18</td> </tr> </table>	10	11	12	13	14	15	16	17	18						
10	11	12	13	14	15	16	17	18							

## Cuestionario de Retroalimentación del Cliente

1. ¿Cómo nos compara con nuestros competidores?

---

---

---

---

---

---

---

---

2. ¿Cómo podemos servirte mejor?

---

---

---

---

---

---

---

---

3. Por favor suministre cualquier otra información que quiera expresarnos sobre **nuestros servicios** (Por ejemplo, como evalúa los beneficios intangibles de nuestros servicios, tales como objetividad, honestidad, compromiso; ¿Cómo podemos mejorar?).

---

---

---

---

---

---

---

---

### **3.15 JUNTAS**

Durante el desarrollo de un proyecto, tienen lugar gran cantidad de reuniones, en las que se conjunta el tiempo y las habilidades y conocimientos de los miembros del grupo del proyecto.

Es muy común en las organizaciones la renuencia o rechazo a las juntas, ya que, cuando no se manejan adecuadamente, se convierten en enemigos del tiempo de las personas. Y normalmente, a uno no le agrada que haya factores que afecten nuestra agenda de trabajo, cuando tiene unos compromisos y metas que cumplir.

Es conveniente sacar el mejor provecho de las reuniones y realizar solamente aquellas reuniones que sean absolutamente indispensables. Es la labor del Gerente de Proyecto y sus colaboradores el lograr que esto se cumpla y que las reuniones del proyecto sean plenamente productivas.

Es importante también recordar que una junta es una actividad de grupo y que por ello, bien dirigida debe contribuir a fomentar y mantener el orgullo de pertenencia al grupo de proyecto y a dejar en los asistentes el sentido de satisfacción de haber participado en una reunión efectiva en la que se hace uso adecuado de su tiempo y que su aportación tendrá un impacto favorable en el proyecto.

#### **3.15.1 Tipos de Juntas**

Dentro de un proyecto se desarrollan juntas de información, en las que se cita para presentar a los integrantes del grupo los logros del proyecto, las amenazas y las oportunidades, de manera que todo mundo esté en conocimiento del marco y ambiente en que se realiza el proyecto, de manera que puedan poner oportunamente su experiencia, todas las habilidades y dedicación al cumplimiento del proyecto dentro del alcance, programa y costo planeados.

A estas juntas se convoca a los líderes de las disciplinas técnicas, así como a los responsables de la programación, estimación y control de costos del proyecto.

Existen las reuniones para la presentación y discusión de problemas específicos que amenazan o que ya involucran una desviación a los parámetros de cumplimiento del proyecto. En ellas se requiere que la presentación de los problemas potenciales o reales sea de manera concisa pero plena e incluya alternativas de solución y el impacto que representa para el proyecto. Se requiere que la discusión se centre en la búsqueda de soluciones y en la selección que involucre menor riesgo y menor repercusión, así como en plantear cursos alternativos que incluso, mitiguen los efectos.

A estas reuniones se debe convocar a aquellos elementos que se vean involucrados en el problema, sin faltar quienes puedan aportar medios de solución a los mismos.

Las reuniones de revisión de proyecto con el Cliente se llevan a cabo con la periodicidad acordada en el contrato, y se tendrán reuniones extraordinarias cada vez que el Gerente de Proyecto y el representante del Cliente así lo decidan. En estas reuniones se presentan los avances, las erogaciones y se plantean aquellos puntos que requieren discusión entre ambas partes, como pueden ser: problemas no previstos que incidan en la realización del proyecto, cambios al proyecto, retrasos de fabricantes de equipo, cambios en los integrantes clave en alguna de las partes, etc.

El Gerente de Proyecto decidirá quienes son los convocados a este tipo de reuniones.

### **3.15.2 Realización de las Juntas**

La junta que se desea realizar debe ser perfectamente planeada, debidamente convocada, estrictamente controlada en su desarrollo, eficazmente concluida y, finalmente, seguida de manera estricta en sus compromisos, para que rinda los frutos que se persiguen y además, se logre de manera productiva.

#### **3.15.2.1 Planeación**

El Gerente de Proyecto debe realizar una cuidadosa planeación de la junta tomando en cuenta:

El día y la hora.- Debe tomar en cuenta los factores que pueden incidir en el éxito de los objetivos establecidos, como son la disponibilidad y ánimo de la gente en lunes por la mañana, por ejemplo, cuando existe el peligro de que haya retraso en la llegada del personal, o en las tardes, después de la comida, cuando es difícil mantener la atención fija. En ocasiones se puede considerar que una junta de dos horas de duración esperada, inicie dos horas antes de la salida. De esta manera, todos los presentes estarán más conscientes del tiempo y tenderán a no desperdiciarlo, alargando innecesariamente la reunión.

Asistentes.- Convocar a quienes estén enterados de los detalles y su posible solución, a quienes deban o puedan estar enterados de lo que se va a informar, y no convocar a aquellos que por su rango no puedan dejarse fuera de la misma. Se requiere considerar que cada junta tiene además de todo, un costo para el proyecto y que mientras más elementos dediquen su tiempo a asistir a la reunión, más alto será su costo de realización, sin que por ello signifique más o mejores resultados para el trabajo.

Agenda.- Definir claramente y en forma concisa el objetivo de la reunión, así como aquellos puntos que se van a tratar y el orden en que conviene en que se aborden. No es adecuado incluir demasiados puntos y tratar que se dedique un tiempo muy reducido a cada uno para no alargar la sesión. Además, esto traería como consecuencia que un mayor número de participantes tenga que ser invitado, aunque no hayan de participar mas que en algunos de los temas. Siempre es preferible programar dos reuniones en que los temas se seleccionen por afinidad y con un número reducido de participantes cada una.

Es una buena práctica el enviar la agenda de la reunión a todos los asistentes convocados, esto les dará tiempo de preparar su parte con tiempo. Si alguien tiene que preparar y presentar en la junta algún informe, es conveniente incluir su nombre en la agenda frente al tema que le corresponde. Hay que reconocer que cuando la gente puede presentarse a una reunión con su parte ya preparada, ahorra tiempo a todos los que atiendan a la junta.

Es recomendable en muchos casos, incluir en la agenda, el estimado de costo de la reunión, calculado tomando como base los participantes invitados, su nivel o categoría y la duración esperada. Con ello, todos estarán conscientes del costo que tendrá para el proyecto. Así, al final de la junta, por la duración y los asistentes que participaron, se podrá calcular el costo real que tuvo la junta. Esta práctica puede contribuir a concientizar al personal del costo del tiempo y la necesidad de emplearlo en la forma más eficiente y eficaz.

Lugar de la reunión.- Se debe pensar en un lugar adecuado para la reunión considerando que se pueda contar con el espacio y amplitud suficientes y los espacios y comodidad adecuados, según el número de asistentes. Es conveniente que la sala de la junta cuente con la suficiente privacidad como para evitar que el movimiento normal de las personas ajenas a la junta, altere y distraiga a quienes están en la reunión. Por otro lado, es importante tomar en cuenta que, en ocasiones es necesario tratar temas en los que es necesario contar con intimidad y que no conviene expresar abiertamente y/o que pueda inhibir a los participantes a abordar el tema por temor a ser escuchado por alguien ajeno a la reunión.

### **3.15.2.2 Desarrollo**

El Gerente de Proyecto es responsable de dirigir y controlar la reunión, comenzando por el rigor en cuanto a la puntualidad, seguido por el inicio o arranque de la reunión, en la que hará la presentación del objetivo y buscando captar la atención y el interés de los asistentes, evitando que el inicio sea frío y sin la integración necesaria. Otro aspecto esencial es el del tiempo de exposición y/o de discusión de algún tema; debe regirse en lo posible por el tiempo disponible para cada punto de la agenda.

Es también importante designar a la persona responsable de tomar las notas de la junta o minuta de la reunión. Esta persona deberá ser capaz de comprender los asuntos que se plantean y saber dar la redacción adecuada al tema desarrollado, a los acuerdos y los compromisos. De esta manera podrá ser de gran ayuda para auxiliar en el control de la reunión.

Es conveniente que el Gerente de Proyecto logre crear un clima humano de grupo en las juntas, además que como líder tiene que ser promotor e instigador, moderador y cuando sea necesario, hacer uso de su autoridad y no ser tibio o conciliador. En ocasiones, cuando es indispensable ir al fondo de un asunto, el Gerente de Proyecto debe incluso provocar el conflicto, ya que de otra manera se obtendría un tratamiento superficial o imperfecto del asunto. Para ello, el Gerente de Proyecto debe conocer al personal de su proyecto y reconocer la forma en que conviene dirigir la discusión para no caer en posturas personales o en enfrentamientos francos.

El Gerente de Proyecto es quien podrá decidir cuando un punto ha sido suficientemente discutido y es el momento de tomar acuerdos y compromisos. Debe saber reconocer el Punto de Saturación, es decir cuando el tema ya fue agotado y se pueden tomar decisiones o, cuando por más tiempo y argumentos se dediquen a un punto, o por falta de información se da la especulación, y no se puedan lograr resultados positivos.

Cada punto tratado, con sus acuerdos y compromisos será escrito conforme se va desarrollando la reunión y es recomendable que se dé lectura al tema y a las resoluciones, indicando los compromisos concretos, la fecha prometida y al responsable de su ejecución.

No se debe dejar que las discusiones se alarguen demasiado, teniendo respeto por el tiempo de cada uno. Así mismo se debe controlar las discusiones, evitando que se den los enfrentamientos entre integrantes, cuando alguno se sienta afectado o agredido en su parte del proyecto. A veces es inevitable que el trabajo de algún especialista se vea afectado y que sea necesario modificarlo e incluso que lo tenga que repetir. Esto hace que las gentes reaccionen y lo manifiesten en la reunión. Ahí es donde entra la habilidad del Gerente de Proyecto para mediar y poner las cosas en su lugar.

En ocasiones, será necesario que el Gerente de Proyecto intervenga para abundar o clarificar lo expuesto por alguno de los participantes que no ha sido muy elocuente o conciso, evitando de esta manera, los sobreentendidos, los argumentos implícitos y los malos entendidos.

Al concluir la junta, conviene que el Gerente de Proyecto haga un resumen de los acuerdos y solicite la retroalimentación de alguno o algunos de los presentes, con el objeto de verificar que cada cual entendió perfectamente los acuerdos, especialmente aquellos aspectos que considere relevantes para el

desarrollo de los trabajos. Esta práctica asegura que, cuando cada uno regrese a su lugar de trabajo, lleve la idea precisa de lo acordado y sus implicaciones

### **3.15.2.3 Seguimiento**

Posteriormente a que se celebró la junta, el Gerente de Proyecto deberá asegurarse que la minuta de la reunión sea distribuida dentro del día siguiente. Es también su labor hacer un seguimiento de los compromisos adquiridos, vigilando que se cuente con todos los antecedentes y la información precedente para el cumplimiento de los compromisos en la fecha establecida.

En el terreno personal, es recomendable que el Gerente de Proyecto se acerque a aquella persona que durante la junta se vio alterada por sentirse afectada o agredida o que una decisión no fue justa con él, con el objeto de disolver las tensiones y resolver la situación, evitando que el malestar continúe más allá de lo normal.



FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

CURSOS INSTITUCIONALES

DIPLOMADO GERENCIA DE PROYECTOS  
ICA-DECFI, UNAM

Módulo II "Tecnología e Ingeniería Básica y de Detalle"  
27, 28 y 29 de mayo de 1999

*"Proceso de la Construcción"*

Ing. Sergio González Karg  
Palacio de Minería  
1999

# INDICE

## PROCESO DE LA CONSTRUCCION

### 1. INTRODUCCION

#### INTRODUCCION

- 1.1. PROPOSITOS
  - 1.2. TEMAS PRINCIPALES
  - 1.3. DEFINICION DE CALIDAD Y CARACTERISTICAS
  - 1.4. COMPOSICION DEL EQUIPO DE TRABAJO
  - 1.5. ESTABLECER REQUERIMIENTOS DE CALIDAD
  - 1.6. OBLIGACIONES DE LOS MIEMBROS DEL EQUIPO
- SINTESIS

### 2. PAPEL DEL PROPIETARIO, EXPECTATIVAS, ETC.

#### INTRODUCCION

- 2.1. PAPEL DEL PROPIETARIO Y RESPONSABILIDADES
- 2.2. EXPECTATIVAS Y REQUERIMIENTOS DEL PROPIETARIO
- 2.3. REQUERIMIENTOS GENERALES DEL PROPIETARIO
- 2.4. REQUERIMIENTOS DE LA INICIATIVA PRIVADA
- 2.5. REQUERIMIENTOS DE LAS AGENCIAS DE GOBIERNO
- 2.6. EXPECTATIVAS CONTRA REQUERIMIENTOS
- 2.7. CONFLICTOS
- 2.8. COMUNICACION

### 3. EQUIPO DEL PROYECTO

#### INTRODUCCION

- 3.1. ORGANIZACION DE LOS MIEMBROS DEL EQUIPO (GRAFICA)
- 3.2. COORDINADOR DEL PROYECTO
- 3.3. EL PROPIETARIO Y SU EQUIPO
- 3.4. EL ARQUITECTO Y SU EQUIPO
- 3.5. LA CONSTRUCTORA Y SU EQUIPO

### 4. PROCESO DE COMUNICACION Y COORDINACION

## INTRODUCCION

- 4.1. IMPORTANCIA DE LA COMUNICACION Y COORDINACION
- 4.2. PAPEL DE LOS MIEMBROS EN COORDINACION
- 4.3. DESARROLLO DEL PROCESO DE COORDINACION

## 5. SELECCIÓN DEL EQUIPO DE DISEÑO

### INTRODUCCION

- 5.1. SELECCION DEL ARQUITECTO
- 5.2. SELECCION DEL COMITÉ DEL PROPIETARIO
- 5.3. PROCEDIMIENTOS DE SELECCIÓN
- 5.4. VENTAJAS DE LA SELECCION POR HABILIDAD
- 5.5. COTIZACION
  - SINTESIS
  - GRAFICA

## 6. PLANEACION Y MANEJO DEL DISEÑO

- 6.1. ORGANIZACIÓN DEL DISEÑO
- 6.2. DIRECTOR DEL PROYECTO
- 6.3. INICIO DEL DISEÑO
- 6.4. PROYECTO EJECUTIVO
- 6.5. COMUNICACION DURANTE EL DISEÑO
- 6.6. MONITOREO Y CONTROL DE COSTOS DEL DISEÑO
- 6.7. EVITAR AMENAZAS CONTRA LA CALIDAD

## 7. DISCIPLINAS

- 7.1. NIVELES DE DISCIPLINAS
- 7.2. REQUISITOS DEL PROYECTO PARA CADA DISCIPLINA
- 7.3. DIRECTOR EJECUTIVO
- 7.4. PARTICIPACION DEL ARQUITECTO EN LA CONSTRUCCION

## 8. CONTROL DE CALIDAD

- 8.1. CONTROL DE CALIDAD RELACIONADO CON EL DISEÑO
- 8.2. COMPROMISOS CON LOS CODIGOS Y ESTANDARES

*9. PRECONTRATOS DE LA PLANEACION PARA LA CONSTRUCCION*

INTRODUCCION

9.1. HABILIDADES DEL PROPIETARIO

*10. PROCEDIMIENTOS PARA LA SELECCION DE CONSTRUCTORA*

INTRODUCCION

*11. CONTRATO DE CONSTRUCCION*

INTRODUCCION

*12. PLANEACION Y ADMINISTRACION DE LAS ACTIVIDADES DE LA CONSTRUCCION*

INTRODUCCION

*13. PROCEDIMIENTOS DEL CONTRATO DE LA ADMINISTRACION PARA LA  
CONSTRUCCION*

INTRODUCCION

*14. INICIO, OPERACION Y MANTENIMIENTO*

INTRODUCCION

*15. PLANEACIÓN Y CRITERIO AMBIENTAL*

*16. SISTEMAS Y CONCEPTOS*

*17. DISEÑO ESTRUCTURAL*

*18. FILOSOFÍA DE LOS EDIFICIOS ALTOS*

## *19. SISTEMAS*

- 19.1. ESTRUCTURALES
- 19.2. MECANICOS Y DE SERVICIOS
- 19.3. ELECTRICOS
- 19.4. TRANSPORTACION HORIZONTAL Y VERTICAL
- 19.5. CIMENTACION

## *20. SISTEMAS DE CONSTRUCCIÓN*

## INTRODUCCION

### INTRODUCCION

*La Guía de Calidad en el Proceso de Construcción* se inició con una serie de pláticas entre 1983 y 1985 donde arquitectos, ingenieros, profesionales e industriales de la construcción llegaron a un acuerdo para mejorar la calidad de la construcción. Esta guía se creó bajo los auspicios de ASCE.

#### 1.1 PROPOSITOS

El propósito de estos comentarios es dar sugerencias y recomendaciones a los propietarios, ingenieros, arquitectos, constructoras y a todo el equipo que lo forma en una construcción acerca de los principios y procedimientos que han sido efectivos para lograr un proyecto construido con calidad; orientar acerca de la asignación de puestos, responsabilidades y establecimiento de los límites de autoridad entre los participantes, además enfatizar la importancia de los conceptos y prácticas que hacen un proyecto de calidad.

Se trata de orientar a propietarios, arquitectos, ingenieros y constructoras pero también sería de gran utilidad para los diseñadores, personal de operaciones y mantenimiento, inspectores, contratistas y vendedores. También puede ser utilizado por oficiales de gobierno, profesores de universidad y estudiantes, jueces, legisladores y cualquier otra persona relacionada en el proceso de diseño y construcción.

No debe creerse que los procedimientos aquí presentados, automáticamente producirán un proyecto de calidad. Muchos factores, algunos fuera del control del equipo, pueden afectar el resultado. Estos procedimientos pueden y deben variarse de acuerdo a los requerimientos del proyecto sin olvidar la calidad como el objetivo principal.

#### 1.2 TEMAS PRINCIPALES

En los siguientes capítulos se discutirán varios temas de importancia como:

- Definición y asignación de responsabilidades
- Importancia del trabajo en equipo
- Panorama de los requerimientos y expectativas
- Importancia de las excepciones y obligaciones del contrato
- Principios para una buena comunicación
- Proceso de selección de los miembros del equipo por parte del propietario
- Procedimientos de diseño y construcción
- Prácticas administrativas, de desarrollo y organización
- Evitar conflictos
- Beneficios de una revisión
- Participación de los arquitectos al comienzo y durante la construcción
- Contratos de construcción
- Acuerdos y otros documentos

### **1.3 DEFINICION DE CALIDAD Y CARACTERISTICAS**

Para esta Guía la calidad es lograr los requerimientos establecidos y se alcanza cuando el proyecto terminado cumplió los requerimientos previos del propietario, arquitecto y constructora en conformidad con los códigos de seguridad y regulaciones.

La calidad puede caracterizarse por:

1. Lograr los requerimientos del propietario tales como la función y apariencia, su terminación a tiempo y dentro del presupuesto, operación y mantenimiento, ambientación, salud y seguridad de los trabajadores, etc.
2. Lograr los requerimientos del arquitecto y del ingeniero tales como: una visión definida, presupuesto adecuado, horarios razonables, decisiones tomadas a tiempo por el propietario, motivación del equipo, un cliente satisfecho, un proyecto terminado que sea bien reconocido y futuras recomendaciones.
3. Lograr los requerimientos de la constructora tales como: Un plan de trabajo bien definido, especificaciones claras y otros documentos de contrato, decisiones tomadas a tiempo por el propietario y arquitecto, trato justo, un propietario satisfecho y reconocimiento y futuras recomendaciones.
4. Lograr los requerimientos de las agencias reguladores tales como: salud y seguridad pública, consideraciones ambientales, protección de la propiedad pública conforme a las leyes aplicables, códigos y políticas.

Mediante una buena comunicación entre los participantes, una selección adecuada del personal, rápida solución a los problemas, conflictos y desacuerdos se puede lograr un trabajo de calidad.

Es importante comprender que la calidad, como aquí se maneja, no sólo se refiere a la apariencia y durabilidad de los materiales, etc. sino a lograr los requerimientos expresados por las tres partes.

Por lo tanto un proyecto con bajo presupuesto, deficiencias estéticas, corto tiempo de vida de materiales, etc. Puede ser un proyecto de calidad si cumplió con los requerimientos de las tres partes.

### **1.4 COMPOSICION DEL EQUIPO DE TRABAJO**

El equipo de trabajo esta formado por el propietario, arquitecto o ingeniero y la constructora con sus responsabilidades y límites de autoridad que se especifican mas adelante.

El término "equipo" se usa intencionalmente para implicar que debe haber una relación cooperativa en vez de adversaria entre los participantes.

## **1.5 ESTABLECER LOS REQUERIMIENTOS DE CALIDAD**

Estos requerimientos comienzan en la concepción misma del proyecto. Es esencial un balance entre el presupuesto, características operacionales, materiales, etc. por parte del dueño. El arquitecto o ingeniero está obligado a proteger la seguridad pública dentro del contexto del proyecto y la constructora es la responsable de los medios, métodos, técnicas, procedimientos al igual que las precauciones y programas de seguridad durante el proceso de construcción

## **1.6 OBLIGACIONES DE LOS MIEMBROS DEL EQUIPO**

Es obligación de los miembros cooperar uno con el otro para realizar un proyecto de calidad bajo las establecidas condiciones, requerimientos de seguridad, leyes, etc.

El arquitecto y la constructora sólo aceptarán obligaciones adicionales que tengan que ver con sus habilidades. Además tendrán la obligación de trabajar de una manera ética e integral, en un ambiente de mutua confianza, respeto, etc.

## **SINTESIS**

El propósito de este documento es el de lograr un trabajo de calidad, que contando con el esfuerzo de los tres miembros del equipo, propietario, arquitecto o ingeniero y constructora, lograrán las metas esperadas.

# **2**

## **PAPEL DEL PROPIETARIO, EXPECTATIVAS Y REQUERIMIENTOS**

### **INTRODUCCION**

Un proyecto exitoso empieza con el propietario. En este capítulo se hablará acerca de dos factores importantes, uno es el desarrollo de expectativas y requerimientos completos y realistas del proyecto y segundo es el entendimiento de los miembros de su papel, requerimientos y responsabilidades del propietario.

### **2.1 EL PAPEL DEL PROPIETARIO Y SUS RESPONSABILIDADES**

El es el responsable principal de la calidad y éxito del proyecto construido y de proporcionar los requerimientos y la comunicación entre los miembros del equipo. Además es responsable del costo, desarrollo, apariencia y función. El propietario debe entender la importancia de estos conceptos tales como costos, revisiones, estudios alternativos, evaluar la ingeniería, los documentos de contrato y diseños.

Es responsable de proveer el financiamiento para la realización del proyecto y de realizar los pagos a tiempo de sus miembros. Debe ser cooperativo, decidido, tener buenas relaciones con los demás y de insistir en que todos se apeguen a los requerimientos del proyecto.

Estas responsabilidades se aplicarán a todo tipo de proyectos y propietarios. Sin embargo, dependiendo del tipo de construcción y de la naturaleza de la organización del propietario, podrá delegar algunas de estas responsabilidades a otros miembros.

Es decir, su papel puede variar de acuerdo al tipo de propietario y proyecto. Para tener mayor claridad, se recomienda que las responsabilidades de cada miembro se hagan por escrito.

## **2.2. EXPECTATIVAS Y REQUERIMIENTOS DEL PROPIETARIO**

Como el papel del propietario puede variar, a continuación se mencionarán las actividades típicas que no deben variar:

- La necesidad de un proyecto bien fundamentado y reconocido
- Experiencia en la ejecución de proyectos
- Observación y percepción de lo que otros han hecho en proyectos similares
- Consejo y soporte de arquitectos o ingenieros y otros consultores.

## **2.3 REQUERIMIENTOS GENERALES DEL PROPIETARIO**

La mayoría de los profesionales de la industria acuerdan en que los requerimientos del propietario deben ser: "Quiero un buen trabajo, a tiempo y dentro del presupuesto". Los requerimientos para un proyecto en particular son más comprensibles. Estos deben ser más detallados y referirse a aspectos más específicos del proyecto como función, operación, calidad, estética y aspectos administrativos.

## **2.4 REQUERIMIENTOS DE LA INICIATIVA PRIVADA**

Estos propietarios tienen menos restricciones y pueden actuar más libremente. Tienen grandes intereses económicos y están influidos por factores económicos como financiamiento a largo o corto plazo, tamaño de la inversión, riesgos económicos, etc.

## **2.5 REQUERIMIENTOS DE LAS AGENCIAS DE GOBIERNO**

Estos propietarios tales como municipios, juntas escolares, distritos, agencias locales o estatales tienen que realizar procedimientos más rígidos puesto que tienen que operar en un tiempo determinado. Si se excede el tiempo límite, variarán los representantes, presupuestos, etc., y habrá cambios de las funciones.

## **2.6 EXPECTATIVAS CONTRA REQUERIMIENTOS**

Las expectativas del propietario existen aún cuando no las haya expresado. Se requiere de buena comunicación con él para entenderlas. Debe examinarlas previamente para eliminar las irreales y las posibles necesitarán de esfuerzo y tiempo para evaluarlas.

El arquitecto o ingeniero y el propietario deberán desarrollar una buena relación para identificar estas expectativas que se harán más tarde por escrito.

## 2.7 CONFLICTOS

Aunque las expectativas del propietario requieren de mayor atención, también los demás miembros tienen las propias. Estas expectativas surgen cuando hay numerosos miembros y esta situación requiere de un sistema para resolverlas de una manera satisfactoria para no comprometer la calidad del proyecto.

## 2.8 COMUNICACION

La comunicación entre los miembros del equipo con respecto a las expectativas del propietario serán más efectivas si son consultadas previamente con él.

La continua relación del arquitecto o ingeniero en todas las fases del proyecto puede mejorarse si se le consulta primero como consejero en la concepción y definición del proyecto, en segundo como arquitecto o ingeniero y tercero como representante y asistente del propietario. En el caso de la constructora se recomienda la misma relación. Sin embargo, si hay licitación no es aconsejable esta medida. Por el contrario el propietario puede contratar a un consejero con experiencia para la fase de construcción.

# 3

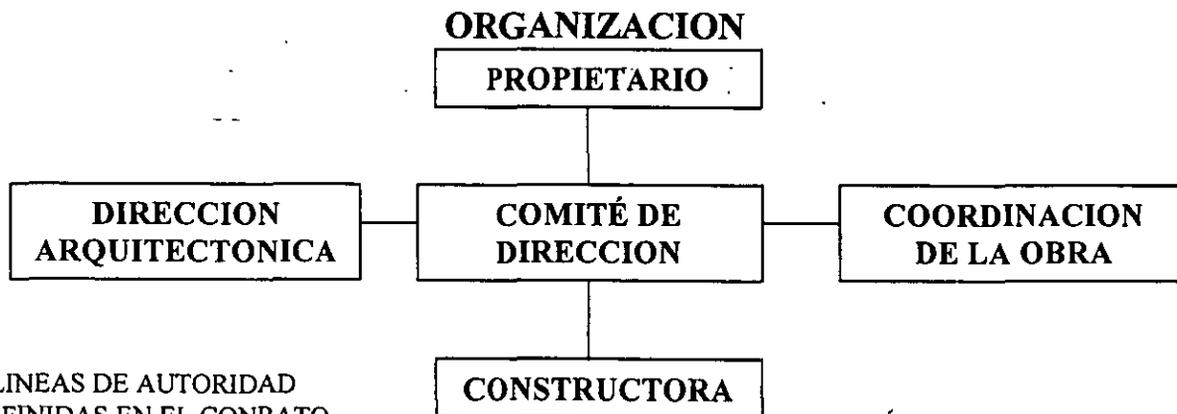
## EQUIPO DEL PROYECTO

### INTRODUCCION

Un proyecto de construcción con éxito está bien concebido, planeado, diseñado y constituido por un equipo que conste de un propietario, arquitecto o ingeniero y constructora. Se logra la calidad cuando los miembros cumplen sus obligaciones a tiempo y son cooperativos con los otros miembros. En muchos proyectos cada miembro cuenta con un equipo de apoyo para diversas actividades. La composición y organización de estos grupos se verán en el presente capítulo.

### 3.1 ORGANIZACION DE LOS MIEMBROS DEL EQUIPO

En el cuadro 3.1 se ilustra la típica relación entre los miembros del equipo encabezados por el propietario, arquitecto o ingeniero y constructora. Cada uno de ellos son entidades individuales relacionados entre sí por medio de contratos.



Muchos otros acuerdos entre propietarios públicos y privados pueden existir. A veces las funciones no están bien especificadas y una o más actividades son realizadas por la misma entidad.

Algunos acuerdos pueden ser:

1. El propietario emplea a su propio staff de arquitectos o ingenieros y contrata sólo a la constructora o emplea a su propia constructora y contrata sólo a los arquitectos o ingenieros.
2. El propietario contrata una compañía de arquitectos o ingenieros y constructores.
3. El propietario emplea a su propio staff de arquitectos o ingenieros y de constructores.

### **3.2 COORDINADOR DEL PROYECTO**

Este término se usa para nombrar a la persona que representará al propietario y es responsable de la coordinación y desarrollo del proyecto. El coordinador puede ser un miembro propietario, de los arquitectos o de la constructora o un empleado contratado a parte.

El coordinador del proyecto puede ser:

- El arquitecto o ingeniero que actuará bajo las órdenes de los directivos de la agencia.
- Un miembro de la constructora cuando el propietario contrata una compañía de arquitectos y constructores.
- El propietario mismo.

En algunos proyectos el propietario puede contratar a más de un arquitecto o ingeniero, usar múltiples contratos de construcción y contratar directamente a los proveedores. En este caso se empleará una compañía aparte para realizar los servicios del coordinador que puede ser un arquitecto, una constructora, una compañía de arquitectos y constructores o una compañía de manejo de construcción.

El coordinador es el punto principal para una buena comunicación además coordina los esfuerzos del equipo. Las actividades que realiza el coordinador son la iniciación del proyecto, planeación y programas, comienzo del proyecto, administración de los contratos y terminación del proyecto.

Para la planeación y programas del proyecto, el coordinador requiere de un acercamiento al mismo y obtener la promesa de trabajo de los miembros. Durante esta actividad, el coordinador desarrolla los requerimientos del propietario y los comunica a los otros miembros. Se desarrolla y confirma el programa, se ajusta el presupuesto y se resumen las reglas del juego.

Las cualidades de un buen coordinador incluyen la habilidad:

- Formular un proceso efectivo de desarrollo y guiar al equipo a trabajar bajo los conceptos.
- Planear el proyecto respetando las decisiones del propietario
- Seleccionar un arquitecto adecuado y capaz para integrarlo al equipo
- Facilitar y alentar la comunicación entre el equipo
- Tomar decisiones importantes a tiempo y tener buen liderazgo.

El coordinador debe estar presente al inicio y termino del proyecto. Su continuidad se verá reflejada en una comunicación efectiva, liderazgo y gran responsabilidad.

### **3.3 EL PROPIETARIO Y SU EQUIPO**

Como iniciador del proyecto asume el papel de dirigir el proyecto hasta su finalización y por la gran cantidad de decisiones que debe tomar es necesario contar con un equipo de consejeros.

La función de su equipo es la de dar consejo acerca de asuntos financieros y legales, estudios y estrategias de mercado, seguros, etc. Estos consejeros son contratados o empleados. Informan al propietario pero deben estar dispuestos a discutir con el coordinador, arquitecto y la constructora durante el proyecto.

Como el propietario es la fuerza motora del proyecto, cualquier deficiencia por su parte puede acarrear graves consecuencias. En gran medida, la calidad del diseño depende del desarrollo del propietario.

A continuación mencionaremos algunas de las responsabilidades del propietario, además de las que le impone las regulaciones reglamentarias u otros documentos de contrato:

- Proveer los fondos para el proyecto
- Mejorar las comunicaciones
- Establecer requerimientos razonables
- Delegar y asignar decisiones apropiadas
- Ser realista al asumir riesgos y posibilidades
- Tomar decisiones a tiempo
- Exigir calidad en el trabajo
- Admitir decisiones innovadoras
- Ejercer responsabilidad financiera y realizar pagos a tiempo.

Una buena comunicación es la clave del éxito. La falta de ésta acerca de cambios o nueva información dan como consecuencia pérdida de tiempo y dinero.

Los fondos con que se cuentan son parte fundamental para lograr calidad en el proyecto, pues si faltan se recortarán presupuestos en alguna fase del proyecto.

El tiempo que se requerirá no debe tomarse a la ligera por el propietario en su afán de apresurar la construcción. Se planeará con el tiempo suficiente.

### **3.4 EL ARQUITECTO Y SU EQUIPO**

Su función es la de concebir y dar soluciones de calidad al proyecto y por órdenes del propietario realizará actividades adicionales como investigaciones del diseño, comienzo y durante la fase de construcción. Si el arquitecto no es un empleado entonces sus actividades estarán por escrito en el contrato que menciona las responsabilidades de cada uno.

Se requerirá de especialistas calificados adicionales a menos de que el arquitecto cuente con un staff de profesionales. Necesitará en su equipo ingenieros geotécnicos, eléctricos y mecánicos,

laboratorios de prueba de materiales, etc. En algunos casos, estos especialistas serán contratados directamente por el propietario, en cualquier caso los especialistas forman parte del equipo del arquitecto.

Las siguientes son las funciones típicas del arquitecto:

- Estar calificado para adquirir servicios por contrato
- Dar ideas apropiadas al diseño
- Promover la comunicación
- Lograr la calidad en el proyecto
- Ser responsable del presupuesto previsto, horarios y programación
- Tomar decisiones y evaluar a tiempo
- Aceptar la autoridad y responsabilidad del proyecto
- Cooperar y coordinar el esfuerzo de todos
- Evitar conflictos de intereses
- Representar adecuadamente los requerimientos del propietario

Su equipo estará formado por profesionales capacitados para llevar a cabo las necesidades del proyecto. Su función primordial será la de diseñar una propuesta que cuente con los requerimientos del propietario y dar planeación a las especificaciones:

El propietario funciona como el iniciador y el arquitecto como el implementador, y sus funciones están totalmente relacionadas con la calidad del proyecto.

### **3.5 LA CONSTRUCTORA Y SU EQUIPO**

Su función es la de planear, manejar y llevar a cabo las actividades necesarias para construir un proyecto de calidad de acuerdo con las especificaciones del arquitecto.

El contrato de construcción es entre el propietario y la constructora, el arquitecto o ingeniero no forma parte en este contrato aunque este relacionado con las etapas de la construcción.

El objetivo de la constructora es la de construir un proyecto de calidad y seguro. Su equipo estará formado por los proveedores de material y equipo, fábricas, etc. Estos miembros se reportarán directamente con la constructora que es la responsable de ellos. Sus responsabilidades son:

- Entablar buenas comunicaciones
- Construir un proyecto de calidad
- Planear, implementar y asumir la responsabilidad para crear un trabajo seguro
- Tomar decisiones a tiempo
- Proveer trabajadores hábiles
- Coordinarse y cooperar con los demás
- Actuar con cuidado y competitividad

La constructora está obligada a cumplir con los contratos de ejecución del trabajo con el fin de alcanzar calidad en su objetivo y de tener un programa de calidad para sus trabajadores.

## **SINTESIS**

El propietario es el responsable de administrar sus contratos con los otros miembros del equipo, de monitorear, coordinar las actividades de los miembros y delegar responsabilidades al coordinador. Los contratos de construcción deben planear con cuidado las responsabilidades y el papel de cada miembro para no promover relaciones adversas que interfieran en la calidad del proyecto. Con comunicación y entendimiento puede lograrse la armonía entre los miembros.

# **4**

## **PROCESO DE COMUNICACION Y COORDINACION**

### **INTRODUCCION**

Para que un proyecto sea exitoso debe verse como un todo y tener un plan desarrollado e implementado para juntar las piezas, al igual que aprovechar las habilidades y experiencia de los miembros durante todo el proyecto. La coordinación requiere comunicación frecuente y efectiva entre todos.

#### **4.1 IMPORTANCIA DE LA COMUNICACION Y COORDINACION**

Una comunicación y coordinación efectiva prevén problemas como la insatisfacción de los miembros e incluso se evitan errores que de acuerdo con estudios realizados, el 25% de estos son por la falta de comunicación.

Estudios de las aseguradoras confirman que los propietarios toman acciones legales no por las imperfecciones que puedan surgir sino por eventos o sorpresas inesperadas, falta de relaciones positivas o falta de información acerca de los problemas.

#### **4.2 PAPEL DE LOS MIEMBROS EN COORDINACION**

El propietario comparte las responsabilidades de la selección de los miembros del equipo y determina quienes deben unirse a cada equipo. No existe una fórmula correcta para todas las situaciones, ya que muchos factores contribuyen a hacer cada proyecto único. El propietario puede ser requerido para enterarse de la planeación de la construcción mucho antes de que se seleccione la constructora con el propósito de coordinar el diseño y las fases del proyecto.

#### **4.3 DESARROLLO DEL PROCESO DE COORDINACION**

Los miembros del equipo tienen expectativas de cada miembro durante todo el proceso del proyecto. Algunas expectativas son:

- Integridad, honestidad y comunicación
- Comunicación abierta y explicación de la información completa
- Competitividad en sus papeles respectivos
- Compromiso con los requerimientos del proyecto

Esperar que haya una buena comunicación y disseminación de la información es difícil de llevar a cabo, puesto que requiere de participación individual y colectiva. Los proyectos de equipo, al

igual que muchos otros, pasan por diversas etapas como de "grupo" a "equipo" y requiere un proceso de coordinación efectiva. Estas etapas son:

- Desarrollar un entendimiento inicial a nivel personal.
- Desarrollar mediante el entendimiento las fuerzas y debilidades de cada individuo del equipo y de sus staffs.
- Asignar las responsabilidades específicas de cada miembro.
- Desarrollar un ambiente de trabajo honesto, claro, cooperativo y consciente de las decisiones.

## 5

### SELECCION DEL EQUIPO DE DISEÑO

#### INTRODUCCION

Este es uno de los pasos más importantes, por lo tanto el propietario debe seleccionar adecuadamente tomando en cuenta su experiencia, habilidades, etc.

Es importante que tanto el propietario como el arquitecto enfoquen su relación en la calidad del proyecto basándose en un costo razonable. El primer error será el de seleccionar al arquitecto por su costo.

#### 5.1 SELECCIÓN DEL ARQUITECTO

El propietario es el que establece las reglas para seleccionar al arquitecto. Su primer paso es definir los requerimientos del proyecto y no olvidar la necesidad de uno durante las fases de construcción y arranque. Mediante varias propuestas el propietario seleccionará al arquitecto necesario.

Los siguientes son los factores que se deben considerar al evaluar a una firma de arquitectos:

- La reputación ética y profesional de la compañía mediante preguntas a otros clientes y sus referencias.
- El registro profesional de los directivos y otros miembros.
- La demostración de las cualidades y capacidades de la compañía en el desarrollo de proyectos que incluyan los conocimientos de los códigos y regulaciones gubernamentales.
- La habilidad de la compañía para asignar al staff apropiado para el proyecto.

#### 5.2 SELECCION DEL COMITÉ DEL PROPIETARIO

En proyectos de gran magnitud, el propietario creará un comité para recomendar y seleccionar a un arquitecto. Un procedimiento que ha sido satisfactorio aconseja que el comité esté conformado por tres o más individuos de los cuales uno de ellos deber ser arquitecto o ingeniero. Ellos se encargarán de hacer recomendaciones después de realizar las investigaciones y entrevistas necesarias.

Otras personas que estarán involucradas en el proceso de selección son:

- La persona que será la intermediaria entre el propietario y el arquitecto
- La persona que será responsable de operar y mantener el proyecto propuesto
- La persona permitida para hacer juicios subjetivos acerca de las preferencias del propietario acerca de la estética, arquitectura o imagen.

La elección final del arquitecto por parte del propietario estará basado en las recomendaciones del comité.

### **5.3 PROCEDIMIENTO DE SELECCION**

El proceso de selección se dará cuando el propietario esté familiarizado con el futuro prospecto, con los detalles del proyecto y pueda explicarle los servicios exactos que requiera del arquitecto.

Los siguientes pasos de selección se mencionan más adelante, pero si el propietario ha tenido una relación satisfactoria con uno o más arquitectos en el pasado no será necesario seguir todos los pasos.

1. Por invitación o anuncio público establecer la naturaleza en general del futuro prospecto, los requerimientos, la experiencia del arquitecto o de las organizaciones que puedan ser capaces de cubrir los requisitos.
2. Considerar las habilidades. Seleccionar por lo menos a tres arquitectos que sean muy calificados. Revisar las referencias previas de otros clientes o compañías. Para ahorrar tiempo y dinero se aconseja no considerar más de cinco compañías.
3. Por medio de una invitación escrita a cada arquitecto, el propietario describirá la propuesta de su proyecto detallando los servicios que requerirá. Los invitará a que hagan una propuesta describiendo el plan de desarrollo, el programa planeado, e información relacionada y la capacidad financiera. A cada arquitecto se le dará la oportunidad de visitar el lugar, revisar la información y obtener respuestas a sus preguntas.
4. Al recibir las propuestas, el propietario invitará a cada uno por separado para que lo entreviste el comité. Durante las entrevistas se discutirán los requerimientos del proyecto y sus servicios. El comité revisará cuidadosamente sus habilidades, experiencia, etc. Y que entienda perfectamente los requerimientos del proyecto y como manejarlos.
5. Verificar con otras compañías o clientes sus trabajos anteriores, no deberán basarse únicamente en las referencias que exprese el arquitecto.
6. Invitar al arquitecto que parezca mejor calificado a segunda entrevista para discutir el proyecto.
7. Analizar y evaluar la compensación que pide el arquitecto con otros usuarios que requirieron el mismo servicio. Es necesario llegar a un acuerdo justo.

8. Si no se llega a un acuerdo con el primer arquitecto seleccionado, se le notificará por escrito y se realizará el mismo procedimiento con el segundo, tercero hasta llegar a un acuerdo. Todo esto es estrictamente confidencial y la compensación discutida con una firma no se le revelará a la otra.
9. Cuando se llegue a un acuerdo en los servicios, compensación y programa, el propietario y el arquitecto seleccionado deberán formular su acuerdo por escrito.

#### **5.4 VENTAJAS DE LA SELECCION POR HABILIDAD**

Las ventajas son:

- Un juicio profesional, un elemento esencial, que es considerado y evaluado.
- Se consideran sólo estudios y análisis especiales para el proyecto.
- La participación del arquitecto en la fase de construcción y otras actividades se acuerdan y se incluyen en el contrato.

Los propietarios utilizarán los servicios de los arquitectos porque necesitan su experiencia y juicio durante la fase de planeación.

#### **5.5 COTIZACION**

Se ha comprobado que resulta contraproducente entre los ingenieros, construcción, las compañías de arquitectos etc. es más el gobierno ha adoptado leyes para que las agencias provean sus servicios basados sólo en las habilidades como se vió anteriormente.

Seleccionar a un arquitecto por una compensación baja, no se recomienda, por las siguientes razones:

- El prospecto puede no estar calificado para desarrollar sus servicios
- Contratar determinados servicios por poco dinero limita la flexibilidad, creatividad, etc. durante las fases de planeación.
- Servicios predeterminados no abarcan todos los detalles requeridos y puede haber cambios en el contrato.

La selección del arquitecto por sus habilidades es más benefico para el propietario, aunque en esta guía no se intenta decir que un costo bajo sea antiprofesional.

#### **SINTESIS**

Después de haber seleccionado al arquitecto, se iniciará la firma del contrato y se discutirán las negociaciones, el programa, el sueldo, etc., si no se llegara a un acuerdo entonces las negociaciones se terminan y se comienzan otras con el siguiente prospecto.

El mejor acuerdo se da cuando se han entendido todos los puntos del proyecto, esto requerirá de largas discusiones utilizando la experiencia, conocimiento del propietario, del arquitecto y de los consejeros.

## PAPEL DE CADA MIEMBRO DEL EQUIPO

Participantes	Comienzo del Proyecto	Fase de Diseño	Fase de Construcción	Terminación del Proyecto
Propietario	Formar e informar a su grupo. Guiar en los requisitos del proyecto al arquitecto	Contribuir en las decisiones del diseño... Participar en las revisiones y comunicar los cambios	Proveer inspecciones y pruebas requeridas por el contrato y las agencias reglamentarias. Administrar los contratos	Mantener la coordinación del grupo poner su atención al seguimiento.
Arquitecto	Ayudar en los objetivos y requisitos del programa, guiar el proceso de desarrollo y coordinación entre los miembros	Guiar el diseño. Hacer participe al propietario y a los demás cuando sea apropiado. Preparar la planeación y especificaciones necesarias	Apoyar técnicamente las interpretaciones requeridas, cambios y dibujos de taller. Observación del suelo.	Ayudar con el seguimiento, completar los manuales, documentos, etc.

## 6

### PLANEACION Y MANEJO DEL DISEÑO

#### 6.1 ORGANIZACION DEL DISEÑO

El arquitecto o el director del grupo de arquitectos es responsable de realizar la fase de diseño desde su inicio hasta su terminación. Si se entienden claramente los requerimientos del proyecto se puede preparar la planeación y se presentará como un esquema o cuadros donde se desglosarán las distintas actividades, su duración, etc. En esta información aparecerán las actividades que se mencionan en el contrato, los programas y el presupuesto con que se cuenta. El plan de diseño es el mapa hacia el éxito, cualquier desviación del plan se reconocerá y corregirá para mantener el programa dentro del presupuesto, cualquier corrección modificará el programa y presupuesto original.

## **6.2 DIRECTOR DEL PROYECTO**

El director del proyecto es el arquitecto o el miembro designado por el staff y es el contacto entre los requerimientos del propietario y el desarrollo del diseño. El director del proyecto tiene la responsabilidad de:

- Desarrollar el presupuesto del diseño para reflejar las organizaciones necesarias para desarrollar el trabajo.
- Planear el programa dentro del tiempo disponible.
- Asignar actividades para los miembros del equipo.
- Coordinar los procedimientos del proyecto.
- Monitorear y manejar el desarrollo del equipo, tomar decisiones a tiempo.
- Actualizar los acuerdos cuando haya cambios, etc.

Todas estas responsabilidades le permiten monitorear los progresos e identificar problemas potenciales.

## **6.3 INICIO DEL DISEÑO**

Se inician esfuerzos del equipo de arquitectos para que el líder revise el proyecto y los requerimientos. Se revisa el presupuesto, los programas y hacen un compromiso para prestar sus servicios a tiempo y dentro del presupuesto.

Cuando el equipo está comprometido, el director se reúne con el propietario para revisar el proyecto final. La habilidad del equipo para cumplir con el horario y permanecer dentro del presupuesto se relaciona directamente con el desarrollo del propietario que deberá proveer las especificaciones a tiempo que le pida el equipo.

## **6.4 PROYECTO EJECUTIVO**

En otros tiempos, el propietario tenía la idea general de cómo luciría el proyecto terminado y cómo debería realizarlo. Ahora, sus alternativas son revisadas por el equipo de arquitectos y así diseñar la guía del proyecto y es de extrema importancia para la calidad, que el propietario y el arquitecto o ingeniero lleguen a un acuerdo pronto, acerca de los resultados esperados y que formalicen por escrito este acuerdo.

## **6.5 COMUNICACION DURANTE EL DISEÑO**

El director informará mediante un reporte al propietario y a su equipo de los progresos del diseño cada mes o más seguido. Dichos reportes comprenden la información de las juntas del pasado mes y los proyectos a realizarse para el siguiente. Cualquier problema debe detectarse lo antes posible puesto que requerirá un cambio en el presupuesto, programa, etc.

Ya que muchos proyectos requieren más de una disciplina en el diseño, los miembros del equipo de arquitectos deben reunirse regularmente, con el propósito de familiarizar a cada miembro con el proceso. Aunque todos se adhieran a la guía pueden surgir los conflictos, que deberán discutirse y resolverse. Si el conflicto surge por los requerimientos del propietario, se le convocará una junta para llegar a un acuerdo.

## **6.6 MONITOREO Y CONTROL DE COSTOS DEL DISEÑO.**

El director monitorea regularmente los reportes de costos que reflejan el presupuesto contra los gastos reales. Dichos gastos deben ser consistentes con el progreso a la fecha. Si se necesitarán servicios adicionales no especificados en el contrato, se le avisará de inmediato al propietario para hacer las negociaciones.

El programa del proyecto consta de miles de especificaciones y fechas de entregas de reportes en el contrato. Es necesario que ambas partes respeten estas fechas para seguir con el programa planeado. Los reportes internos le permiten al propietario estar informado y ser capaz de ofrecer comentarios a tiempo.

## **6.7 EVITAR AMENAZAS CONTRA LA CALIDAD**

Después de haber elegido al director, para mantener la calidad debemos:

- Desarrollar el campo de servicios para logra los requerimientos
- Desarrollar el plan de trabajo para la fase de diseño
- Calcular las horas requeridas y el costo
- Reconocer que los programas están incompletos, los cambios son inevitables y que los presupuestos y programas de obra necesitan reacomodarse.
- Crear un programa realista

Es necesario que los consultores bajo contrato contribuyan en las discusiones del diseño para evitar problemas en la calidad de los proyectos multidisciplinarios.

Muchos propietarios prefieren la elección de los servicios por tener un costo bajo, esto amenazará gravemente la calidad. Se recomienda evitar esta práctica.

Otra amenaza a la calidad es la construcción por partes sin que el proyecto del diseño esté terminado, puesto que los cambios son difíciles de acomodar y los errores y la comunicación es más difícil.

Para evitar las amenazas, se debe asignar a miembros del equipo con experiencia y conocimiento en las tareas asignadas. Se evitará asignar a muchas personas y ampliar los programas exageradamente.

# **7**

## **DISCIPLINAS**

### **7.1 NIVELES DE DISCIPLINAS**

Para proyectos multidisciplinarios, aplican tres niveles de organización:

- El director del equipo de arquitectos que tiene la responsabilidad con el propietario de cumplir con los requisitos y agrupar en su equipo a individuos y consultores con experiencia.
- Los disciplinas principales como la ingeniería eléctrica, mecánica, estructurales y calefacción y ventilación (HVAC).
- Las disciplinas de soporte como la geotecnia, prueba de materiales, análisis hidrológicos, etc.

El equipo del arquitecto se conforma por miembros de distintas disciplinas que desarrollarán el proyecto, cada miembro entenderá los requisitos y aplicará sus conocimientos a la parte que le corresponde, bajo la guía de su director.

## **7.2 REQUISITOS DEL PROYECTO PARA CADA DISCIPLINA**

Sus responsabilidades dependerán del tipo de proyecto, que puede ser: 1) proyecto de ingeniería 2) proyecto de arquitectura 3) proyecto de diseño y construcción.

Los objetivos de un proyecto de ingeniería se rigen por los requisitos funcionales o utilitarios de una instalación construida. Por ejemplo incluyen plantas industriales, sistemas de tránsito, etc. Aquí cada ingeniero es experto en su área por ejemplo los ingenieros mecánicos dirigirán un proyecto de planta de cemento y los civiles dirigirán un proyecto de sistemas de tránsito.

Los objetivos de un proyecto de arquitectura se basan en la estética más que en las consideraciones de ingeniería. Por ejemplo incluyen los edificios para oficinas, complejos comerciales, instalaciones educativas y estructuras monumentales. Al igual que el proyecto de ingeniería, requiere de muchas disciplinas y la única diferencia es que el diseño es la disciplina primordial.

El proyecto de diseño y construcción incorpora el diseño y la construcción como una misma responsabilidad. Tiene dos directores, el de diseño y el de construcción que se reportan con su director.

La necesidad de coordinación entre los profesionistas con el propietario no debe enfatizarse demasiado. Los miembros de cada disciplina se reunirán para hablar de sus asuntos sin tener que incluir a otros de las demás disciplinas.

La relación contractual del propietario con los profesionistas puede ser de diversas formas dependiendo de los deseos del propietario o del arquitecto, cada disciplina puede tener contratos separados o sólo un acuerdo sin contrato. Cada disciplina tendrá su función definida y deberá actuar conforme los requisitos del proyecto.

## **7.3 DIRECTOR EJECUTIVO**

Estos son directores que manejan su propia disciplina. Son responsables de implementar los servicios de diseño y reportarlo con el director del proyecto o con el arquitecto. Sus responsabilidades son: tomar decisiones técnicas, reunir a su gente para hablar de los requisitos técnicos y de programa, y coordinarse con el líder de las otras disciplinas.

Todas estas disciplinas son necesarias por sus habilidades técnicas requeridas para completar un proyecto y serán responsables de corregir cualquier error de aplicación dentro de su área. Estas aplicaciones requieren de un buen uso de los principios de la ingeniería en la solución de problemas en el diseño al igual que la aplicabilidad y compatibilidad del diseño.

Cada director de las disciplinas debe reunirse con los demás miembros para llegar a soluciones. No sólo considerará su disciplina sino la función de las otras.

La calidad del diseño se mide por: 1) Correcto enfoque técnico, 2) Representaciones gráficas y numéricas acertadas, 3) Integración ordenada de los requisitos del proyecto 4) Especificaciones adecuadas.

#### **7.4 PARTICIPACION DEL ARQUITECTO EN LA CONSTRUCCION.**

Su participación se definirá en el contrato que especificará su responsabilidad con el propietario durante la fase de construcción. Se recomienda su participación puesto que son los que están más enterados acerca de los criterios del diseño para cumplir con los requisitos de cada disciplina al igual que los del proyecto. Los aspectos técnicos de cada disciplina son responsabilidad de sus directores.

Las obligaciones de cada director durante la construcción, incluyendo otras categorías así como su propia disciplina, son:

- Coordinarse con los otros directores.
- Controlar el presupuesto.
- Revisar reportes requeridos en los documentos del contrato.
- Evaluar modificaciones y cambios.
- Visitar la construcción.
- Documentar revisiones, visitas, etc.
- Elaborar los reportes y revisiones finales.

También es responsabilidad del director de disciplina revisar los reportes de los diseños para que sean apeguen a los documentos de construcción.

## **8**

### **CONTROL DE CALIDAD**

#### **8.1 CONTROL DE CALIDAD RELACIONADO CON EL DISEÑO**

Los procedimientos relacionados con la calidad son las revisiones y aprobaciones. Si es un proyecto grande o complejo se puede justificar el uso de un programa o manual de control, su objetivo es lograr la calidad más que llenar hojas con procedimientos y manuales.

#### **8.2 COMPROMISO CON LOS CODIGOS Y ESTÁNDARES**

Estos códigos y estándares son desarrollados por entidades gubernamentales, industria o asociaciones técnicas para proteger la salud y bienestar público. Las reglas son generalmente emitidas por un cuerpo gubernamental para aclarar y apoyar estos códigos. Una clara identificación de éstos, prevendrá rehacer la planeación y ahorrar grandes cantidades de tiempo y dinero.

Ya que todos los códigos y estándares se refieren a aspectos particulares del diseño y la construcción, el arquitecto puede esperar encontrar muchos códigos aplicables al proyecto, incluso algunos relacionados con la ingeniería civil, eléctrica, mecánica y estructural.

Aplicar estos códigos al proyecto no es fácil, sobre todo si se trata de un proyecto en un área geográfica que no es familiar. Los códigos locales y regionales son comunes y a veces se modifican a nivel nacional, por lo tanto, a veces un modelo nacional no satisface los requisitos de la autoridades locales. Los arquitectos logran tener los permisos y aprobaciones al obtener las últimas versiones de los códigos y anticipar si habrá nuevas proposiciones que puedan afectar al proyecto mientras se diseña o construye.

Revisar los códigos y estándares durante la fase de diseño desarrollará un sentimiento de confianza en los miembros del equipo.

## **9**

### **PRECONTRATOS DE LA PLANEACION PARA LA CONSTRUCCIÓN**

#### **INTRODUCCION**

Aquí tratamos el proceso de planeación del propietario de las actividades en el sitio de la construcción. La clave está en la planeación para la construcción, no en la planeación para las operaciones de la construcción. Esta actividad se realizará durante todas las fases del proyecto antes del contrato de construcción y estará relacionada con las actividades antes mencionadas como los estudios alternativos, formación del proyecto de equipo, diseño y la preparación de los documentos de contrato.

El análisis y la planeación llevarán al propietario a preferir arreglos contractuales con los arquitectos y constructores que incluirán la consideración de los recursos disponibles para la construcción, requisitos reglamentarios, selección del lugar y desarrollo de los problemas. La habilidad del propietario para lograr este proceso es de vital importancia para el éxito del proyecto.

#### **9.1 HABILIDADES DEL PROPIETARIO**

En proyectos simples, el propietario puede, como individuo, diseñar el plan, desarrollar el diseño y construir el proyecto. A medida que los proyectos crecen existe la necesidad de buscar ayuda para cada fase. Esta ayuda se puede obtener al emplear gente experimentada. Una forma práctica, es ir contratando al arquitecto, consultores y constructora conforme se desarrolla el proyecto. Ellos ayudarán al propietario a hacer las investigaciones y tomar decisiones en la planeación. El propietario tiene la responsabilidad de buscar consejos suplementarios necesarios para tomar decisiones en la planeación y en asuntos financieros, reglamentarios y legales.

## **10**

### **PROCEDIMIENTOS PARA LA SELECCION DE CONSTRUCTOR**

#### **INTRODUCCION**

La selección de un constructor calificado que ejecute el proyecto de una manera satisfactoria a un costo competitivo es una decisión del propietario que influirá significativamente en la calidad del

proyecto construido. En esta fase el propietario formulará procedimientos de selección y determinará la habilidad de la constructora para producir los resultados esperados. En algunos casos se tomarán criterios previos de la capacidad de los constructores y el propietario estará asistido por el arquitecto, consejero legal y otros consultores.

Muchas organizaciones profesionales, asociaciones industriales y agencias locales, estatales y federales presentan documentos con los procedimientos de cotizaciones competitivas. Dichos procedimientos, recomendaciones, leyes y reglamentos están muy bien estructurados con las cotizaciones del trabajo público. Las constructoras son motivadas por los proyectos de cotización (públicos y privados) si los reglamentos son justos, claros, establecidos y cumplidos,

## 11

### CONTRATO DE CONSTRUCCIÓN

#### INTRODUCCION

Los documentos de contratación para la construcción definen el acuerdo que se hace entre el propietario y la constructora para realizar el proyecto, Este acuerdo es de las dos partes que no incluye al arquitecto. Aunque el arquitecto actúa bajo el contrato que tiene con el propietario se le puede autorizar para que realice ciertas actividades del propietario que aparecen bajo el contrato de construcción.

Al realizar este documento debe tenerse cuidado al expresar exactamente los que las dos partes desean, de una forma clara, en un lenguaje conciso, que defina claramente las responsabilidades y objetivos de cada uno sin extenderse o tocar ciertos puntos.

## 12

### PLANEACION Y ADMINISTRACION DE LAS ACTIVIDADES DE

#### LA CONSTRUCCION

#### INTRODUCCION

Existen muchas maneras de planear y administrar las actividades del proyecto. El equipo tradicional, propietario, arquitecto y constructora, pueden variar sus actividades dependiendo de la opinión que se tome.

El primer acuerdo que decidirá las actividades de acuerdo con el estatus y reglamentaciones es el del propietario - arquitecto. Los elementos esenciales en la planeación y administración incluyen la buena comunicación a través de reportes de planeación, juntas para los programas, procesos para los dibujos de taller y la revisión de los requisitos de pago. Los factores de la administración del proyecto incluyen formular y actualizar los planes y programas de la construcción, estimaciones y el programa del control de calidad.

# 13

## PROCEDIMIENTOS DEL CONTRATO DE ADMINISTRACION PARA LA CONSTRUCCION

### INTRODUCCION

Estos contratos definen la relación entre el propietario y el constructor y definen el desarrollo de cada uno durante la fase de construcción. El representante del propietario es responsable de administrar este contrato instituyendo procesos, monitoreo del avance y mantiene un récord del desarrollo del constructor bajo los términos del contrato. El representante es responsable también de realizar algunas actividades del propietario como:

- Mantener el compromiso de calidad
- Realizar pagos puntuales a la constructora
- Revisar y comentar puntualmente los contratos.
- Tomar decisiones prontas que surjan de condiciones no previstas
- Coordinar las actividades de los contratistas independientes
- Planear, revisar y monitorear la comunicación del proyecto, incluyendo informes de avance, de registro y de los sistemas de información.

La administración del contrato de construcción comienza desde las primeras etapas y continua hasta el término del proyecto.

# 14

## INICIO, OPERACION Y MANTENIMIENTO

### INTRODUCCION

Las características operacionales y el mantenimiento de los requisitos del proyecto antes de que haya finalizado determinarán su éxito. Los factores de operación y mantenimiento influyen en la continuidad del servicio, durabilidad, salud y seguridad pública, impacto ambiental y otros factores del proyecto terminado. Se recomienda su consideración.

El propietario es responsable de estos factores cuando la instalación se haya terminado. Se recomienda implementar la calidad en la operación y las actividades de mantenimiento por parte de operadores con experiencia. En este punto, el propietario puede asignar a un representante de estos factores que aconseje y asista al arquitecto y la constructora en la planeación, diseño y construcción de la instalación. Su actividad en la planeación y diseño serán las de revisar las actividades en esta fase, en la de construcción, su actividad consiste en la observación e inspección y en la fase del arranque verificará, comprobará y aceptará propuestas y en la fase de operación su actividad será operar y mantener la construcción.

## PLANEACION Y CRITERIO AMBIENTAL

Los grandes edificios de ahora se está dispersando más allá del centro hacia los suburbios y ciudades pequeñas. Se están volviendo más variados, o quizás más interesantes en su diseño arquitectónico. En particular, los elevados edificios de oficinas se han vuelto el símbolo no solo de la última expresión de la tecnología basada en la gravedad y del modus operandi de los negocios modernos sino también un incremento de tráfico, altos costos y miles de impactos ambientales indeseables.

A pesar de la gran proliferación de edificios altos en ciudades de los Estados Unidos también se crean casas pequeñas. Uno podría esperar ver construidos mas edificios residenciales altos, basados en un programa de usos múltiples que corresponderían a un cambio en el tamaño de las familias y su estilo de vida, en el impacto de las demandas de conservación y consideraciones de los costos de construcción.

Por lo tanto el Consejo reconoce la necesidad de hacer una investigación de los modelos de casas de múltiples pisos. La evidencia de hoy en día es devastadoramente negativa y sugiere que las construcciones altas no son recomendables o por lo menos deben ser limitadas, en la construcción de residencias. Para que los edificios altos tengan éxito como residenciales, se necesita un balance mejor entre varios factores del diseño. El factor más fundamental es el patrón de uso y comportamiento de los usuarios y el proceso con el cual se diseña y produce. Mediante este proceso un vecindario o una comunidad podrían reflejar el carácter de sus habitantes.

Como respuesta al impacto de los edificios altos, sus servicios y la creciente demanda en la construcción, el gobierno local ha adoptado políticas de desarrollo de usos múltiples. Las actividades comerciales ocupan los niveles mas bajos con oficinas arriba.

Una de las causas que probablemente han llevado a que los edificios altos se dispersen y vayan hacia las ciudades más pequeñas es la falta de construcciones convenientes y habitables, claro que hay muchos otros factores que afectan la localización de estos edificios como el clima, preferencias del propietario, calidad de vida, ambiente político, etc.

En general, la actual generación de edificios altos tiene las mas interesantes estructuras y esto resulta por varias condiciones. La primera es que se encuentran localizados en lugares donde el tipo de construcción es visto como símbolo de éxito en la sociedad mercantil o porque no hay un tipo de arquitectura tradicional. En segunda, porque la arquitectura tiende a aceptar las nuevas tendencias de la arquitectura moderna o porque las rechaza totalmente y quiere establecer una nueva tendencia por ejemplo "El movimiento Postmoderno". En tercer lugar, el énfasis de una variedad visual de los edificios multiusos que reflejen sus alrededores. Y por último, se presta mas atención al ahorro de energía que le podrá dar una forma mas particular. Uno podría atribuir también a la arquitectura interesante el hecho de que se cuentan con mas avances tecnológicos y mejore métodos analíticos.

Si los edificios son una verdadera solución a los problemas urbanos se debería enfocar mas hacia los conceptos de diseños relevantes que respondan a la variedad de necesidades y unir habilidades técnicas y estéticas para producir edificios individuales e integrarlos al modelo social y estético que satisficiera las necesidades de sus habitantes.

## 16

### SISTEMAS Y CONCEPTOS

Las ciudades del mundo están creciendo a un ritmo acelerado, los edificios altos aparecen en cada esquina. Los genios que puedan pensar nuevas ideas, conceptos, etc. son pocos, pero si se tiene una idea, un método de construcción, otra opinión de lo que ya se haya hecho, mucha gente retomaría esa idea, la construiría, moldearía y se darían nuevos métodos e innovaciones en el arte de construir.

Para continuar con el progreso es necesario que cada arquitecto, ingeniero, constructor, esté actualizado con el arte y con sus cambios. Sin embargo, la dispersión de ideas no es asunto fácil. Estas no llegan, tiene uno que ir buscarlas. Esto es mirar cada edificio, leer periódicos, preguntar a profesionales, asistir a seminarios, viajar e intercambiar ideas con compañeros especialmente si son extranjeros.

Los sistemas estructurales combinan los métodos de las fuerzas horizontales, verticales y dinámicas a través de la estructura, formas y núcleo o la combinación de estos elementos. Los primeros edificios altos de una ciudad son construidos a veces por el sistema estructural, pero la creación arquitectónica requiere de variaciones. De ahí que, los estructuristas tengan que usar su ingenio para combinar uno o todos los elementos de la estructura de una manera integral.

Las primeras construcciones modernas usaron revestimiento de acero inoxidable, actualmente con la integración de los edificios altos con sus estructuras y servicios, el revestimiento se ha reducido del 100% hasta el 10 ó 15% en estos edificios, aunque el revestimiento no ha perdido su importancia, por el contrario, es sometido a un gran esfuerzo, grandes cambios climáticos, a procedimientos mas complicados, códigos de incendio y una gran necesidad de mantener su lustre y apariencia.

También la construcción de los cimientos está influida por los momentos verticales y horizontales y por las condiciones del lugar. Son mas un problema de matemáticas y mecánica que de estética porque están cubiertos, fuera de la vista y no están influidos por los asuntos comerciales o artísticos. Sin embargo, siempre será bienvenido cualquier método de construcción innovador, lograr la reducción de costos y evitar problemas.

## 17

### DISEÑO ESTRUCTURAL DE EDIFICIOS ALTOS DE ACERO

Es interesante predecir el curso de los eventos y después de un tiempo comparar las predicciones con los eventos reales. Se predijo que el futuro se vería un incremento en el uso de acero en los edificios altos, un incremento del acero y concreto en la construcción, el uso de métodos mas analíticos y precisos, mejorados para resistirla fuerza sísmica, etc.

## **INNOVADOR USO DEL ACERO**

Ningún cambio tan dramático en el uso del acero se había dado hasta que aparecieron las riostas diagonales y los sistemas tubulares en 1950 y 1960. Pero las innovaciones continúan, como el reporte de Popov acerca de los refinamientos en el diseño de las riostas excéntrica para mejorar la absorción de la energía en las estructuras resistentes a los sismos.

# **18**

## **FILOSOFÍA DE LOS EDIFICIOS ALTOS**

1. GÉNESIS DE EDIFICIOS ALTOS
  - 1.1. Factores que generan un desarrollo en los edificios altos
  - 1.2. Evolución de las formas de los edificios
  - 1.3. Identidad de los edificios altos
  - 1.4. Alternativas para los altos costos
2. HISTORIA DE LOS EDIFICIOS ALTOS
3. EFECTOS SOCIALES DEL AMBIENTE
4. INFLUENCIAS SOCIO-POLITICAS
5. ECONOMÍA
  - 5.1. Historia de los edificios altos
  - 5.2. Análisis económico de los edificios altos
  - 5.3. Costo directo de los edificios altos
  - 5.4. Costos sociales y beneficios
6. ARQUITECTURA
  - 6.1. Acercamientos filosóficos al proceso de diseño arquitectónico
  - 6.2. Acercamientos técnicos al proceso de diseño arquitectónico
  - 6.3. Influencias del cliente primario en el proceso de diseño
  - 6.4. Desarrollador
  - 6.5. Agencias gubernamentales e institucionales
  - 6.6. Corporación
  - 6.7. Estética
7. INTERFERENCIA Y EFECTOS AMBIENTALES
8. PLANEACION URBANA Y DISEÑO
9. TRANSPORTACION EXTERNA
10. ESTACIONAMIENTO
11. OPERACION, MANTENIMIENTO Y PROPIEDAD
12. CONSERVACION DE LA ENERGÍA
13. PERCEPCION DEL MOVIMIENTO Y TOLERANCIA
14. ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO

## 1. SISTEMAS ESTRUCTURALES

### INTRODUCCIÓN

Por lo general, un sistema de estructuras de un edificio es un ensamble complejo tridimensional de varias combinaciones con elementos estructurales interconectados. Pueden ser piezas discretas o ensambles continuos.

La función primordial de estos sistemas es repartir efectiva y seguramente las cargas que actúan en el edificio y llevarlas hasta la cimentación. Por lo tanto un sistema estructural debe :

- repartir dinámica y estáticamente las cargas verticales
- repartir la carga horizontal de acuerdo con los vientos y sismos
- resistir el esfuerzo causado por la temperatura y los efectos de encogimiento
- resistir explosiones internas como externas o impactos de carga
- resistir y ayudar a amortiguar las vibraciones y los efectos de fatiga.

Además, el sistema estructural está sujeto a las siguientes consideraciones

- debe satisfacer los requisitos arquitectónicos y los del propietario o ambos
- debe interactuar y facilitar una solución apropiada a los sistemas de servicio tales como temperatura, ventilación, aire acondicionado, transporte vertical y horizontal y otros sistemas eléctricos y mecánicos
- facilitar la simple y fácil erección del edificio
- ser resistente al fuego
- permitir que la construcción, la cimentación y el suelo interactúen propiamente
- que sea económico

En el proceso de seleccionar un sistema estructural acorde para la construcción de un edificio alto se deben tomar en cuenta muchos factores y no hay un método simple, El equipo de diseño debe usar todos sus medios como la imaginación, ingenio, previa experiencia, etc. para dar la mejor solución a cada caso en particular.

En los diferentes tipos de sistemas estructurales ya sean de acero, concreto o sistemas compuestos, existen subsistemas o componentes en común y se pueden agrupar de la siguiente manera:

- sistemas de pisos
- sistemas de resistencia de carga vertical
- sistemas de resistencia de carga horizontal
- estructuras de ensamble
- sistemas de disipación de energía

En principio, de cualquier sistema estructural, los sistemas de resistencia de carga y componentes deben ser equitativamente activos e idealmente deberán trabajar juntos bajo todos los tipos y combinaciones de diseño de carga. En otras palabras, las partes del sistema estructural, que primordialmente resisten las cargas horizontales, deben ser capaces de contribuir a las resistencias verticales también.

El sistema estructural más eficiente es aquel que se las arregla para combinar todos los subsistemas estructurales en un sistema completamente integrado donde la mayoría de los elementos toman parte en la resistencia de cargas, Sin embargo, no se puede lograr en la práctica.

La interacción suelo estructura es uno de los puntos mas importantes para considerar en el diseño y en nuestro país existe una gran experiencia a través del instituto de ingeniería de la UNAM....

1. Sistemas de estructura que resisten la carga de gravedad
2. Sistemas de estructura que resisten carga horizontal
3. Sistemas de disipación de energía

## **2. SISTEMAS MECÁNICOS Y DE SERVICIO**

### **Temperatura, ventilación y aire acondicionado**

- 2.1. Determinaciones conceptuales
- 2.2. Determinación de la carga
- 2.3. Análisis de subsistemas
- 2.4. Limitaciones de espacio
- 2.5. Horas de operación
- 2.6. Requisitos especiales
- 2.7. Seguridad
- 2.8. Manejo del fuego
- 2.9. Consideraciones Hidrostáticas

## **3. SISTEMAS ELÉCTRICOS**

- 3.1. Criterios de diseño
- 3.2. Unifilar general
- 3.3. Carga por contratar con CFE ó LyF
- 3.4. Determinación de trayectorias
- 3.5. Diseño de la subestación
- 3.6. Localización de tableros y centros de control de motores
- 3.7. Determinación de lamparas y luminarias
- 3.8. Sistemas de protección de los equipos
- 3.9. Sistema de pararrayos
- 3.10. Luces de obstrucción

## **4. TRANSPORTACION HORIZONTAL Y VERTICAL**

- 4.1. Elevador para personas
- 4.2. Elevador para carga
- 4.3. Escaleras eléctricas
- 4.4. Puentes peatonales
- 4.5. Retos para el futuro

## **5. CIMENTACION**

### **INTRODUCCIÓN**

Debido a la altura, firmeza y localización urbana de los edificios altos, sus cimientos merecen una especial consideración. Las cargas de punta tienden a ser mas pesadas. La mayoría de los edificios altos cuentan con varios sótanos múltiples y profundos.

La cimentación puede afectar de muchas maneras las estructuras o instalaciones adjuntas y esto sucede cuando los suelos son suaves y débiles. Dichos efectos suceden durante la fase de construcción, como los movimientos del revestimiento de la excavación, el desplazamiento del suelo, el hincado de pilotes o pueden durar largos periodos de tiempo como el hundimiento de las estructuras cercanas debidas al peso del nuevo edificio.

Las cargas debidas al viento de los edificios altos, durante su construcción así como cuando entran en servicio, deben ser distribuidas y resistidas por el suelo del cimiento. Como estas estructuras son altas, se debe poner especial atención a la deformación que suele ocurrir por las cargas del viento y debe asegurarse un desarrollo compatible entre los elementos de la estructura y limitar la deformación. Esto ocurre generalmente en lugares donde el viento es un factor más importante que el sismo, en ciudades como Chicago y Singapur.

Las decisiones y el diseño en estas áreas debe basarse en un buen entendimiento de las condiciones de los cimientos. Debe incluirse un detallado estudio de la estratificación subterránea, las condiciones generales del lugar, así como la información mas completa posible de las estructuras de las instalaciones adjuntas que pudieran afectarse por la nueva construcción. Estas investigaciones deben realizarse por especialistas competentes y experimentados.

Para estos estudios se debe tomar el tiempo adecuado e iniciarlos lo antes posible para que los descubrimientos puedan guiar la planeación inicial. De ahí que debé surgir una cooperación mutua entre los estudios de mecánicas de suelos y diseños estructurales si se quiere economizar, en especial para las estructuras soportadas por el suelo. Existen algunas condiciones adversas para la cimentación que pueden limitar las profundidades de las excavaciones o propiciar procedimientos especiales para minimizar los riesgos.

La mecánica de suelos se encuentra con problemas únicos, muy diferentes a los de las otras ingenierias relacionadas con el diseño y la construcción de las estructuras. Las propiedades físicas del suelo o de la roca, que soportan la estructura, no pueden determinarse a menos que se especifiquen las características pertinentes mediante una investigación. Sin embargo, rara vez pueden considerarse todas las condiciones geológicas.

Además las propiedades del suelo pueden verse afectadas por los procedimientos de construcción y dichos efectos no son conocidos durante la fase de diseño a menos que se prevean estos efectos al introducir en el diseño los procedimientos de construcción.

Las investigaciones y estudios de las condiciones de la cimentación no debe terminar con la finalización de los diseños y especificaciones. Los estudios de la cimentación deben continuar durante todo el periodo de construcción para:

- verificar que las condiciones actuales de los cimientos sean como las previstas o que las modificaciones necesarias se hagan para enfrentar las condiciones reales.
- controlar los procedimientos de construcción para que las estructuras cercanas no se dañen ni que las propiedades del suelo se vean afectadas.
- asegurar la calidad y ejecución de la mano de obra para lograr las expectativas del diseño.

Las variaciones de los depósitos del suelo son tan impredecibles así como sus propiedades físicas que deben siempre anticiparse. La organización de la construcción y los conceptos del diseño siempre deben ser planeados, tomando en cuenta las condiciones inesperadas para poder reconocer las desviaciones.

## 20

### SISTEMAS DE CONSTRUCCION

#### INTRODUCCIÓN

La construcción de edificios altos necesita hacerse un espacio entre las atestadas áreas urbanas. Además se ha vuelto una función compleja. Se requiere la interacción entre los oficiales de gobierno y públicos, el contratista, el arquitecto, el ingeniero, etc. Para que sean económicamente viables y funcionalmente aceptables, además de introducir prácticas de construcción innovadoras.

La construcción de estos edificios presenta los siguientes siete sistemas:

- 1) Control de proceso de construcción
- 2) Seguridad
- 3) Cimientos
- 4) Construcción de acero
- 5) Construcción de concreto
- 6) Construcción combinada
- 7) Demolición

Cada sistema está subdividido en subelementos que deberán tomarse en cuenta en un detallado examen del sistema.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

**CURSOS INSTITUCIONALES**

**DIPLOMADO GERENCIA DE PROYECTOS  
ICA-DECFI, UNAM**

**Módulo II "Tecnología e Ingeniería Básica y de Detalle"  
27, 28 y 29 de mayo de 1999**

*"Geotécnia. Anexos."*

Ing. José Luis León Torres  
Palacio de Minería  
1999



CARRETERA : MEXICO - TUXPAN

TRAMO : STA. MARIA ASUNCION - NUEVO NECAXA

SUBTRAMO : DEL KM 104+000 AL KM 122+000

ORIGEN : ENTRONQUE ECATEPEC, EDO. DE MEX.

### OBSERVACIONES

- A) En todos los casos el cuerpo de terraplén, se compactará al 90% ó se bandeará según sea el caso; las capas de transición y subrasante se compactarán al 95% y 100% respectivamente; los grados de compactación indicados son con respecto a la Prueba Proctor ó Porter dependiendo de la granulometría del material, por lo que quedará a juicio del Laboratorio de Control aplicar la prueba correspondiente.
- B) En todos los casos, cuando no se indique otra cosa, el terreno natural, después de haberse efectuado el despalme correspondiente, el piso descubierto deberá compactarse al 90% de su PVSM en una profundidad mínima de 0.20 m; ó bandearse según sea el caso.
- C) Material que por sus características, no debe utilizarse ni en construcción del cuerpo de terraplén.
- D) Material que por sus características, solo puede utilizarse en la formación del cuerpo de terraplén, mismo que deberá compactarse al 90% de su PVSM ó bandearse según sea el caso.
- E) Material que por sus características, puede utilizarse en la formación del cuerpo de terraplén y capa de transición.
- F) Material que por sus características, puede utilizarse en la formación del cuerpo de terraplén, capa de transición y capa subrasante.
- G) En terraplenes formados con este material, se deberá construir capa de transición de 0.20 m de espesor , cuando la altura de estos sea menor de 0.80 m y cuando sea mayor, la transición será de 0.50 m; y en ambos casos se proyectará capa subrasante de 0.30 m de espesor.

- H) En terraplenes .construídos con este material, se deberá proyectar capa de transición de 0.20 m de espesor como mínimo y capa subrasante de 0.30 m compactadas al 95% y 100% respectivamente, las cuales se construirán con material de préstamo del banco más cercano.
- I) En cortes formados en este material, la cama de corte, se deberá compactar al 95% de su PVSM, en una profundidad mínima de 0.20 m y se deberá proyectar capa subrasante de 0.30 m de espesor, compactándola al 100%, con material procedente del banco más cercano.
- J) En este tramo se deberá proyectar en cortes y terraplenes bajos, capa de transición de 0.50 m de espesor, como mínimo y capa subrasante de 0.30m; en caso de ser necesario se deberán abrir cajas de profundidad suficiente para alojar las capas citadas: ambas capas se proyectarán con préstamo del banco más cercano.
- K) En cortes, se deberán escarificar los 0.15 m superiores y acamellonar; la superficie descubierta, se deberá compactar al 100% de su PVSM en un espesor mínimo de 0.15 m con lo que quedará formada la primera capa subrasante, con el material acamellonado se construirá la segunda capa subrasante, misma que deberá compactarse también al 100% de su PVSM.
- L) En cortes formados en este material, se proyectará únicamente capa subrasante de 0.30 m de espesor mínimo, compactándola al 100%, se construirá con material de préstamo del banco más cercano.
- M) En cortes formados en este material, se escarificarán los primeros 0.30 m a partir del nivel superior de subrasante, se acamellonará el material producto del escarificado y se compactará la superficie descubierta al 95%, hasta una profundidad de 0.20 m. Posteriormente, con el material acamellonado se formará la capa subrasante de 0.30 m de espesor.
- N) En el caso de cortes y terraplenes construidos en este material, se deberá proyectar capa de transición y capa subrasante de 0.20 y 0.30 m respectivamente, compactando al 95 y 100%; ambas capas se construirán con material de préstamo del banco más cercano.

9. DEBE EVITARSE QUE LA BOQUILLA DE AGUAS ABAJO DE LAS ALCANTARILLAS, DESCARGUE SUS AGUAS SOBRE EL TALUD DEL TERRAPLÉN CONSTRUÍDO; EN ESTOS CASOS LA OBRA DE DRENAJE SE PROLONGARÁ CON LAVADERO HASTA CEROS DEL TERRAPLÉN.
10. CUALQUIER AMPLIACIÓN DE CORTE POR REQUERIMIENTO DE MATERIAL, DEBE HACERSE A PARTIR DEL TALUD EXTERNO DE LA CUENETA, Ó BIEN FORMANDO UNA BANQUETA, LA CUAL QUEDARÁ DEBIDAMENTE DRENADA Y DE PREFERENCIA AGUAS ABAJO.
11. LOS TALUDES DE PROYECTO QUE DEBERÁN CONSIDERARSE PARA TERRAPLENES SON LOS SIGUIENTES :

<u>ALTURAS</u>	<u>INCLINACION</u>
ENTRE 0.00 Y 0.80 M	3:1
ENTRE 0.80 Y 2.00 M	2:1
MAYORES DE 2.00 M	<del>5:1</del> 1.7:1

12. EL MATERIAL QUE FORMA LA CAPA SUBRASANTE, NO DEBERÁ CONTENER PARTÍCULAS MAYORES DE 75 MM (3"). CUANDO ÉSTAS EXISTAN DEBERÁN ELIMINARSE MEDIANTE PAPEO.
13. AL MATERIAL GRUESO NO COMPACTABLE, SE LE DARÁ UN TRATAMIENTO DE BANDEADO PARA AUMENTAR SU ACOMODO; ESTE MATERIAL SOLO SERVIRÁ PARA FORMAR EL CUERPO DEL TERRAPLÉN, CONSTRUYÉNDOSE POR CAPAS SENSIBLEMENTE HORIZONTALES, CON ESPESOR APROXIMADAMENTE IGUAL A LA DE LOS FRAGMENTOS, Y SE DARÁ COMO MÍNIMO TRES PASADAS A CADA PUNTO DE SU SUPERFICIE CON TRACTOR D-8 Ó SIMILAR.





**DA1 GENERALES DEL BANCO**

Denominación \_\_\_\_\_

Ubicación \_\_\_\_\_

Capacidad del Banco en m<sup>3</sup> \_\_\_\_\_

Vol. de material aprov. estudiado m<sup>3</sup>: \_\_\_\_\_

Empleo del material. \_\_\_\_\_

Tratamiento \_\_\_\_\_

Tamaño maximo de las particulas. \_\_\_\_\_

% de partículas > 2" \_\_\_\_\_

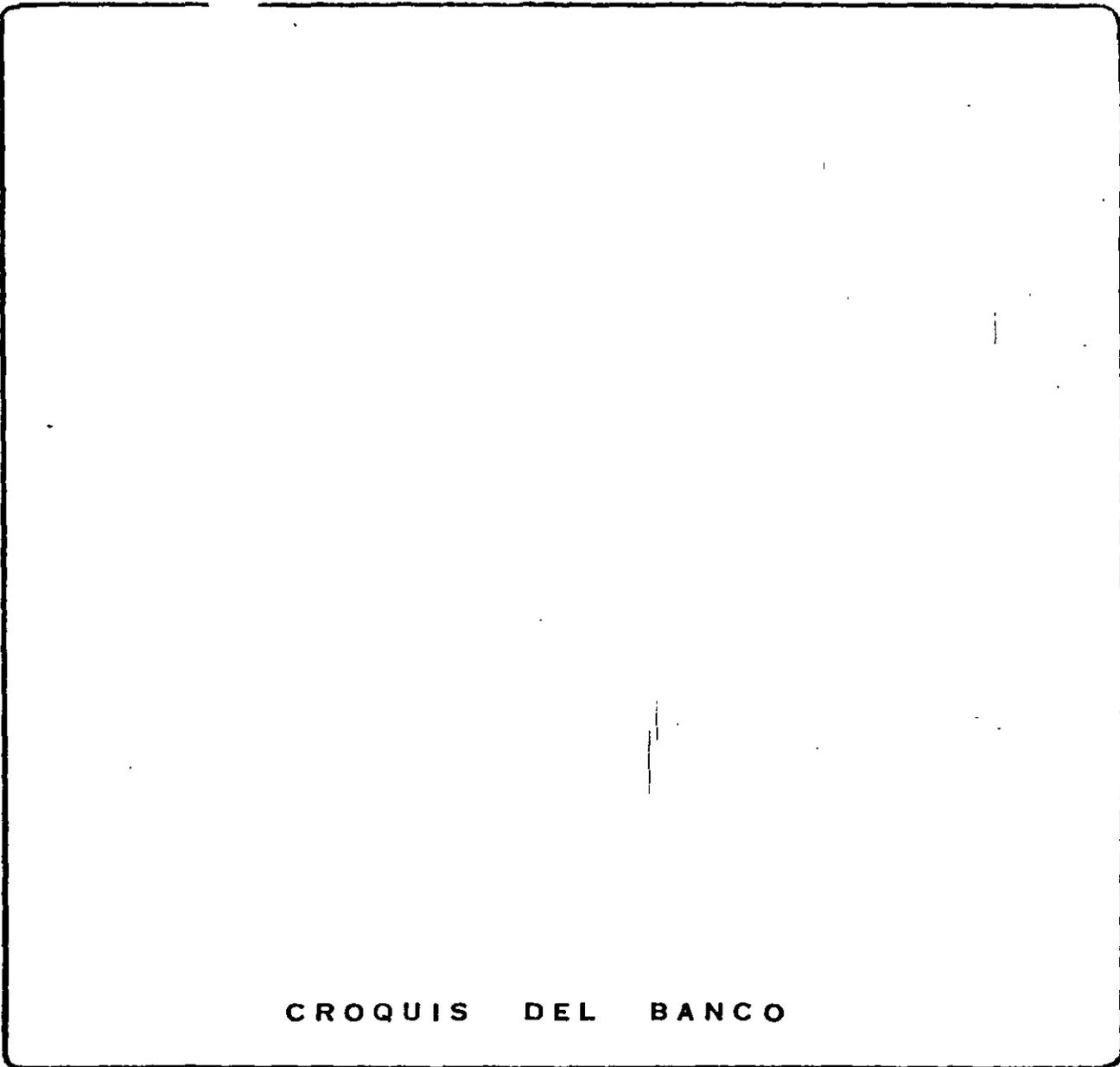
" " " > 1½" \_\_\_\_\_

" " " > ¾" \_\_\_\_\_

Observaciones \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

PERFIL		ESTRATIGRAFICO	
ESTRATO		CLASIFICACION	
No.	ESPESOR m.	GEOLOGICA	PRESUPUESTO



**CROQUIS DEL BANCO**

CARRETERA \_\_\_\_\_ TRAMO: \_\_\_\_\_

SUBTRAMO \_\_\_\_\_ ORIGEN: \_\_\_\_\_

**S. C. T. D.G.C.F.**  
**DEPARTAMENTO DE PROYECTOS**  
**OFICINA DE GEOTECNIA**  
**BANCOS DE MATERIALES**



100

200

300

400

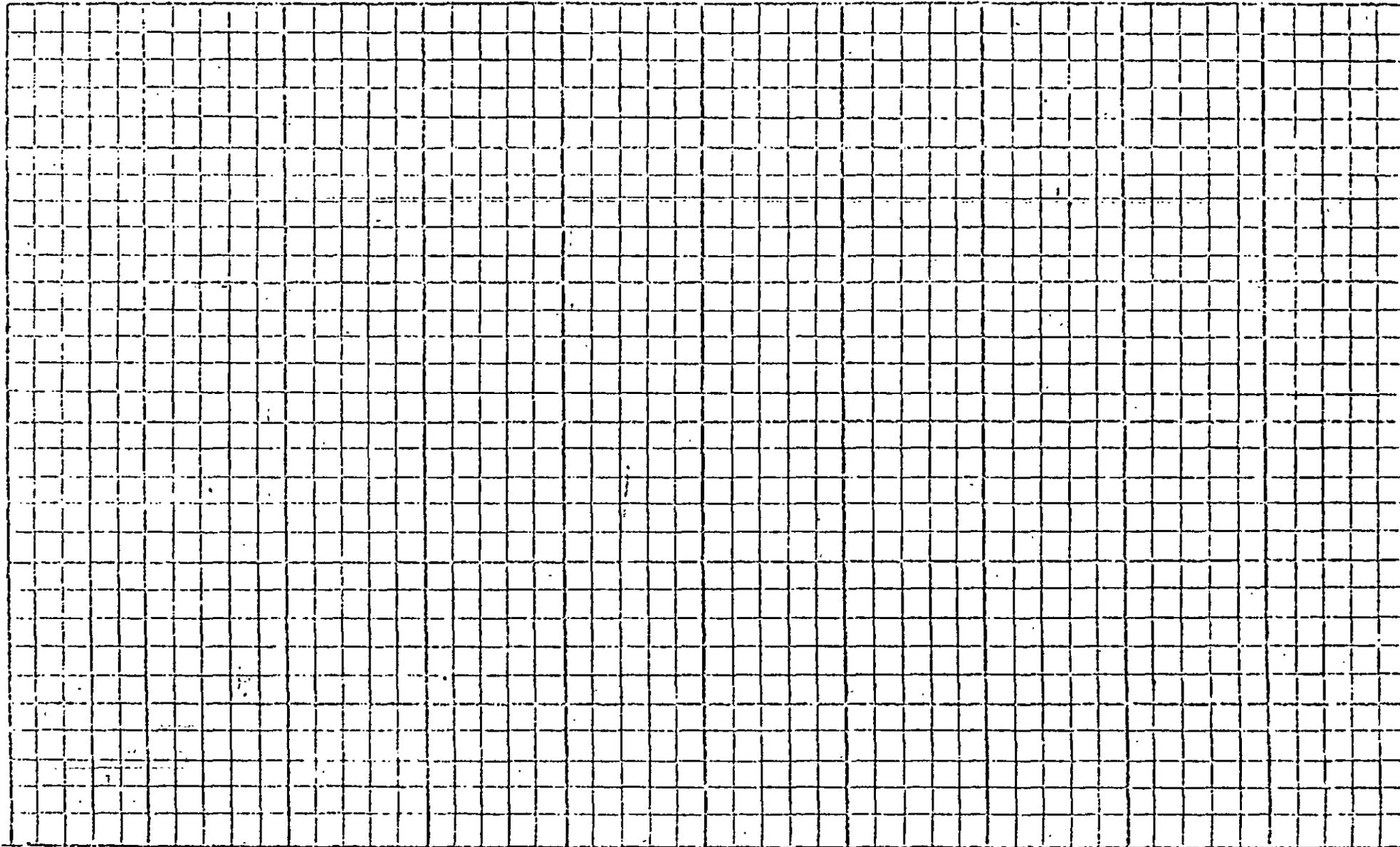
500

600

700

800

900



CARRETERA: \_\_\_\_\_ TRAMO: \_\_\_\_\_

SUB-TRAMO: \_\_\_\_\_ ORIGEN: \_\_\_\_\_

S.O.P. D.G.C.F.  
DEPARTAMENTO DE PROYECTOS  
OFICINA DE GEOTECNIA  
CROCIS DEL PERFIL



# SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

DEPARTAMENTO DE PROYECTOS

OFICINA DE GEOTECNIA

## CLASIFICACION DE CAMPO DE FRAGMENTOS DE ROCA Y SUELOS

CARRETERA TRAMO: _____ SUBTRAMO ORIGEN: _____ MUESTRA: _____ SONDEO: _____ PROFUNDIDAD: _____	FECHA: _____ LABORATORISTA: _____ FRAGMENTOS Vs: _____ % VOLUMEN SUELO Vs: _____ % VOLUMEN
--	---

### FRAGMENTOS DE ROCA

CARACTERISTICAS	T A M A Ñ O S		
	DE 0.75 A 2m.	DE 20 A 75 cm.	DE 7.5 A 20 cm.
PORCENTAJE ( EN VOLUMEN )			
FORMA ( EQUIDIMENSIONAL, LAJEADA, ASCICULAR )			
ARISTAS ( REDONDEADAS, SUBREDONDEADAS, SUBANGULOSAS, ANGULOSAS )			
TEXTURA ( LISA, RUGOSA, MUY RUGOSA )			
DENSIDAD ESTIMADA ( MATERIAL LIGERO O PESADO )			
GRADO DE ALTERACION ( MATERIAL SANO, ALTERADO, O MUY ALTERADO )			

CLASIFICACION PETROGRAFICA APROXIMADA: \_\_\_\_\_

CLASIFICACION DE LOS FRAGMENTOS: \_\_\_\_\_

### S U E L O S

GRAVA % EN PESO: _____	DILATANCIA: _____
ARENA % EN PESO: _____	TENACIDAD _____
FINOS % EN PESO: _____	RESISTENCIA EN ESTADO SECO: _____
CLASIFICACION DE FINOS _____	
CLASIFICACION DEL SUELO: _____	

CLASIFICACION DEL MATERIAL: \_\_\_\_\_

PRUEBA		UBICACION									
Muestra											
Número											
TAMAÑO DE LAS PARTICULAS											
% de partículas mayores de 3"											
% que pasa la malla 4											
" " " " " 40											
" " " " " 200											
Límite Líquido											
Límite Plástico											
Índice Plástico											
Contracción Lineal											
Equivalente de arena											
Peso Volumétrico seco máximo Porter											
Humedad Óptima Porter											
Valor Relativo soporte estándar											
% de expansión											
Peso Volumétrico seco suelto											
Peso Volumétrico seco máximo Proctor											
Humedad Óptima Proctor											
V. R. S.		90%									
Modificado		95%									
		100%									
% de compactación											
Humedad Natural											
Espesor Requerido											
Observaciones											

CARRETERA: \_\_\_\_\_ TRAMO: \_\_\_\_\_  
SUB-TRAMO: \_\_\_\_\_ ORIGEN: \_\_\_\_\_

S. C. T. D. G. C. F.  
DEPARTAMENTO DE PROYECTOS  
OFICINA DE GEOTECNIA  
CARACTERISTICAS DE MATERIAL  
PARA SUB-RASANTE