

1



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
"ACATLÁN"

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS
DE EDIFICACIÓN EVALUANDO ESTRUCTURAS
DE CONCRETO CON ESTRUCTURAS DE ACERO



289326

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
LICENCIADO EN INGENIERÍA CIVIL

PRESENTA :
CARLOS AGUIRRE ROSAS

ASESOR: SERGIO E. ZERECERO GALICIA



FEBRERO DE 2001



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE EDIFICACIÓN EVALUANDO ESTRUCTURAS DE CONCRETO CON ESTRUCTURAS DE ACERO

INTRODUCCIÓN	Página
1. EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DEL PROYECTO	1
1.1. Consideraciones generales	1
1.1.1. Partes generales de la evaluación de proyectos	1
1.1.2. La forma de decisiones asociadas a un proyecto	3
1.1.3. Alcance del estudio de proyectos	4
1.2. Proceso de preparación y evaluación de proyectos	7
1.2.1. Estudio de mercado	7
1.2.2. Estudio técnico	10
1.2.3. Estudio económico	13
1.2.4. Estudio de financiamiento	16
1.2.5. Estudio legal	17
1.3. Estimación de los costos	19
1.3.1. Estimación durante la planeación	22
1.3.2. Estimación preliminar de ingeniería	23
1.3.3. Estimación detallada de ingeniería	24
1.3.4. Estimación en la fase de construcción	25
1.4. Costo del ciclo de vida	26
1.4.1. Costo del ciclo de vida en diseño	28
1.4.2. Costo del ciclo de vida en construcción	30
1.4.3. Costo del ciclo de vida en mantenimiento, operación y reposición	31
1.5. Evaluación económica	33
1.5.1. Valor del dinero a través del tiempo	34
1.5.2. Tasas de interés	34
1.5.3. Índice de rentabilidad	35
1.5.4. Tasa interna de retorno	36
1.5.5. Costo - beneficio	40
2. PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN	41
2.1. Identificación de necesidades y estudios preliminares	41
2.1.1. Necesidades del servicio	41
2.1.2. Establecimiento del equipo de trabajo y alianzas entre empresas	42
2.1.3. Estudios preliminares	44
2.2. Programa de ejecución	47
2.2.1. Planeación de la red de actividades mediante el método de la ruta crítica	48
2.2.2. Elaboración de programa de obra (diagrama de Gantt)	52
2.2.3. Análisis entre estructuras de acero y de concreto	53
2.3. Estructura de la organización	57
2.3.1. Organización de proyecto	57
2.3.2. Organización de la obra	64
2.4. Asignación y evaluación de recursos	69

2.4.1. Método para la asignación de recursos	69
2.4.2. Método para la evaluación de recursos	70
2.4.3. Factores de costos para la integración de la cotización	70
2.4.4. Integración de tiempo y costo	75
2.5. Planeación financiera del proyecto	76
2.5.1. Financiamiento del proyecto	76
2.5.2. Programa financiero	77
2.6. Control de tiempos y costos	84
2.6.1. Contabilidad financiera y contabilidad de costos	84
2.6.2. Presupuesto de control y flujo de efectivo	86
2.6.3. Análisis de variaciones y tendencias de los costos	88
3. DISEÑO DEL PROYECTO	93
3.1. Clasificación de las estructuras de acuerdo al Reglamento de Construcción del D.F. 1997 (RCDF)	93
3.2. El acero y el concreto como elementos estructurales	95
3.2.1. Estructuras de acero	95
3.2.1.1. Resistencia del acero estructural	95
3.2.1.2. Principios básicos de diseño	97
3.2.1.3. Métodos de fabricación	100
3.2.1.4. Elementos prefabricados	102
3.2.1.5. Sistemas de piso	102
3.2.2. Estructuras de concreto	106
3.2.2.1. Resistencia del concreto estructural	106
3.2.2.2. Principios básicos de diseño	109
3.2.2.3. Métodos de fabricación	109
3.2.2.4. Elementos prefabricados	111
3.2.2.5. Sistemas de piso	112
3.3. Ventajas y desventajas del acero y del concreto como elementos estructurales	115
3.3.1. Trabajabilidad	115
3.3.2. Altura de construcción del edificio	116
3.3.3. Peso de la estructura	118
3.3.4. Seguridad estructural	118
3.3.5. Requisitos de servicio y mantenimiento	120
3.3.6. Relación tiempo - costo de construcción	122
3.3.7. Facilidad de instalación	123
3.3.8. Equipo de construcción utilizado	124
3.3.9. Funcionalidad	125
3.4. Documentos contractuales	125
3.4.1. Preparación de documentos	125
3.4.2. Especificaciones generales	126
3.4.3. Contratos	126
3.4.4. Extensión o alcance del trabajo	128
3.4.5. Dibujos y planos de taller	128
3.4.6. Proveedores	129
3.5. Selección del equipo de construcción (factores)	132
3.5.1. Trabajo u operación específica	133

3.5.2. Requisitos de la especificación	133
3.5.3. Tiempo programado para la realización del trabajo	133
3.5.4. Movilidad que requiere el equipo	134
3.5.5. Identificación funcional del equipo	134
3.5.6. Identificación del equipo de trabajo	135
3.5.7. Calidad de la construcción	136
3.6. Equipo para el acero	136
3.6.1. Equipo para trabajos de montaje	136
3.6.2. Capacidad de carga del equipo	138
3.6.3. Rendimiento y costos	141
3.7. Equipo para el concreto	143
3.7.1. Equipo para el manejo del concreto	143
3.7.2. Equipo para el procesado y mezclado	145
3.7.3. Equipo para transporte	147
3.7.4. Equipo de bombeo	150
3.7.5. Costos de operación	152
4. DESARROLLO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO	155
4.1. Organización de obra	155
4.1.1. Organograma de obra para estructuras de concreto y de acero	156
4.1.2. Manual de organización	159
4.1.3. Integración de equipo interno	162
4.2. Instalación de la residencia	163
4.2.1. Obras de seguridad y confinamiento para obras de acero y concreto	164
4.2.2. Obras provisionales	165
4.2.3. Suministro de servicios provisionales	167
4.2.4. Gestoría de autorizaciones	168
4.2.5. Señalización de obra	170
4.2.6. Laboratorio de control de calidad	170
4.3. Integración de documentación de obra	171
4.3.1. Documentación técnica	172
4.3.2. Documentación del presupuesto de obras	172
4.3.3. Documentación de programas	173
4.3.4. Documentación de control de calidad	174
4.4. Inicio de Obras	174
4.4.1. Contratos por mano de obra y destajos	175
4.4.2. Subcontratos	177
4.4.3. Apertura de bitácora y registros de obras	178
4.4.4. Referencias para trazo y nivelación	181
4.4.5. Integración de equipo interno de trabajo	182
4.5. Ejecución de Obra	183
4.5.1. Juntas de coordinación	183
4.5.2. Controles de obras	184
4.5.3. Seguimiento de actividades críticas	215
4.5.4. Registros fotográficos	216
4.5.5. Flujo de recursos	217

4.6. Entrega - recepción del proyecto	222
4.6.1. Recepciones parciales	223
4.6.2. Intervención de autoridades municipales	225
4.6.3. Recepción final de obra	225
5. CONTROL DE CALIDAD EN LA OBRA	228
5.1. Administración	229
5.1.1. Planeación	230
5.1.2. Organización	234
5.1.3. Recursos humano	236
5.1.4. Control	237
5.2. Control de aspectos legales	243
5.3. Control de diseño	248
5.3.1. Análisis técnico de mercado	249
5.3.2. Análisis técnico de diseño (proyecto)	249
5.4. Control de adquisiciones	251
5.4.1. Compras	252
5.4.2. Especificaciones de los productos	252
5.4.3. Evaluación y selección de los productos	254
5.4.4. Evaluación y selección de proveedores	254
5.4.5. Subcontrataciones	255
5.4.6. Programa de suministros	255
5.4.7. Manejo, almacenamiento y preservación	256
5.4.8. Control de suministros	256
5.4.9. Entrega	257
5.5. Control de productos	257
5.5.1. Identificación y rastreabilidad del producto	258
5.5.2. Inspección y pruebas	258
5.5.3. Estado de inspección y pruebas	260
5.5.4. Control de producto no conforme	260
5.6. Control de procesos	261
5.6.1. Constructivos	262
5.6.2. Manejo de equipo	264
5.6.3. Control de recursos	264
5.6.4. Control del equipo de inspección, medición y pruebas	265
5.6.5. Control de registros de calidad	266
5.6.6. Técnicas estadísticas	267
5.6.7. Acciones correctivas y preventivas	268
5.7. Control de documentos y datos	269
5.8. Capacitación y entrenamiento	270
5.9. Seguridad e higiene	270

CONCLUSIONES

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

BIBLIOGRAFÍA

INTRODUCCIÓN

En años pasados las grandes obras de infraestructura y edificación que se realizaban en nuestro país, dependían en su mayoría de los programas de inversión en obras de los Gobiernos Federal y Estatales, las compañías constructoras en muchos casos las ejecutaban dando poca importancia a los riesgos que implicaba el que tales obras fueran rentables o sólo cubrían propósitos de carácter social o político. Esta situación ha cambiado; los nuevos esquemas han permitido que los grandes capitales nacionales o extranjeros realicen con recursos propios obras de gran magnitud y que en ocasiones son entregadas a las instituciones gubernamentales para su operación, permitiendo que las inversiones se amorticen con esquemas financieros de tipo arrendamiento a largo plazo, por lo que las obras, por definición, deben ser rentables.

En la actualidad un proyecto de inversión independientemente de su naturaleza, entendido como la búsqueda de una solución inteligente para satisfacer una necesidad humana, así como su materialización, se concibe enmarcado dentro de un ciclo de vida que abarca las etapas de evaluación, planeación, diseño, construcción, operación y mantenimiento. Estas etapas se hallan estrechamente relacionadas entre sí y obligan a grupos de especialistas a trabajar interdisciplinariamente para determinar soluciones particulares que habrán de ir formando, en su conjunto, la solución final al problema planteado o a las necesidades que se planea satisfacer. Es importante reconocer que no existe un modelo a seguir en la solución de los problemas, ni la existencia de una solución única, sino un número indeterminado de soluciones correctas.

En los proyectos de edificación uno de los principales problemas a resolver es la solución que se dará a su estructuración. Aun cuando existen materiales como la mampostería y la madera, en la práctica se tiende a elegir entre dos tipos generales: uno basado en estructuras de concreto y otro en estructuras de acero. Determinar cuál es el mejor material de estos dos no es una tarea fácil y está influenciada por un sinnúmero de factores, donde cada uno, por poco importante que parezca en una obra, puede resultar vital en la toma de decisiones de otra obra.

El objetivo del presente trabajo, es describir de manera general las etapas del ciclo de vida de proyectos de edificación, identificando las diferencias que se puedan tener cuando se trate de estructuras de concreto o de acero. Se enfatiza que en el desarrollo de cada etapa se proveerá información que ayude a la toma de decisiones, así como a visualizar las ventajas y desventajas de elegir entre una u otra alternativa.

Cuando tenemos que tomar una decisión importante, como la de decidir si en un proyecto de edificación se realiza su estructura en acero o en concreto, no se puede tomar ésta de una manera intuitiva, sino que debemos seguir un procedimiento general que nos ayude a seleccionar la decisión que producirá los mejores resultados para el proyecto, este procedimiento es la evaluación de proyectos, el cual se presenta en el capítulo 1.

En el capítulo 2, se revisarán los conceptos fundamentales para la planeación y programación del proyecto y de su construcción, haciendo énfasis en las diferencias que se pueden encontrar en la edificación de obras con estructuras de concreto y cuando se trata de estructuras de acero, abarcando los aspectos de identificación de necesidades, estudios preliminares, planeación de las redes de actividades, elaboración de programas, asignación de recursos, alternativas de organización y alternativas de financiamiento.

En el capítulo 3, se tratará lo correspondiente al diseño del proyecto. Se pretende presentar las diferencias, las ventajas y desventajas entre el acero estructural y el concreto reforzado como elementos estructurales, y exponer los factores y diferencias que determinarán si un edificio debe tener un sistema estructural de acero o de concreto.

En el capítulo 4, se comentan los requisitos para ejecutar en campo los trabajos, obras previas necesarias, aplicación de controles, seguimiento de actividades críticas, así como las actividades para probar y ajustar las instalaciones con el objeto de poder entregar el edificio en condiciones de operación.

El quinto y último capítulo, trata del control de calidad de la obra haciendo un análisis de las actividades que se tienen que ejecutar durante el desarrollo de un proyecto con un enfoque de garantía de calidad, apoyándose en los requisitos que las normas vigentes establecen.

1. EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DEL PROYECTO

1.1. Consideraciones generales

La preparación y evaluación de proyectos, se ha transformado en un instrumento de uso prioritario entre los agentes económicos que participan en cualquiera de las etapas de la asignación de recursos para implementar iniciativas de inversión. El objetivo de este capítulo, es mencionar los conceptos básicos de una técnica que busca recopilar, crear y analizar en forma sistemática un conjunto de antecedentes económicos, que permitan juzgar cualitativa y cuantitativamente las ventajas y desventajas de asignar recursos a una determinada iniciativa.

Para muchos, la preparación y evaluación de un proyecto es un instrumento de decisión que determina su ejecución en función de la rentabilidad, que de no ser favorable se abandona. Nuestra opinión, es que la técnica no debe ser tomada como definitiva, sino como una posibilidad de proporcionar más información a quien deba decidir; así será posible rechazar o aceptar un proyecto.

1.1.1. Partes generales de la evaluación de proyectos

Un proyecto es la búsqueda de una solución inteligente al planteamiento de una necesidad que se tiene que satisfacer. La evaluación de un proyecto tiene por objeto conocer su rentabilidad económica y social, de tal manera que asegure resolver la necesidad en forma eficiente, segura y rentable, con el fin de que los recursos económicos se utilicen en la mejor alternativa.

Aunque cada estudio de inversión es único y distinto, la metodología que se aplica a cada uno de ellos tiene la particularidad de poder adaptarse a cualquier proyecto.

Las técnicas de análisis empleadas en cada una de las partes de la metodología, sirven para hacer una serie de determinaciones tales como: mercado insatisfecho, costos totales y rendimiento de la inversión; no obstante, esto no elimina la necesidad de tomar una decisión de tipo personal; es decir, el estudio no decide por sí mismo, sino que provee las bases para decidir, ya que existen situaciones de tipo intangible para las cuales no hay técnicas de evaluación, lo que hace que en la mayoría de los problemas cotidianos, la decisión final la tome una persona y no una metodología, a pesar de que ésta pueda aplicarse de manera generalizada.

La estructura general de la metodología de la evaluación de proyectos puede ser representada en forma enunciativa como se muestra en la figura 1.1.1. Cualquiera que sea la idea que se pretenda implantar, la metodología o la tecnología por aplicar conlleva necesariamente, la búsqueda de proposiciones coherentes destinadas a resolver las necesidades de la persona.

El proyecto surge como respuesta a una idea que busca, ya sea la solución de un problema o la forma para aprovechar una oportunidad de negocio, que por lo general corresponde a la solución de un problema de terceros.

Si se desea evaluar un proyecto, debe valorarse también en términos de conveniencia, de tal forma que se asegure que habrá de resolver una necesidad humana. En otras palabras, se pretende dar la mejor solución al problema económico que se ha planteado, y así conseguir que se disponga de los antecedentes y la información necesaria que permitan asignar, en forma racional, los recursos a la alternativa de solución.

La optimización de la solución se inicia antes de preparar y evaluar el proyecto. En efecto, al identificar un problema que se va a solucionar con el proyecto, prioritariamente deberán buscarse todas las opciones que conduzcan al objetivo. Como primera etapa, se prepara el proyecto, es decir, se determina la magnitud de sus inversiones, costos y beneficios. En una segunda, se evaluará el proyecto, es decir, se medirá la rentabilidad de la inversión. En conjunto a estas etapas se les conocen como la preinversión.

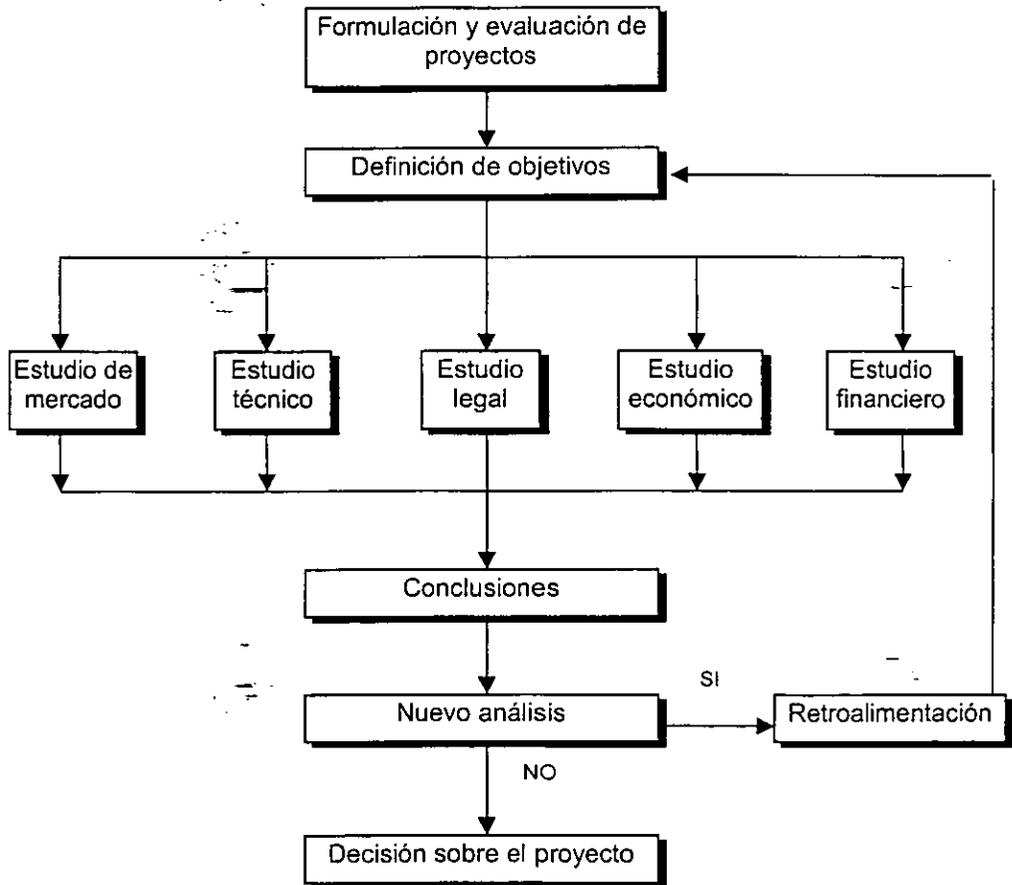


Figura 1.1.1 Estructura general de la metodología de la evaluación de proyectos

Múltiples factores influyen en el éxito o fracaso de un proyecto. En general, podemos señalar que si el bien o servicio producido no es el aceptado, esto significa que la asignación de recursos adoleció de defectos de diagnóstico o de análisis, que lo hicieron inadecuado para las expectativas de satisfacción de las necesidades humanas.

1.1.2. La toma de decisiones asociadas a un proyecto

Existen diversos mecanismos operacionales por los cuales se decide invertir recursos económicos en un determinado proyecto; los niveles decisorios son múltiples y variables puesto que cada vez es menor la posibilidad de tomar decisiones en forma unipersonal. Por lo regular, los proyectos están asociados interdisciplinariamente y requieren diversas instancias de apoyo técnico antes de ser sometidos a la aprobación del nivel decisorio que corresponda. Para tomar una decisión sobre un proyecto, es necesario que éste sea sometido al análisis de diferentes especialistas. Una decisión de este tipo no puede ser tomada por una sola persona con un enfoque limitado, o ser analizado sólo desde un punto de vista.

No existe una metodología rígida definida en términos de establecer mecanismos precisos en la toma de decisiones asociadas a un proyecto, fundamentalmente debido a la gran diversidad de proyectos y a sus diferentes aplicaciones. No obstante, resulta obvio señalar que la adopción de decisiones exige disponer de un sinnúmero de antecedentes que permitan que éstas se efectúen inteligentemente. Para ello, se requiere la aplicación de técnicas asociadas a la idea que da origen a un proyecto, y lo conceptualicen mediante un raciocinio lógico que implique considerar toda la gama de factores que participan en el proceso de creación y puesta en marcha de éste.

Toda toma de decisiones implica un riesgo. Obviamente, existen decisiones con un menor grado de incertidumbre y otras que son altamente riesgosas. Sin embargo, lo fundamental en la toma de decisiones es que se encuentre cimentada en antecedentes básicos concretos, que hagan que las decisiones se adopten concienzudamente y con el más pleno conocimiento de las distintas variables que entran en juego las cuales, una vez valoradas, permitirán en última instancia adoptar en forma consciente las mejores decisiones posibles.

Resulta imperiosamente necesario, disponer de un conjunto de antecedentes que justifiquen y aseguren una acertada toma de decisiones, y hagan posible disminuir el riesgo de errar al decidir la ejecución de un determinado proyecto. A este conjunto de antecedentes, en donde se establecen las ventajas y desventajas que significa la asignación de recursos a una determinada idea o a un objetivo determinado, se denomina evaluación de proyectos.

El hecho de realizar un análisis que se considere lo más completo posible, no implica que al invertir, el dinero estará exento de riesgo. El futuro es incierto y es por esto que el dinero siempre se estará arriesgando. El hecho de calcular unas ganancias futuras, a pesar de haber realizado un análisis profundo, no asegura necesariamente que esas utilidades se vayan a obtener tal como se calcularon. Es conveniente mencionar que en los cálculos no están incluidos los factores fortuitos como huelgas, incendios, etc., debido a que no es posible predecirlos; por esto, la toma de decisiones acerca de invertir en un determinado proyecto no siempre debe recaer en una persona ni en el análisis de datos parciales, sino en grupos interdisciplinarios que cuenten con la mayor cantidad de información posible.

1.1.3. Alcance del estudio de proyectos

Si bien toda decisión de inversión debe responder a un estudio previo de las ventajas y desventajas asociadas a su implementación, la profundidad con que se realice dependerá de lo que aconseje cada proyecto.

En términos generales, cinco son los estudios particulares que deben realizarse para evaluar un proyecto: el de viabilidad comercial, el técnico, el legal, de gestión y financiero; cualquiera de estos que llegue a una conclusión negativa determinará que el proyecto no se lleve a cabo, aunque razones estratégicas u otras de índole subjetiva podrían hacer recomendable una opción que no sea viable financiera o económicamente.

Por lo regular, el estudio de una inversión se centra en la viabilidad económica o financiera, y toma el resto de las variables únicamente como referencia; sin embargo, cada uno de los cinco elementos señalados, pueden de una u otra forma determinar que un proyecto no se concrete en la realidad.

El estudio de viabilidad comercial, indicará si el mercado es o no sensible al bien o servicio producido por el proyecto y la aceptabilidad que tendría su uso, permitiendo de esta forma determinar la postergación o rechazo de un proyecto, sin tener que asumir los costos que implica un estudio económico completo.

El estudio de viabilidad técnica, estudia las posibilidades materiales físicas y químicas del servicio que desea generarse con el proyecto. Muchos proyectos nuevos requieren ser probados técnicamente para garantizar la factibilidad de su realización, incluso antes de determinar si son o no convenientes desde el punto de vista de su rentabilidad económica.

El estudio legal, determina la viabilidad legal de realizar el proyecto, ya que un proyecto puede ser viable, tanto por tener un mercado asegurado como por ser técnicamente factible. Sin embargo, podrían existir algunas restricciones de carácter legal que impedirían su funcionamiento en los términos que se pudiera haber previsto, no haciendo recomendable su ejecución. Por ejemplo, limitaciones en cuanto a su ejecución debido al uso del suelo.

El estudio de viabilidad de gestión es el que normalmente recibe menos atención, a pesar de que muchos proyectos fracasan por falta de capacidad administrativa para emprenderlo. El objetivo de este estudio es principalmente, definir si existen las condiciones mínimas necesarias para garantizar la viabilidad de la implementación, tanto en lo estructural como en lo funcional. La importancia de este aspecto hace que se revise la presentación de un estudio de viabilidad financiera con un doble objetivo: estimar la rentabilidad de la inversión y verificar si existen incongruencias que permitan apreciar la falta de capacidad de gestión.

El estudio de viabilidad financiera de un proyecto, determina en último término su aprobación o rechazo. Éste mide la rentabilidad de la inversión, todo medido en bases monetarias.

La profundidad con que se analice cada uno de los cinco elementos, dependerá de las características de cada proyecto. Obviamente, la mayoría de los proyectos requerirán más los estudios técnicos y económicos; sin embargo, ninguno de los tres restantes deben descartarse en el estudio de factibilidad de un proyecto.

Se distinguen tres niveles de profundidad en un estudio de evaluación de proyectos. Al más simple se le llama perfil o de gran visión, el cual se elabora a partir de la información existente, en el juicio común y la opinión que da la experiencia. En términos monetarios sólo

presenta cálculos globales de las inversiones, los costos y los ingresos, sin entrar a investigaciones de terreno.

El segundo nivel, se denomina estudio de prefactibilidad o anteproyecto. Este estudio profundiza la investigación en fuentes secundarias y primarias, en la investigación de mercado, detalla la tecnología que se empleará, determina los costos totales y la rentabilidad económica del proyecto; es la base en que se apoyan los inversionistas para tomar una decisión.

El tercer nivel, es el conocido como proyecto definitivo. Contiene toda la información del anteproyecto pero aquí son tratados los puntos finos; aquí no sólo deben presentarse los canales de comercialización más adecuados para el producto, sino que deberá presentarse una lista de contratos de venta ya establecidos; se deben actualizar y preparar por escrito las cotizaciones de la inversión, y presentar todos los planos de la construcción. La información presentada en el proyecto definitivo no debe alterar la decisión tomada respecto a la inversión, siempre que los cálculos hechos en el anteproyecto hayan sido bien evaluados.

En el primer nivel de profundidad, se empieza con la identificación de una idea que culmina, tras un proceso, con la construcción proyectada. Los pasos en la generación de un proyecto se dan en la figura 1.1.2. Todo empieza con una idea, y las etapas siguientes son una profundización de la idea inicial, no sólo en lo que se refiere a conocimiento, sino también en lo relacionado con investigación y análisis. La última parte del proceso, es la conceptualización de la idea con la construcción proyectada para satisfacer la necesidad humana o social, que fue lo que en un principio dio origen a la idea y al proyecto.

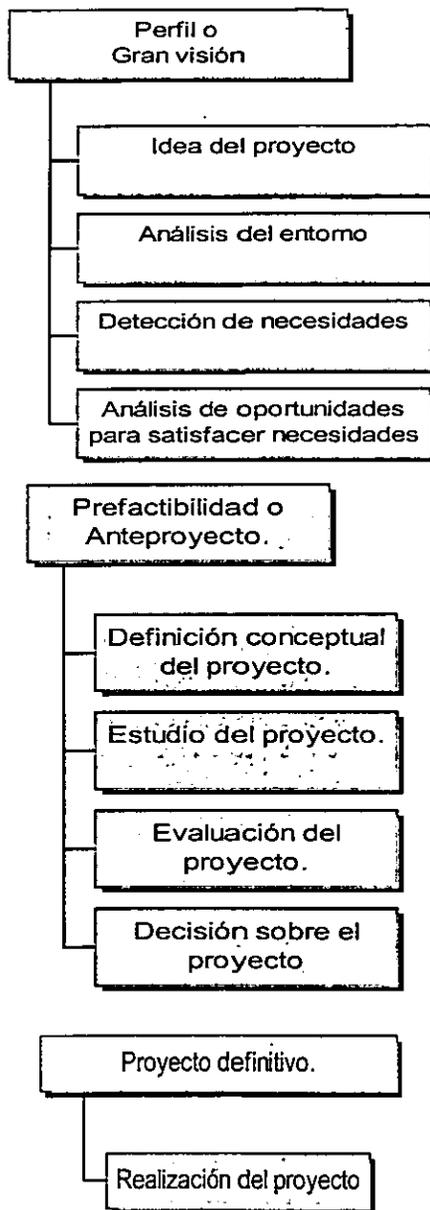


Figura 1.1.2 Los pasos en la generación de un proyecto

1.2. Proceso de preparación y evaluación de proyectos

El objetivo de este capítulo es presentar el esquema global de la preparación y evaluación de un proyecto como un proceso. Aunque no existen probablemente dos proyectos de inversión iguales, el estudio de su viabilidad puede enmarcarse en una cierta rutina metodológica que en general, puede adaptarse casi a cualquier proyecto. El estudio del proyecto pretende contestar la interrogante de si es o no conveniente realizar la inversión. Esta recomendación sólo será posible si se dispone de todos los elementos de juicio necesarios para tomar la decisión.

Con este objeto, el estudio de viabilidad debe intentar simular con el máximo de precisión lo que sucedería al proyecto si fuese implantado, aunque difícilmente pueda determinarse con exactitud el resultado que se logrará en su implantación. De esta forma, se estimarán los beneficios y costos que probablemente ocasionaría y por lo tanto, que pueden evaluarse.

En este capítulo se analiza el proceso global y las interrelaciones entre las etapas de un estudio de viabilidad.

1.2.1. Estudio de mercado

Al estudiar el mercado de un proyecto es preciso reconocer todos y cada uno de los agentes que con su actuación tendrán algún grado de influencia sobre las decisiones que se tomarán al definir su estrategia comercial. En este sentido, son los submercados que se conocerán al realizar un estudio de factibilidad: proveedor, competidor, distribuidor, consumidor y externo. Este último puede descartarse y sus variables incluirse, según correspondan, en cada uno de los cuatro anteriores.

El "mercado proveedor", constituye muchas veces un factor tanto o más crítico que el mercado consumidor. Muchos proyectos tienen una dependencia extrema de la calidad, cantidad, oportunidad de la recepción y costo de los materiales. En este caso se deberá de estudiar la materia prima para las dos alternativas de estructuras, tanto de acero como concreto, para verificar si en los proveedores de cada una no existen limitantes en cuanto a la calidad y cantidad; además, se deberán estudiar todas las alternativas de obtención de materias primas, sus costos, condiciones de compra, sustitutos, necesidad de infraestructura especial para su almacenaje, disponibilidad y seguridad en la recepción. Para definir lo anterior, es necesario conocer sus proyecciones a futuro, para garantizar su disponibilidad durante la ejecución del proyecto. Por ejemplo, el hecho de que los proveedores otorguen plazo para pagar los insumos puede ser fundamental en la determinación de la viabilidad, ya que en caso de existir créditos por parte del proveedor y no detectarse, es necesario estimar el pago de contado, por lo que el precio será importante en la definición, tanto de los costos como de la inversión en capital de trabajo. Por ello, al estudiar el precio de los insumos se tendrá que incluir su concepto amplio, es decir, agregar las condiciones de pago que establece el proveedor, sus políticas de crédito y las de descuento.

La disponibilidad de los insumos es fundamental para la determinación del procedimiento constructivo, ya que la no existencia de un insumo puede determinar la no aplicación del procedimiento.

Los alcances del "mercado competidor" trascienden más allá de la simple competencia por la colocación del producto. Si bien esto es primordial, muchos proyectos dependen sobremedida de la competencia con otros productos. El mercado competidor directo, entendiendo por ello las empresas que venden productos similares a los del proyecto, tiene otras connotaciones que se tienen que tomar en cuenta en la preparación y evaluación. Será

imprescindible conocer la estrategia comercial que desarrolle, para enfrentar en mejor forma su competencia. La viabilidad de un proyecto, en muchos casos, dependerá de la capacidad de aprovechar algunas oportunidades que ofrece el mercado. De igual manera, es posible apreciar que muchos competidores potenciales del proyecto han tenido una mayor demanda derivada de algún complemento promocional.

El "mercado distribuidor" es el que requiere de un estudio con un menor número de variables, aunque no por ello deja de ser importante; en efecto, la disponibilidad de un sistema que garantice la entrega oportuna de los productos al consumidor. Los costos de distribución son en todos los casos, factores importantes de considerar ya que son determinantes en el precio a que llegará el producto al consumidor y, por lo tanto, en la demanda que deberá enfrentar el proyecto.

El "mercado consumidor" es el que más tiempo requiere para su estudio. La complejidad del consumidor hace que se tornen impredecibles varios estudios específicos sobre él, ya que así podrán definirse diversos aspectos sobre la composición del flujo de caja del producto. Los hábitos y motivaciones de compra serán determinantes al definir al consumidor real y la estrategia comercial que deberá diseñarse para enfrentarlo en su papel de consumidor frente a la posible multiplicidad de alternativas en su decisión de compra.

El "mercado externo" consiste en recurrir a fuentes externas de abastecimiento de materiales, lo cual obliga a consideraciones y estudios especiales que se diferencian del abastecimiento en el mercado local. Por ejemplo, la demora en la recepción de los materiales puede no compensar algunos ahorros de costo que se obtienen importándolos, se puede esperar que el tipo de cambio y la política arancelaria suban y dejen de hacer más conveniente la importación.

El estudio de las variables mencionadas va dirigido principalmente, a la recopilación de la información de carácter económico que repercuta en la composición del flujo de caja del proyecto.

Aunque hay diversas formas de definir el proceso para el estudio de mercado, la más simple es aquella que está en función del carácter cronológico de la información que se analiza. De acuerdo con esto, se definirán tres etapas: análisis histórico del mercado, análisis de la situación vigente y análisis de la situación proyectada. El análisis de la situación proyectada es el que tiene realmente interés para el preparador y evaluador del proyecto; sin embargo, cualquier pronóstico tiene que partir de una situación dada; por ello, se estudia la situación vigente, la cual es el resultado de una serie de hechos pasados.

El análisis histórico, pretende lograr dos objetivos específicos. Primero, reunir información de carácter estadístico que pueda servir para proyectar esa situación a futuro, ya sea de crecimiento de la demanda, oferta, precio de algún factor o cualquier otra variable que se considere valiosa conocer a futuro. El segundo objetivo del análisis histórico, es evaluar el resultado de algunas decisiones tomadas por otros agentes del mercado, para identificar los aspectos positivos o negativos que se lograron. La importancia de reconocer una relación de causa-efecto en los resultados de la gestión comercial, reside en que la experiencia de otros puede evitar cometer los mismos errores que ellos, y repetir o imitar las acciones que les produjeron beneficios.

El estudio de la situación vigente es importante, porque es la base de cualquier predicción. Sin embargo, su importancia relativa es baja, ya que difícilmente permitirá usar la información para algo más que eso. Esto se debe a que al ser permanente la evolución del

mercado, cualquier estudio de la situación actual puede tener cambios sustanciales cuando el proyecto se esté implementando.

El estudio de la situación futura es el más importante para evaluar el proyecto, pero es conveniente mencionar lo siguiente: la información histórica y vigente analizada permite proyectar una situación suponiendo el mantenimiento de un orden de cosas, que con la sola implementación del proyecto se debería modificar. Esto obliga, a que en la situación proyectada se diferencie la situación futura sin el proyecto y luego con la participación de él, para concluir con la definición del mercado para el mismo.

La estrategia comercial que se defina tendrá repercusión directa en los ingresos y egresos del proyecto y será influida principalmente, por las características del consumidor y secundariamente, del competidor.

La imposibilidad de conocer los gustos, deseos y necesidades de cada individuo que potencialmente puede transformarse en un requerimiento para el proyecto, hace necesaria la agrupación de éstos de acuerdo con algún criterio. Los criterios de agrupación dependerán a su vez del tipo de consumidor que se estudie. Al respecto, hay dos grandes agrupaciones: la del consumidor institucional, que se caracteriza por decisiones generalmente muy racionales basadas en las variables técnicas del producto, en su calidad, precio y oportunidad en la entrega, entre otros factores; y la del consumidor individual, que toma decisiones de compra basadas en consideraciones de carácter más bien emocionales, como por ejemplo, la moda, la exclusividad, el prestigio, etc.

En el caso del consumidor institucional, las posibilidades de determinar y justificar su demanda se simplifica al considerar que ésta depende de factores económicos. En este sentido, basta con definir las ventajas que ofrece el proyecto sobre las otras opciones para cuantificar la demanda en función de quienes se verían favorecidos por ellas. La segmentación del mercado institucional responde, por lo regular, a variables tales como rubro de actividad, región geográfica, tamaño y volumen.

La segmentación del mercado de consumidores individuales también se realiza generalmente, en función de variables geográficas, aunque tanto o más importante que éstas son las variables demográficas que clasifican al consumidor según su edad, sexo, tamaño del grupo familiar, nivel ocupacional, profesión, y nivel de ingresos complementado por los patrones de gasto.

Muchas veces será más importante estudiar el número de hogares constituidos que la población total del mercado, ya que algunos productos, tienen como unidad de medida el hogar y no el individuo, como por ejemplo las viviendas. Si el producto ha de entrar a competir con otros ya establecidos, se deberán realizar estudios para determinar el grado de lealtad a un lugar de ventas, los efectos de las promociones y publicidad de la competencia y la sensibilidad de la demanda, tanto de precio como las condiciones de crédito, entre otros aspectos.

La estrategia comercial que se defina para el proyecto, deberá basarse en las siguientes decisiones fundamentales que influyen individual y globalmente en la composición del flujo de caja. Tales decisiones se refieren al producto, el precio, la promoción y la distribución. Los consumidores logran una utilidad o satisfacción a través del consumo de bienes o servicios. Algunos bienes otorgan más satisfacción que otros a un mismo consumidor, y su demanda refleja las preferencias que tenga éste sobre las alternativas que le ofrece el mercado. Lo anterior obliga al consumidor a definir una combinación de bienes o servicios que ha de consumir y maximice su satisfacción. Una variación en los precios o el ingreso del

consumidor, modificará sus preferencias por una determinada combinación, porque al subir el precio de un bien, aumenta el costo de consumir ese bien respecto al costo de otros bienes, haciendo que los consumidores desplacen su demanda hacia otros bienes que ahora son relativamente menos caros.

Los principales métodos para estimar funciones de demanda son cuatro: el primero, es la realización de una encuesta en la cual se pregunte a los consumidores potenciales que cantidad de un producto están dispuestos a comprar a diferentes precios; no siempre las respuestas son confiables y pueden incurrir a error en la estimación. Un segundo método, consiste en seleccionar mercados representativos del mercado nacional, fijando precios diferentes en cada uno de ellos y estimando una curva de demanda, ajustando una recta de regresión a los puntos observados de relación de precio y cantidad. El tercer método, se basa en la información obtenida de diferentes individuos, familias, ciudades y regiones, etc., en un momento dado del tiempo, mediante la comparación de niveles de consumo. El cuarto método, es el más empleado y se fundamenta en el uso de datos de series temporales que mediante análisis regresionales multivariantes, buscan definir la función de demanda más adecuada al proyecto.

1.2.2. Estudio técnico

En el estudio de viabilidad financiera de un proyecto, el estudio técnico tiene por objeto proveer información para cuantificar el monto de las inversiones y de los costos de operación pertinentes a esta área.

Técnicamente pueden existir diversos procesos constructivos, cuya jerarquización puede diferir de lo que pudiera realizarse en función de su grado de perfección financiera; uno de los resultados de este estudio será definir la función de producción que optimice la utilización de los recursos disponibles en la construcción del proyecto. De aquí podrá obtenerse la información de las necesidades de capital, mano de obra y recursos materiales, tanto para la construcción como para la posterior operación.

En particular, del estudio técnico deberán determinarse los requerimientos del equipo necesario para la realización del proyecto, y el monto de la inversión correspondiente al análisis de las características y especificaciones técnicas de las máquinas, y con ello precisar su disposición.

El análisis de estos antecedentes, hará posible cuantificar las necesidades de mano de obra por nivel de especialización y asignarles un nivel de remuneración para el cálculo de los costos de construcción. De igual manera, deberán deducirse los costos de mantenimiento y reparaciones.

La descripción del proceso constructivo hará posible además, conocer los insumos que demandará la obra. El proceso constructivo se elige a través del análisis, tanto técnico como económico de las alternativas existentes.

En relación con la obra las inversiones incluyen aspectos, desde la construcción o remodelación de edificios hasta la construcción de caminos. Para cuantificar estas inversiones es posible utilizar estimaciones aproximadas de costos (por ejemplo, el costo del metro cuadrado de construcción), si el estudio se hace a nivel de prefactibilidad. Sin embargo, a nivel de factibilidad, la información debe proporcionarse mediante estudios complementarios de ingeniería que permitan una apreciación exacta de las necesidades de recursos financieros en las inversiones del proyecto.

El estudio de ingeniería de proyectos, debe llegar a determinar la función de producción óptima para la utilización, eficiente y eficaz, de los recursos disponibles para la producción del bien o servicio deseado. Para ello, deberán analizarse las distintas alternativas y condiciones en que pueden combinarse los factores productivos, identificando a través de la cuantificación y proyección, en el tiempo, de los montos de inversiones de capital, los costos y los ingresos de operación asociados a cada una de las alternativas de producción.

De la selección del proceso constructivo óptimo, se derivarán las necesidades de equipo y maquinaria. El cálculo de los costos de operación, de mano de obra, insumos, reparaciones, y mantenimiento, se obtendrá del estudio del proceso seleccionado.

El estudio técnico no se realiza en forma aislada del resto; el estudio de mercado definirá ciertas variables relativas a características del producto; demanda proyectada a través del tiempo, abastecimiento de insumos, y sistema de comercialización adecuado, información que deberá tomarse en consideración al seleccionar el proceso constructivo. El estudio legal podrá señalar ciertas restricciones a la localización del proyecto que podrían, de alguna manera, condicionar el tipo de proceso constructivo. El estudio financiero por otra parte, podrá ser determinante en la selección del proceso, si en él se definiera la imposibilidad de obtener los recursos económicos suficientes para la adquisición de la tecnología adecuada. En este caso, el estudio deberá tender a calcular la rentabilidad del proyecto, haciendo uso de la tecnología que esté al alcance de los recursos disponibles.

El costo de mano de obra, constituye uno de los principales aspectos de los costos de las obras de un proyecto; la importancia relativa que tenga dentro de éstas, dependerá de la especialización del personal requerido, de la situación del mercado laboral y de las leyes laborales.

El estudio del proyecto, requiere la identificación y cuantificación del personal que se necesitará en la operación para determinar el costo de las remuneraciones. El cálculo de la remuneración, deberá basarse en los precios del mercado laboral vigente, y en consideraciones sobre variaciones futuras en los costos de la mano de obra. Para su cálculo deberá tenerse en cuenta no el ingreso que percibirá el trabajador, sino el egreso para la empresa que incluye salario y prestaciones de ley.

Partiendo del supuesto de que los ingresos son iguales para todas las alternativas tecnológicas, se propone elegir la alternativa que tenga el menor valor actualizado de sus costos; una alternativa puede tener altos costos de construcción y reducidos costos de mantenimiento, mientras que otra tecnología puede presentar menor inversión pero mayores costos de mantenimiento. Por esto, el valor actualizado de ambos calendarios de desembolsos se modificará con variaciones en la tasa de descuento utilizada. A medida que se aumenta esta tasa sus valores actuales se reducirán, pero a distinto ritmo, puesto que al bajar tasas de descuento la alternativa con mayores inversiones tendrá un menor valor actual. Sin embargo, para tasas de descuento mayores la situación se invierte y la alternativa con mayores costos de operación será la que tendrá el menor valor actualizado.

La determinación del tamaño responde a un análisis interrelacionado de una gran cantidad de variables de un proyecto: demanda, disponibilidad de insumos, localización y plan estratégico comercial de desarrollo futuro, entre otras.

La cantidad demandada, proyectada a futuro, es quizás el factor condicionante más importante del tamaño, aunque éste no necesariamente deberá definirse en función de un crecimiento esperado del mercado, ya que el nivel óptimo de operación no siempre será el que maximice las ventas, aunque el tamaño puede ir posteriormente adecuándose a mayores

requerimientos de operación para enfrentar el mercado creciente. Hay tres situaciones básicas del tamaño que pueden identificarse respecto al mercado: aquella en la cual la cantidad demandada total sea claramente menor, que la menor de las unidades productoras posibles de instalar; otra, en la cual la cantidad demandada sea igual a la capacidad mínima que se puede instalar, y aquella en que la cantidad demandada sea superior a la mayor de las unidades productoras posibles de instalar. Para medir esto, se define la función de demanda con la cual se enfrenta el proyecto en estudio y se analizan sus proyecciones futuras con el objeto de que el tamaño no sólo responda a una situación coyuntural de corto plazo, sino que se optimice frente al dinamismo de la demanda.

El análisis de la cantidad demandada proyectada, tiene tanto interés como la distribución geográfica del mercado. Muchas veces esta variable conducirá a seleccionar distintos tamaños dependiendo de la decisión respecto a definir uno o varios edificios, de tamaño igual o diferente, en distintos lugares.

La disponibilidad de insumos, tanto humanos como materiales y financieros, es otro factor que condiciona el tamaño del proyecto. Los insumos podrían no estar disponibles en la cantidad y calidad deseada, limitando su capacidad de uso en el proyecto, o aumentando los costos de suministros, pudiendo incluso hacer recomendable el abandono de la idea que lo originó. En este caso, es preciso analizar, además de los niveles de recursos existentes en el momento del estudio, aquellos que se esperan a futuro. En otros aspectos, será necesario investigar las reservas de recursos renovables y no renovables, la existencia de sustitutos e incluso la posibilidad de cambios en los precios reales de los insumos a futuro.

La disponibilidad de insumos se interrelaciona a su vez, con otro factor determinante del tamaño y la localización del proyecto. Mientras más lejos esté de las fuentes de insumo, más alto será el costo de su abastecimiento. Lo anterior determina la necesidad de evaluar la opción de una gran edificación para atender un área extendida de la población, contra varias edificaciones para atender cada una de las demandas locales menores. Mientras mayor sea el área de cobertura de una edificación, mayor será el tamaño del proyecto.

El tamaño muchas veces deberá supeditarse, más que a la cantidad demandada del mercado, a la estrategia comercial que se defina como la más rentable o segura para el proyecto. El análisis de los rangos de variación del tamaño, permitirá determinar los límites dentro de los cuales se fijará el tamaño del proyecto.

La localización puede tener un efecto condicionador sobre la tecnología utilizada en el proyecto, tanto por sus restricciones físicas las que importan por la variabilidad de sus costos de operación y capital, como por las distintas alternativas tecnológicas asociadas a cada ubicación posible. Al estudiar la ubicación del proyecto se puede concluir que hay más de una solución factible adecuada, y más todavía cuando el análisis se realiza en un nivel de prefactibilidad, donde las variables relevantes no son calculadas en forma concluyente. De igual manera, una localización que sea determinada como óptima en las condiciones vigentes puede no serlo en el futuro. Por tanto, la selección de la ubicación debe tener en cuenta su carácter definitivo o transitorio, y optar por aquella que permita obtener el máximo rendimiento del proyecto.

El estudio de localización no será entonces una evaluación de factores tecnológicos; su objetivo es más general que la ubicación en si misma, es elegir aquella que permita las mayores ganancias entre las alternativas que se consideran factibles. Sin embargo, tampoco el problema es puramente económico, los factores técnicos, legales, tributarios, sociales, etc., deben necesariamente tomarse en consideración sólo que la unidad de medida que

homologue sus efectos en el resultado del proyecto puedan reducirse en algunos casos, a términos monetarios.

El análisis de la ubicación del proyecto, puede realizarse con distintos grados de profundidad que dependen del carácter de factibilidad, prefactibilidad o perfil de estudio; independientemente de ello, hay dos etapas necesarias que realizar: la selección de la macro localización, y dentro de ésta, la micro localización definitiva.

La selección de la macro y micro localización está condicionada al resultado del análisis de lo que se denomina factor de localización; cada proyecto específico tomará en consideración un conjunto distinto de estos factores; igualmente, la selección de la macrozona, tendrá que considerar para un mismo proyecto, muchos factores de localización diferentes de los que se utilizarán en la elección de la micro ubicación.

1.2.3. Estudio económico

El estudio económico, pretende determinar cuál es el monto de los recursos económicos necesarios para la realización del proyecto. Los objetivos de esta etapa son ordenar y sistematizar la información de carácter monetario que proporcionaron las etapas anteriores; elaborar los cuadros analíticos y antecedentes adicionales para la evaluación del proyecto, y evaluar los antecedentes para determinar su rentabilidad.

La sistematización de la información financiera, consiste en identificar y ordenar todos los aspectos de inversiones, costos e ingresos que puedan deducirse de los estudios previos; sin embargo, en esta etapa deben definirse todos aquellos elementos que siendo necesarios para la evaluación, los debe suministrar el propio estudio económico.

Las inversiones del proyecto pueden clasificarse, según corresponda, en terrenos y obras, puesto que durante la vida del proyecto puede ser necesario incurrir en inversiones para conservación y mantenimiento. Será preciso presentar un calendario de inversiones y reinversiones, correspondientes a la etapa de construcción y operación.

Los ingresos de operación se deducen de la información de precios y demanda proyectada, calculados en el estudio de mercado de las condiciones de venta, las estimaciones de venta de residuos y del cálculo de ingresos por venta de equipo.

La evaluación del proyecto se realiza sobre el flujo de caja. La existencia de algunas posiciones conceptuales en cuanto a que la rentabilidad del proyecto, puede ser distinta de la rentabilidad para el inversionista por la incidencia del financiamiento, lo que hace que se dedique un análisis especial al tema.

El resultado de la evaluación se mide a través de distintos criterios que, más que optativos, son complementarios entre sí. La improbabilidad de tener certeza de la ocurrencia de los acontecimientos considerados en la preparación del proyecto, hace necesario incluir el riesgo e incertidumbre de invertir en él.

Las inversiones efectuadas antes de la puesta en marcha del proyecto, pueden agruparse en tres tipos: activos fijos, activos intangibles y capital de trabajo. Las inversiones en activos fijos son todas aquellas que se realizan en los bienes tangibles que se utilizarán en el proceso de transformación de los insumos, o que sirvan de apoyo a la operación normal del proyecto. Para efectos contables, los activos fijos están sujetos a depreciación, la cual afectará la evaluación por su efecto sobre el cálculo de los impuestos. Las inversiones en activo intangibles son todas aquellas que se realizan sobre activos constituidos por los servicios o derechos adquiridos necesarios para la puesta en marcha del proyecto; los principales

capítulos que configuran esta inversión son los gastos de organización, las patentes, licencias y la capacitación.

Además de la reunión y sistematización de todos los antecedentes inherentes a las inversiones iniciales en activos fijos e intangibles del proyecto, debe elaborarse un calendario de inversiones previas a la operación que identifique los montos para invertir en cada período anterior a la puesta en marcha del proyecto. Como no todas las inversiones se desembolsarán en forma conjunta con el momento cero, es conveniente identificar el momento en que cada una debe efectuarse, ya que los recursos invertidos en la etapa de construcción y montaje, tienen un costo de capital financiero si los recursos se obtuvieron en préstamos o de oportunidad, y si los recursos son propios y obligan a abandonar otra alternativa de inversión.

La inversión en capital de trabajo, constituye un conjunto de recursos necesarios en la forma de activos corrientes para la operación normal del proyecto, durante un ciclo productivo para un tamaño determinado. La teoría financiera, se refiere normalmente al capital de trabajo que se denomina activos de corto plazo, esto es efectivo desde el punto de vista de su administración, más no así de la inversión. En consecuencia, para efectos de la evaluación de proyectos, el capital de trabajo inicial constituirá una parte de las inversiones de largo plazo, ya que forma parte del monto permanente de los activos corrientes necesarios para asegurar la operación del proyecto.

Además de los ingresos directos, ocasionados por la venta del producto o servicio que generaría el proyecto, existe una serie de otros beneficios que deben incluirse en un flujo de caja para determinar su rentabilidad de la forma más precisa posible. Para ser consistente con lo señalado en el balance de maquinaria y en el calendario de inversiones de remplazo, deberá considerarse como un tipo adicional de ingreso las posibilidad de los activos que se remplazarán. Otro ingreso que podría identificarse en muchos proyectos es el ocasionado por la venta de desechos, si bien su cuantía no será significativa, su inclusión posibilita considerar una situación más cercana a la que podría enfrentar el proyecto, a la vez que permite mostrar la capacidad del evaluador para situarse en una posición de optimizador de las distintas variables del proyecto.

El ingreso por la venta del producto o servicio, por la venta de activos o por la venta de residuos y la mayor disponibilidad de recursos que podría generar un ahorro en los costos, constituyen recursos disponibles para enfrentar los compromisos financieros del proyecto; sin embargo, existen otros dos beneficios que deben ser considerados para medir la rentabilidad de la inversión, pero que no constituyen recursos disponibles. La recuperación del capital de trabajo y el valor de desecho del proyecto.

El capital de trabajo está constituido por un conjunto de recursos que al ser absolutamente imprescindibles para el funcionamiento del proyecto, son parte del patrimonio del inversionista y por ello tienen el carácter de recuperables. Si bien no quedarán a disposición del inversionista al término del período de evaluación, son parte de lo que ese inversionista tendrá, por haber hecho la inversión en el proyecto. Lo mismo ocurre con el valor de desecho del proyecto; al evaluar la inversión, normalmente la proyección se hace para un período de tiempo inferior a la vida útil real del proyecto. Por ello, al término del período de evaluación deberá estimarse el valor que podría tener el activo en ese momento, ya sea suponiendo su venta, considerando su valor contable o estimado la cuantía de los beneficios futuros que podría generar desde el término del período de evaluación hacia adelante. La inversión que se evalúa no sólo entrega beneficios durante el período de evaluación, sino

durante toda su vida útil; lo cual obliga a buscar la forma de considerar estos beneficios futuros dentro de lo que se ha denominado valor de desecho.

Al igual que el capital de trabajo, el valor de desecho no está disponible para enfrentar compromisos financieros; si bien es un recurso del inversionista, considerarlo como disponible podría ser que deba venderse maquinaria para el pago de un préstamo. Por ello se considera como un beneficio no disponible pero que debe valorarse para determinar la rentabilidad de la inversión, ya que es parte del patrimonio que el inversionista podría tener si invierte efectivamente en el proyecto.

El flujo de caja de cualquier proyecto se compone de cuatro elementos básicos: los egresos iniciales de fondo, los ingresos y egresos de operación, el momento en que ocurren estos ingresos y egresos, y el valor de desecho del proyecto. Los egresos iniciales corresponden al total de la inversión inicial requerida para la puesta en marcha del proyecto. El capital de trabajo, si bien no implicará siempre un desembolso en su totalidad antes de iniciar la operación, se considerará también como un egreso en el momento cero, ya que deberá quedar disponible para que el administrador del proyecto pueda utilizarlo en su gestión.

Los ingresos y egresos de operación constituyen todos los flujos de entradas y salidas reales de caja. Es usual encontrar cálculos de ingresos y egresos basados en los flujos contables en estudio de proyectos, los cuales, por su carácter de causados o devengados, no necesariamente ocurren en forma simultánea con los flujos reales. La diferencia entre devengados o causados y reales se hace necesaria, ya que el momento en que realmente se hacen efectivos el ingreso y egreso, será determinante para la evaluación del proyecto. El flujo de caja se expresa en momentos; el momento cero reflejará todos los egresos previos a la puesta en marcha del proyecto. Si se proyecta remplazar un activo durante el período de evaluación, se aplicará a la convención de que en el momento del remplazo se considerará, tanto el ingreso por la venta del equipo antiguo como el egreso por la compra del nuevo. El horizonte de evaluación depende de las características de cada proyecto; si el proyecto tiene una vida útil esperada posible de prever y si no es de larga duración, lo más conveniente es construir el flujo en ese número de años. Si la empresa que se crearía con el proyecto tiene objetivos de permanencia en el tiempo, se puede aplicar la conversión generalmente usada de proyectar los flujos a diez años, donde el valor de desecho refleja el valor del proyecto por los beneficios netos esperados después del año diez.

Los costos que componen el flujo de caja se derivan de los estudios de mercado, técnico y legal. Cada uno de ellos definió los recursos básicos necesarios para la operación óptima en cada área y cuantificó los costos de su utilización.

Una clasificación usual de costos se agrupa, según el objeto de gasto, en costos de construcción, gastos de operación, financieros y otros.

Los costos de construcción pueden ser directos e indirectos. Los costos directos los componen los materiales, la mano de obra directa y el equipo. Los costos indirectos, por su parte, se componen por la mano de obra indirecta y los gastos indirectos necesarios para la realización de los trabajos.

Los gastos de operación pueden ser gastos de venta o gastos generales y de administración. Los gastos de ventas están compuestos por los gastos laborales, comisiones de ventas y publicidad. Los gastos generales y de administración los componen los gastos laborales, de representación, y seguros. Los gastos financieros, los constituyen los gastos de intereses por los préstamos obtenidos.

En la partida de otros gastos, se agrupan la estimación de incobrables y un porcentaje por imprevistos que usualmente corresponde a un porcentaje sobre el total.

Un elemento de costo que influye indirectamente sobre el gasto de imprevistos es la depreciación, que representa el desgaste de la inversión en obra y equipamiento que se produce por su uso. Los terrenos y el capital de trabajo no están sujetos a depreciación, ya que no se produce un desgaste derivado de su uso.

Puesto que el desembolso se origina al adquirirse el activo, los gastos por depreciación no implican un gasto ñ efectivo, sino uno contable para compensar mediante una reducción en el pago de impuestos, la pérdida del valor de los activos por su uso.

1.2.4. Estudio de financiamiento

La tasa de descuento que debe utilizarse para actualizar los flujos de caja de un proyecto, ha de corresponder a la rentabilidad que el inversionista le exige a la inversión por renunciar a un uso alternativo de esos recursos, en proyectos con niveles de riesgos similares, lo que se denominará costo del capital. Todo proyecto de inversión involucra usar una cuantía de recursos conocidos a cambio de una estimación de mayores recursos a futuro, sobre los que no existe certeza. Por ello, en el costo del capital debe incluirse un factor de corrección por el riesgo que enfrenta.

Los recursos que el inversionista destina al proyecto provienen de dos fuentes generales: de recursos propios y de préstamos de terceros. El costo de utilizar los fondos propios corresponde a su costo de oportunidad. El costo de préstamos de terceros corresponde al interés de los préstamos.

La búsqueda de la forma de financiar un proyecto de inversión puede dar como resultado una variedad bastante importante de opciones diferentes. El evaluador de proyectos debe verse enfrentado, y de hecho así ocurre, con la búsqueda de la mejor alternativa de financiamiento para el proyecto que está evaluando. Así, el empresario puede estar pensando en utilizar su propio capital en la financiación del proyecto o, asimismo, puede asociarse con otras personas o empresas, recurrir a una institución financiera, incorporar o invitar alguna amigo para que le preste dinero; en otros casos, podrá buscar algunas opciones que le signifiquen disminuir sus necesidades de capital mediante la venta de algún activo, vehículos o maquinaria; igualmente, podría recurrir al crédito de proveedores. En proyectos de envergadura, puede recurrirse a fuentes internacionales de financiamiento o al estado, así se va generando una gama de posibilidades de opciones distintas. Cada una de estas alternativas tendrá características diferentes; por tanto, serán distintas cualitativa y cuantitativamente. Las condiciones de plazo, tasas de interés, formas de amortización y garantías requeridas deberán estudiarse exhaustivamente. Por otra parte, se deberán de estudiar las barreras que sea necesario superar para la obtención del financiamiento; deberán analizarse las características cualitativas en torno a los trámites que deberán cumplirse, las exigencias de avales, y el período que podría transcurrir desde el inicio de la solicitud de la operación de crédito hasta su concreción definitiva. De lo anterior se desprende que es necesario valuar todas las opciones de financiamiento posibles. Las preguntas básicas que corresponde hacerse son acerca de cuáles son estas opciones y qué características tienen.

Las principales fuentes de financiamiento se clasifican en internas y externas. Entre las fuentes internas se destacan la emisión de acciones y las utilidades retenidas cada período después de impuestos. Entre las externas, sobresalen los créditos y proveedores, los préstamos bancarios de corto y largo plazo.

El costo de utilizar los recursos que proveen cada una de estas fuentes se conoce como costo de capital. Las fuentes de financiamiento interno son escasas y limitan, por tanto, la posibilidad de realizar el proyecto. Pretender financiar un proyecto exclusivamente con recursos propios, implica necesariamente que la empresa debe generar dichos recursos en los momentos en que el proyecto lo requiera; esto hace peligrar la viabilidad del proyecto, ya que muchas veces la empresa no genera los recursos necesarios o bien no lo hace al ritmo que se le demanda. No se deben desconocer, por otra parte, las ventajas que representa el financiamiento con recursos propios, que se traducen en un menor riesgo de insolvencia y en una gestión menos presionada, pero que en definitiva también deben evaluarse buscando lograr un equilibrio entre los niveles de riesgo y costo de la fuente de financiamiento. El costo del capital propio, se puede expresar como el retorno mínimo de beneficios que se puede obtener en proyectos financiados con capital propio, con el fin de mantener sin cambios el valor del capital propio.

Las fuentes de financiamiento ajenas se caracterizan por proveer recursos frescos; pueden ser: bancos nacionales e internacionales; fundaciones nacionales e internacionales; compañías de arrendamiento y créditos de proveedores.

Es claro que cada proyecto puede tener múltiples fuentes de financiamiento simultáneas, que evaluadas, llevarán a la mezcla óptima de financiación. La tasa de descuento del proyecto, o tasa de costo de capital, es el precio que se paga por los fondos requeridos para cubrir la inversión. Representa una medida de la rentabilidad mínima que se exigirá al proyecto según su riesgo, de manera tal que el retorno esperado permita cubrir la totalidad de la inversión inicial, los egresos de la operación, los intereses que deberán pagarse por aquella parte de la inversión financiada con préstamos y la rentabilidad que el inversionista le exige a su propio capital invertido. Si bien es posible definir un costo para cada una de las fuentes de financiamiento a través de deuda, para la evaluación del proyecto interesará determinar una tasa de costo promedio ponderado entre esas distintas fuentes de financiamiento.

1.2.5. Estudio legal

Uno de los aspectos más abandonados en el estudio de proyectos, es aquel que se refiere a los factores propios de la actividad ejecutiva de Administración, Organización, Procedimientos Administrativos y Aspectos Legales.

Para cada proyecto, es posible definir una estructura organizativa que más se adecue a los requerimientos. Conocer esta estructura es fundamental para definir las necesidades del personal calificado para la gestión y, por lo tanto, estimar con mayor precisión los costos indirectos. Al igual que los estudios anteriores, es preciso simular el proyecto en operación. Para ello, deberán definirse con el detalle que sea necesario, los procedimientos administrativos que podrían implementarse junto con el proyecto.

Los sistemas y procedimientos que definen cada proyecto en particular, determinan también su inversión en estructura física. La simulación de su funcionamiento permitirá definir las necesidades de espacio físico para oficinas, talleres, bodegas, etc.

Tan importante como los estudios anteriores es el aspecto legal, aunque no responda a decisiones internas del proyecto como la organización y procedimientos administrativos, influye indirectamente en ellos, y en consecuencia sobre la cuantificación de sus desembolsos. Los aspectos legales pueden restringir la localización y obligar a mayores costos de transporte. El efecto más directo de los factores legales se refiere a los aspectos tributarios.

La actividad empresarial y los proyectos que de ella se derivan, se encuentran incorporados a un determinado ordenamiento jurídico que regula el marco legal en el cual los agentes económicos se desenvolverán. El estudio de viabilidad de un proyecto de inversión debe asignar especial importancia al análisis y conocimiento del cuerpo normativo que regirá la acción del proyecto, tanto en su etapa origen, como en la de la implementación y posterior operación. Ningún proyecto, por muy rentable que sea, podrá llevarse a cabo si no se encuadra en el marco legal de referencia en el que se encuentran incorporadas las disposiciones particulares que establecen lo que legalmente está aceptado por la sociedad; es decir, lo que se manda, prohíbe o permite a su respecto. Sólo un análisis terminado del marco legal particular de cada proyecto que se evalúa, posibilitará calificarlo correctamente para lograr, en su formulación, la optimación de los resultados de una inversión. Al implementarse el proyecto, además de insertarse como una organización social y económica más del país, se constituye en un ente jurídico en el que se entrelazan contratos laborales, comerciales y otros que, al concurrir simultánea y sucesivamente, generan las relaciones económicas que producen las pérdidas y utilidades de un negocio. De aquí que en la empresa y en todo proyecto se observa un amplio universo legal de derechos y obligaciones provenientes, tanto de la ley como de los contratos que se suscriban.

El conocimiento de la legislación aplicable a la actividad económica y comercial resulta fundamental para la preparación eficaz de los proyectos, no sólo por las inferencias económicas que puedan derivarse del análisis jurídico, sino también por la necesidad de conocer en forma adecuada las disposiciones legales para incorporar los elementos administrativos, con sus correspondientes costos, y para que se posibilite que el desarrollo del proyecto se desenvuelva fluida y oportunamente.

Son muchos los efectos económicos que sobre el flujo de caja tendrá el estudio legal. Desde la primera actividad que tendrá que realizarse si el proyecto es aprobado, la constitución legal de la empresa, hasta la implementación y posterior operación, el proyecto enfrentará un marco legal particular a la actividad que desarrollará, que influirá en forma directa sobre la proyección de sus costos y beneficios.

En cada proyecto de inversión se presentan características específicas, y normalmente únicas, que obligan a definir una estructura organizativa acorde con los requerimientos propios que exija su ejecución.

El estudio de las variables organizacionales durante la preparación del proyecto, manifiesta su importancia en el hecho de que la estructura que se adopte para su implementación y operación, está asociada a egresos de inversión y costos de operación tales, que pueden determinar la rentabilidad o no rentabilidad de la inversión. El diseño de la estructura organizativa requiere fundamentalmente la definición de la naturaleza y contenido de cada puesto de la organización; al caracterizar de esta forma cada cargo de ella, podrá estimarse el costo en remuneraciones administrativas del proyecto; para hacerlo será preciso diseñar las características del trabajo y las habilidades necesarias para asumir los deberes y responsabilidades que le correspondan. La organización que asuma el proyecto tiene una doble influencia en su evaluación: un efecto directo en las inversiones y costos asociados en un tamaño específico de operación, y un efecto indirecto en los costos de operación derivados de los procedimientos administrativos asociados a un tamaño, tecnología y complejidad de la estructura organizativa diseñada.

El efecto sobre las inversiones se manifiesta por la necesidad de disponer, tanto de una infraestructura física adecuada a los requerimientos del proyecto, como del equipamiento

para su operación. La operatividad de la estructura, a su vez, implica la utilización de una serie de recursos como mano de obra, materiales y otros.

El efecto indirecto, se deriva de los costos de funcionamiento ocasionados por los procedimientos administrativos diseñados en función de la estructura organizativa, previamente definida.

Casi todos los proyectos de inversión presentan dos tipos de participaciones posibles de entidades externas, las cuales es preciso caracterizar para asignar adecuadamente los costos que ellas involucreren. La primera, se presenta en la totalidad de los proyectos, se refiere a la relación con proveedores y clientes en general y corresponden a las denominadas relaciones operativas. La segunda relación, se refiere a decisiones internas que determinan la participación de unidades externas; por tanto, la incorporación de unidades coordinadoras y fiscalizadoras en la estructura organizativa del proyecto, normalmente se manifiestan en forma de auditorías externas, contratistas de obras y servicios contables.

El tamaño del proyecto es el factor que aparentemente tiene mayor influencia en el diseño y tamaño de la estructura organizacional. Algunos estudios empíricos han demostrado que el tamaño del proyecto está positivamente correlacionado con el número de niveles jerárquicos y divisiones funcionales de la organización. Por otra parte, el tamaño de la estructura puede asociarse a la tecnología administrativa de los procedimientos incorporados al proyecto. La complejidad de los procedimientos administrativos y de la organización en sí pueden, en ciertos proyectos, convertirse en factores determinantes para el diseño de la estructura organizativa. La diversidad de tareas tiende a incrementar las necesidades de comunicaciones verticales, y exige una mayor extensión de las divisiones jerárquicas; aunque la estructura organizativa no puede diseñarse para que tenga permanencia en el tiempo, probablemente al preparar un proyecto, el evaluador supondrá que se mantiene estable por la imposibilidad de proyectar sus cambios a futuro; sin embargo, la estructura deberá tener un grado de flexibilidad tal que permita su adecuación a las variaciones del medio.

1.3. Estimación de los costos

La estimación de los costos de un proyecto de capital en todas las etapas del proceso de la construcción, es de primordial importancia para un buen control administrativo. Las estimaciones exactas y pertinentes, reducen el desperdicio administrativo proporcionando una revisión constante de la viabilidad económica y lucrativa de una empresa. De esta manera, se puede evitar realizar un esfuerzo en un proyecto que finalmente será archivado en una fase posterior del diseño o de la propuesta, debido a que no tiene viabilidad económica. La estimación o estimado, proporciona la base para todos los pronósticos económicos y financieros, así como para los presupuestos y el control de la obra.

Los métodos de estimación varían, dependiendo del grado de exactitud que se espera y de la etapa de desarrollo de la documentación a partir de la cual se prepara la estimación; los métodos que se emplean se rigen de acuerdo con el propósito, la etapa del diseño o construcción en la cual se produce el mismo y a quién se le dará el costo evaluado. Los propósitos de las estimaciones de la construcción se clasifican en general, de tres formas:

1. Estimaciones utilizadas para la planeación y pronóstico, con el objeto de que ayuden en las evaluaciones económicas y financieras de la inversión.
2. Estimaciones de control que se hacen durante el diseño, para asegurarse de que las evaluaciones económicas siguen siendo válidas conforme avanza el diseño.

3. Estimaciones de la propuesta que reflejan el costo que tiene para un constructor, realizar el diseño terminado, permitiéndole de esta manera preparar un oferta para su aprobación.

Para satisfacer las necesidades de las clasificaciones anteriores, hay cuatro tipos de estimaciones, siendo éstas: estimaciones de planeación que se utilizan en la primera clasificación; estimaciones preliminares de ingeniería, que se usan en la segunda clasificación, estimaciones detalladas de ingeniería, usadas en la segunda clasificación; y estimaciones en la fase de construcción, que se emplean en la tercera clasificación.

Cada una de las estimaciones se producen en una etapa diferente del desarrollo del proyecto, dicha situación debe considerarse y comprenderse en su totalidad. Cuando se preparan estimaciones en una etapa muy temprana en el proyecto, las técnicas empleadas deben permitir establecer contingencias para cubrir variaciones no previsibles en los costos conforme el proyecto pasa a la construcción final; la técnica también debe reflejar el desarrollo del diseño a partir del cual se prepara, no tiene caso aplicar métodos de estimación muy detallados a un diseño conceptual bajo. De igual forma, la estimación de un croquis esta fuera de contexto cuando se tiene disponible el diseño y las especificaciones detalladas. Por consiguiente, la exactitud esperada de la estimación variará con la etapa del desarrollo del proyecto en la cual se produce.

El propietario, diseñador, constructor y usuario, consideran la estimación desde un punto de vista enteramente diferente. Los costos para el propietario influyen más que los costos de la construcción física. Por supuesto, los costos de la construcción son el fundamento de esta información; pero para que esta estimación base sea correcta se debe añadir un conjunto completo de otros costos, dependiendo del tipo de instalación. Entre estos costos se incluyen los honorarios de diseño, seguros, costo del terreno, costo del financiamiento, impuestos, y otros semejantes. Por otro lado, el diseñador considerará su estimación de los costos físicos del producto terminado para pasárselos al cliente; este costo puede incluir el amueblado completo, accesorios y equipo. También debe estar consciente de establecer imprevistos y costos de producción que cubran productos especiales y condiciones desconocidas. Al constructor le preocupará preparar estimaciones del costo para su empresa, para la construcción física de los elementos que contrate para construir e instalar, desde los cimientos hasta los acabados, a lo cual debe añadir una utilidad que le proporcionará la empresa con un rendimiento razonable por los riesgos que toma.

Por tanto, es importante que cada parte individual se interese por el costo de la estimación de la parte del proyecto de la cual es responsable, ya que cada una experimenta un nivel diferente de costos.

Debe prepararse una estimación para cada fase del desarrollo conforme se tenga información más definitiva sobre los detalles del proyecto; las estimaciones anteriores se hacen cada vez menos válidas y es necesario hacer una nueva estimación basándose en la información más confiable. Las estimaciones que evolucionan, proporcionan una información continua sobre el costo que afecta las fases en curso de los procesos de diseño y construcción.

La exactitud de cada estimación varía con el grado de información que se tenga disponible sobre el proyecto a partir de la cual se produzca. Según se desarrolla el diseño, cada fase y especificación se vuelve más clara, se notan más detalles, y progresivamente, la estimación es más confiable.

Durante estas primeras etapas del diseño hay mucha incertidumbre, misma que debe ser compensada por una cantidad apropiada para contingencias con el objeto de cubrir conceptos que aún no están definidos. Conforme el diseño progresa y se especifican las áreas

indefinidas, se reduce esta cantidad para contingencias, y la estimación se detalla progresivamente. A cada estimación, los detalles a los que se fijará precio habrán de dividirse en los componentes más pequeños posibles para evaluar y documentar en un marco de trabajo lógico. Este marco de trabajo que va, desde la definición del alcance del proyecto hasta las descripciones de los componentes del diseño totalmente detalladas, recibe un precio partiendo de los costos reales pertinentes y actuales analizados, de una obra realizada con anterioridad de una naturaleza semejante.

En una etapa temprana de la concepción del proyecto, se requiere planear la estimación para ayudar a determinar la factibilidad del proyecto. Por tanto, esta es probablemente la fase más importante de la estimación, pero es la fase en donde menos información se tiene disponible. Los detalles utilizados para planear las estimaciones se extraen en general, de esbozos o definiciones de alcance que, en esencia, son registros documentados de la cohesión de ideas del propietario y el diseñador o proyectista. Esta documentación constituye un detalle de diseño poco tangible, pero puede representar los únicos datos cuantitativos a partir de los cuales se establece la estimación inicial.

La ingeniería conceptual tiene lugar después de que se han tomado las decisiones básicas, del diseño y se han definido extensamente los capítulos constituyentes que formaran la edificación. La ingeniería conceptual es el ejercicio de unir a los capítulos y asignaciones de espacio de una manera funcional para formar el esquema completo de las cosas. Se producen dibujos esquemáticos y se esbozan especificaciones, a partir de las cuales, se cuantifican y calculan estimaciones de la segunda etapa.

En la parte detallada de ingeniería, los diseños esquemáticos o conceptuales se consolidan y se realizan diseños y especificaciones detalladas; se establecen los capítulos y subcapítulos de ingeniería de un proyecto y se identifican las partes componentes; si el diseño de un componente está bien definido y especificado razonablemente, representa un conjunto de artículos o conceptos que pueden comprarse e instalarse, y permite la producción de una estimación detallada de los costos de ingeniería a la cual se añade la utilidad, costos indirectos y financiamiento del constructor. Esta estimación del diseño final representa la suma probable que presentará el concursante con la cotización más baja posible para la edificación.

Comúnmente en una fase de la estimación de construcción, realizada por un contratista que concursa para el trabajo proyectado u obra proyectada, comúnmente es la estimación final de un proyecto antes de comenzar los trabajos. En esta etapa resulta importante tener en mente no sólo lo que se ha hecho, sino también cómo se va hacer el trabajo para satisfacer todos los requisitos de los documentos contractuales, así como la lógica dictada por la complejidad del proyecto. Habrá de formularse una estrategia detallada de operación a partir de la cual se produzca una estimación basada en los recursos. Se añade la utilidad, los gastos indirectos y el financiamiento; y todo lo anterior constituirá la oferta que se presentará.

Una vez hecha la estimación, resulta importante traducir la misma a términos en donde ciertas partes de la suma se asignan a las responsabilidades de departamentos o personas específicas, a cargo de controlar la parte respectiva de la obra a la cual pertenece el presupuesto. De esta forma, los departamentos estarán conscientes de las cantidades que tienen derecho a distribuir en sus partes específicas de la obra.

Los métodos de presupuestos difieren desde el diseño hasta la construcción. Los presupuestos de diseño deben considerar las horas hombre de diseño de ingeniería, así como los paquetes de diseño de la obra. Los presupuestos de construcción asignan gastos a todos los recursos

necesarios para terminar la obra física del proyecto de construcción. Antes de asignar las sumas del presupuesto, deben deducirse de las estimaciones todos los gastos indirectos, utilidad, y el financiamiento, dejando la cifra neta que se va a gastar para terminar la obra (costo directo). Los conceptos de la asignación presupuestaria deben codificarse con el objeto de asegurar una retroalimentación exacta por medio del sistema de contabilidad, permitiendo así una supervisión efectiva del presupuesto. También es importante asignar a una persona para que se haga cargo de controlar el presupuesto asignado, con el fin de relacionarlo con una autoridad.

Los presupuestos representan un plan de acción financiera para la gerencia, que reflejan las distribuciones futuras de los recursos financieros necesarios para alcanzar los objetivos del proyecto y de la empresa.

Un programa completo de presupuestos del proyecto y de la compañía, ofrece un marco de trabajo que le da a la alta gerencia una amplia perspectiva de la operación entera, sin que se requiera la aplicación excesiva en departamentos operativos en donde no existen problemas. Por tanto, los controles presupuestales proporcionan la primera indicación de dificultad e identifican los departamentos que requieren la atención de la gerencia. Cuando se prepara una estimación, las consideraciones anteriores tendrán un efecto considerable en el enfoque, manipulación y formato de las cifras resultantes, de manera que presenten una predicción exacta del costo y que sean un recurso administrativo útil.

1.3.1. Estimación durante la planeación

En la fase de planeación del proceso de diseño hay poco material cuantitativo tangible para crear una estimación. Comúnmente, sólo se tiene algo más que un breve diseño con los requerimientos de espacio o capacidad. Por consiguiente, la planeación de las estimaciones normalmente se basa en costos de un sólo parámetro. Estos costos de un sólo parámetro, se establecen a partir de datos sobre los costos históricos de proyectos anteriores de naturaleza semejante, analizados cuidadosamente para llegar a un costo base de la instalación. Este costo, base de la instalación de un sólo parámetro, es el que forma el fundamento de la planeación de la estimación. Cuando se analizan los costos históricos resulta importante identificarlos y atribuirles las funciones apropiadas. Los componentes hechos a la medida y las especialidades para los proyectos individuales, deben excluirse de un análisis base de la instalación. Es importante usar los costos históricos de proyectos equivalentes recientes, en vez de basarse en su totalidad en los costos promedio publicados; sin embargo, estos últimos se pueden emplear para verificar o complementar los datos actuales analizados.

El método para realizar esta estimación es el siguiente; se establece un costo base de la instalación de un sólo parámetro de un proyecto anterior o de varios proyectos semejantes que hayan sido ponderados y promediados adecuadamente, para que correspondan a la naturaleza de la instalación actual; este costo base, se ajusta de manera que abarque diferencias en el tiempo y ubicación geográfica, y se hacen los ajustes por referencia a los índices de costo publicados. Todos los datos del costo histórico base analizado, se proyectan hasta la fecha de comienzo real de proyecto; luego se aplica la cifra resultante a los datos cuantitativos de un sólo parámetro para llegar al costo base del proyecto en consideración.

Los ajustes a esta base se hacen tomando en cuenta cualquiera de las características individuales del proyecto, tales como normas y calidad que difieren, y otras peculiaridades físicas como pueden ser condiciones del suelo o acceso al lugar. Se aplican índices adicionales a la cifra resultante para ajustarse a cualquier variación y aumento en los costos regionales, basándose en los aumentos conocidos o anticipados en el costo de la mano de

obra y los materiales. Luego se hacen los ajustes finales considerando la información local de las características nacionales, fluctuación de la moneda (que afectan la productividad), y los costos del material; las reservas para contingencias se añaden para cubrir los cambios en el diseño que serán inimitables conforme éste evoluciona, y para anticiparse a cualesquiera dificultades no previstas de la construcción que puedan ocurrir. La cantidad de la suma reservada para contingencias dependerá de cierto número de factores, entre otros, la complejidad del proyecto y la confianza en los datos del costo usado. Finalmente, se presenta la estimación en un formato que permita realizar ajustes rápidos cuando se estudien las alternativas del diseño. Esta última práctica es en particular útil, cuando están implicadas estimaciones comparativas en las cuales se compara el costo de un tipo de inversión con otro.

1.3.2. Estimación preliminar de ingeniería

Una vez tomada la decisión de pasar de la fase de planeación a la de diseño, se requiere elaborar una estimación más detallada. Se preparan planos preliminares para identificar los sistemas requeridos que formarán el proyecto y de las especificaciones, de tal forma que se pueda sacar un esquema; luego, se calcula la estimación preliminar de ingeniería basándose en el análisis cuantitativo de los sistemas diseñados. Cualquier forma de estimación cuantitativa tiene tres constituyentes esenciales: el proyecto que se estimará, las unidades que se considerarán y la forma como se expresará el resultado.

Los resultados se deben expresar en una forma que sea fácilmente reconocible por el diseñador, con el fin de evitar el traslape en la documentación del diseño y de ejercer control sobre los gastos durante la fase del mismo. Por tanto, las estimaciones preliminares de ingeniería requieren de datos cuantitativos y de costos relacionados con cada subcapítulo dentro de un capítulo de ingeniería. Se habrán de identificar y documentar cada uno de los capítulos de ingeniería que serán parte del proyecto total. Es preferible presentar las estimaciones de los capítulos en el orden en que se les construirá.

Una vez documentados lógicamente los capítulos de ingeniería, se pueden dividir en subcapítulos y cuantificar. El estimador habrá de ponerse de acuerdo con los diseñadores, con el objeto de que haya uniformidad en la interpretación de un diseño; esto es, el estimador debe determinar de la misma manera que los diseñadores, qué es lo que forma un capítulo y qué se debe incorporar dentro de un subcapítulo. Todo esto evitará que se pasen por alto y no se asignen secciones de la obra. El documento resultante formará la base de un marco de trabajo completo que servirá para cuantificar y costear el proyecto.

Se debe recolectar información cuantitativa y presentarla, en una forma que permita que se apliquen costos estándares; tal información se obtiene a partir de los planos preliminares de ingeniería. Los planos preliminares de ingeniería presentan los conceptos básicos del diseño, a partir de los cuales algunas veces un estimador experimentado puede predecir las cantidades.

Se requieren datos sobre el costo para aplicarlos a los detalles cuantitativos, y se determina esta información a partir de las fuentes más pertinentes. Tales fuentes son costos analizados de proyectos semejantes recientes y cotizaciones preliminares, que se solicitan a los subcontratistas y proveedores; siempre resulta benéfico discutir los proyectos con los proveedores y subcontratistas apropiados en lugar de tomar los datos directamente de los catálogos de precios. Cuando se agotan las fuentes anteriores de información sobre el costo, se puede costear cualquiera de los conceptos que no tengan precio, a partir de los datos publicados del costo de tales conceptos. Estos datos están disponibles con facilidad, en la

forma de libros de referencias técnicas que normalmente presentan en tres formas los costos: de mano de obra, de material y en el lugar de la construcción. Cuando se hace referencia a estas fuentes de datos, el usuario habrá de asegurarse de que las cifras extraídas se relacionen directamente con las unidades cuantitativas a las que se les está asignando precio, en términos, tanto de descripciones como de costos inherentes, esto es, mano de obra, materiales, indirectos, utilidades, etc. La mayoría de las referencias públicas sobre costos de la construcción, contienen un prólogo en el cual vienen indicaciones sobre el uso de los datos contenidos en la publicación.

Conviene observar, que siempre es imprudente valorar completamente las estimaciones a partir de datos publicados que hayan sido compilados y ajustados para representar un proyecto típico. También, siempre se deben investigar las condiciones locales y ajustar los costos a ellas. Los datos publicados son muy valiosos cuando se utilizan para llenar brechas en las estimaciones de costos y cuando se preparan estimaciones comparativas.

Mientras más detallado sea el costo, más exacta será la estimación; por tanto, los costos de los subcapítulos se deben estimar y sumar para determinar el costo del capítulo principal, en lugar de considerar costo de unidades-volumen para el capítulo principal.

Cada etapa dentro de un proyecto, representa una magnitud diferente de gasto y los datos del costo y el análisis cuantitativo del sistema que representa el mayor porcentaje de los costos del proyecto, requieren de un cuidado adicional. Una vez establecidos el estimado preliminar de ingeniería y los costos del capítulo y subcapítulo, se relacionan los costos subtotales con el tamaño global del proyecto y se dan como un porcentaje del costo total del mismo. Al hacer esto, deben resaltarse los capítulos más importantes desde el punto de vista del costo. Los datos cuantitativos y del costo utilizados para estos capítulos se hacen más significativos, y la información debe comprobarse cuando el capítulo representa más del 10% del costo global del proyecto. Se incorpora a la estimación, una suma complementaria para cubrir las contingencias y los incrementos en los costos del diseño y la construcción. Los importes de las contingencias son asunto de juicio, dependiendo de la complejidad del proyecto y la confiabilidad de la información sobre la cual se basa la estimación. Se pueden utilizar los índices publicados para determinar las contingencias de incrementos. El gran total del costo del capítulo, de los importes para las contingencias y las cantidades previstas por incrementos, forman la estimación preliminar de ingeniería.

1.3.3. Estimación detallada de ingeniería

No hay sustituto para las estimaciones que se hacen basándose en los diseños y especificaciones detalladas de ingeniería. Un análisis cuantitativo de tales documentos, junto con los costos unitarios actuales obtenidos de las publicaciones de la industria y actualizadas, producirá una estimación más exacta que las estimaciones de planeación o del diseño preliminar. Resulta deseable formular el diseño detallado dentro de la disciplina en una forma ya establecida para la estimación del sistema. Esto facilitará la función de la administración de costos, en lo que respecta a supervisar el desarrollo del diseño mediante la comparación directa de la evolución de los niveles de las estimaciones. La estimación detallada de la ingeniería está formada por estimaciones componentes, en las que las partes componentes son los conceptos detallados de un sistema de construcción. Cuando se diseñan y especifican estos componentes, se les puede cuantificar con exactitud mediante la cantidad necesaria medida. La cantidad necesaria medida debe documentarse dentro de un marco de trabajo uniforme, identificando los componentes principales y las partes componentes. Los documentos requeridos para este nivel de estimación son los planos detallados del diseño,

los detalles normales, planos de taller y especificaciones detalladas. Las cantidades particularizadas, junto con los insumos totalmente descritos de mano de obra y de materiales, permitirán que se fije el costo de los componentes con precisión. La fijación del precio de los componentes se lleva a cabo de una forma semejante a las técnicas preliminares de la estimación de ingeniería, con la confianza aumentada de que se tienen disponibles datos de diseño más preciso.

Los costos unitarios, incluyendo la mano de obra y los materiales, se aplican a las cantidades necesarias cuantificadas. La información del costo vendrá directamente de los subcontratistas y proveedores, quienes con toda seguridad ayudarán en la fijación de precios conforme se determine el alcance total de la obra, lo que les proporcionará un mercado posible para sus productos. Para los componentes especializados, se buscan cotizaciones escritas preliminares. Los costos históricos analizados de proyectos semejantes, deben analizarse para comprobar y complementar las cifras cotizadas preliminares, y la información sobre el costo de publicaciones finalmente se usa para llenar las brechas existentes. En esta etapa se eliminan las contingencias del diseño que no han sido absorbidas, y se actualizan los imprevistos de construcción.

Habrà de establecerse un sistema de codificación, que permita la identificación para el control presupuestal, y que relacione los componentes en la estimación detallada de ingeniería, asociándolos con los sistemas de estimación preliminar de ingeniería. Esto último permitirá la supervisión del costo en el ejercicio inicial del presupuesto.

La estimación deberá representar con equidad al proyecto y reflejar la cifra propuesta óptima de la obra. Debe parecerse mucho a una estimación de propuesta de construcción, en la que se detalla información que estará contenida en la cotización. Como sucede con todas las estimaciones, debe adoptarse un marco de trabajo adecuado dentro del cual ordenar la información detallada. Por último, se tienen que añadir los costos finales de construcción, los costos adicionales del terreno y el diseño, para terminar la estimación.

1.3.4. Estimación en la fase de construcción

Esta estimación se analiza y realiza con mayor detalle por el contratista que concursa en un proyecto. En esta etapa, deben estar disponibles para el estimador los planos y las especificaciones detalladas, junto con un programa cronológico de la construcción para establecer la duración de la obra. Debe llevarse a cabo una inspección extensa del lugar para asegurarse de las implicaciones, en términos de costo, de cualquier condición única del mismo. Habrá de consultarse a fondo a todo el personal clave que sea responsable de ejecutar el trabajo. Se documentará una estrategia previamente planeada para el desarrollo del proyecto, y a partir de esto, se debe hacer un análisis completo de los recursos requeridos. El estimador o el valuador deben tener una buena comunicación con los proveedores y subcontratistas.

Al preparar la estimación, se estudiarán cuidadosamente las especificaciones y los planos detallados, se harán estimaciones de la cantidad de materiales, se obtendrán precios, se comprobará la disponibilidad de la mano de obra y su productividad, se confirmarán los salarios, y se solicitarán cotizaciones a subcontratistas y proveedores. Se gráfica y planea un programa cronológico detallado de la obra, se documenta la estrategia para llevar a cabo el proyecto, y a partir de esto, se hace un análisis completo de los recursos requeridos. El estimador o evaluador debe tener disponible información relacionada de los siguientes conceptos: mano de obra directa, materiales disponibles en el lugar, instalaciones y equipo de construcción; preparación del lugar, mantenimiento y administración; supervisión del

lugar, taller y fabricación en el lugar, talleres y fabricación fuera del lugar; requisitos generales de las especificaciones del contrato, gastos generales de oficina, tasas de interés, subcontratos de suministros y servicios.

Los conceptos anteriores variarán dependiendo del tipo de proyecto, pero la idea principal es que se tienen que documentar las categorías, en las cuales se describen los centros de costos, donde las secciones contenidas dentro de los conceptos anteriores se ven afectadas por influencias semejantes. Las secciones bajo cada uno de los conceptos, habrán de codificarse para permitir que produzcan y controlen presupuestos. Las cifras de los presupuestos que se asignan a las responsabilidades de los departamentos individuales, deben ser cifras netas que no incluyan utilidades y gastos indirectos. A la estimación final de los recursos se le incorpora una cantidad por concepto de utilidad, gastos indirectos, y financiamiento.

1.4. Costo del ciclo de vida

Tradicionalmente, el enfoque para los costos de la construcción ha sido sólo una de las consideraciones del primer costo, esto es, el costo inicial del diseño y construcción del proyecto. Sin embargo, la idea de que el verdadero costo de una instalación de construcción no acaba con la terminación de la construcción, ha sido cada vez más evidente para los propietarios. Los costos del propietario y de operación, han aumentado substancialmente en años recientes debido a una escalada sin precedentes en los costos de la energía y de la mano de obra.

Los costos del propietario y de operación, están formados por cuatro componentes principales: costo inicial de operación, de la energía eléctrica, de mantenimiento (que incluye modificaciones y remodelación) y por último el de rescate. En algunas construcciones, los costos de disposición o reinstalación forman una parte cada vez más representativa de los costos del propietario; tales gastos se consideran como costos de rescate.

Este capítulo describe el costo del ciclo de vida que trata del estudio de las opciones en los costos de diseño, construcción, y mantenimiento, con el fin de seleccionar una solución que presente el costo total mínimo del proyecto durante el ciclo de vida del sistema. El análisis da una técnica para la comparación de las alternativas con costos iniciales, costos de operación y períodos de vida.

Los costos que deben analizarse, cuando se llevan a cabo análisis de los costos del ciclo de vida, son los siguientes: costos iniciales, costos de operación, costos de la energía, costos de mantenimiento y de modificaciones, costos de recuperación.

Los costos iniciales son costos de capital en los que se incurre en el primer costo que se obtiene de los valores materiales o físicos, los cuales en la construcción incluyen compromisos tales como, investigación y desarrollo, adquisiciones, diseño de las instalaciones, construcción de las instalaciones, mobiliario y accesorios para su operación final, control de calidad, supervisión, arranque, contratación y capacitación de personal de mantenimiento y de operación. Los costos de capital se consideran como gastos que se hacen una sola vez y al comienzo de la vida operativa del proyecto.

Los costos de operación se contraen al hacer funcionar los servicios durante su vida e implica costos, tales como: supervisión, mano de obra para los servicios comunes, materiales indirectos, herramientas y accesorios; gastos generales de administración, de servicios de apoyo, limpieza y costo del uso funcional.

Los costos de la energía, se relacionan con los componentes de consumo de energía que son necesarios para la operación de los servicios, tales como: costos del combustible, costos de la electricidad, costos de la mano de obra relacionada con las operaciones y con los servicios de energía.

Los costos de mantenimiento y de modificaciones, se realizan cuando se incurre en costos de mantenimiento y modificaciones para conservar los servicios en su nivel de rendimiento y utilización o actualización con un grado aceptable de fiabilidad, e incluyen lo siguiente: programación de las reparaciones y remplazos, costos de tiempo ocioso de producción, pérdida durante el mantenimiento preventivo, costos de la baja en los muebles por deterioro, costo de capital de las alteraciones, decoración, y depreciación e impuestos.

Los costos de recuperación, deben considerarse en muchos casos de costeo del ciclo de vida, los costos de reinstalación y disposición. Los costos de disposición se relacionan con los costos terminales de la propiedad del activo e implican: costos de demolición y retiro del escombros, reconstrucción del lugar y disposición del activo físico.

Estos costos se compensan en contra de la venta de los componentes redundantes, lo que resulta en un valor de recuperación positivo o negativo. Para propósito práctico, el valor de recuperación sólo se da como valor en libros, para propósitos de depreciación. Por consiguiente, la consideración de costos iniciales es tan sólo la parte de los costos totales.

El costo total de la construcción de las instalaciones es igual a la suma de los siguientes costos: inicial, de operación, de mantenimiento y modificaciones, de la energía eléctrica, y de reposición.

El análisis del costo del ciclo de vida, requiere de una relación estrecha entre las disciplinas de la ingeniería y de la contabilidad. Los métodos contables normales están proyectados para satisfacer los requisitos de muchas facetas de la operación de un negocio, donde la mayoría de los registros financieros se extienden durante un período de doce meses. El análisis del ciclo de vida estudiará los costos durante un cierto número de años.

El ingeniero de costos puede ayudar en la recolección de la información obteniéndola del diseñador o proyectista, fabricante, operador y del departamento de mantenimiento, para que ayuden en el establecimiento de registros del costo del ciclo de vida y del estudio de la integración, entre los costos de capital de diseño y de adquisición, y los costos de egresos que resultan de operación y mantenimiento. Para este fin, el conocimiento de la capacidad del activo, de su rendimiento, y la posibilidad de su mantenimiento, junto con la filosofía de la contabilidad, pueden proporcionar un antecedente útil para el ingeniero de costos.

El costo del ciclo de vida, es una técnica que permite la evaluación de los costos iniciales, los gastos de operación y mantenimiento, y los costos de renovación y remplazo de los servicios, componentes, o materiales durante un ciclo de vida seleccionado o durante el período de vida útil estimado. Se puede aplicar al análisis de métodos para satisfacer las necesidades de la construcción; por ejemplo, acerca de si construir para una vida a largo plazo o para un uso a corto plazo temporal, con una reconstrucción posterior. También puede ayudar en la evaluación de las implicaciones a largo plazo, involucradas entre los diseños de sistemas alternativos, y en la evaluación de los diferenciales de costo entre la selección de material o componentes. Todos los costos futuros se deben llevar a un nivel común para que se logre una comparación significativa. En consecuencia, para tales estudios se requiere un conocimiento completo del valor actual neto, el flujo de efectivo o de caja descontado y el valor equivalente anual.

Cuando se analiza el intercambio en los estudios del ciclo de vida, es importante la técnica de comparación del costo por un valor equivalente anual, a una tasa estática de interés sobre un determinado período de amortización estático; se puede igualar una suma actual de dinero a un pago anual equivalente. Una buena decisión económica es hacer el gasto de esa suma ahora, para eliminar un gasto futuro mayor que el pago anual equivalente. Los estudios comparativos se concentran en elementos que generan gastos que no son semejantes; los elementos que tienen el costo comparativo más bajo son los que son más deseables.

Cuando se llevan a cabo estudios de costo de vida en instalaciones de construcción existentes, deben compararse los costos iniciales y futuros del sistema con los costos de operación futuros de la construcción existente. Para algunos elementos del costo, el buen juicio puede ser más útil que cálculos precisos. El buen juicio se aplicará a elementos tales como tasas de interés, vida útil, y tasas de inflación. La precisión se aplicará a los elementos de consumo de energía, y eficiencia de operación. Las tasas de interés deben predecirse con tanta exactitud como sea posible, ya que pueden surgir efectos significativos de una evaluación incorrecta, con independencia de los costos predichos de operación y mantenimiento. Las tasas de interés se predicen mediante el uso de la técnica del pronóstico matemático, ayudada por el conocimiento actualizado de la economía nacional y de la tasa principal de interés. También habrán de consultarse las predicciones financieras hechas por las revistas de economía y por instituciones financieras.

1.4.1. Costo del ciclo de vida en diseño

El costo del ciclo de vida es deseable en la etapa de diseño de un proyecto, ya que evalúa el verdadero impacto económico de los sistemas alternativos de construcción, y asegura unos gastos equilibrados. Puede resultar poco realista llevar a cabo el ejercicio para todos los capítulos constituyentes de un proyecto complejo. Cuando el tiempo o los presupuestos son restringidos, habrán de reconfirmarse los estudios en aquellas áreas en donde históricamente los costos han sido elevados en la operación, mantenimiento, y consumo de energía eléctrica.

El costo del ciclo de vida es más eficaz durante el diseño preliminar y conceptual, y deben tomarse las acciones apropiadas en ese momento, para lograr los resultados más efectivos en el costo. Las acciones que afectan el costo del ciclo de vida durante el proceso de construcción se muestra en la figura 1.4.1. En ésta también se indica que la acción que está más allá del diseño preliminar de un proyecto, es menos eficaz en el costo que la acción tomada en las fases conceptual o de diseño preliminar.

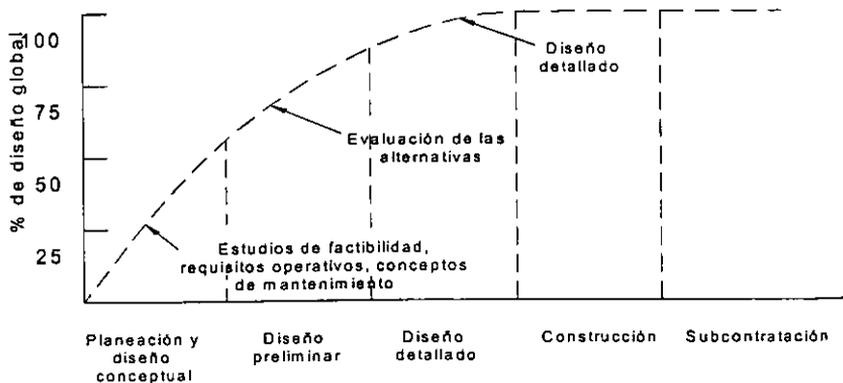


Fig. 1.4.1 Efectividad del diseño durante el costo de ciclo de vida

Antes de llevar a cabo un estudio del costo del ciclo de vida, el diseño debe estar lo suficientemente avanzado para permitir que se establezcan estimaciones realistas del costo.

El costo del ciclo de vida necesita del pronóstico de los gastos futuros y también, de los ingresos durante la vida económica de un proyecto. Para cada sistema alternativo bajo consideración, se proyectan y documentan los flujos futuros estimados de efectivo, de mantenimiento y modificaciones; luego, se descuentan las cifras hasta un valor actual y se suman al estimado del costo inicial para la comparación y selección directa. Los gastos del costo de ciclo de vida también pueden compararse sobre una base anual equivalente.

Las matemáticas implicadas en el cálculo del valor actual convierten todos los gastos presentes y futuros a un punto común en el tiempo, para saber los costos actuales. Con este método los costos iniciales de capital ya se expresan como un valor actual. Para analizar los costos adecuadamente, se debe dividir el proyecto de construcción en elementos reconocibles y llevarse a cabo el análisis sistemático para establecer cuál es el sistema que resulta más económico de introducirse en el proyecto. El marco para el análisis también es esencial para realizar estudios comparativos exactos. La figura 1.4.2. ilustra un método sistemático recomendado para un ejercicio del costeo del ciclo de vida. El marco de trabajo

PASOS

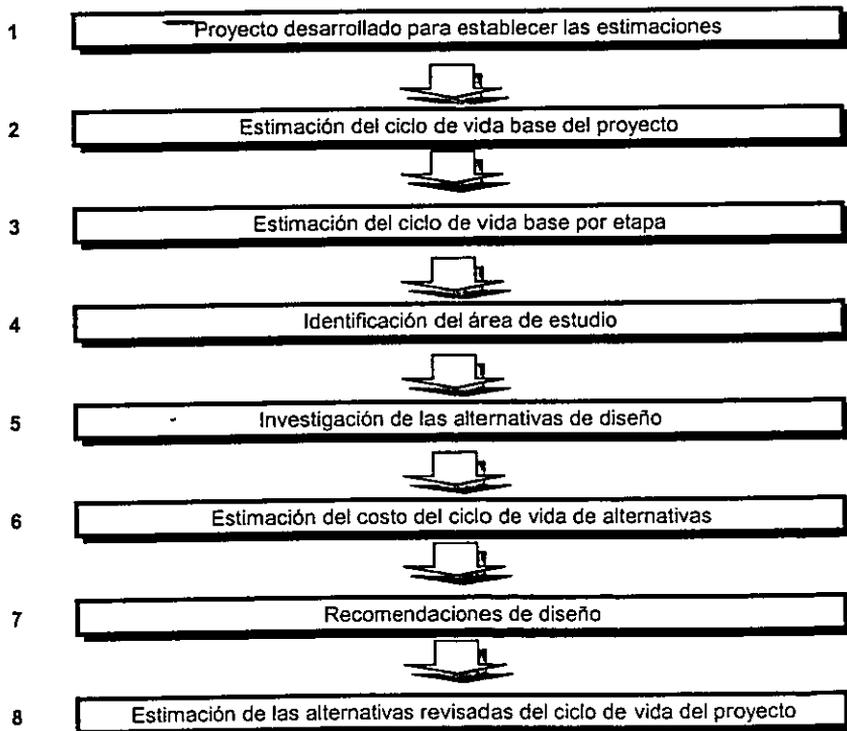


Figura 1.4.2 Método sistemático para un ejercicio del costo del ciclo de vida.

para el análisis variará, dependiendo del proyecto de ingeniería de construcción bajo estudio. Sin embargo, el formato debe identificar los sistemas y los subsistemas e indicar todos los gastos pertinentes, tales como costo inicial, reparaciones y mantenimiento, y costos de recuperación, calculados sobre una base común.

El objetivo correcto en seleccionar sistemas del proyecto, es que tengan los costos totales mínimos para que realicen la función requerida y que cuando se junten, formen el óptimo económico total del proyecto. Puesto que el propósito de la evaluación es determinar cual es la alternativa que proporciona el mejor valor para el dinero, los costos absolutos son menos importantes que los costos relativos.

Al seleccionar la solución de diseño para satisfacer una necesidad particular, los sistemas que muestran el costo del ciclo de vida más bajo, serán la primera elección, siempre y cuando se satisfagan todos los otros requisitos de rendimiento; sin embargo, consideraciones tales como el tiempo de entrega, tiempo de instalación, aspectos estéticos, condiciones de mantenimiento y preferencia del propietario, junto con influencias indirectas no económicas, amortiguarán el cambio de la selección del sistema con el ciclo de vida de costo más bajo.

1.4.2. Costo del ciclo de vida en construcción

Aunque los estudios del costo de ciclo de vida son más efectivos durante la etapa del plan de diseño o proyecto, aún hay lugar para la introducción de las técnicas en la parte de construcción.

Las convocatorias deben incluir instrucciones a los contratistas participantes a presentar, métodos, componentes y materiales alternativos que si se incorporan se obtiene un ahorro global en el costo del ciclo de vida. Muchos contratistas pueden no conocer la técnica y debe dárseles material explicativo para asegurar su participación. Será necesario analizar las ofertas en una forma más detallada que la práctica normal del análisis de la cotización. Una vez que se ha seleccionado el contratista, se le ofrecen cláusulas de contrato que especifican los beneficios que se acumularán para el contratista si durante la construcción se realizan mejoras adicionales en el costo del ciclo de vida, lo que animará su participación. Los contratistas deben recibir una parte de los ahorros que vendrán de la introducción de sus propuestas alternativas. Las sugerencias habrán de solicitarse formalmente por medio de proposiciones de cambio del ciclo de vida.

Los contratistas también se pueden beneficiar introduciendo métodos del costeo del ciclo de vida en su proceso de selección, cuando adquieran nueva construcción y equipo. Cualquier ahorro que se obtenga permitirá hacer ofertas futuras más competitivas.

Los ejercicios del costeo del ciclo de vida durante la construcción, son más efectivas cuando se lleva a cabo la obra bajo un contrato de obra por administración de la construcción.

Los métodos prácticos que se aplican en las áreas de la administración provisional de la construcción, tales como evaluación del proyecto o comprobación de los planos, o de los métodos de los contratistas, hacen posible identificar áreas en las que haya un costo del ciclo de vida eficaz en la construcción.

Es común en la adquisición o construcción de los edificios industriales, como almacenes y espacios de fabricación industrial ligero; que el propietario ponga a concurso y reciba ofertas sobre un proyecto y una construcción basadas en especificaciones de rendimiento. En este caso, es muy importante el analizar cuidadosamente las proposiciones que resulten, con el objeto de asegurarse que se adopte la proposición más económica. Aparte del análisis de la

oferta según su valor nominal, que se lleva a cabo como el procedimiento normal para revisar las ofertas competitivas, es necesario una evaluación del costo del ciclo de vida, para interpretar el verdadero impacto del costo de las alternativas.

En una licitación para concursar un diseño y un contrato de construcción, el contratista obviamente reducirá los costos con el fin de presentar una solución inicial económicamente más atractiva.

Una técnica perfectamente aceptable para calcular las comparaciones en el costo del ciclo de vida, es la del valor actual del costo analizado; pero muchos propietarios prefieren ver resultados año por año para tomar sus decisiones. Este criterio los ayudará relacionando las decisiones de la administración con las cuentas y presupuestos financieros anuales y racionalizando los períodos de recuperación.

1.4.3. Costo del ciclo de vida en mantenimiento, operación y reposición

Al evaluar las virtudes económicas de un proyecto o un sistema de inversión, invariablemente sólo se han estudiado los costos iniciales para proporcionar el servicio. Todos los otros costos han sido menospreciados en su mayoría, lo que conduce a los siguientes errores: el primero, es que los costos de operación y mantenimiento en las instalaciones grandes de construcción son significativos; segundo, las decisiones tomadas en las fases de diseño, construcción y contratación afectan severamente los costos en los que se incurre durante las fases de operación, mantenimiento y recuperación. Lo anterior se debe a que las partes interesadas con el diseño y la construcción no están relacionadas con las preocupaciones de aquellos que son responsables de operar la instalación.

Asimismo, los gastos hasta el momento de la contratación o subcontratación generalmente los hace un departamento y los que los efectúan después de la contratación son otro departamento. Por tanto, cada departamento sólo está interesado en minimizar su propia carga. Aun si forman parte de la misma empresa, se habrán de seguir y mantener presupuestos diferentes. Por tanto, el departamento responsable de diseño y construcción no está consciente de las cargas de operación y las responsabilidades del mantenimiento.

Conforme los costos de operación se vuelven desproporcionadamente altos, resulta claro que las categorías atribuidas al costo inicial de un proyecto tienen un gran efecto sobre dichos costos; por tanto, la administración del ciclo de vida tiene como objeto el intercambio y compensación entre los costos iniciales y los costos de operación. Cuando se analiza un sistema o proyecto, el objetivo de los estudios del ciclo de vida consiste en optimizar el costo total de poseer y utilizar activos físicos. En muchos casos, se toma una decisión con respecto a si reducir el costo inicial a riesgo de aumentar los gastos futuros, o aumentar los costos iniciales con el fin de reducir los gastos futuros.

El si es o no prudente incurrir en altos costos de instalación en favor de bajos costos de operación, o en bajos costos de instalación en favor de altos costos de operación, depende mucho de varios factores, tales como los presupuestos disponibles, las restricciones de ingeniería, las concesiones de capital, las tasas de interés y las utilidades.

En general, mientras más larga es la vida de una instalación de construcción, se justifica más un gasto inicial alto debido a que el costo de instalación se amortizará durante un período más largo, y por tanto, tiene más tiempo para que se pague a sí mismo. Cuando un proyecto tiene una vida corta, generalmente resulta valioso tener gastos iniciales bajos y aceptar costos de operación más altos.

Sin embargo, las decisiones de esta naturaleza habrán de basarse en cálculos firmes con respecto a las capacidades de ingeniería, pronósticos, estimaciones, análisis de costo - beneficio y análisis de sensibilidad. Tales métodos muestran las relaciones entre los costos iniciales y de operación de una construcción, estableciendo así los beneficios para el propietario. Equilibrando los dos, se pueden determinar los costos óptimos del propietario.

En los estudios del costo del ciclo de vida, es importante identificar la vida de un servicio por su vida económica en lugar de su vida física. A la terminación de su vida económica habrán de gastarse más fondos de capital en adaptar la instalación para un uso adicional. El cambio tecnológico puede ser que la predicciones de las alteraciones principales sean inapropiadas, cuando se lleve a cabo el estudio de ciclo de vida de un nuevo proyecto. Por supuesto, en algunos casos, el ciclo de vida de una instalación de construcción puede ser igual a su vida física.

La vida de la instalación de construcción debe examinarse como un todo, no tan sólo en términos de la esperanza de vida de un sistema o componente. Si un sólo capítulo o un sólo componente tiene una esperanza de vida más corta que la vida económica de la instalación entera, entonces habrá de ser remplazado durante la vida del proyecto de manera que la instalación pueda cumplir con su función; por tanto, tal remplazo se transforma en un costo de mantenimiento y debe considerarse como tal.

Los costos de mantenimiento y de operación de un sistema de ingeniería son más difíciles de establecer que los costos iniciales, ya que ocurren en forma continua durante toda la vida del proyecto e invariablemente, en momentos diferentes. Sin embargo, como el costo del ciclo de vida es en lo esencial una técnica para la comparación de los sistemas diseñados y la optimización de la propiedad, sigue siendo un ejercicio muy valioso, en tanto que sus predicciones se basen en los mismos criterios para cada condición que se estudia. Se puede ignorar la inflación general, excepto en donde los diferentes costos de operación y mantenimiento estén sujetos a diferentes tasas de inflación.

En los estudios del costo del ciclo de vida, se han experimentado dificultades para obtener costos históricos confiables, y costos actuales de operación y mantenimiento de los servicios en construcción. Sin embargo, cada vez se tiene disponible información más confiable debido a la mejor comprensión de los costos. El análisis del costo del ciclo de vida puede desempeñar un papel importante en el campo de la administración del mantenimiento de los activos físicos.

Es muy posible que en una construcción, el costo del mantenimiento no será uniforme durante la vida de la misma, sino que aumentará con la edad o mostrará una variación consistente con la utilización de la construcción. La tendencia del costo del mantenimiento de una obra tiene el siguiente comportamiento con los costos de mantenimiento; inicialmente muestra unos gastos de mantenimiento relativamente estables durante el rendimiento óptimo de la construcción. La fase final de la tendencia del costo de mantenimiento es la fase terminal, donde el trabajo de reparación aumenta exponencialmente hasta el punto de ser prohibitivo.

Esta tendencia acentúa la necesidad de un costo del ciclo de vida para reconocer cualquier patrón desigual del costo de mantenimiento. El aspecto más importante, es la necesidad de supervisar la fase terminal para decidir si disponer y remplazar un elemento e incluso la misma obra, debido a que al final de cuentas cuesta más mantenerla que remplazarla.

Estas últimas consideraciones son pertinentes para la administración de los activos físicos conforme la instalación se hace más antigua, reduciendo así su esperanza de vida potencial.

Cuando la vida económica de un proyecto comienza a terminar, debe ejercitarse un juicio cuidadoso antes de gastar más dinero en él. El criterio necesario para remplazar un componente de una obra es que los costos de operación, después del cambio, junto con los costos anuales equivalentes, deben ser menores que los costos de operación anual si no se hicieran los cambios.

Cuando la renovación de un componente proporciona beneficios adicionales, tales como reducir los gastos, entonces el valor de estos beneficios también debe incorporarse en los cálculos. Se considera que la esperanza de vida de una construcción disminuye gradualmente, con independencia de la amplitud del mantenimiento y del reacondicionamiento. Así mismo, mientras más dinero se gasta en el reacondicionamiento, más tiempo durará el activo y mayor será la disminución en el costo de mantenimiento.

El efecto probable de continuar los reacondicionamientos, da una tendencia en forma de curva de cortina sesgada. Esta tendencia también ilustra que los reacondicionamientos sucesivos pueden ser menos eficaces, en lo que respecta a impedir que los costos de mantenimiento se vuelvan prohibitivos, y la dudosa conveniencia de extender la vida física de un activo más allá de su vida económica.

El costeo del ciclo de vida, en la administración del mantenimiento, considera los gastos presentes y futuros en sistemas de proyectos dentro de una construcción existente que requieran de la operación y mantenimiento hasta la terminación de la vida económica de la obra.

Conforme se desgastan los sistemas y componentes, deben llevarse a cabo estudios comparativos para predecir el impacto de los gastos futuros en la disminución de eficiencia en los sistemas existentes, en tanto que se oponen a los costos de remplazo y operación que resultan de introducir un nuevo sistema más eficiente, con respecto al costo. Los valores actual neto o anual equivalente que resultan de los estudios del costo del ciclo de vida indicarán cuál es la alternativa que presenta la decisión más económica.

1.5. Evaluación económica

La evaluación económica mide básicamente, la rentabilidad de un proyecto; con ello, apoya la decisión posterior sobre la conveniencia de ejecutarlo. Por supuesto, el proyecto no es evaluado aisladamente, una parte del análisis debe compararse contra las ganancias de los recursos en proyectos alternativos. En otras palabras, la evaluación de cualquier inversión debe comparar su rentabilidad contra la de otras alternativas.

Una cartera de proyectos es otra aplicación de la evaluación económica; jerarquiza diferentes alternativas de inversión con base en la rentabilidad y sus interacciones con las condiciones de crédito, la tecnología, las restricciones legales, etcétera. Este ordenamiento permite, no sólo seleccionar los proyectos dentro del límite del capital disponible, sino también, los que cumplen restricciones ajenas aparentemente, a la rentabilidad económica.

En la comparación de proyectos deben considerarse las siguientes relaciones:

- 1) Independencia de los proyectos; si la realización de uno no impide la ejecución del otro y tampoco afecta los beneficios.
- 2) Sustitución; si los proyectos son sustitutos, son cuando la realización de uno reduce las posibilidades del otro, o si disminuye los beneficios.

- 3) Perfecta sustitución o mutua exclusión; cuando la realización de uno elimina la posibilidad de ejecutar el otro, o bien si la ejecución de uno anula los beneficios del segundo. Dos proyectos son excluyentes por tres motivos: primero, cuando cada uno por sí mismo agota el presupuesto disponible de inversión y por tanto, no deja dinero para realizar el otro; segundo, cuando cada uno requiere del mismo insumo, cuya oferta es fija, pero insuficiente para ambos; tercero, cuando ambos proyectos atienden la misma necesidad y por tanto, representan alternativas a un mismo problema.

Si todos los proyectos fueran independientes y no hubiera escasez de fondos para inversión, la comparación de los mismos sería una aplicación sencilla: escoger los más rentables, según los criterios elegidos.

1.5.1. Valor del dinero a través del tiempo

La palabra interés significa la renta que se paga por utilizar dinero ajeno, o bien la renta que se gana al invertir nuestro dinero. Puesto que estas dos situaciones se presentan en innumerables formas, es conveniente desarrollar una serie de fórmulas de equivalencia con las cuales se puede evaluar más exactamente, el rendimiento obtenido en una determinada inversión o el costo real que representa una determinada fuente de financiamiento.

Puesto que el dinero puede ganar un cierto interés cuando se invierte por un cierto período usualmente un año, es importante reconocer que un peso que se reciba en el futuro valdrá menos que un peso que se tenga actualmente. Es precisamente esta relación, entre interés y tiempo, lo que conduce al concepto del valor del dinero a través del tiempo. Por ejemplo, un peso que se tenga actualmente, puede acumular intereses durante un año, mientras que un peso que se reciba dentro de un año no nos producirá ningún rendimiento. Por consiguiente, el valor del dinero a través del tiempo significa que cantidades iguales de dinero no tienen el mismo valor, si se encuentran en puntos diferentes en el tiempo y la tasa de interés es mayor a cero.

1.5.2. Tasas de interés

La diferencia fundamental entre interés simple e interés compuesto, estriba en el hecho de que cuando se utiliza interés compuesto, los intereses a su vez generan intereses, mientras que cuando se utiliza interés simple los intereses son función únicamente del capital; el número de períodos y la tasa de interés.

La tasa financiera de interés i , es la expresión numérica de lo que el acreedor y el deudor consideran como costo del dinero e interés; este monto adicional o rédito que paga un particular a una entidad financiera, por recibir de ella un préstamo, no sólo es el costo del dinero sino también el costo de la incertidumbre. Ambas cantidades, préstamo e intereses, deben pagarse en un período o plazo acordado, n .

Para cada suma presente de dinero P , puede haber un monto futuro F que nominalmente, es mayor pero financieramente equivale a recibir P ahora, o sea P más el interés correspondiente; por eso hay equivalencia o igualdad financiera entre la cantidad presente y la futura.

Cabe destacar que la tasa de interés i , es utilizada generalmente como una tasa anual, pero puede calcularse con cualquier otro período. Si la tasa de interés es simple, el rédito es pagado únicamente sobre el capital; el monto originalmente pactado P y los intereses acumulados no generan interés, por lo que son tratados como un monto retirado al final de

cada período. En contraste con la tasa de interés simple, la compuesta, considera intereses sobre los intereses acumulados, no únicamente sobre el principal.

1.5.3. Índice de rentabilidad

Existen tres procedimientos que comparan los flujos de efectivo a cantidades equivalentes a cualquier punto del tiempo, los cuales son los siguientes: método del valor anual equivalente, método del valor presente y método de la tasa interna de retorno.

Los tres métodos son equivalentes, es decir, si un proyecto de inversión es analizado correctamente con cada uno de los métodos, la decisión recomendada será la misma. La selección de cuál método usar, dependerá del problema que se vaya a analizar, de las preferencias del analista y de cuál arroja los resultados en una forma que sea fácilmente comprendida por las personas involucradas en el proceso de toma de decisiones.

A continuación veremos el método del valor presente; el propósito de esta parte del capítulo es mostrar un panorama de lo que es el método, sus principales usos y su significado.

El método de valor presente, es uno de los criterios económicos más ampliamente utilizados en la evaluación de proyectos de inversión. Consiste en determinar la equivalencia, en el tiempo cero, de los flujos de efectivo futuros que genera un proyecto y comparar esta equivalencia con el desembolso inicial. Cuando dicha equivalencia es mayor al desembolso inicial, entonces, es recomendable que el proyecto sea aceptado.

Para comprender mejor la definición anterior, a continuación se muestra la fórmula utilizada para evaluar el valor presente de los flujos generados por un proyecto de inversión.

$$VPN = S_0 + \sum_{t=1}^n St / (1 + i)^t$$

donde:

VPN = Valor presente neto.

S₀ = Inversión inicial.

S_t = Flujo de efectivo neto del período t.

n = Número de período de vida del proyecto.

i = Tasa de recuperación mínima atractiva.

La fórmula anterior, tiene una serie de características que la hacen apropiada para utilizarse como base de comparación, capaz de resumir las diferencias más importantes que se derivan de las diferentes alternativas de inversión disponibles. Primero, la fórmula anterior considera el valor del dinero a través del tiempo al seleccionar un valor adecuado de i. Cabe mencionar que algunos autores utilizan como valor de i, el costo de capital (ponderado de las diferentes fuentes de financiamiento que utiliza la empresa) en lugar de TREMA (tasa de recuperación mínima atractiva). Sin embargo, existen algunas desventajas al usar como valor de i, el costo de capital. Algunas de estas desventajas son: difícil de evaluar y actualizar; puede conducir a tomar malas decisiones puesto que al utilizar el costo de capital, proyectos con valores presentes positivos cercanos a cero, serían aceptados. Sin embargo, es obvio que estos proyectos en general no son muy atractivos; por otra parte, el utilizar como valor de i

la TREMA, tiene la ventaja de ser establecida muy fácilmente, además es muy fácil considerar en ella factores tales como el riesgo que representa un determinado proyecto, la disponibilidad de dinero de la empresa y la tasa de inflación prevaleciente en la economía nacional.

Además de la característica anterior, el método del valor presente tiene la ventaja de ser siempre único, independientemente del comportamiento que sigan los flujos de efectivo que genera el proyecto de inversión. Esta característica del método del valor presente, lo hace ser preferido para utilizarse en situaciones en que el comportamiento irregular de los flujos de efectivo, origina el fenómeno de tasas múltiples de rendimiento.

Sería conveniente mostrar la metodología a seguir, cuando se quiere seleccionar una alternativa entre varias mutuamente excluyentes. Para esta situación existen varios procedimientos equivalentes, es decir, la decisión final a la cual se llega con cada uno de ellos es la misma, estos procedimientos son: valor presente de la inversión total y valor presente del incremento de la inversión.

Puesto que en el valor presente de la inversión total, el objetivo en la selección de estas alternativas es escoger aquella que maximice el valor presente, las normas de utilización de este criterio son muy simples. Todo lo que se requiere hacer, es determinar el valor presente de los flujos de efectivo que genera cada alternativa y entonces, seleccionar aquella que tenga el valor presente máximo. Sin embargo, conviene señalar que el valor presente de la alternativa seleccionada deberá ser mayor a cero, ya que de esta manera el rendimiento que se obtiene es mayor al interés mínimo atractivo.

1.5.4. Tasa Interna de retorno

Otro parámetro en la toma de decisiones sobre los proyectos de inversión, es la tasa interna de retorno (TIR), definida como la tasa de interés que iguala el VPN del flujo esperado de ingresos, con los costos del proyecto; es decir, indica la tasa de interés de oportunidad con la que el proyecto apenas será aceptable; para cualquier tasa de interés de oportunidad por encima de la TIR, el VPN va a ser negativo. Entonces, la TIR es un valor crítico de la tasa de interés de oportunidad, al ser una incógnita cuya solución señala la tasa de rentabilidad, generada por el saldo no recuperado, de los fondos invertidos del proyecto; es decir, mide la rentabilidad del dinero mantenido dentro del proyecto. El criterio de decisión, con base en este parámetro es:

Si la TIR es mayor a la tasa de interés de oportunidad, el retorno del proyecto compensa el costo de oportunidad del dinero y además, genera un rendimiento adicional, el proyecto es una inversión rentable.

En cambio, si la TIR es menor a la tasa de interés de oportunidad, el beneficio del proyecto no compensa el costo de oportunidad; por ello, no es atractivo.

Si la TIR es igual a la tasa de interés de oportunidad, es indiferente el proyecto respecto a las alternativas financieras.

El cálculo de la TIR puede ser un proceso complicado si la vida útil del proyecto es mayor a dos años.

En todos los criterios de decisión, se utiliza alguna clase de índice, medida de equivalencia o base de comparación, capaz de resumir las diferencias de importancia que existen entre las alternativas de inversión. Es importante distinguir entre criterio de decisión y una base de

comparación; esta última es un índice que contiene cierta clase de información sobre la serie de ingresos y gastos a que da lugar una oportunidad de inversión.

La tasa interna de retorno, como se le llama frecuentemente, es un índice de rentabilidad ampliamente aceptado. Está definida como la tasa de interés que reduce a cero el valor presente, el valor futuro o el valor anual equivalente de una serie de ingresos y egresos; es decir, la tasa interna de retorno de una propuesta de inversión, es aquella tasa de interés que satisface cualquiera de las siguientes ecuaciones.

$$\sum_{t=0}^n St / (1 + i^*)^t - 0$$

$$\sum_{t=0}^n St (1 + i^*)^{n-t} - 0$$

$$\sum_{t=0}^n St / (P/F, i^*, t) (A/P, i^*, n) - 0$$

Donde:

St = Flujo de efectivo neto del período t .

n = vida de la propuesta de inversión.

En la mayoría de las situaciones prácticas es suficiente considerar el intervalo, menos uno es menor a i y ésta es menor al infinito, como ámbito de la tasa interna de retorno, ya que es muy poco probable que en un proyecto de inversión se pierda más de la cantidad que se invirtió.

En términos económicos, la tasa interna de retorno representa el porcentaje o la tasa de interés que se gana sobre el saldo no recuperado de una inversión. El saldo no recuperado de una inversión en cualquier punto del tiempo de la vida del proyecto, puede ser visto como la porción de la inversión original que aún permanece sin recuperar en ese tiempo.

Una de las equivocaciones más comunes que se cometen con el significado de la TIR, es considerarla como la tasa de interés que se gana sobre la inversión inicial requerida por la propuesta. Sin embargo, lo anterior es correcto solamente en el caso de propuestas cuyas vidas sean de un período.

En conclusión, de las ideas presentadas en esta sección, surge el significado fundamental de la TIR: tasa de interés que se gana sobre el saldo no recuperado de una inversión, de tal modo, que el saldo al final de la vida de la propuesta es cero.

Con el método de la tasa interna de retorno, es necesario calcular la tasa de interés que satisfaga cualquiera de las ecuaciones mencionadas y compararla con la tasa de recuperación mínima atractiva (TREMA). Cuando la tasa de interés sea mayor a la TREMA, conviene que el proyecto sea emprendido.

El método de la tasa interna de retorno y el método explicado anteriormente, son equivalentes; es decir que para un mismo proyecto, con cada uno de estos métodos se llegaría a la misma decisión.

En la evaluación de proyectos mutuamente excluyentes por el método de la TIR, existen dos principios que se deben tomar muy en cuenta, estos principios son los siguientes:

- 1) Cada incremento de inversión debe ser justificado, es decir, la alternativa de mayor inversión será la mejor siempre y cuando, la tasa interna de retorno del incremento en la inversión sea mayor a la TREMA. Solamente se puede comparar una alternativa de mayor inversión con una de menor inversión, si ésta ya ha sido justificada.
- 2) El criterio usual de selección al utilizar este método, es escoger el proyecto de mayor inversión para el cual todos los incrementos de inversión fueron justificados. Debe ser notado que cuando el método de la TIR es utilizado, seleccionar el proyecto de mayor TIR podría conducir a decisiones sub-óptimas; con el criterio de decisión anterior, se está tratando de maximizar la cantidad de dinero en términos absolutos, en lugar de maximizar la eficiencia en la utilización del dinero.

La aplicación del criterio de selección que se recomienda utilizar con el método de la TIR, implica determinar la tasa interna de rendimiento del incremento de inversión. Esta tasa de rendimiento puede ser encontrada por cualquiera de las siguientes alternativas: encontrar la tasa de interés para la cual los valores anuales equivalentes de las dos alternativas son iguales; encontrar la tasa de interés para la cual los valores presentes de las dos alternativas son iguales, o encontrar la tasa de interés por la cual, el valor presente del flujo efectivo neto de la diferencia entre las dos alternativas es igual a cero.

La mayoría de las propuestas de inversión que son analizadas en una empresa, consisten de un desembolso inicial o una serie de desembolsos iniciales, seguidos por una serie de ingresos positivos. Para estas situaciones, como más adelante se verá, la existencia de una sola tasa interna de retorno facilita grandemente el proceso de toma de decisiones. Sin embargo, no todas las propuestas de inversión generan flujos de efectivo de este tipo. Para algunas propuestas, los desembolsos requeridos no están restringidos a los primeros períodos de vida de la inversión. Por consiguiente, es posible que en los flujos de efectivos netos existan varios cambios de signo. Para estos casos, es posible que la propuesta presente el fenómeno de tasas múltiples de retorno.

Es indudable que la discusión de proyectos con tasa múltiples de rendimiento, aumentará el entendimiento que se tiene del método de la TIR. Por consiguiente, en esta sección se describe y explica un método que se recomienda usar cuando la propuesta posee múltiples tasas de retorno.

Se debe reconocer que existen algunos proyectos para los cuales no existe tasa interna de retorno. Generalmente, los casos más comunes de este tipo son los proyectos para los cuales se conocen solamente los egresos; para este caso, no es posible determinar la tasa interna de retorno de cada proyecto en forma individual. Sin embargo, como ya se explicó si es posible aplicar el método de la TIR en una forma incremental al análisis y evaluación de proyectos mutuamente excluyentes, donde solamente los gastos son conocidos.

Porque es deseable y fácil analizar las propuestas con una sola tasa interna de retorno, es necesario conocer las condiciones que se tienen que cumplir para que se garantice la existencia de una sola tasa de retorno. Se puede decir por norma general, que toda propuesta de inversión cuyos desembolsos ocurran en los primeros periodos de su vida, y los ingresos en los periodos posteriores y además, se cumpla que la suma absoluta de los ingresos es mayor que la suma absoluta de los egresos, la propuesta tendría una sola tasa interna de retorno.

La aplicación del algoritmo de James C. T. Mao, requiere que los proyectos sean clasificados en ciertas categorías; ésta clasificación permite visualizar más rápidamente a aquellos proyectos que presentan el fenómeno de tasas múltiples de rendimientos.

Las inversiones en general, pueden ser clasificadas de acuerdo con el diagrama mostrado en la figura 1.5.1. En este diagrama se puede observar que las inversiones pueden ser de dos tipos: simples y no simples. En los flujos de efectivo de las inversiones simples, solamente puede haber un cambio de signo; con esto, se garantiza la existencia de una sola tasa interna de retorno. Por el contrario, en los flujos de efectivo de las inversiones no simples, pueden existir varios cambios de signo. Las inversiones no simples a su vez, se subdividen en dos tipos: inversiones puras e inversiones mixtas. De estos tipos de inversión, las que presentan el problema de tasa múltiples de rendimiento son las inversiones mixtas; debe ser notado que aunque las inversiones puras tienen varios cambios de signo en sus flujos de efectivo, éstas solamente tienen una sola tasa interna de retorno.

La distinción entre inversiones simples y no simples es muy sencilla, basta con determinar el número de cambios de signo en flujo de efectivo de la inversión. Sin embargo, la clasificación de las inversiones no simples, en puras y mixtas, es más difícil de visualizar. No obstante esta dificultad, se han desarrollado dos criterios que resuelven este problema.

Con el primer criterio, una inversión pura está definida como una inversión, en la que los saldos no recuperados, evaluados con la tasa interna de retorno de la inversión son negativos o ceros a través de la vida de la propuesta. Por consiguiente, una inversión es pura si, y sólo si, $F_t(i)$ es menor a cero para $t = 0, 1, 2, \dots, n-1$; por el contrario una inversión mixta es un proyecto para el cual $F_t(i)$ mayor o igual a cero para algunos valores de t y $F_t(i)$ mayor o igual a cero para el resto. Para las inversiones puras si podemos hablar de su tasa interna de retorno, mientras que para las mixtas el rendimiento obtenido tiende a variar con la TREMA de la empresa.

La utilización de la TIR tiene una gran ventaja al no existir ningún valor específico para la tasa de interés de oportunidad, más bien tratada como una incógnita, donde no hay claridad sobre el valor de la tasa de interés de oportunidad. El cálculo de la TIR facilita el análisis, pues determinando si la tasa relevante es mayor o menor a la TIR, ya no es necesario un valor preciso de la tasa de interés, sino más bien, el rango de ella.

Una gran desventaja es la dependencia del comportamiento de la TIR respecto de la composición del flujo de fondos del proyecto; algunos flujos de fondos no tienen solución para la TIR; en otros casos, hay una solución o bien múltiples soluciones.

Otra desventaja de la TIR, ocurre en la comparación de alternativas excluyentes o para el ordenamiento de proyectos independientes; en tales aplicaciones, los criterios de la TIR y el VPN pueden ser inconsistentes entre sí.

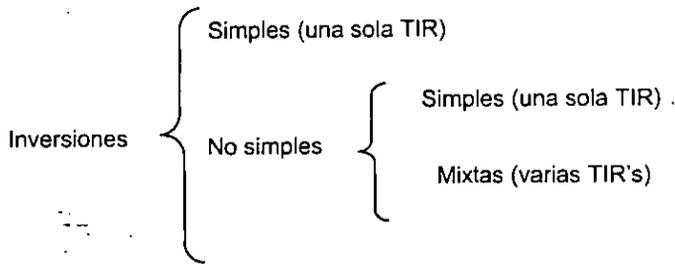


Fig. 1.5.1. Clasificación de las inversiones

1.5.5. Costo - beneficio

Este método de evaluación toma en cuenta el valor del dinero a través del tiempo, pero sus aplicaciones son un poco distintas de la evaluación de los proyectos.

El método de la relación beneficio / costo (RBC), se utiliza para evaluar las inversiones gubernamentales o de interés social. Tanto los beneficios como los costos no se cuantifican como se hace en un proyecto de inversión privada, sino que se toman en cuenta criterios sociales. Se aplican para evaluar inversiones como escuelas públicas, carreteras, alumbrado público, drenaje, etcétera.

La evaluación social de proyectos, consiste en comparar los beneficios con los costos que dichos proyectos implican para la sociedad, es decir, consiste en determinar el efecto que el proyecto tendrá sobre el bienestar de la sociedad.

Los beneficios que ocurren en la situación con proyecto, pero que no ocurren en la situación sin proyecto optimizada, son los beneficios atribuibles al proyecto y lo mismo sucede con los costos.

Se considera como costo de usar un insumo, el valor que se pierde por usar el insumo en el proyecto, en lugar de usarlo en la mejor alternativa posible fuera del proyecto.

El valor asignable a un beneficio no puede ser mayor al menor costo de obtener el mismo beneficio por una vía alternativa.

El valor asignable a un costo no puede ser mayor que el menor costo de evitarlo por una vía alternativa.

Los criterios para la toma de decisiones, con base en la relación beneficio costo (RBC), son los siguientes:

- Si RBC es mayor a uno, se acepta el proyecto, el valor presente de los beneficios es mayor que el de los costos.
- Si RBC es menor a uno, se rechaza el proyecto.
- Si RBC es igual a uno, es indiferente realizar o rechazar el proyecto; los beneficios netos apenas compensan el costo de oportunidad del dinero.

Una RBC igual a uno no significa que no haya beneficios, sino que éstos apenas alcanzan a compensar el costo de oportunidad de las alternativas de inversión. Es equivalente realizar el proyecto, o bien invertir a la tasa de interés de oportunidad.

2. PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN.

2.1. Identificación de necesidades y estudios preliminares.

2.1.1. Necesidades del servicio.

El desarrollo de un proyecto es un proceso cíclico que permite satisfacer las necesidades totalmente, repitiendo el procedimiento de transformación las veces que sean necesarias hasta alcanzar la meta deseada, como se ilustra en la figura 2.1.1.

Por tanto, la identificación de necesidades es el primer elemento de un proyecto y quizá el más importante ya que validará o no las soluciones que se vayan obteniendo en el resto de las etapas del ciclo de vida de un proyecto.

Un estudio de mercado o una tendencia identificada por un ingeniero, son el punto inicial de un proyecto. Es importante, cuantificar estas necesidades porque la ingeniería está sometida a un criterio económico, y una falsa identificación puede traer consigo soluciones que no satisfagan las necesidades reales del consumidor, provocando algún fracaso económico.

Por tanto, cuando se planea una obra de edificación habrá que identificar entre otras las siguientes preguntas:

¿Qué uso se dará a la obra?

¿Cuál será su ubicación?

¿Qué infraestructura requerirá?

¿Cuál será el límite de la inversión?

¿Qué requisitos de innovación tecnológica habrá que cubrir?

¿Qué otras necesidades tiene el cliente?

El conjunto de necesidades detectadas, llevará a una definición del problema que se pretende solucionar. Se dice que en la ingeniería la definición es el 90% del problema, ya que la correcta definición asegura un buen inicio del proyecto y evita problemas posteriores.

Un ejemplo de una definición para un proyecto de edificación sería el siguiente:

Se desea una obra de edificación tipo torre, de aproximadamente 140 000 m² de construcción con uso de oficinas en sus niveles superiores, con áreas destinadas a locales comerciales y a estacionamiento, ubicado en la Zona Metropolitana de la ciudad de México y que se considere ejemplo de la arquitectura internacional del siglo XXI, así como una escultura prototipo del Paseo de la Reforma.

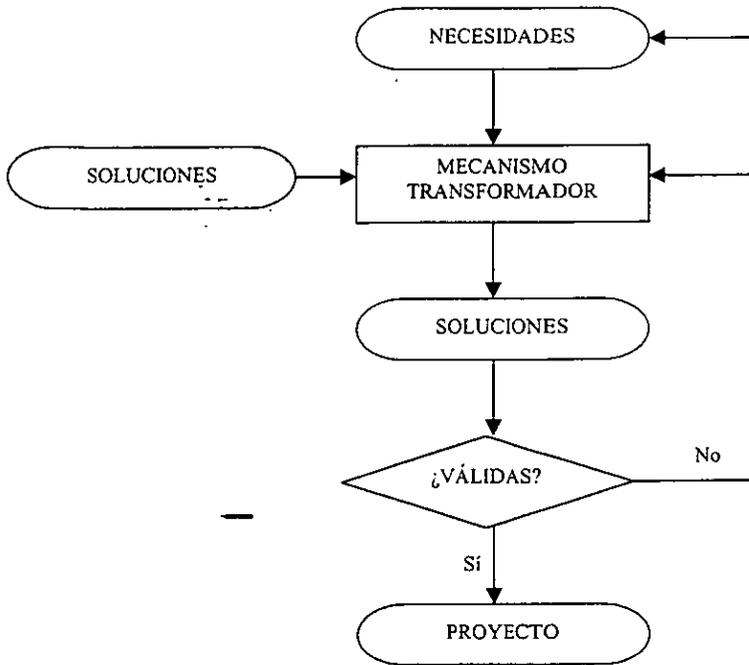


Figura 2.1.1 Proceso para el desarrollo de un proyecto

2.1.2. Establecimiento del equipo de trabajo y alianzas entre empresas.

a) Establecimiento del equipo de trabajo.

En todo proyecto, es necesario establecer un orden sistemático de los distintos pasos que hay que efectuar. Este orden permite un trabajo más eficiente, a la vez que resultados que satisfagan las necesidades establecidas dentro de los límites más exigentes.

Cada uno de los pasos de la metodología, es una unidad semi-independiente que tiene su propia vida y su personal especializado para efectuarlo.

En los grandes proyectos, existe un equipo administrador que controla todo el desarrollo del proyecto y que pide la colaboración de los especialistas cuando ésta es necesaria. Es imprescindible tener en mente que en este tipo de proyectos, el equipo administrador está en contacto con cada etapa.

De acuerdo con algunos autores en ingeniería de proyectos, se puede dividir el ciclo de vida del proyecto en dos ciclos:

Un ciclo primario, dividido en las etapas de estudio de viabilidad, proyecto preliminar y diseño final detallado. En estas etapas, se lleva el proyecto desde el punto en que se establecen las necesidades, hasta una serie de planos y especificaciones que permiten construir el proyecto.

Un ciclo secundario, llamado ciclo de consumo-producción. En este ciclo, se parte del diseño detallado y se examina la manera más adecuada de producirlo, distribuirlo, lograr su consumo efectivo y para retirarlo de circulación una vez que se han vislumbrado nuevas necesidades.

Aunque la tendencia actual tiende a considerar el ciclo del proyecto completo y con una interacción muy estrecha en todas sus etapas, la anterior subdivisión da una idea clara de la necesidad de la integración de grupos de trabajo para desarrollar las diferentes etapas, y muestra que será más necesaria a medida que sea más complejo el proyecto.

El equipo de proyecto de una obra de edificación, de manera enunciativa, quedaría integrado por:

- Cliente
- Director de proyecto
- Consultores de diseño
- Consultores especialistas
- Gerente de construcción

Nota: No se mencionan equipos para las etapas de operación y mantenimiento, por rebasar el alcance de este trabajo.

Cada equipo del proyecto, deberá designar un gerente o representante que tenga responsabilidad y experiencia para dirigir sus disciplinas respectivas, y tenga autoridad para tomar decisiones.

b) Alianzas entre empresas

En los últimos años, uno de los fenómenos más importantes en el ámbito mundial en el crecimiento de empresas, es sin duda la formación de grupos. Un ejemplo claro son los E.U.A. donde de 6 millones de compañías, que agrupándolas en sólo 10 de las más grandes tienen el 21% del mercado; en 20 de las más grandes el 33%; en 50 de las más grandes tienen el 43%; en 500 de las más grandes tienen el 65% y en 1000 de las más grandes tienen el 72%, dejando únicamente el 28% restante a 5,999,000 empresas.

Cabe hacer notar que la reglamentación fiscal en E.U.A., permite balancear las pérdidas y/o utilidades de un grupo "Holding" y que la empresa "Controladora" en la República Mexicana no lo permite; por tanto, esta tendencia en nuestro país se viene desarrollando con menor velocidad.

La creación de alianzas estratégicas para el desarrollo de un proyecto, se basan en la búsqueda de asociaciones con las que se puedan lograr ventajas competitivas que las empresas no alcancen por sí mismas por lo menos en el corto plazo, y muchas veces debido al grado de especialización o al énfasis competitivo que tienen.

Habrá que tomar en cuenta que en las alianzas estratégicas, como en cualquier otro tipo de asociación, existen riesgos que se deben minimizar o prever analizando las fortalezas o debilidades, así como las oportunidades y amenazas en torno de la alianza. Éstas pueden ser entre otras:

Ventajas:

- Se crea una sinergia al combinar lo mejor de las empresas

- Se tienen mayores oportunidades al compartir los riesgos
- Se logra la ventaja sobre la competencia sin invertir demasiado
- Se mejora el posicionamiento en el mercado al incursionar en nuevos servicios, que se refleja en incrementos de ventas, acceso a nuevos mercados, nuevos canales de distribución y contacto más directo con los clientes
- Se consiguen aportaciones de capital para el desarrollo de tecnologías
- Se aprovecha la experiencia del socio en cierto servicio en particular

Desventajas:

- La tecnología derivada de una alianza, salvo que se proteja adecuadamente, podría utilizarse en el futuro por uno de los socios para su beneficio o en alianza con alguno de los principales competidores
- Cuando se crea una alianza, está basada en la complementación de las debilidades de la otra parte; cuando desaparecen esas debilidades, puede desaparecer también la alianza
- Cuando se crea una alianza y se diseñan las estrategias para su operación, su éxito dependerá de los administradores encargados de la operación práctica. Si fallan, la alianza desaparecerá

En la industria de la construcción y en particular para obras de edificación tenemos ejemplos claros de alianzas estratégicas exitosas, como lo están siendo en la actualidad la alianza de ICA- Flour Daniel y la de Geo, con una empresa texana.

2.1.3. Estudios preliminares.

Una vez que se han establecido las necesidades y definido un problema, el siguiente paso para el desarrollo de un proyecto es la búsqueda de información.

La información que se considera necesaria, tiene como fin el crear un acervo de datos que puedan ser útiles para las etapas posteriores del proyecto.

Además de recopilar todos aquellos datos que son necesarios para los estudios de evaluación y para diseño, es necesario investigar aquellos que servirán para la manifestación del impacto ambiental.

A) Antecedentes prediales

Los antecedentes prediales tienen como objetivo realizar un estudio de los elementos naturales que de alguna manera, influirán en la construcción: Entre los principales que deberán considerarse están los vientos, el clima, temperaturas máxima y mínima, la precipitación pluvial y su periodo, y por último, la sismicidad.

A.1) Vientos dominantes

La situación climática de un edificio estará definida por los vientos dominantes y el asoleamiento; por ello, en todo proyecto se deberá hacer el estudio correspondiente. Los vientos dominantes influirán en el clima propio del edificio, a menos que esté acondicionado artificialmente.

A.2) El clima

Además de la temperatura, la humedad, las precipitaciones atmosféricas y los vientos, se deberá considerar el asoleamiento, fenómeno que influye en la mayoría de los otros fenómenos, sobre todo en la técnica de la construcción y en la elección de los materiales, instalaciones y tipos de cerramientos. Un análisis previo del asoleamiento, servirá para orientar debidamente el edificio y para utilizar elementos especiales de regulación de la entrada del sol, por medio de aleros y volados, aislamientos mediante pantalla o celosía, etc. De especial interés es conocer el grado de salinidad del ambiente, ya que influirá de manea decisiva en el comportamiento de los materiales en que se base la estructuración de los mismos.

A.3) Temperaturas máximas y mínimas

El empleo de la vegetación es básico, para lograr una temperatura agradable en climas cálidos o en templados con tendencias a cálidos, sobre todo si son secos (en los climas fríos se limita a tener una protección contra los vientos). Los árboles refrescan la atmósfera por medio de la evaporación que se produce a través de las hojas; además, sirven para moderar la intensidad de los vientos.

A.4) Precipitación pluvial

Las precipitaciones pluviales, llegan a dañar las construcciones si no se emplean los materiales y el sistema constructivo adecuado o si no se cuenta con protección mediante sistemas de impermeabilización, aplicados correctamente por personal calificado para evitar humedad del terreno y en la cubierta de los edificios.

A.5) Sismicidad regional y local

La caracterización sísmica de la zona donde se ubicará el edificio cobra un papel muy importante, sobre todo en un país como el nuestro por su alta sismicidad. Será necesario investigar en la documentación existente de las dependencias de gobierno, o realizar los estudios pertinentes para hacer las consideraciones de diseño que marcan los reglamentos y asegurar que la respuesta del edificio sea adecuada ante los eventos de esta naturaleza.

B) Localización

Para fines de planeación, la localización del predio debe de hacerse desde un nivel macro o regional, hasta una ubicación específica.

B.1) Localización en la ciudad

La localización en la ciudad deberá hacerse para estudiar los principales accesos que comunican con el predio, lo que ayudará a identificar las rutas para suministro de los recursos desde las fuentes de abastecimiento, así como de los tiempos y costos de transporte de los mismos.

B.2) Localización en la zona

En la localización en la zona, se deberán identificar los principales servicios públicos existentes, tales como: red de agua potable, red de alcantarillado, infraestructura eléctrica y de alumbrado público, red telefónica, etc. También será necesario verificar el uso de edificaciones vecinas como escuelas, mercados, cines, etc.

B.3) Localización en la manzana

En el plano de manzana se deberán verificar las calles que la limitan, así como acotar la anchura de éstas e indicar los predios colindantes con el terreno, su tipo de construcción, medidas, alturas, etc.

C) Estudio de colindancias

En los edificios colindantes, se debe de estudiar el tipo de cimentación y estructuración así como su estado. Si se hallaran cuarteaduras o desperfectos en éstos, será necesario investigar las causas que produjeron dichas fallas. Para evitar problemas durante la fase de construcción del proyecto, antes de iniciarla será necesario levantar un censo del estado de las construcciones vecinas, generalmente con fotografías, y levantar el acta notarial correspondiente.

Se deben rectificar las medidas del predio por desplomes de las construcciones vecinas, que afecten el terreno donde se construirá.

D) Estudios del predio

Se deberán realizar los trabajos topográficos necesarios para conocer las medidas del predio indispensables para el proyecto, tales como la delimitación y configuración del terreno.

Se deberán ubicar la cota de la toma de agua y de la conexión del drenaje.

En el predio, se deberá revisar la ubicación de las coladeras de calle, los postes de luz, teléfono, vialidad y ornato; las posiciones de árboles y su dimensión; la trayectoria de las líneas de teléfono y energía eléctrica, así como de tuberías de gas o cualquier otra instalación subterránea.

Se deberá ver si el terreno tiene alguna construcción antigua como locales de habitación, pozos en patios, cimientos, tuberías, etc. Los cuales habrán de demolerse y extraerse.

E) Estudios geotécnicos

Es evidente que para que una estructura ofrezca seguridad y trabaje correctamente, ha de llevar una cimentación adecuada. Entre las principales dificultades que se enfrentan en un proyecto de edificación, tanto en las etapas de diseño como de construcción, es la de recabar los datos que, en primer lugar, sirvan principalmente para el diseño y la selección del tipo de cimentación adecuada para la estructura que va a soportar, ya que no serán los mismos para un proyecto de casa-habitación que para un edificio de grandes dimensiones, como un hospital o un rascacielos; además, todos estos datos servirán para hacer recomendaciones al equipo encargado de la construcción durante la ejecución de la obra.

E.1) Exploración del subsuelo

Conocer el terreno, de cualquier manera, es algo que se requiere siempre para cualquier obra de edificación. La investigación puede ser, desde un simple examen superficial, con o sin pozos a cielo abierto, hasta un detallado estudio del comportamiento mecánico del suelo y del nivel de aguas freáticas a profundidades considerables, por medio de sondeos y pruebas en el terreno y en el laboratorio, de muestras obtenidas. De este modo, el proyecto resultará económico, al estar fundamentado en un adecuado conocimiento previo de las condiciones del terreno.

Al interpretar los datos obtenidos, al proyectista le interesará principalmente definir la capacidad de carga del suelo, sus asentamientos durante la vida útil de la edificación y en

algunos casos, será necesario conocer las características de permeabilidad (flujo de agua). Para el ingeniero constructor, la característica fundamental a definir, es la dificultad de manejar el material del terreno durante la construcción.

E.2) Análisis de la capacidad de carga

La capacidad de carga, es la máxima carga que puede aplicarse al suelo sin producir la falla; en donde la falla puede ser, rotura del suelo o deformación excesiva del mismo.

La mayoría de las fallas de cimentación, se debe al asentamiento excesivo, a tal grado que la estructura pierde su funcionalidad. Son menos frecuentes las fallas por resistencia al corte del suelo, pues desde este punto de vista se aplican márgenes de seguridad amplios.

E.3) Compresibilidad de los suelos

Toda masa de suelo, al someterla a un incremento de carga, se comprime y deforma, pudiendo ocurrir la deformación a corto o largo plazo, o bajo ambas condiciones.

La deformación a corto plazo es de tipo elástico, y se presenta inmediatamente después de aplicar la carga. Se le denomina deformación o asentamiento elástico inmediato. La deformación a largo plazo, es debida a cargas de larga duración que producen la consolidación del terreno de cimentación.

Cuando un terreno es descargado, las deformaciones serán ascendentes, denominándose, de manera similar, expansiones a corto y a largo plazo, aunque esta última en general es de pequeña magnitud.

E.4) Control de filtraciones

El agua que se filtra en el terreno, suele ser uno de los problemas de mayor dificultad en los trabajos para el desplante de obras de edificación. En el caso de una arena limpia, el agua freática tenderá a fluir hacia la excavación, dificultando grandemente o imposibilitando, el proceso de excavación. Un flujo elevado puede causar erosión y colapso de los lados de la excavación o inestabilidad de la base, por filtración ascendente en excavaciones tablaestacadas.

Por lo anterior será necesario en primera instancia investigar el nivel de aguas freáticas, para posteriormente, elegir el método más adecuado para abatirlo.

2.2. Programa de ejecución.

Para obtener un programa confiable, debe dividirse al proyecto en sus actividades constituyentes. Luego, se estiman las duraciones de las actividades y se ordenan en su secuencia tecnológica, para que formen una red a partir de la cual se obtiene el programa.

La planeación global de un proyecto complicado, requiere un ajuste adicional de la red para que proporcione un sistema de proyecto para la administración.

Una consideración adicional que se tiene que tomar en cuenta, junto con la programación cronológica y la planeación, es la de los recursos que se usarán para lograr la terminación oportuna de un proyecto.

Aparte de la distribución de los recursos, a menos que se especifique y se fije como tal la duración del proyecto, ésta puede variar y por tanto, también sujetará a variación los costos relacionados con la duración. Por tanto, resulta importante estudiar la duración del proyecto acorde con el costo mínimo.

2.2.1. Planeación de la red de actividades mediante el método de la ruta crítica.

Una red CPM, es una representación gráfica en la cual las actividades se representan por medio de flechas que señalan el comienzo y fin de una actividad. Para cada una de las actividades se da el tiempo estimado, al que se llama duración, y una descripción concisa del trabajo.

En una red CPM, hay actividades que deberán terminarse antes de que se pueda iniciar otra actividad; algunas actividades se pueden llevar a cabo simultáneamente, y otras sólo se pueden iniciar después de la terminación de una actividad precedente.

Las relaciones que existen entre algunas actividades no se pueden mostrar utilizando flechas normales de actividad. En este caso, se usa una flecha punteada a la que se llama actividad simulada para mostrar tales relaciones. Una actividad simulada no implica trabajo, y tiene una duración cero (ver figura 2.2.1).

Es necesario tener un método para identificar fácilmente una actividad; esto se logra utilizando dos nodos de eventos, representados mediante círculos, llamados nodos. Un nodo o evento, muestra el momento en el que las actividades que terminan en ese nodo están completas y pueden comenzar las actividades que salen de él (ver figura 2.2.1).

Para facilitar la localización de las actividades dentro de la red, deben asignarse números a todos los nodos, tan próximos como sea posible (ver figura 2.2.1).

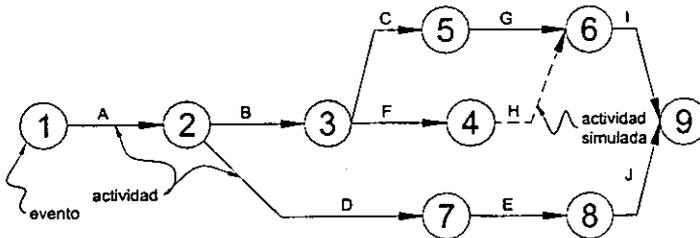


Figura 2.2.1 Ejemplo de notación para redes de actividades

A) Duración de las actividades

Habiendo planeado una red de actividades, es necesario determinar la duración de la actividad o el tiempo estimado para terminar la misma. Las duraciones se estiman en horas, turnos, días, semanas, meses, dependiendo de la naturaleza del proyecto. Mientras más información se tenga disponible con respecto a los detalles del proyecto, más exacta será la duración estimada de sus actividades constituyentes.

Las tablas estadísticas que muestran tamaños de cuadrillas y su rendimiento, junto con las consultas con el personal de campo, podrán ser útiles al estimar las duraciones de las actividades. Dada una cantidad definida de trabajo y el tamaño de la cuadrilla disponible, el tiempo requerido para realizar el trabajo se determina dividiendo su cantidad, entre el rendimiento de la cuadrilla.

B) Eventos

En una red, es importante saber cuándo se han terminado todas las actividades precedentes y cuándo pueden comenzar las que siguen inmediatamente. A este punto se le llama nodo o evento. A cada nodo de la red se le asocia un tiempo temprano y uno tardío; el primero se define como el tiempo más temprano que puede comenzar una actividad que sale de ese evento; el tiempo tardío de una actividad, se define como el tiempo más tardío en que puede terminar una actividad que entre al nodo.

Para claridad, se debe escoger un tipo de símbolo y utilizarse consistentemente en cualquier red (ver figura 2.2.2)

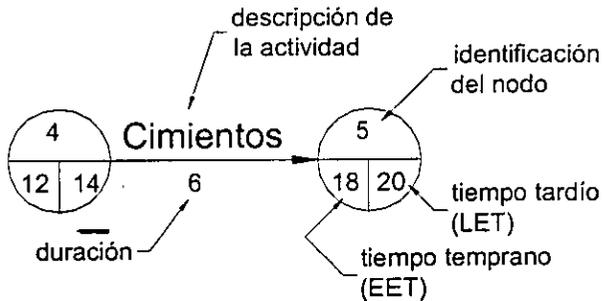


Figura 2.2.2 Ejemplo de notación para tiempos tempranos y tardíos

C) Tiempos de la actividad

En el CPM, los tiempos de la actividad se calculan a partir de los tiempos de los eventos y de ordinario no se presentan en la red, sino en forma tabular. El inicio más temprano (ES) de cualquier actividad, es el tiempo temprano del evento del nodo que sale. La terminación más tardía (LF) de cualquier actividad, es el tiempo tardío del evento del nodo al que entra. El inicio más tardío (LS) de una actividad, es su terminación más tardía menos su duración. La terminación más temprana (EF) de una actividad, es su inicio más temprano más su duración. El inicio más tardío de una actividad siempre es mayor a o igual al LET del nodo anterior.

En la figura 2.2.3, se muestran los tiempos de inicio y terminación tempranos, e inicio y terminación, tardíos en relación con los tiempos de los eventos de una actividad.

D) Holguras

Cada actividad del proyecto debe terminarse dentro del tiempo comprendido, entre el tiempo de inicio temprano y el tiempo de terminación tardío. Cuando las actividades terminan dentro de estos límites, el proyecto terminará según el programa cronológico. Cuando la diferencia de tiempo entre estos dos límites, exceden la duración de la actividad, hay algún tiempo sobrante que se tiene disponible antes de iniciar o después de terminar una actividad. A esta diferencia sobrante se le conoce como tiempo de flotación.

La diferencia entre el tiempo de inicio más temprano de una actividad y el tiempo de inicio más tardío, se conoce como holgura inicial; la diferencia entre el tiempo de terminación temprano y el tiempo de terminación tardío de una actividad, se conoce como holgura final.

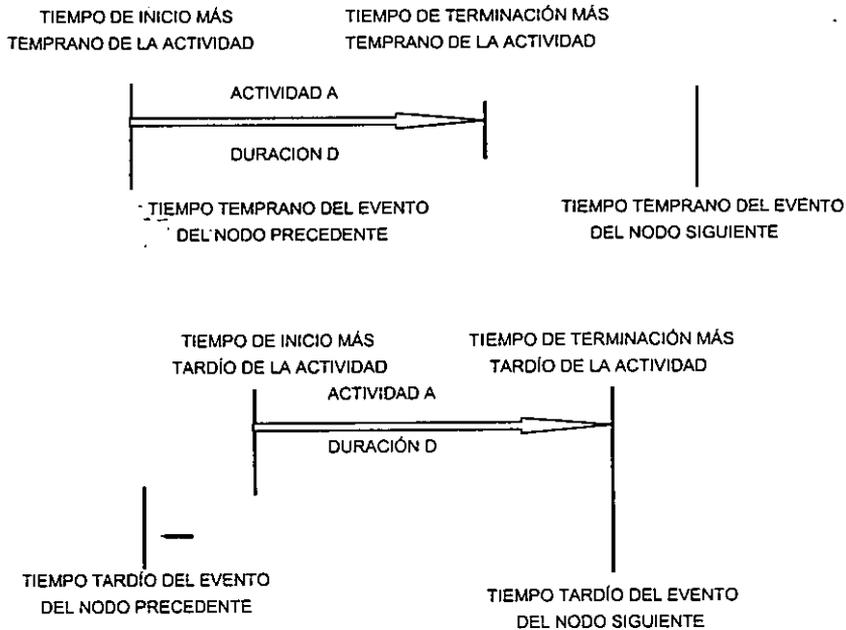


Figura 2.2.3 Relación entre el tiempo del evento y los tiempos de la actividad

Ambos tipos de holgura se asocian con una actividad y la figura 2.2.4, muestra cómo la holgura inicial es igual a la holgura final. A estas holguras se les llama también holgura total (TF); indican la cantidad del tiempo en que se puede prolongar una actividad sin que se ponga en peligro o le quite tiempo a la actividad siguiente y, en consecuencia, retarde la fecha de terminación del programa cronológico del proyecto.

Se define la holgura total para una actividad, como el tiempo de terminación más tardío menos su tiempo de inicio más temprano, menos su duración.

En tanto que la holgura inicial se refiere a antes del inicio de la actividad, y la holgura final a después de la terminación más temprana, la holgura total puede referirse a cualquiera de ellos. La holgura total también puede dividirse; parte de ella se usa antes del inicio más tardío de la actividad y el resto después de su terminación más temprana. (Ver figura 2.2.5).

El uso principal de la holgura total consiste en establecer prioridades.

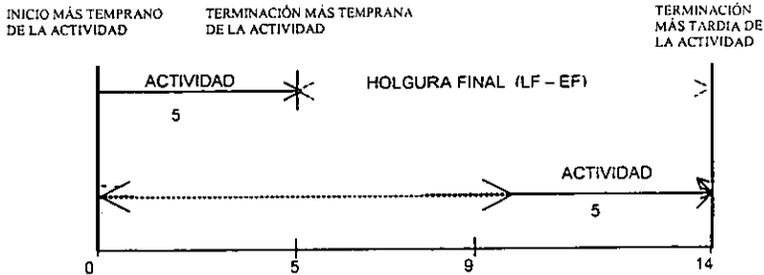


Figura 2.2.4 Holgura inicial / final

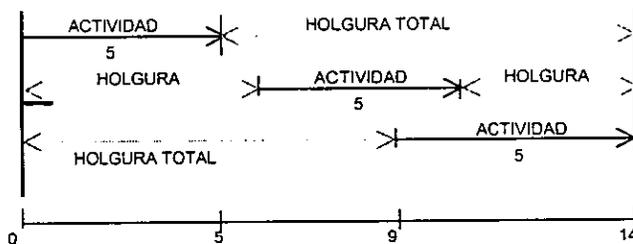


Figura 2.2.5 Holgura Total

Se define a la holgura libre (FF), como el tiempo temprano del evento del siguiente nodo, menos el tiempo temprano del evento del nodo, anterior menos la duración de la actividad identificada por estos nodos.

La holgura libre se usa principalmente, para identificar las actividades que pueden demorarse sin que se afecte la holgura total de las actividades siguientes.

La holgura independiente (IF), es el tiempo temprano del evento del siguiente nodo, menos el tiempo tardío del evento del nodo anterior, menos la duración de la actividad identificada por estos nodos.

La holgura independiente identifica actividades que aun si se demoran ocupando toda la holgura independiente, no afectarán la holgura total, las actividades anteriores, o de las siguientes.

E) Actividades críticas

La cadena de actividades que emplean el mayor tiempo para terminar un proyecto, determina el tiempo más temprano en el cual se puede terminar. A este tiempo, se le conoce como la

duración del proyecto, es de mucha significación y se le conoce como ruta crítica. Cada actividad de esta cadena crítica se conoce como actividad crítica.

Las actividades críticas deben terminarse a tiempo o el proyecto se demorará; así, sólo se considerarán como no críticas, las actividades que tienen una cantidad apreciable de holgura.

Se usan los siguientes criterios para seleccionar las actividades críticas:

1. Los tiempos tempranos y tardíos de los eventos en el nodo *i*, son iguales.
2. Los tiempos tardíos y tempranos del evento en el nodo *j*, son iguales también
3. La duración de la actividad, es igual a la diferencia entre el tiempo tardío del evento en el nodo *j* y el tiempo temprano del evento en el nodo *i*.

F) Secuencia lógica para planeación de un proyecto usando el CPM

Cuando se planea un proyecto usando una red CPM, se deben seguir los siguientes pasos:

1. Construir la red lógica CPM
2. Indicar la descripción de las actividades
3. Estimar las duraciones de cada actividad
4. Identificar cada uno de los eventos
5. Determinar los tiempos tempranos de los eventos, con el método del paso hacia adelante
6. Determinar los tiempos tardíos, con el método del paso hacia atrás
7. Calcular las holguras total, libre e independiente
8. Identificar las actividades críticas
9. Para los tiempos de los eventos y de las actividades, calcular las fechas calendario
10. Si la duración del proyecto no es adecuada, revisar la red y volver a programar el inicio/ o la terminación de las actividades de los eventos, y repetir los pasos 5 a 10.

2.2.2. Diagrama de barras o diagrama de Gantt.

A comienzos del siglo XX, los señores Henry L. Gantt y Fredrick W. Taylor desarrollaron el método de barras o diagrama de Gantt, buscando mejorar la eficiencia de la mano de obra utilizada en actividades industriales. Este método, por su fácil aplicación y ventajas gráficas en casos sencillos como por ejemplo el plan maestro de un proyecto, mantiene su vigencia en dichas situaciones, entregando una visión global de manera muy directa y útil.

Básicamente, la carta de Gantt identifica las actividades (al nivel deseado: fase o etapa, paquete de actividades, actividades, subactividades, etc.), las dimensiona en términos de unidades de tiempo para su ejecución fijando su inicio y término programado, señala los recursos necesarios y controla el avance real del programa. En la figura 2.2.6, se muestra un ejemplo de un diagrama de Gantt para un caso sencillo.

2.2.3. Análisis entre estructuras de acero y de concreto.

En los puntos anteriores de este capítulo, se vio que la función de planear consiste en la aplicación de una metodología ordenada que va, desde la fijación de los objetivos del proyecto hasta la calendarización de los paquetes de trabajo a ejecutar, en un programa de trabajo; sin embargo, planear también significa plantear alternativas para el logro de los objetivos, y elegir entre éstas la que represente los mejores resultados en cuanto a tiempo, calidad y costo.

En los proyectos de edificación el problema de su estructuración (tanto en su sub-estructura como en su superestructura), se puede resolver con alguno de tres sistemas comúnmente aceptados:

- Estructuras de concreto reforzado
- Estructuras de acero
- Estructuras mixtas

Puesto que cada proyecto tiene condiciones particulares sobre las que habrá que definir la solución que satisfaga mejor todas sus necesidades, no debiera ser común decidir a priori sobre que tipo de estructura estará basado su diseño, por lo que conocer las diferencias que representa el uso de una estructura de concreto o el uso de una estructura de acero, en cuanto a la secuencia de actividades a ejecutar, sus duraciones, su ruta crítica y actividades subcríticas dadas por un estudio de alternativas, constituye un paso importante y muy útil para la elaboración del proyecto definitivo.

Por supuesto, es claro que esta información no será suficiente puesto que la definición del proyecto se logrará con el estudio de ésta y muchas variables más, tales como los resultados de los estudios técnicos, los resultados de los estudios de mercado, las consideraciones de diseño, etc.

a) Consideraciones sobre el uso del concreto reforzado para construcción de estructuras en México

Un factor que tradicionalmente definió la utilización preferente del concreto reforzado sobre el acero, como material estructural en obras de edificación en nuestro país, fue el desarrollo de la industria de la construcción, determinado éste a su vez, por la misma industrialización del país.

Por esta razón, ciertos procedimientos o materiales no se emplearon o no se emplean en México, mientras que en otros países son de uso común. Es también por esta razón, que existe la dificultad de realizar muchas operaciones de manera casi artesanal, para construir una obra y que la mayoría de éstas han sido realizadas con concreto fabricado en el lugar.

Por otro lado, son notables los grandes avances que ha tenido la industria de la construcción desde los mismos procedimientos de construcción, de donde han surgido todos aquellos grandes equipos que hoy en día se ven en las obras, hasta los mismos materiales de construcción que de una u otra manera se ha tratado de industrializar en su producción.

ACTIVIDAD	UNIDAD MEDIDA	CANT. OBRA	PESOS REAL%	AVANCE REAL%	MESES										
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
INGENIERIA	PLANOS	150	7	100	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
CIMENTACION	m³	280	10	85			2	5	3						
ESTRUCTURA	m²	550	20	40				2	5	6	5	2			
MONTAJE DE EQUIPO	GL.	1	30	0							8	12	10		
INSTALACIONES	GL.	1	12	15						2	4	4	2		
ACABADOS	m²	550	21	0							2	5	6	4	4
			MES %		1	2	5	8	8	8	19	23	18	4	4
	PROGRAMA		ACUMULADO %		1	3	8	16	24	32	51	74	92	96	100
	REAL		ACUMULADO %		0	2	6	13	19	26					

 PROGRAMADO
 REAL

Figura 2.2.6 Ejemplo de Diagrama de Gantt

La industrialización que se hace a un producto, trata de dar al consumidor ciertas ventajas que de otra manera no pueden ser obtenidas por métodos convencionales o artesanales. Estas ventajas pueden ser: la rapidez de ejecución de las obras, la calidad de los materiales producidos industrialmente que dan a la obra terminada calidad uniforme y superior en conjunto, la cantidad de producción de materiales que permiten la construcción de más obras y por otro lado, abatir costos de producción, etc.

A esta industrialización no ha sido ajena la tecnología del concreto, de ahí que haya surgido toda una industria que es la del concreto premezclado, tratando de dar a sus productos todas las características o ventajas que se mencionaron al producirlos de manera industrializada.

Otros avances notables del concreto en cuanto a su industrialización, es el desarrollo cada vez más importante de la industria de elementos prefabricados de concreto; entre sus principales ventajas están el logro de una mayor uniformidad en la calidad de su producción, la posibilidad de la aplicación de técnicas de presfuerzo en la fabricación de elementos estructurales, dándole a las estructuras de concreto otra dimensión en su universo de aplicación, y la rapidez de montaje en obra entre otras.

Podemos añadir a la lista que otros importantes avances en la industria del concreto son: el desarrollo de concretos especiales (concretos ligeros estructurales y no estructurales, concretos densos, concretos con agregados especiales, arquitectónicos, etc.), con aplicaciones muy ventajosas en determinadas condiciones.

De lo anterior, podemos observar que los avances que se han logrado en la actualidad en la industria de la construcción y en la tecnología del concreto, determinan que hoy en día las estructuras de concreto reforzado puedan competir con las estructuras de acero en diferentes parámetros de comparación, y no sólo por el hecho de que haya o no una industrialización en el país que provea la posibilidad de considerar el uso de estructuras de acero.

También debe destacarse que otra situación cierta, es que la experiencia en el diseño y construcción de estructuras de concreto para obras de edificación que se tiene en nuestro país, es mayor a la que se tiene en diseño y construcción de estructuras de acero y que, por tanto, la planeación de este tipo de estructuras tendrá que hacerse cuidando más las actividades especializadas como el diseño estructural, las operaciones de montaje, la fabricación de elementos estructurales en taller, etc.; en donde habrá menor información estadística para estimación de rendimientos, costos, etc.

b) Tendencias en la utilización de estructuras de acero en obras de edificación en México

En nuestro país, los materiales más utilizados en la construcción de estructuras para edificios de tipo urbano son el concreto reforzado, el acero estructural, la mampostería y rara vez la madera, en el orden indicado. Como se mencionó anteriormente, el concreto reforzado, inclusive en el ámbito mundial, es cada vez más competitivo. Por su parte, la calidad del acero ha evolucionado en incrementos relativamente pequeños. Prueba de eso es que el acero estructural de batalla hasta 1990, fue el NOM-B-254 (ASTM-A36), ya que actualmente se están construyendo numerosas estructuras con acero ASTM-A572 e inclusive con acero A-65. El primer acero utilizado en México para fines estructurales, fue el ASTM-A7 que se utilizó profusamente en la construcción remachada y fue, hasta después de la segunda guerra mundial, cuando se desarrolló la soldadura y el acero A-7 fue sustituido por el A-36, debido a que el primero tenía problemas de soldabilidad por su alto contenido de carbono.

En los últimos años, varias empresas mexicanas productoras de acero estructural se han unido a empresas extranjeras para abastecer el mercado mexicano con una gama más completa de

perfiles estructurales en diferentes calidades y tipos, ya que en el pasado la disponibilidad de perfiles fue muy limitada. Por ejemplo AHMSA, empresa privada a partir de 1993, y única empresa productora de perfiles IPR en México, se unió a Chaparral Steel para abastecer el mercado mexicano con una variedad más completa de perfiles pesados IPR o W. Con los nuevos perfiles importados del tipo W, las travesesías armadas hechas con tres placas soldadas, que durante muchos años se fabricaron en taller por falta de perfiles disponibles en el mercado, están siendo sustituidas por secciones laminadas, con ahorro en tiempo de fabricación, costos, apariencia, control de calidad y supervisión.

Como otro ejemplo, Grupo Collado, S.A. empresa distribuidora de perfiles estructurales de acero estableció un convenio comercial con Bull Moose Tube Co., empresa que ocupa los primeros lugares en los Estados Unidos en la fabricación de tubos de acero estructural de alta resistencia, para distribuirlos en México. Estos perfiles son equivalentes a los PTR, PER u OR en grandes dimensiones o espesores, completan la gamma de perfiles tubulares que en los años anteriores fue muy limitada, desde el punto de vista de fabricación, sustituyen las tradicionales soluciones de miembros armados hechos con dos ángulos en cajón.

La losacero constituye el sistema de piso más usual en la construcción de estructuras para edificios. Fue introducido a México desde hace cerca de 20 años y actualmente, se ha popularizado y evolucionado por varias empresas, tanto nacionales como extranjeras. Los sistemas joint, conocidos como vigas de alma abierta o armaduras, permiten construir entresijos salvando claros grandes; las fachadas integrales Fairro, las estructuras espaciales Adrian y Lanik, resuelven las cubiertas de grandes claros con o sin columnas de apoyo intermedias, las cubiertas laminadas y otros sistemas de piso y de cubierta completan los materiales de la construcción moderna

En general, se ha observado en nuestro país una invasión estadounidense y europea en el suministro de nuevos materiales, procedimientos constructivos e inclusive edificios metálicos totalmente prefabricados. La gran variedad de sujetadores, pistolas para la instalación de pernos conectores de cortante y otros dispositivos complementarios que proporcionan grandes aplicaciones en la construcción con acero, se suman a la tecnología de punta.

Las empresas fabricantes y distribuidoras de productos han mejorado sus sistemas de servicio al cliente, al proporcionar apoyo y asesoría técnica a ingenieros, arquitectos, proyectistas, diseñadores y constructores.

En conclusión, podemos decir que la mayor disponibilidad de productos y tecnologías está favoreciendo un incremento en la construcción de estructuras de acero para edificios.

2.3. Estructura de la organización.

2.3.1. Organización del proyecto.

Una vez que los objetivos, alcances y características del proyecto han quedado establecidos, es necesario identificar cómo materializar estas previsiones y enfrentar la implementación misma del proyecto. Una de las primeras tareas a abordar es el estudio, definición y movilización de la organización capaz de transformar un proyecto factible en una realidad concreta.

Las organizaciones de los proyectos presentan diferencias sustanciales con empresas en marcha, tanto en su definición formal como en su funcionamiento. Estas son:

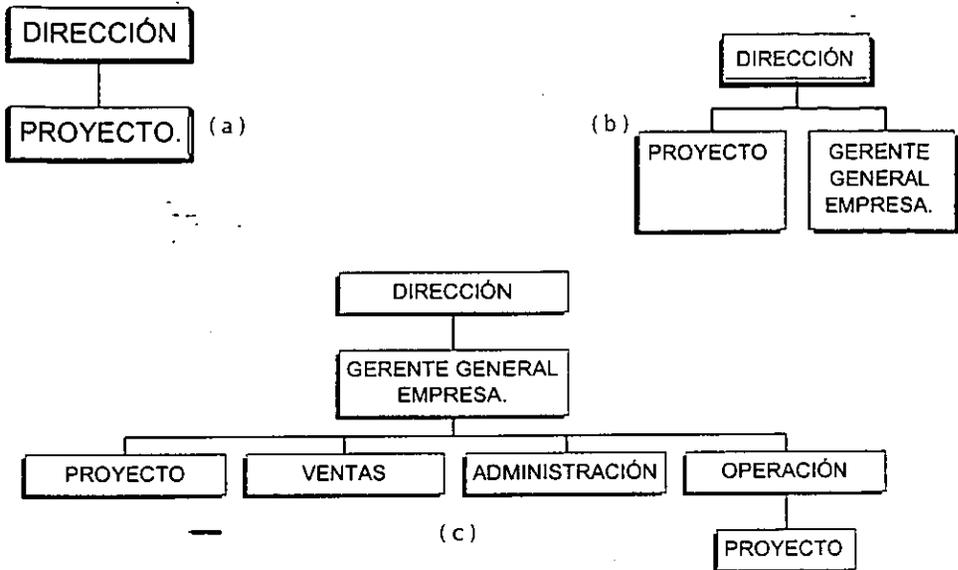
- La organización del proyecto es esencialmente transitoria, con duración definida, tanto para sus funciones como para las personas
- Al igual que sus etapas, la organización del proyecto es dinámica, flexibilizando sus líneas para apoyar las actividades que resulten críticas en cada una de las distintas etapas
- Existe una dispersión geográfica. Los servicios de apoyo, finanzas, administración y compras habitualmente se centralizan en una oficina matriz. Esta situación debe ser considerada, puesto que la coordinación se extiende mucho más allá del sitio de la obra
- El factor tiempo siempre es relevante en el proyecto, lo que lleva a que en la organización del mismo, deba considerar este factor dentro de sus procesos decisionales
- Las decisiones y comunicaciones son mucho menos estructuradas, estarán más descentralizadas y no provendrán en muchos casos necesariamente, de las líneas funcionales como en las empresas en marcha
- El proyecto, normalmente reúne grupos de profesionales y técnicos para quienes las formalidades burocráticas son desconocidas en sus detalles y percibidas como elementos inoperantes
- La motivación del equipo de proyecto se fortalece más bien en el logro de los objetivos del mismo, antes que en el de los objetivos generales de la empresa.

Estas particularidades normalmente existen en la organización de proyectos en mayor o menor medida y deberán ser consideradas cuando se defina la estructura funcional, además de los aspectos que se mencionan en los siguientes párrafos.

La relación con la organización permanente de la empresa parte de una definición previa y ciertamente externa al proyecto, la cual es la de centralizar sus actividades fuera del giro normal (como proyecto-empresa), como parte de las operaciones en marcha, como unidad independiente que reporta al gerente general o a un departamento de la empresa, etc. (ver figura 2.3.1)

Considerando que las empresas enfrentan proyectos de diferentes tamaños, con grados variables en complejidad, diferente duración, rutinarios y no rutinarios, etc., lo que se pretende es adecuar la organización a las necesidades de cada caso en particular.

Otros factores a considerar en la definición de la organización, son los requerimientos de profundidad y abanico de funciones que intervendrán, el tamaño de la inversión, la complejidad de las obras y similares. Estos factores justificarán la estructuración de las unidades especiales para su administración. En este sentido, es posible que las necesidades del proyecto en determinadas secciones, excedan los servicios que la organización permanente sea capaz de entregar.



- (a) Proyecto-empresa. No hay organización permanente
- (b) Proyecto autónomo de empresa en operación
- (c) 1 Proyecto dependiente de una empresa en operación
2 Proyecto operacional. Ejecución por unidad usuaria

Figura 2.3.1 Relación del proyecto con la organización propia de la empresa

La dirección responsable del proyecto, puede también efectuar el análisis de fortalezas y debilidades propias y de terceros para definir la organización. Esto quiere decir, efectuar un análisis en donde se evalúen las tareas que puedan ser ventajosamente ejecutadas por la empresa y cuáles no. Aquellas actividades en las cuales la organización permanente pueda tener alguna ventaja logística o *Know how* especial, convendrán ser delegadas a las áreas propias de la empresa; y otras, para la que existan firmas de ingeniería, constructoras o de inspección técnica con ventajas obvias, deberán ser licitadas y contratadas convenientemente; aquellas actividades críticas, de difícil coordinación, deberán ser centralizadas en la dirección del proyecto.

Dicho de otra manera, para definir la organización y la participación de los equipos de trabajo en el proyecto se tendrán que definir:

- Las actividades críticas del proyecto
- Las actividades en que se pueden lograr ventajas de eficiencia, coordinación y control mediante ejecución propia

- Las actividades que resultarán más eficientes en manos de especialistas o terceros
- Las actividades que no son delegables y tampoco se tienen ventajas claras

De los resultados de las definiciones anteriores se tienen dos posibles soluciones extremas: proyectos ejecutados en todas sus etapas por la empresa, y proyectos totalmente delegados a terceros. Lo anterior es poco frecuente y por lo general, se tienen soluciones intermedias realistas y más adecuadas (ver figura 2.3.2)

Una organización típicamente intermedia para proyectos mayores, es una en la cual se define una pequeña estructura propia del proyecto, con todo el abanico funcional orientado a controlar los diferentes aspectos del mismo. Los servicios de ingeniería y los contratos de obra son delegados a algunas pocas compañías grandes, las que a su vez subcontratan algunas de sus tareas.

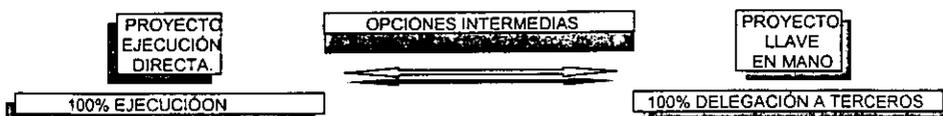


Figura 2.3.2 Tipos de organización

Un factor adicional al definir la estructura de la organización es la cuantificación de los costos incrementales, para proceder a su implementación. Lo anterior ayudará a definir dónde será más conveniente aprovechar los recursos propios de la empresa, cuándo definir unidades propias para el proyecto y cuándo subcontratar.

A continuación a manera enunciativa más no limitativa, se mostrarán soluciones típicas de organización de proyectos, recalcando que no existe la estructura organizacional óptima para todo tipo de proyectos; solamente mejores y peores soluciones, dependiendo de cada caso en particular.

a) Organización por coordinación

Cuando se trata de un proyecto con un monto más o menos significativo, podrá designarse un coordinador del mismo. La necesidad de apoyo obligará a éste a recurrir frecuentemente a los servicios de las unidades de línea de la empresa. (ver figura 2.3.3)

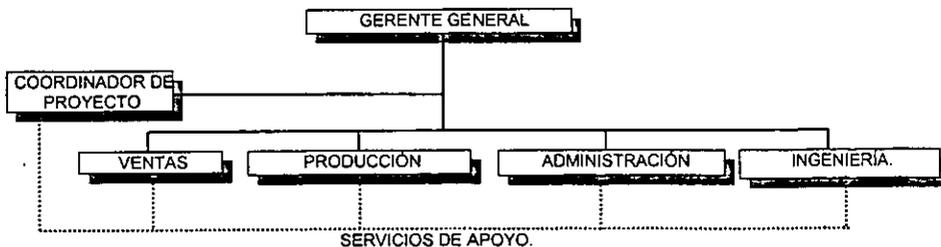


Figura 2.3.3 Organización por coordinación

b) Organización funcional pura

Los proyectos-empresa y los proyectos mayores, dotados de suficiente autonomía por parte de la dirección de la empresa matriz, implementan organizaciones con el abanico funcional completo. En esta organización puede haber participación de terceros. La coordinación y las decisiones se producen a través de las líneas de mando tradicionales, reproduciendo a menudo la fisonomía de la propia empresa. (ver figura 2.3.4)

c.) Organizaciones matriciales

En este tipo de organizaciones, la relación matricial se produce cuando se separan las dependencias o líneas administrativas de las funcionales para determinadas posiciones o unidades de la estructura, de manera que transitoriamente, se recurre a una doble dependencia con el objeto de dinamizar y flexibilizar las comunicaciones y las decisiones (ver figura 2.3.5).

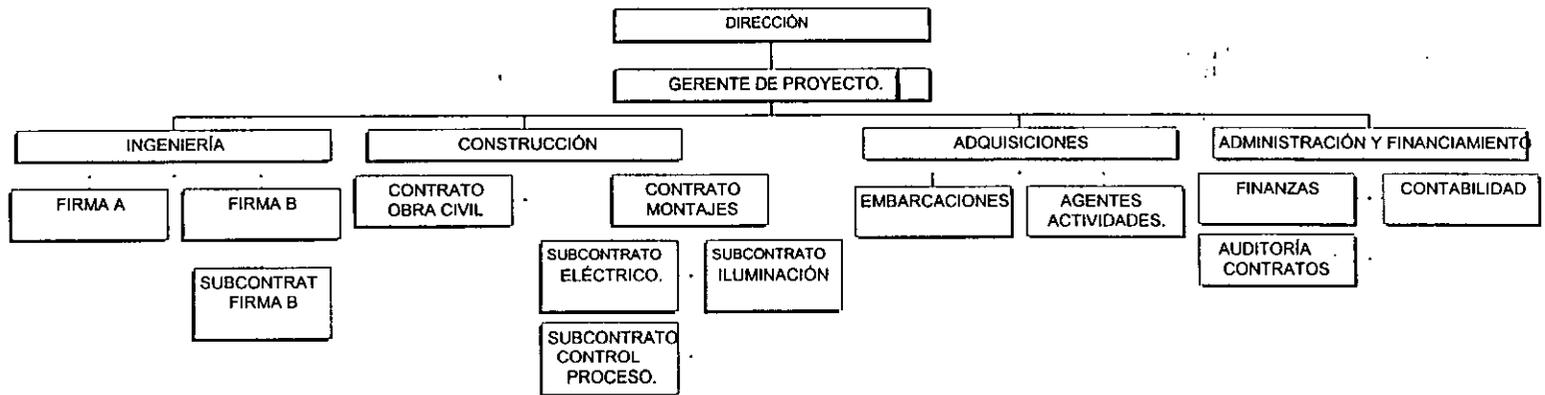


Figura 2.3.4. Ejemplo de una organización funcional pura

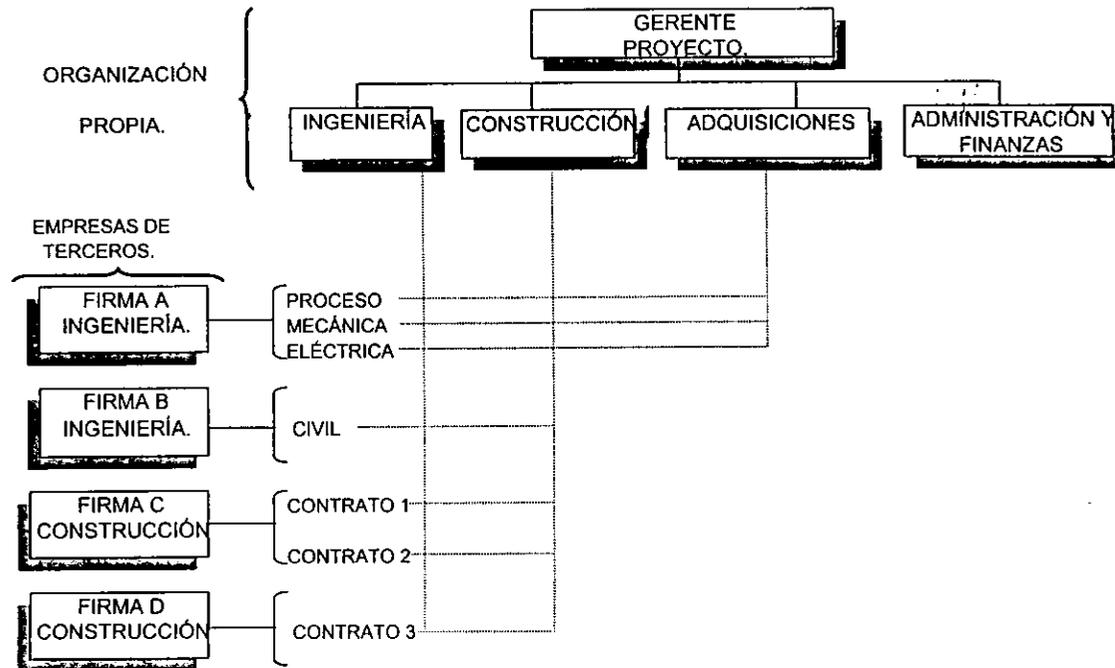


Figura 2.3.5 Ejemplo de una organización matricial

Cuando se define la estructura de la organización del proyecto, es necesario tomar en cuenta que se han definido necesidades de unidades, grupos de trabajo e individuos y con ello, requerimientos de incorporación, permanencia y término de funciones durante el desarrollo del proyecto. Será necesario, por tanto, investigar las fuentes de estos recursos y tomar en cuenta que se trata de incorporar en muchos casos, a profesionales y técnicos altamente calificados, los cuales pueden ser escasos en el mercado laboral y que existe la desventaja de que se requerirán por plazos fijos. Esto obligará a establecer un adecuado plan de movilización y desmovilización de estos recursos y su destino final (ver figura 2.3.6).

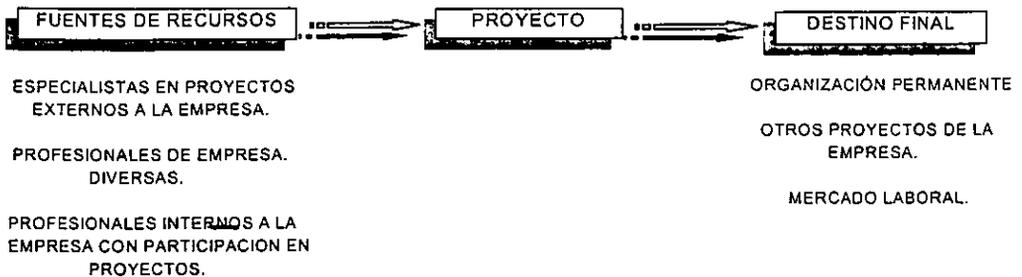


Figura 2.3.6 Fuentes y destino final de los recursos humanos

2.3.2. Organización de la obra.

La etapa de construcción tiene como finalidad materializar las obras del proyecto en las condiciones de costo, calidad y tiempo. Una de las características notables de esta etapa, es el notable esfuerzo de coordinación de los recursos materiales y humanos que involucra su administración en proyectos complejos.

La complejidad de las obras de construcción depende de factores como su volumen, especialización, diversidad de disciplinas a desarrollar, restricciones de la programación y otros.

Habiendo conocido una técnica para construcción de redes para planear un proyecto, se examinará cómo se logra aplicar ésta a la determinación de la organización de la obra.

El primer paso para planear un proyecto, consiste en revisar toda la información pertinente. En la fase inicial de planeación, el propietario, el gerente de proyecto, y posiblemente algunos asesores y usuarios, serán las únicas fuentes de información. Su contribución principal será el informe de factibilidad o plan maestro y quizá, únicamente sea necesario apoyarse en un diagrama de Gantt. Después, asesores adicionales en ingeniería prepararán los planos o diseños de ingeniería preliminar y se preparan informes más detallados. El planificador estudiará esta documentación, y apoyándose en los miembros del diseño del proyecto y del equipo constructor con el fin de aprovechar la especialización de éstos en sus áreas particulares, determinará la relación de las operaciones entre las distintas áreas.

En esta etapa, el planificador deberá desarrollar una red adecuada del proyecto. Al desarrollar el plan de la red, el planificador comienza con la escasa información que tiene disponible en las fases iniciales y reúne cada vez más información sobre el proyecto.

En cada fase del diseño del proyecto, el planificador definirá las diferentes partes del plan del mismo y conforme conozca más detalles, se dividirá cada una de las partes constituyentes en sus componentes respectivos, hasta llegar a la determinación de los paquetes reales de trabajo. El marco de trabajo que muestra las diversas partes del proyecto, se conoce como estructura de división del trabajo y no es más que dividir un proyecto grande y complejo en sus componentes, o un programa de proyectos múltiples en sus proyectos componentes.

La división en paquetes de obra o de trabajo, es muy útil para el planificador al desarrollar la red del proyecto. Resulta obvio que es más fácil planear un paquete de obra o de trabajo a la vez, y montar los planes juntos en una red del proyecto, que desarrollar la red completa del mismo sin la estructura de división del trabajo.

La división en paquetes de obra o conceptos de obra, satisface necesidades de planeación y control de organización. Por consiguiente, es necesario desarrollar una tabla organizativa y al mismo tiempo relacionar las unidades en paquetes de obra.

Para proporcionar una cobertura total de todos los grupos que participan en el proyecto, y facilitar medidas correctivas fijando responsabilidades, el planificador habrá de identificar los niveles y divisiones de responsabilidad dentro de la organización. Esto se muestra en un análisis de la Tabla de Organización. Esta tabla es la división de la organización del proyecto, comenzando con el propietario en el nivel superior y estableciendo sucesivamente, divisiones más bajas o departamentos que sean necesarios para administrar funcionalmente la obra dentro de la compañía. El propósito de la Tabla de Organización no es solamente identificar a la contratista o proveedor que realiza cada paquete de obra, sino también indicar el departamento de la compañía responsable de la ejecución eficiente del trabajo incluida en el paquete de obra. Por tanto, la Tabla de Organización no es el organigrama de una compañía, sino una combinación de departamentos de la empresa y contratistas externos que tienen responsabilidad en el proyecto.

Cuando se progresa en el diseño del proyecto y se desarrollan la estructura de división del trabajo y la Tabla de Organización, se llega al nivel de asignación a los grupos ejecutores para cada paquete de obra y el siguiente paso en la planeación es desarrollar una red sumaria donde se establezcan las fechas objetivo.

Es importante mencionar que cuando se han establecido paquetes de obra con departamentos ejecutores identificables, es posible desarrollar redes más detalladas para cada paquete incorporando los objetivos dados, a las que se les llama subredes. El dividir la red en subredes, le permite al personal responsable de los proyectos concentrarse en sus propias operaciones. Cada gerente puede supervisar el trabajo independientemente según su subred, cuando lo requiera, sin tener que examinar el proyecto entero. Asimismo,

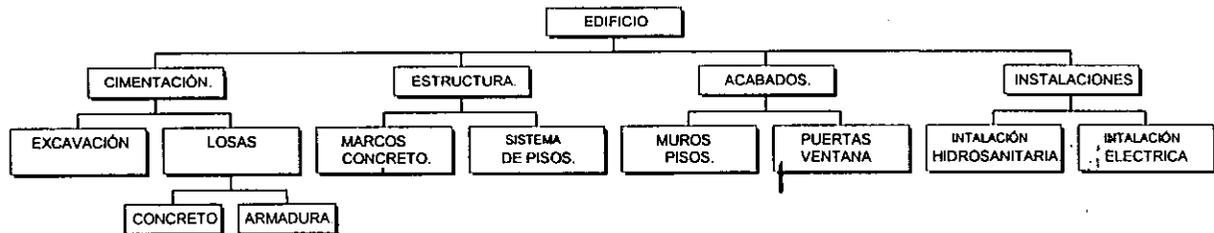


Figura 2.3.7 Ejemplo de estructura de división del trabajo (WBS) para un edificio pequeño

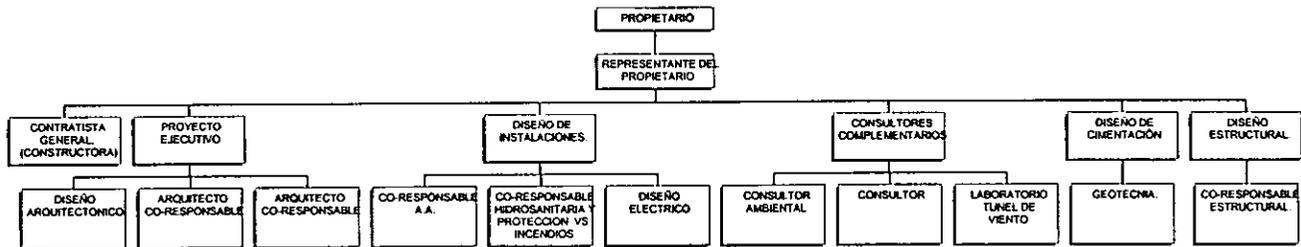


Figura 2.3.8 Ejemplo de tabla de organización para un proyecto de edificación

la administración puede acentuar más la supervisión y control sólo de las subredes importantes más bien que de la red entera, ahorrando tiempo y dinero administrativo.

En las figuras 2.3.7 y 2.3.8, se muestra un ejemplo de un diagrama de la estructura de división del trabajo y de una tabla de organización respectivamente.

Los factores para evaluar las distintas formas que puede adoptar la organización de la construcción del proyecto son:

- Complejidad y dimensionamiento de las obras que requiere el proyecto
- Disponibilidad de constructoras técnica y financieramente capaces de abordar el proyecto, total o parcialmente
- Ventajas y desventajas de la ejecución directa, a través de terceros u opciones mixtas
- Opciones para manejar técnica y contractualmente las obras.

Estos factores definirán dos elementos principalmente: el grado de injerencia directa del propietario en la administración de la construcción, y el criterio y amplitud del abanico de modulación de las obras.

En la figura 2.3.9, se muestran posibles soluciones de organización de la construcción, de acuerdo con los conceptos señalados con anterioridad.

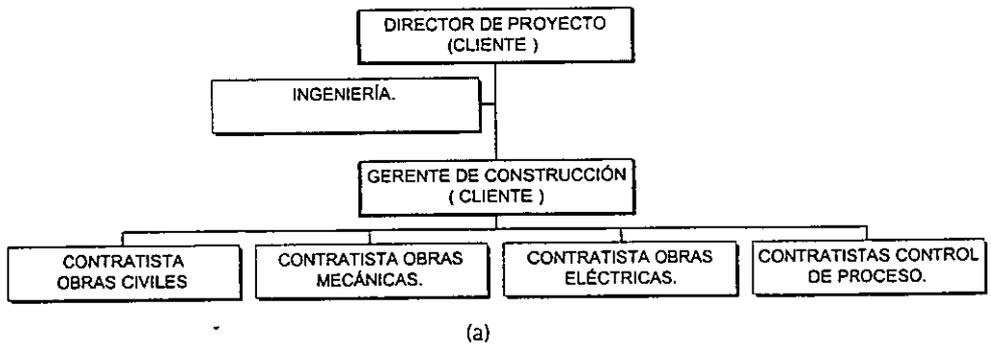
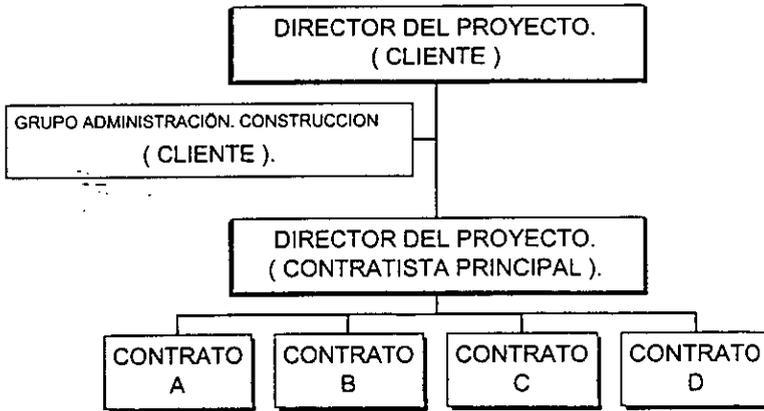
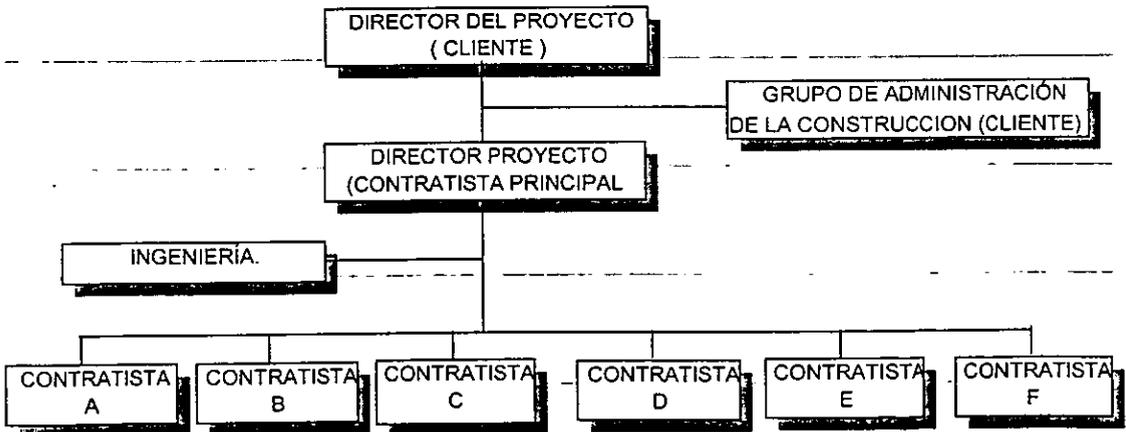


Figura 2.3.9 Organización de la construcción



(b)



(c)

Figura 2.3.9 Organización de la construcción (continuación)

2.4. Asignación y evaluación de recursos.

Una de las principales preocupaciones del responsable de la programación de un proyecto, es la utilización eficiente de los recursos de los que dispone. Entendiendo por recursos: el dinero, la mano de obra en sus distintas especialidades, la maquinaria, los materiales y todos los demás insumos que intervienen en la ejecución de la obra y que son expresables mediante cantidades físicas. Para la Dirección del proyecto, la disponibilidad de los recursos es un factor esencial de la fijación de objetivos, de la planificación y del control del progreso de la obra.

Las técnicas del camino crítico, en sus primeras versiones, no incluían consideraciones referentes a los recursos; es decir, se consideraban ilimitados. La situación en la mayoría de los proyectos es totalmente distinta. Los recursos de los que se dispone están limitados y tienen un costo que de ninguna manera puede considerarse despreciable.

Por otra parte, incluso en la aplicación de estas técnicas, las consideraciones referentes a los recursos se hallan implícitas en la estimación de la duración de las actividades.

2.4.1. Método para la asignación de recursos.

Cualquier actividad que tiene holgura tiene varios tiempos posibles de inicio. Cada elección de tiempo de inicio de una actividad dentro de su intervalo, conducirá a una fecha diferente de asignación de recursos. El mejor uso será programar de tal forma que los recursos requeridos para el proyecto se utilicen en su totalidad. El procedimiento básico de asignación es un método de fijar fechas al trabajo, equilibrando la necesidad con la disponibilidad de los recursos en un tiempo dado. Así mismo, deben asignarse de manera que satisfagan o cumplan con condiciones prevalecientes que pudieran ser:

1. Los recursos son limitados, el proyecto habrá de terminarse utilizando los recursos disponibles.
2. La duración del proyecto está especificada, y se desea determinar el nivel mínimo de recursos necesarios.

Para lograr cumplir lo anterior, se puede utilizar una técnica llamada método paralelo de asignación de recursos, la cual distribuye los recursos a las actividades sobre una base que pudiera ser diaria.

En este método, y para decidir cuáles son las actividades más importantes, se tiene que considerar cuáles son las actividades que pueden realizarse cada día y a las que hay que dar prioridad para la terminación oportuna del proyecto. Para decidir a que actividad debe dársele preferencia, el que planea considera la cantidad de recursos para cada una de ellas, a la vez que establece prioridades que pueden ser:

1. Asignar recursos a la actividad que tenga holgura menor.
2. Asignar a la actividad que esté en proceso.
3. Asignar a la que requiera la mayor cantidad de recursos por día.
4. Asignar a la actividad que requiere el mayor número de días del recurso.
5. Considerar la secuencia de los nodos.

Hay muchas situaciones en donde la asignación de recursos no permite fechas convenientes, por lo que se necesitarán reglas adicionales de prioridad. Situaciones como las mencionadas pueden ser:

1. Se requieren especialmente los recursos en actividades con problemas potenciales.
2. Para concluir trabajos en proceso, los subcontratistas aceleran el trabajo y por tanto, se requieren recursos adicionales.
3. Se desvían los recursos a trabajos que terminándolos, facilitarán la disponibilidad de recursos en abundancia.
4. Se concentran los recursos en tareas con incertidumbre.
5. Se distribuyen los recursos en las actividades críticas de manera que su terminación permita que comiencen las actividades que siguen.
6. Se usan sustitutos de recursos.
7. Se usa tiempo extra con la mano de obra para acelerar el trabajo.

2.4.2. Método para la evaluación de recursos.

El método que se describió anteriormente, se aplica a la solución de problemas en situaciones donde el número de recursos o su duración son fijos. También se ven afectados los costos del proyecto, por la rapidez de adquisición, el retiro y cantidad de recursos empleados en un momento dado. La rapidez de contratación de trabajadores influencia los costos correspondientes y tiene ciertas consecuencias sobre la productividad, debido al efecto de la curva del aprendizaje. El porcentaje de despidos afecta la moral y por tanto, la productividad. El costo de proporcionar servicios de acomodo en el lugar del proyecto, está regulado por el número máximo de trabajadores necesarios en el mismo. Para asegurarse de la adquisición gradual, despido y tamaño razonable de la fuerza de trabajo, se usa el método de evaluación de los recursos. El mismo caso sería para evaluar el uso de equipo o cualquier otro recurso.

2.4.3. Factores de costo para integración de la cotización.

En el punto 1.3, se mencionaron los factores que integran los costos de un proyecto. En este punto se describirán, de manera enunciativa y no limitativa, estos factores en la construcción de estructuras. En obras de edificación, particularmente en estructuras de concreto y estructuras de acero, existen elementos o puntos que gobiernan sus costos. En la Tabla 2.4.1 se muestran éstos de manera general.

ESTRUCTURAS DE CONCRETO	ESTRUCTURAS DE ACERO
Cimbras	Manejo y fabricación de perfiles en taller
Acero de refuerzo	Transporte del acero a la obra
Fabricación, transporte y colocación del concreto	Montaje de los elementos en la estructura
Acabado si se requiere	Pintura de campo de la estructura
Curado	

Tabla 2.4.1 Elementos de costo en estructuras de acero y estructuras de concreto

2.4.3.1 Costo de las estructuras de concreto

a) Cimbras

Es común que el costo principal de una estructura de concreto, resulte ser el costo de la cimbra. Una de las grandes ventajas de las estructuras de concreto, es que pueden construirse en cualquier forma geométrica para la cual siempre sea posible construir una cimbra; sin embargo, hay que considerar que el costo de la cimbra para formas complicadas es considerablemente mayor que para formas simples.

Las cimbras para concreto se fabrican de madera, triplay, acero, aluminio y de varios materiales compuestos. Si el material de las cimbras se va a usar solamente unas cuantas veces, la madera será más económica que el acero o el aluminio; sin embargo, si la cimbra se fabricara en tableros o secciones, como las formas para columnas redondas que se usarán muchas veces, el mayor número de usos obtenibles con una cimbra metálica, puede llevar a la obtención de un costo más bajo por uso que la madera.

También es importante considerar al seleccionar el tipo de cimbra, el acabado que requerirá la superficie de la estructura una vez descimbrada. Una cimbra elaborada con tableros de madera, usualmente dejará huellas que probablemente implicarán un costo por trabajos de acabado, mientras que el empleo de cimbras de triplay o metálicas en muchos casos evitarán estos costos.

Los costos de las cimbras incluyen el costo de materiales tales como madera, clavos, tornillos, cinchos; el costo de la mano de obra para su fabricación, erección y descimbrado; costos por el uso del equipo mecánico para el izaje y herramienta de mano.

En cuanto a los materiales, es importante considerar porcentajes de desperdicio, tomando en cuenta los tamaños estándar disponibles en el mercado para tableros, hojas de triplay, etc. Así mismo, las aberturas para puertas y ventanas, columnas empotradas en muros y muros de forma irregular, usualmente causarán desperdicio. El desmoldante que se aplica para facilitar el descimbrado y dar más vida útil a la cimbra, también deberá ser considerado.

En cuanto a la mano de obra, los factores que determinarán la cantidad requerida son principalmente: el tamaño de la estructura, clase de materiales empleados, forma de la estructura, localización de la cimbra, si se usan o no tableros prefabricados, rigidez de los requisitos dimensionales, y la cantidad de equipo disponible para la fabricación y erección.

Es importante mencionar que en manuales de costos, existen muchas estadísticas de rendimientos de la mano de obra para las diferentes operaciones de fabricación, erección y descimbrado de formas. Intimamente ligado a estos rendimientos, está el diseño de las cimbras para cada estructura en particular, el cual está afectado por los siguientes factores: trabajabilidad del concreto, velocidad del llenado de la forma, temperatura del concreto, método de colocación, y profundidad de caída y distribución del acero de refuerzo.

Existe en el mercado una gran variedad de cimbras comerciales prefabricadas, como las tarimas de triplay atornilladas a marcos de acero, formas consistentes en láminas de acero soldadas o atornilladas sobre marcos de acero, que pueden comprarse o alquilarse a los fabricantes. Estas formas, principalmente las metálicas, son económicas si el ahorro en el costo de acabado del concreto y de erección de las formas, junto con el número de usos, justifican el costo. En cuanto a obra falsa, existen formas comerciales como los pies derechos ajustables para apoyar la cimbra de vigas y traveses y losas, andamios y tapiales tubulares, etc.

Una forma que se utiliza para columnas redondas, se vende con el nombre comercial de sonotubo. Esta forma se fabrica a base de fibras en varios tamaños, y se cubre con un compuesto para evitar que el agua las ablande; sólo puede usarse una vez.

Cada día se usan más las cimbras metálicas para losas reticuladas. Si las charolas se utilizan un número suficiente de veces, el costo por metro cuadrado de uso, incluyendo el costo de la mano de obra, de instalación y descimbrado, deberá compararse en forma favorable con cimbras construidas de madera en su totalidad. Una ventaja de este tipo de cimbras, es que se pueden alquilar o subcontratar su instalación y descimbrado, incluyendo los elementos de apoyo, favoreciendo el empleo de técnicos especialistas que ejecutarán más rápida esta actividad.

Las cimbras deslizantes han sido utilizadas con éxito en muchas estructuras de concreto, sin embargo, en construcción de estructuras para edificios, sólo será económico su empleo si la estructura es suficientemente alta para justificar el costo inicial, relativamente alto, de la cimbra y el equipo necesario.

b) Acero de refuerzo

El acero de refuerzo para el concreto, puede consistir en barras de acero o malla de alambre electrosoldada, usadas por separado o juntas.

Los puntos que determinan el costo del acero de refuerzo en obra son: el costo base de la barra en la laminadora; el manejo en el taller, corte, doblado, etc.; el costo fijo del taller; el transporte del taller a la obra, y el costo de piezas especiales como silletas, separadores, estribos, etc.

El acero de refuerzo puede fabricarse en las formas y longitudes requeridas, antes de entregarse a la obra o bien, realizar el detallado en taller de obra. Sin embargo los talleres o laminadoras establecidos, suelen estar equipados con máquinas que realizan las operaciones de fabricación más económicamente que cuando se efectúa en la obra.

El costo del transporte del acero de refuerzo del taller o laminadora a la obra, varía con el método de acarreo, con la distancia y con la cantidad. Es necesario considerar el costo de la descarga y acarreo, del sitio donde lo entrega el fabricante, al pie de la obra.

Los factores que afectarán el rendimiento de la mano de obra para la colocación del acero de refuerzo, principalmente son los siguientes: tamaño y longitudes de las barras, formas de las barras, complejidad de la estructura, distancia y altura a la que se tenga que llevar el acero, tolerancias permisibles en el espaciamiento de las barras, cantidad de amarres, calificación de los obreros.

En la estimación total del costo unitario del acero de refuerzo, es necesario considerar además de desperdicios por cortes, los traslapes que marcan las especificaciones ya que usualmente; suele cuantificarse para efectos de estimación, el acero de refuerzo por tonelada colocada sin incluir los traslapes. Es importante mencionar que para barras de diámetros mayores a 2.54 cm (una pulgada), las normas indican unir las barras con soldadura. En este caso el costo del acero de refuerzo incluirá, tanto los materiales, como el equipo y mano de obra para la ejecución de esta actividad.

c) Concreto

El costo del concreto en una estructura, incluye el costo de los materiales, del equipo y de la mano de obra para transportar, mezclar y colocar el concreto. El costo de los puntos señalados variará con el tamaño de la obra, calidad del concreto, con la cantidad de equipo

que se emplee en sustitución de mano de obra y la distribución del concreto dentro de la obra.

En cuanto a los materiales, muy rara vez se tendrán los datos del diseño de laboratorio al estimar el costo del concreto. Existen tablas como las presentadas en el punto 3.2.2, con las cantidades aproximadas de agregado, de cemento y de agua para fabricar diferentes tipos de concreto, misma que será suficientemente precisa para fines de estimación. El empleo de aditivos implica una consideración adicional por su elevado costo, en muchos casos.

La mano de obra empleada, requerida para fabricar y colocar el concreto, varía con el número de operaciones llevadas a cabo; con la distancia de los centros de acopio de los materiales respecto al sitio de fabricación; con la longitud de acarreo del concreto y condiciones de los accesos al sitio de colocación; los equipos empleados para el acarreo, manuales o motorizados, y los equipos de mezclado y colocación empleados. El empleo de equipos que ahorren tiempo, reducirá la cantidad de mano de obra requerida, aunque habrá que revisar el ahorro en costo por el empleo de estos equipos, ya sean rentados o propiedad del contratista.

Cuando se emplea concreto premezclado, algunos de los costos se transfieren de la obra a la planta de mezclado, por lo que normalmente, siempre que exista disponibilidad de concreto premezclado, será más económico y satisfactorio comprarlo que fabricarlo en obra. Esto es especialmente cierto, cuando el espacio de trabajo en la obra es limitado y cuando se necesitan pequeñas cantidades y en diferentes tiempos durante la construcción.

Cuando se utiliza concreto premezclado, los costos de la obra se reducirán al manejo y colocación. Además, si puede ser entregado a una parte de la estructura en particular, el costo de manejo deberá ser menor que para concreto fabricado in situ.

Como se mencionó en el punto 2.2.3, en la actualidad cada vez es más frecuente el empleo del concreto prefabricado. En cuanto a costos, las ventajas de este método de construcción son que se logran costos bajos en la fabricación de las formas, de colocación del refuerzo y de colocación del concreto ya que no es necesario elevar el concreto en estado fresco para colarlo dentro de la cimbra. En este caso habrá que considerar los costos de manejo y montaje de los elementos hasta su ubicación final en la estructura, así como su transporte desde la planta de prefabricación a la obra.

2.4.3.2. Costo de las estructuras de acero

a) Fabricación de perfiles de acero estructural en el taller

Existe una gran variedad de perfiles estructurales que se fabrican en taller. El precio base de estos perfiles, varía con los precios de las laminadoras y con el costo del transporte del acero al taller.

Para elementos estructurales fabricados en taller, se suele cobrar un precio más elevado por unidad de peso para perfiles pequeños que para grandes, por lo que el estimador deberá determinar de los planos la cantidad de cada perfil por tamaño y por peso. En estos casos, es normal recurrir a los manuales de acero estructural que dan los pesos nominales de todas las secciones.

El peso de los detalles para las conexiones deberá estimarse por separado, si se requiere una estimación detallada.

Es importante mencionar, que la elaboración de planos de taller tiene un costo basado en la complejidad del detallado que se requiera y este costo, debe ser trasladado al costo total del

acero. En muchos casos, estos planos son proporcionados por las áreas técnicas de los talleres de fabricación e incluidos en el precio de los perfiles estructurales solicitados.

El costo de manejo en el taller y fabricación del acero estructural, variará considerablemente con las operaciones que se lleven a cabo, con los tamaños de miembros y con la cantidad de operaciones duplicadas en miembros similares. Para conexiones remachadas y atornilladas, las operaciones de fabricación incluirán el corte, ponchado, rimado, cepillado y remachado de taller. Para conexiones soldadas incluirán el corte, ponchado para pernos provisionales, rimado, biselado, cepillado y soldadura de taller.

La mayoría de las especificaciones para el acero estructural, requieren que el fabricante aplique una capa de pintura una vez terminada la fabricación. Cuando sea el caso, es necesario considerar el costo de esta operación.

b) Transporte del acero a la obra

El costo del transporte del acero estructural del taller de fabricación a la obra, variará con la cantidad de acero, con el método de transporte y con la distancia del taller a la obra. Si es posible transportar el acero por un sólo medio, por ejemplo en camiones, se evitarán costos por manejo intermedio, como sería en el caso de una combinación de transporte en ferrocarril y camiones.

c) Montaje de las estructuras

Las operaciones básicas para erigir una estructura de acero de manera simplificada, consisten en levantar primero las columnas sobre cimientos de concreto previamente preparados, con pernos de anclaje. Una vez erigidas las columnas, se instalan las vigas del primer nivel de piso, usualmente de dos en dos. Todas las conexiones entre vigas y columnas se unen con pernos provisionales, se plomean y se realizan las conexiones definitivas. Se sigue la misma operación en el siguiente nivel, hasta que la estructura haya sido terminada.

El procedimiento de erección y por consiguiente su costo, depende primordialmente del equipo utilizado. Éste y sus costos asociados se describen en el punto 3.6.

El costo de la mano de obra de erección del acero estructural variará, con el tipo de estructura, con la clase de equipo empleado, con el tamaño de los miembros, con la clase de conexiones, con las condiciones climatológicas y con la calificación de los operadores.

Las cuadrillas de montaje para la erección de los elementos, excluyendo remachadores y soldadores, podrán variar de 5 a 9 hombres entre operadores del equipo, montadores y mandos medios, dependiendo el equipo utilizado y el tamaño de la obra.

Cuando los elementos de la estructura se van a conectar con remaches o tornillos, además de la cuadrilla de erección se requerirán los materiales, equipos y personal propios para estas operaciones. Para estimar el costo de la mano de obra de remachado, se puede determinar el número de remaches y/o tornillos de acuerdo con los planos, o bien estimar el número probable de remaches y/o tornillos por tonelada de acero. En este caso, el número total de toneladas multiplicado por el número de remaches por tonelada dará el número total de éstos en la obra. A partir de esta información, puede determinarse el costo aproximado de la mano de obra de instalación de los remaches y/o tornillos.

Las estructuras conectadas con soldadura, ofrecen ventajas en costos por el hecho de que los miembros que se van a conectar de esta manera para la erección de la estructura, requieren menos operaciones de taller, reduciendo así los costos y el tiempo de fabricación. Por otra parte, una cuadrilla experimentada deberá poder erigir una estructura de acero soldada, a un

costo no mayor que el de las estructuras remachadas. Esto es especialmente cierto, si los elementos de la estructura se diseñan para facilitar la operación y se siguen métodos para producir soldaduras más económicas, como usar el mayor electrodo posible, usar la corriente eléctrica más elevada, usar el menor arco posible, usar la preparación adecuada de placas, mantener el espesor a un mínimo, etc.

Si una estructura se diseña para juntas soldadas, es posible reducir el tamaño de los miembros principales, logrando así una reducción total en el peso de acero y con ello en el costo.

d) Pintura de campo de la estructura de acero

El costo de aplicación de las capas de pintura a las estructuras de acero, variará con el tipo de estructura y con el tamaño de los miembros que se van a juntar. El costo de pintura por tonelada de acero para una armadura de techo, por ejemplo, será considerablemente más elevado que para un edificio con estructura de acero, debido a la mayor área de la armadura de techo y a la mayor dificultad para moverse a lo largo de la estructura.

Otro factor que influirá en el costo de la pintura, será el tipo de ésta que se especifique para cada proyecto en particular. En estructuras que se van a cubrir con materiales como mampostería o concreto, normalmente se especifican tipos más económicos; sin embargo habrá que considerar el costo adicional de este recubrimiento.

2.4.4. Integración costo-tiempo.

La asignación de recursos asegura que un plan sea físicamente factible. Se establece el hecho de que se tienen los recursos disponibles para implantar el plan. Falta sin embargo, pasar el plan por un nuevo filtro en el cual se determine la factibilidad económica con el objeto de minimizar el costo del proyecto. Puesto que el costo total incluye los gastos generales, que dependen de la duración del proyecto, cualquier demora en la terminación del mismo normalmente aumentará su costo.

Por otra parte, el análisis de factibilidad económica significa algo más que hallar la solución de costo mínimo que justifique la inversión, ya que debe mejorar la tasa de rendimiento del propietario. Esto se consigue evaluando las alternativas de aumentos o disminuciones sucesivas en la duración del proyecto.

El método seguido para considerar las diferentes alternativas y determinar la duración del proyecto con el costo mínimo, también se llama método de compresión o descompresión de la red. Por compresión se entiende el acortamiento de la duración de una actividad, y por descompresión, la extensión de la duración de ésta para minimizar el costo del proyecto.

En el análisis de factibilidad económica de un sistema, se minimiza el costo de cada componente y se observa el efecto que tiene esta reducción sobre el costo total del sistema. En un sistema de red, los componentes son sus actividades. Se alteran su duración y su costo de manera que se minimice el costo total. En el proceso de reducir el costo a un mínimo, se podrán ir obteniendo diferentes soluciones. Los criterios empleados para seleccionar una alternativa dependerán del equilibrio que se desee lograr en los parámetros tiempo y costo.

2.5. Planeación financiera del proyecto.

2.5.1. Financiamiento del proyecto.

El desarrollo de proyectos de envergadura, obliga normalmente a las empresas a recurrir a fuentes de financiamiento externas para su implementación. Las razones para ello pueden ser múltiples, tales como no supeditar el desarrollo (avance) del proyecto, a la disponibilidad de fondos propios, costo y usos alternativos de los fondos propios, menor costo de las fuentes alternativas, ventajas tributarias de la deuda contra el capital, políticas sobre los niveles de capitalización y endeudamiento de la empresa, etc.

Una decisión de inversión que requiera implementar algún tipo de mezcla o paquete de financiamiento para su materialización, necesitará abordar al menos las siguientes etapas:

- Formulación de políticas de inversión y endeudamiento
- Planificación financiera del proyecto
- Implementación del paquete de financiamiento
- Operaciones financieras del proyecto
- Control financiero del proyecto

La formulación de políticas, corresponde a la dirección de la empresa por cuanto se trata de decisiones u orientaciones relativamente permanentes en ésta. Estas políticas giran en torno a criterios para evaluar decisiones de inversión, rumbos preferenciales, tasas de descuento aplicables, evaluaciones de riesgo, retención o distribución de utilidades, niveles de endeudamiento, fuentes habituales de fondos, activos susceptibles de entregarse en garantía, etc.

A pesar de su carácter relativamente permanente, las políticas financieras de la empresa deberán ajustarse a las necesidades específicas de cada proyecto en particular por cuanto a que se deben atender restricciones como servicio bancario local, procedimientos de tesorería, aprobaciones de pago a proveedores o subcontratistas, manejo de anticipos en el caso de obra pública, etc.

La planificación financiera del proyecto, sólo tiene sentido una vez que los estudios de factibilidad han concluido y existen definiciones suficientes de la ingeniería básica para formular un plan coherente que se ajuste a las necesidades de detalle del proyecto.

Los factores que deberán establecerse para estructurar el plan financiero son:

- Programa aproximado de avances físicos relevantes del proyecto y su contrapartida de flujos monetarios
- Desagregación de los flujos por rubros
- Información relativa a los proveedores y subcontratistas, y orígenes de los materiales y equipos de instalación permanente
- Calendarización aproximada de las operaciones y condiciones de pago
- Monedas de transacción
- Operaciones documentarias alternativas o complementarias

- Garantías solicitadas y disponibles
- Fuentes alternativas disponibles y sus costos efectivos
- Plazos de implementación de los créditos, condiciones generales y específicas
- Organización y direccionamiento de los fondos posibles

Un paquete de financiamiento para que sea viable, deberá ajustarse primero que nada a las necesidades establecidas por la ejecución del proyecto, por lo que mientras más precisión se tenga en la definición de los puntos anteriores su utilidad como herramienta de planeación será mayor y por tanto, también lo será la probabilidad de llevar a buen término el proyecto.

Es importante mencionar que la implementación efectiva del financiamiento es decir, pasar de la planeación a la operación financiera del proyecto requiere organización y bastante trabajo de detalle. En las firmas de contratos de crédito por ejemplo, pueden ocuparse hasta varios meses nada más para cumplir los requisitos de condiciones previas. Esto será particularmente cierto en proyectos de participación extranjera, donde habrá que tomar en cuenta las regulaciones del país en materia de comercio exterior.

Las operaciones financieras, se refieren a la elaboración y manejo de presupuestos de caja semanales, manejo de cuentas corrientes, instrucciones de remesas de fondos o aceptación de cargos, negociación y apertura de créditos con proveedores y subcontratistas y otras.

Un aspecto importante de la administración del financiamiento de un proyecto, son las tareas de control financiero de las fuentes y usos previstos por el plan, y la realidad observada.

El control de las fuentes se ocupa del estado de sus desembolsos, del cálculo de intereses, comisiones fijas, primas de compromiso y de riesgo, saldos por utilizar de las líneas y reestimación de la utilización final, con el objeto de anticiparse a posibles ampliaciones o cierres parciales de las mismas.

El control de los usos es el registro del flujo de caja efectivo por rubros, incluyendo las reestimaciones para los periodos siguientes y final proyectados, conforme los comportamientos a la fecha control.

En la figura 2.5.1, se presenta un diagrama secuencial donde se muestran las distintas etapas funcionales de la administración financiera de un proyecto.

2.5.2. Programa financiero

El presupuesto refleja el régimen al que han de efectuarse los gastos en relación con el tiempo, es decir, implica la integración de la estimación con el programa. Esta presupuestación basada en el tiempo, es central respecto al análisis de un proyecto desde el punto de vista de flujo de efectivo, es decir, del financiamiento requerido. Los proyectos grandes y de mucha duración, se construyen típicamente con base en el reembolso del costo, y el diseño y la construcción avanzan al mismo tiempo. El presupuesto se enfoca en paquetes de obra, los cuales se diseñan y luego se entregan al grupo de construcción. En este sentido, el proyecto total puede considerarse como un gran conjunto de proyectos menores, donde al tener más detalle, los procesos de estimación y por tanto, de presupuestación se vuelven más precisos.

Los gastos acumulativos de un proyecto, en relación con el tiempo, se pueden representar en forma de una curva S (ver figura 2.5.2) cuya forma característica se debe a que al iniciar un proyecto se movilizan algunas actividades aisladas y los gastos por tanto, son de orden bajo. Al entrar en línea muchas actividades el nivel de gastos aumenta considerablemente, por lo

que la pendiente de la curva aumenta. Hacia el final del proyecto quedan pocas actividades pendientes, por lo que la pendiente de la curva vuelve a bajar hasta el término del proyecto.

Anteriormente, se mencionó que los proyectos comúnmente se construyen basados en el reembolso del costo. El flujo de dinero hacia el contratista tiene lugar en la forma de pagos por avance. El contratista hace periódicamente, estimaciones de obra terminada (por lo general mensualmente) y éstas son verificadas por el representante del dueño. Dependiendo del tipo de contrato (a precio alzado, a precios unitarios, etc.), las estimaciones se basan en evaluaciones del porcentaje de terminación del contrato total o en medidas reales de campo de las cantidades de obra construida. Debido al lapso que ocurre entre el inicio de la construcción y el pago de facturas por parte del dueño, el perfil de ingresos va retrasado en la curva S de gastos. Esto se puede ver en la figura 2.5.3. El perfil de ingresos tiene una forma escalonada, ya que los pagos por avance se transfieren en cantidades discretas. El área sombreada en la figura entre los perfiles de ingresos y gastos, indica la necesidad, por parte del contratista de financiar parte de la construcción hasta el momento en que se reciben los reembolsos.

—

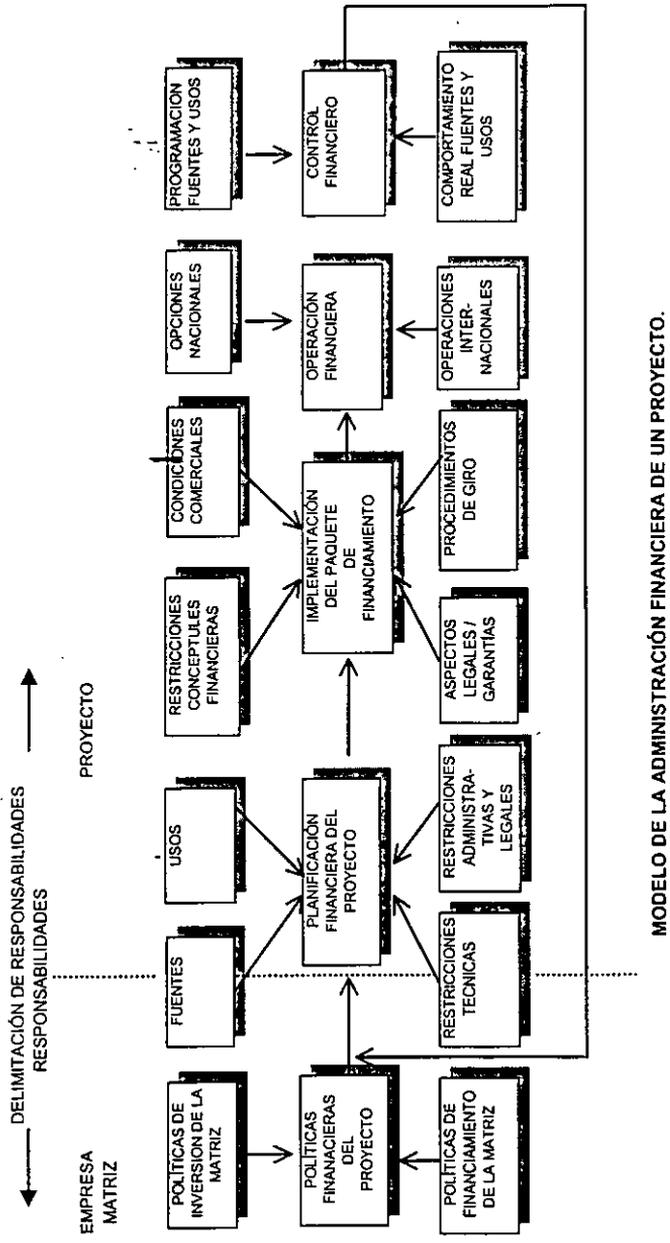


Figura 2.5.1 Modelo de la administración financiera de un proyecto

ESTA TESIS NO SALE DE LA BIBLIOTECA

ACTIVIDAD	MESES						TOTALES
	1	2	3	4	5	6	
INGENIERÍA	6 000	2 000					8 000
CIMENTACIÓN		5 000	5 000				10 000
ESTRUCTURA			9 000	15 000	6 000		30 000
MONTAJE DE EQUIPO				10 000	10 000		20 000
INSTALACIONES				3 000	7 000	2 000	12 000
ACABADOS				6 000	5 000	4 000	15 000
	6 000	7 000	14 000	34 000	28 000	6 000	95 000

EJEMPLO DE CALENDARIO DE FLUJO DE EFECTIVO Y CURVA S.

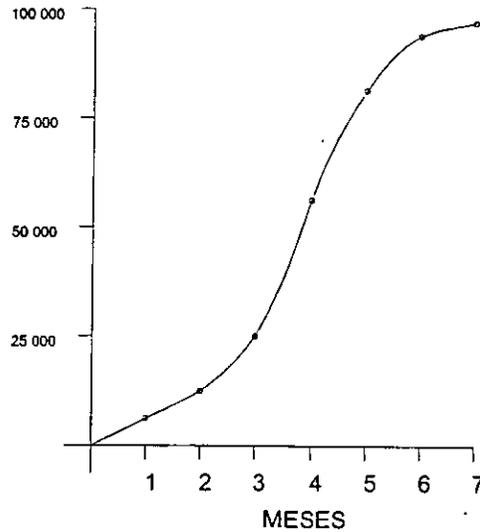


Figura 2.5.2 Ejemplo de calendario de flujo de efectivo y curva S

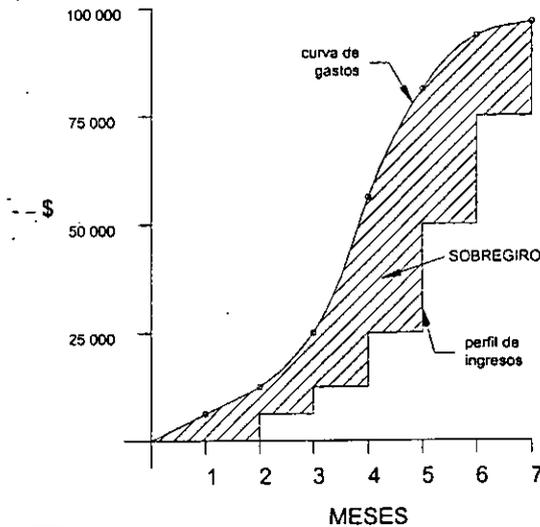


Figura 2.5.3 Perfiles de ingresos y egresos

La diferencia entre el ingreso y el gasto, hace necesario que el contratista recurra a un financiamiento temporal, que puede ser de una fuente interna o externa de la empresa, mientras recibe el reembolso.

El monto del crédito o financiamiento, dependerá de muchos factores como pueden ser los atrasos en la presentación y cobro de facturas, las retenciones que estén estipuladas en el contrato, como puede ser la retención de la utilidad hasta que se haya avanzado el 50% de la construcción, etc.

Puesto que a los contratistas de la construcción se les considera normalmente, como sujetos de crédito de alto riesgo, ya que si fallan en sus pagos, el préstamo sólo está asegurado por los inventarios de materiales y por una construcción parcialmente terminada, además de que tienen una tasa históricamente alta de quiebras, es común que los intereses por financiamiento de los préstamos que se les otorgan sean altos. Por supuesto, una buena política es tratar de minimizar el monto del sobregiro.

Para lograr lo anterior, los contratistas de construcción usualmente defasan sus requerimientos de efectivo en préstamo, solicitando al dueño dinero en anticipo o de movilización, con lo cual se desplaza la posición del perfil de ingresos con respecto al de gastos, con lo que se logra que no exista sobregiro alguno o éste sea bajo. (Ver figura 2.5.4).

Cuando se otorgan anticipos, el dueño acepta tomar temporalmente, el requerimiento de financiamiento que de otra manera tendría el contratista. Eso le puede significar ventajas económicas en el costo total, ya que de lo contrario en último término, le llegaría vía

facturación la tasa de financiamiento del contratista (que por las causas expuestas anteriormente seguramente serían altas).

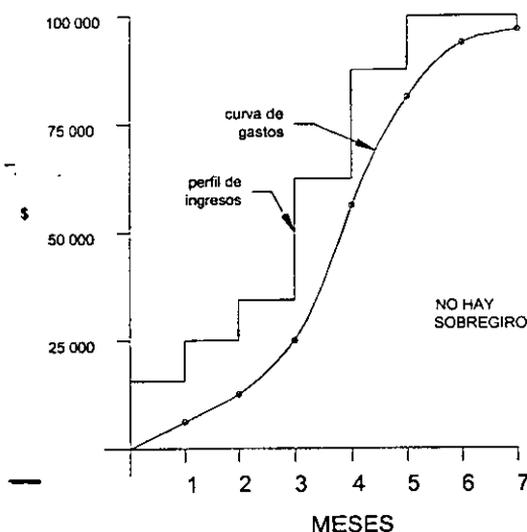


Figura 2.5.4 Influencia del pago de anticipos en los perfiles de ingresos y egresos

Para conocer el nivel o monto de créditos, el contratista necesitará conocer cuál será el sobregiro máximo que ocurrirá durante la construcción del proyecto. Este puede calcularse, a partir de la información del presupuesto de gastos y las proyecciones de los reembolsos vía cobro de estimaciones, como se ilustra en la Tabla 2.5.1.

Deben considerarse, al hacer las estimaciones de sobregiro, que las cotizaciones presentadas tengan buenas probabilidades de aceptación. Por lo general es necesario en la práctica, preparar un análisis mucho más detallado que el mostrado en el ejemplo anterior, que tome en cuenta los niveles esperados de capital de trabajo y el alcance del apoyo que probablemente se obtenga, de recibir vía crédito concedido por proveedores y subcontratistas. Adicionalmente, es necesario estimar y considerar márgenes por variaciones que pudieran ocurrir por atrasos en pagos de la facturación, por avance o atrasos en la ejecución de la obra.

El sistema más detallado para reunir los datos relevantes tendientes a lograr pronósticos de flujo de efectivo de mayor significación, requerirá un resumen y programa calendarizado para los diversos elementos y conceptos que formen los costos totales de construcción, siguiendo sus movimientos desde la fecha de ocurrencia del gasto hasta la fecha esperada de pago. Deberá prepararse un programa paralelo interrelacionado para los pagos anticipados por avance siguiendo su movimiento, desde la fecha de facturación hasta la fecha esperada de recibo de fondos.

	MES							
	1	2	3	4	5	6	7	8
COSTO DIRECTO	4 000	5 000	12 000	32 000	26 000			
COSTO INDIRECTO	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000			
SUBTOTAL	6 000	7 000	14 000	34 000	28 000			
UTILIDAD	600	700	1 400	3 400	2 800			
TOTAL FACTURADO	6 600	7 700	15 400	37 400	37 400	30 800	30 800	6 600
PAGO RECIBIDO			6 600	7 700	15 400	95 000	95 000	95 000
COSTO TOTAL ACUMULADO	6 000	13 000	27 000	61 000	89 000	114 500	114 500	114 500
IMPORTE FACTURADO ACUM.	8 600	14 300	29 700	67 100	107 900	67 100	97 900	104 500
TOTAL PAGADO A LA FECHA SOBRE GIRO A FIN DE MES	(6 000)	(13 000)	(20 400)	(46 700)	(59 300)	(27 900)	12 900	9 500
INTERES SOBRE SALDO DEL SOBREGIRO	600	1 300	2 040	4 670	2 790			
CANTIDAD TOTAL FINANCIADA	6 600	14 300	50 370	50 370	30 690			

Tabla 2.5.1 Cálculo del sobregiro

Debe recordarse que uno de los objetivos primarios del pronóstico de flujo de efectivo es por supuesto, hacer posible planear, ya sea para asegurar que podrán satisfacerse los requerimientos adicionales de fondos mediante provisiones adecuadas, o bien asegurarse que no habrán de permanecer recursos financieros ociosos, cuando debieran estar generando un rendimiento razonable.

2.6. Control de tiempos y costos

2.6.1. Contabilidad financiera y contabilidad de costos

Vistos en conjunto los temas de planeación de costos y el control de costos, constituyen lo que se conoce como ingeniería de costos. Para cada proyecto en particular, se tiene que desarrollar una estimación de costos, la cual sirve de base para determinar el precio de cotización al cliente, tal como se mencionó en los puntos 1.6 y 2.4. Cuando esta estimación se distribuye a lo largo de la vida del proyecto, y se representan gráficamente las cantidades de costo durante cada periodo del proyecto contra el tiempo, la estimación de costos se transforma en un presupuesto.

La base para el control de costos, es el sistema de costeo de la obra. El sistema general de contabilidad de ~~costos~~ reúne la información de todos los costos, abarcando inclusive, los costos generales y administrativos, los costos de venta y otros costos no relacionados directamente con el proyecto. El objetivo del sistema de costos de las obras, es capturar todos los gastos del proyecto en la forma que van ocurriendo y ubicarlos en los subelementos físicos generadores del costo del proyecto que se está construyendo. La mayoría de los costos asociados con un proyecto, están ligados a la colocación de una subsección física de la obra. Sin embargo, ocurren otros costos en relación con conceptos no físicos, por ejemplo primas de seguro o pago de fianzas. Estos costos no físicos tienen que ser capturados también, por el sistema de costos de la obra.

El sistema de costos de un proyecto es puramente, un sistema de información a la gerencia en cuanto a que reúne la información diseñada para ayudar al gerente a controlar el proyecto. Como tal, es un sistema de monitoreo diseñado para suministrar retroalimentación oportuna en relación con los resultados reales de un proyecto dado, comparándolos con las metas del proyecto, como pueden ser las fijadas en un presupuesto, una estimación de costos o en ambos.

De lo anterior, se desprende que el alcance y grado de precisión del sistema de costos es estrictamente, una decisión de la gerencia y podrá ser tan complejo o tan superficial como lo desee la gerencia. Este hecho hace que el sistema de costeo contraste con el sistema financiero de la empresa, el cual tiene que llevarse por ley para fines de pago de impuestos. El sistema financiero contable se requiere también para la preparación de informes a los accionistas y para la presentación de informes similares a instituciones de crédito, cuando se requieran.

Los sistemas de costeo de las obras y de control de los costos, se diseñan a la medida para el proyecto y la selección del nivel de detalle apropiado es importante para el éxito de un proyecto. Es obvio, que mientras más grande y compleja sea la obra se requiera un sistema más complejo y que en el caso de construcción de estructuras, el tipo que se trate, acero o concreto, será importante para el diseño del sistema de costeo por los subelementos físicos a los que habrán de clasificarse los costos.

En la figura 2.6.1, se muestra esquemáticamente lo que podría ser el ciclo de control de costos. La preparación del plan de costeo es el primer paso. Una vez que comienza el proyecto, las condiciones en que se trabaja en la realidad, afectan al plan original y causan desviaciones respecto al mismo. Tiene que seguirse periódicamente el estado del proyecto, que refleja las actividades reales con respecto al plan original y los informes deben diseñarse en forma tal, que detecten las desviaciones de costo oportunamente. De esta manera pueden tomarse decisiones para corregir tales variaciones y llevar el proyecto dentro de límites aceptables de variación de costos.

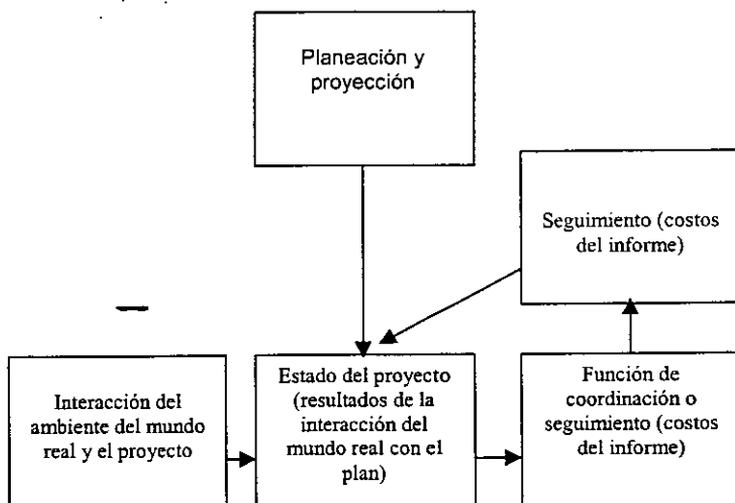


Figura 2.6.1 Ciclo de control de costos

El sistema de costeo en su operación, lleva un seguimiento de los gastos del proyecto y los distribuye a los centros de costo del proyecto. Los centros de costos son los subelementos generadores de costo del proyecto en conjunto, y pueden ser porciones físicas del mismo o bien conceptos no-físicos. Como la función del sistema de costeo de las obras es la recolección y presentación de información de costos, es un receptor de información procedente de otras actividades contables. El flujo paralelo de la información contable, hacia el sistema de costeo de las obras, se distribuye en un grupo de cuentas mucho más detalladas. La estructura de costos del proyecto individual, la definen aquellas cuentas de la lista de cuentas de costo que se hayan seleccionado como activas y relevantes, para los flujos de costo del proyecto de que se trate. En consecuencia, el detalle que se defina para las cuentas de costeo de las obras habrá de variar de una obra a otra, y la obra podrá subdividirse simplemente en cuatro o cinco centros de costo e incluso en miles de conceptos, dependiendo de su complejidad y del detalle de la lista de cuentas de costo.

Como el propósito de este procedimiento es comparar los costos reales con los costos proyectados, la definición de cuentas de costo para un proyecto, estará estrechamente relacionada con la subdivisión de la obra en centros de costo para fines de estimación, es decir, las cuentas de costo deberán ser compatibles con las cuentas de estimación. Esto

expedita la comparación de los costos reales en que se va incurriendo, con los costos proyectados como parte de la estimación.

Como los sobregiros en costo disminuyen las utilidades, resulta fácil ver que la gerencia del proyecto debe ser sensible a los costos de todas las actividades del mismo. Un importante subproducto de un sistema de costos, son los datos que puede generar para la gerencia sobre la forma en que se comportan en el campo los costos de las actividades de construcción. La determinación del estado en que se encuentra el proyecto, de la efectividad de avance de las obras y la preparación de solicitudes de pago por avance requieren de datos generados, tanto por la planeación del proyecto como por los sistemas de información de los costos.

Los datos del control de costo del proyecto, también son importantes para los departamentos de estimaciones y planeación de la empresa, porque estos datos proporcionan información de retroalimentación esencial para preparar estimaciones efectivas y cotizaciones de nuevos proyectos.

En la figura 2.6.2, se muestra esquemáticamente, la relación de los sistemas de contabilidad financiera y de contabilidad de costos. En ésta, se observa cómo la contabilidad de costos se enfoca a la vigilancia y control del efectivo que fluye hacia y a través de las cuentas de costo del proyecto, donde las cuentas de gastos de los proyectos son las cuentas de costo que han de administrarse. La estimación y el control de costos están estrechamente relacionados y uno se construye sobre el otro. Ambos se afinan en la medida en que se van integrando los datos y la experiencia de campo.

Por finalizar este punto, cabe recordar que como sucede con todos los sistemas administrativos, el esfuerzo y el tiempo gastados en operar el sistema de costos deberá aportar beneficios que sobrepasen al costo del sistema y que para que sea eficaz, deberá producir la cantidad correcta de información con oportunidad, ya que el tener mucha información pero demasiado tarde, será de poca ayuda para los procesos de toma de decisiones.

2.6.2. Presupuesto de control y flujo de efectivo.

En el punto 2.2, se mencionó que el proceso de planeación implica el establecimiento de un marco dentro del cual se puedan controlar tiempos y costos. A este marco se le denomina comúnmente presupuesto de control o presupuesto del proyecto, y contiene los valores meta que servirán como guías para determinar si los costos del proyecto están dentro de lo esperado.

El objetivo de la elaboración de presupuestos basada en el tiempo, es lograr un patrón mejorado del flujo de efectivo y consumo de recursos. El fin de los presupuestos de las cuentas de costos y la programación de actividades, es establecer niveles de meta que puedan usarse para detectar sobregiros o subgiros de los valores proyectados. Esto permite a la dirección del proyecto administrar por excepción. Es decir, localizar secciones que requieran atención observando las variaciones significativas respecto a los niveles de gasto planeado.

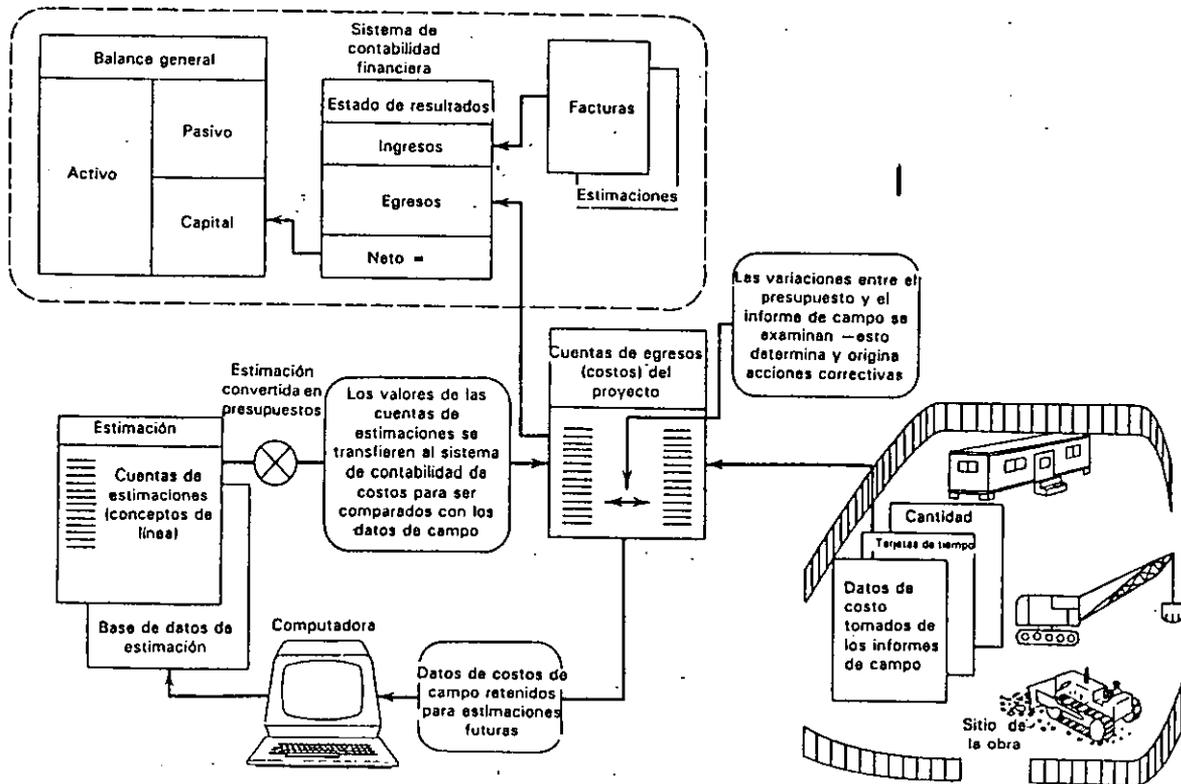


Figura 2.6.2 Relación de la contabilidad financiera y la contabilidad de costos

2.6.3. Análisis de variaciones y tendencias de los costos

La detección de desviaciones, respecto a los costos y utilización de recursos programados o presupuestados, destaca secciones potenciales de problemas y da lugar a decisiones por parte de la gerencia, para corregir sobregiros y estar alerta con los subgiros. A esta técnica para la detección y corrección de desviaciones respecto al avance planeado, se le llama administración por excepción.

La acción de controlar los costos, se basa en comparaciones del desempeño real respecto al originalmente proyectado en el presupuesto de control. Para que proporcione una estructura o marco dentro del cual pueda tener lugar tal comparación, el presupuesto de control debe contener los elementos siguientes:

1. Identificación de cada concepto de obra
2. Unidades de medida y cantidad esperada para cada concepto de obra
3. Costo esperado por unidad y costo total por cada concepto de obra
4. Previsión para registrar el costo real total y unitario a la fecha para cada concepto de obra
5. Previsión para proyectar totales a la terminación de cada concepto de obra sobre la base del conocimiento corriente
6. Una forma de expresar variaciones de manera que destaquen las excepciones y desviaciones grandes.

En la tabla 2.6.1, se muestra un ejemplo de un reporte de costos de mano de obra con los elementos antes descritos.

REPORTE DE COSTO DE MANO DE OBRA

CLAVE COSTO	DESCRIPCIÓN	U	% AVANCE	CANTIDAD		COSTO		COSTO PROYECTADO	
				ESTIMADA	REAL	ESTIMADO	REAL	A LA FECHA	PARA TERMINAR
505	COLOCACIÓN LOSAS	m3	93	3000	2788	3340	2814	-274	-22
510	MARQUESINAS	m3	43	40	17	10500	10533	33	TERM
603	GRAVA PARTES INFERIORES	m3	112	225	253	600	514	259	350
605	JUNTA DE EXPANSIÓN	m	72	1250	900	665	516	-149	TERM
706	CIMBRA VIGAS	m2	100	5000	4999	10700	10613	-87	TERM

Tabla 2.6.1 Ejemplo de reporte de presupuesto de control.

El análisis de variaciones es el método más obvio y comúnmente usado, para evaluar los resultados reales de costo contra los presupuestados. En su forma simplificada, es una comparación directa de la desviación en costo, entre las cantidades real y estimada.

A la comparación simple de costos, unitario y total, se le conoce como modelo de un factor. En el modelo de un factor,

$$V_i = AC_i - BC_i$$

En donde:

V_i = variación para el concepto de orden i

AC_i = costo real del concepto de orden i

BC_i = costo en presupuesto del concepto de orden i

La variación total de la cantidad, como el costo por unidad, pueden detectarse utilizando el llamado modelo de dos factores. La estructura de este modelo se define como sigue:

$$V_{ip} = AC_i - (AQ_i \times SP_i)$$

$$V_{iq} = (AQ_i \times SP_i) - (SQ_i \times SP_i)$$

En donde:

V_{ip} es la desviación relacionada con el precio para el concepto de orden i

V_{iq} es la desviación relacionada con la cantidad para el concepto de orden i

AC_i es el costo real del concepto de orden i

AQ_i es la cantidad real del concepto de orden i

SP_i es el precio estándar o estimado por unidad del concepto de orden i

SQ_i es la cantidad estándar o estimada que se requiere en el concepto de orden i , para obtener el nivel de actividad.

Aquí pueden evaluarse las variaciones asociadas con los cambios habidos en el precio unitario de los recursos y las cantidades reales de conceptos de obra, en función de su efecto sobre la variación total.

Los modelos de variación de uno o dos factores, proporcionan un método simple y de fácil comprensión para analizar los reportes de costo. El modelo de dos factores, también ayuda a detectar la razón de una desviación favorable o desfavorable en términos de precios y cantidades.

Los reportes de costo, como el mostrado en la tabla 2.6.1, son mecanismos de retroalimentación que proveen al gerente con información vital relativa al estado de la obra; proporcionan la base para aplicar el análisis de variaciones para determinar las razones de los alejamientos, respecto al desempeño estimado. Sin embargo, son limitados en cuanto a que

proporcionan sólo información en parte, por parte relativa al deslizamiento que ocurre en la duración original del proyecto y en los sobregiros del costo total del proyecto.

La aplicación de análisis de tendencia, puede ayudar al gerente a pronosticar el desempeño en cuanto a tiempo y costo. La proyección del costo total del proyecto, se debe basar en el pronóstico de los parámetros principales del mismo. La fecha de terminación del proyecto y el costo pronosticado a su terminación, son los principales parámetros clave que deben dirigirse y seguirse para mantener el control del proyecto. Estos parámetros principales se pueden revisar y actualizar continuamente, utilizando representaciones gráficas soportadas por datos del desarrollo del proyecto.

A) Gráfica de tendencia de la fecha de terminación

En la figura 2.6.3, se muestra una gráfica de tendencia de la fecha de terminación. Para su elaboración, se establece una escala de fechas en el eje horizontal y otra en el eje vertical que comienzan con la fecha de inicio del proyecto. La horizontal deberá establecerse como la fecha actualizada del reporte o de control, y la vertical se denomina como fecha de terminación. Se traza entonces una línea de isofechas, que es a 45 grados, y es la línea de metas en el sentido de que las líneas de tendencia habrán de proyectarse hasta su intersección con la línea de isofechas.

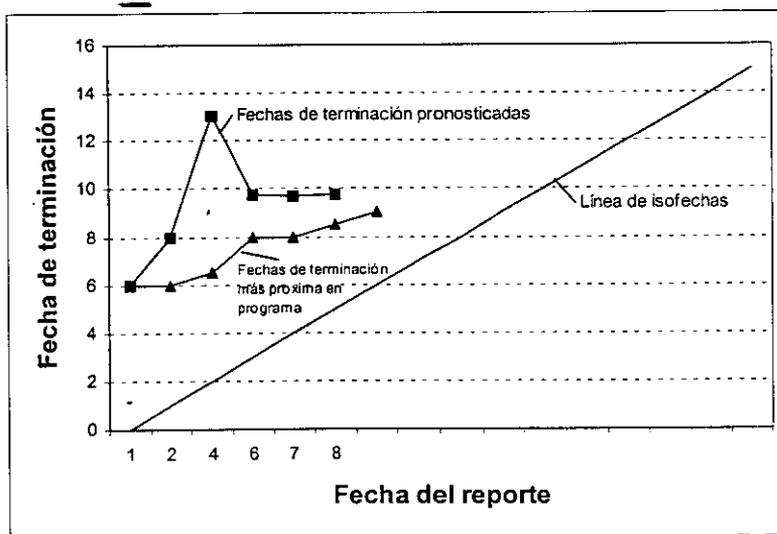


Figura 2.6.3 Gráfica de tendencia de la fecha de terminación

Los puntos que han de trazarse en esta gráfica, son las fechas de terminación programada más tempranas o adelantadas, para las actividades de importancia especial que se estén siguiendo. Cada entrada se hace encontrando en el eje horizontal, la fecha en que se logró la fecha actualizada programada más tardía, moviéndose luego verticalmente hasta el punto que muestre la fecha de terminación resultante de la fecha actualizada más tardía.

Si el progreso real coincidiera exactamente con el programa original, la línea de tendencia de la fecha de terminación se desarrollaría como una línea horizontal. Esta línea intersectaría a la de isofechas, en el día en que se terminara la actividad que se está analizando. Si el avance hacia esa actividad fuera más lento que el programado, la línea tendría pendiente positiva. Si por el contrario, el rendimiento fuera resultando mejor que el programado, la línea de tendencia tendría pendiente negativa. La línea de tendencia puede proyectarse más allá del último punto trazado, hasta una intersección con la línea de isofechas. El punto de intersección tiene un valor sobre el eje de fechas de terminación que se interpreta como la fecha de terminación pronosticada.

Como la proyección visual, de la línea de tendencia que forman los puntos de fecha programada más adelantada, está sujeta a mucha variación, es preferible encontrar el punto de intersección extrapolando con algún método numérico, para normalizar la obtención de la fecha de terminación pronosticada.

B) Gráfica de tendencia del costo del proyecto

En la figura 2.6.4, se muestra una gráfica de tendencia del costo de un proyecto. Esta gráfica se prepara con una escala de fechas de calendario como eje horizontal, y una escala de costos como eje vertical. La escala de calendario debe comenzar con la fecha de iniciación del proyecto; a esta escala se le denomina de fechas de reporte o de fechas de control. La escala vertical se llama costo total del proyecto.

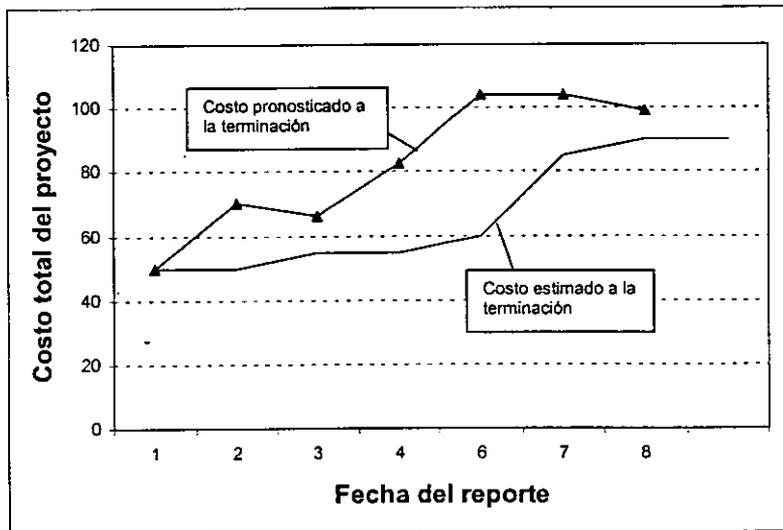


Figura 2.6.4 Gráfica de tendencia del costo del proyecto

Los puntos que han de trazarse en esta gráfica, son la suma de los costos reales a la fecha, más los costos comprometidos a la fecha, más los costos adicionales estimados para terminar. Estos puntos se citan como costos estimados a la terminación. Los datos mencionados se toman directamente, del reporte de estado de costo de la obra.

Los puntos resultantes adyacentes, pueden unirse mediante líneas rectas para facilitar la visualización de la tendencia de estos puntos. Si fueran perfectas, tanto la estimación original como la ejecución del proyecto, esta línea sería horizontal. Sin embargo, hay muchos factores que tienden a ocasionar que el costo estimado a la terminación, se eleve de un reporte de costo al siguiente. La proyección de esta tendencia a la fecha anticipada de terminación, dará un costo pronosticado a la terminación. La fecha anticipada de terminación del proyecto, deberá ser la fecha pronosticada de terminación tomada de la gráfica de tendencia de la fecha de terminación, y no a la fecha más temprana de terminación que se ha programado, la cual podría ocurrir únicamente si se eliminaran súbitamente, todos los factores que ocasionan atrasos en el proyecto.

Al igual que en la gráfica de tendencias de la fecha de terminación, la proyección visual de la línea de tendencia de costo, está sujeta a variación considerable por lo que es recomendable hacer uso de un método numérico de extrapolación para obtener el pronóstico de costo a la terminación.

3. DISEÑO DEL PROYECTO

3.1. Clasificación de las estructuras de acuerdo al Reglamento de Construcción del Distrito Federal 1997 (RCDF)

El Reglamento de Construcción del D.F. (RCDF), existe para cuidar los intereses de todos, ya que cualquier construcción es de orden público y de interés social. Las obras de construcción, instalación, modificación, ampliación, reparación y demolición, así como el uso de las edificaciones y los usos distintos de los predios del territorio del Distrito Federal, se sujetan a las disposiciones de la Ley del Desarrollo Urbano, del Reglamento de Construcción, de las Normas Técnicas Complementarias y de las demás disposiciones legales aplicables.

El título sexto del RCDF, contiene los requisitos que deben cumplirse en proyecto, ejecución y mantenimiento de una edificación, para lograr un nivel de seguridad adecuado contra fallas estructurales, así como un comportamiento estructural aceptable en condiciones normales de operación. Estas disposiciones se aplican, tanto a las edificaciones nuevas como a las modificaciones, ampliaciones, obras de refuerzo, reparaciones y demoliciones de las obras a que se refiere el reglamento. En las normas técnicas complementarias se definen los requisitos específicos de ciertos materiales y sistemas estructurales, así como procedimientos de diseño.

El RCDF en su artículo 174, clasifica las construcciones en los siguientes grupos:

I. Grupo A.- Edificaciones cuya falla estructural podría causar la pérdida de un número elevado de vidas o pérdidas económicas o culturales excepcionalmente altas, o que constituyan un peligro significativo por contener sustancias tóxicas o explosivas, así como edificaciones cuyo funcionamiento es esencial a raíz de una emergencia urbana, como: hospitales, escuelas, terminales de transporte, estaciones de bomberos, centrales eléctricas y de telecomunicaciones; estadios, depósitos de sustancias inflamables o tóxicas; museos y edificios que alojen archivos y registros públicos de particular importancia, a juicio del Departamento; y.

II. Grupo B.- Edificaciones comunes destinadas a vivienda, oficinas y locales comerciales, hoteles y construcciones comerciales e industriales no incluidas en el Grupo A, las que se subdividen en:

- a) Subgrupo B1. Edificaciones de más de 30 m de altura o con más de 6,000m² de área total construida, ubicadas en las zonas I y II a que se alude en el artículo 175, y construcciones de más de 15 m de altura o 3,000m² de área total construida, en zona III; en ambos casos, las áreas se refieren a un sólo cuerpo del edificio que cuente con medios propios de desalojo, (acceso y escaleras), incluyen las áreas de anexos, como pueden ser los propios cuerpos de escaleras. El área de un cuerpo que no cuente con medios propios de desalojo, se adicionará a la de aquel otro a través del cual se desaloje. Además templos, salas de espectáculos y edificios que tengan salas de reunión que puedan alojar más de 200 personas.
- b) Subgrupo B2.- Las demás de este grupo.

En el RCDF se especifica que toda estructura y cada una de sus partes deben diseñarse para cumplir con los requisitos básicos:

I. Tener seguridad adecuada contra la aparición de todo estado límite de falla posible, ante las combinaciones de acciones más desfavorables que puedan presentarse durante su vida esperada.

II. No rebasar ningún estado límite de servicio, ante combinaciones de acciones que correspondan a condiciones normales de operación. Se considera como estado límite de falla, cualquier situación que corresponda al agotamiento de la capacidad de carga de la estructura o de cualquiera de sus componentes. Se considera como estado límite de servicio, la ocurrencia de desplazamientos, agrietamientos, vibraciones o daños que afecten el correcto funcionamiento de la edificación, pero que no perjudiquen su capacidad para soportar cargas.

Las normas técnicas complementarias del RCDF, 1997, dividen a las estructuras en cinco tipos diferentes:

- a) Estructuras de mampostería
- b) Estructuras de cimentación
- c) Estructuras de concreto
- d) Estructuras de madera
- e) Estructuras metálicas.

Para cada una de las estructuras anteriores se hace un análisis de acuerdo con el material que se ocupa. En nuestro caso, son dos las estructuras que nos interesan, acero y concreto.

En las normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de concreto, se incluye el concreto simple y el reforzado, y se establecen como las más comunes las siguientes estructuras:

- 1) Vigas
- 2) Columnas
- 3) Losas
- 4) Zapatas
- 5) Muros
- 6) Diafragmas y elementos a compresión de contraventeos
- 7) Arcos, cascarones y losas plegadas
- 8) Articulaciones plásticas en vigas, columnas y arcos
- 9) Ménsulas.

En cuanto a las construcciones de estructuras de acero, se pueden utilizar cualquiera de los dos tipos básicos. Las estructuras tipo 1, comúnmente designadas marcos rígidos o estructuras continuas, se caracterizan porque los medios que las unen son conexiones rígidas, capaces de reducir a un mínimo las rotaciones entre los extremos de las barras que ocurren en cada nudo. Las estructuras del tipo 2, son aquellas donde sus miembros están unidos por medio de conexiones que permiten las rotaciones relativas y que son capaces de transmitir la totalidad de las fuerzas normales y cortantes.

3.2. El acero y el concreto como elementos estructurales

3.2.1. Estructuras de acero

3.2.1.1 Resistencia del acero estructural

Existen diferentes factores que influyen en la resistencia de una estructura de acero; todos son variables pero se pueden agrupar en tres categorías:

- 1) Resistencia real del material empleado, dimensiones geométricas reales y tolerancias
- 2) Solicitaciones reales de cualquier tipo, a las que estará sujeta la estructura durante su vida útil
- 3) Grado de aproximación obtenido en los cálculos.

El uso de la estadística es muy útil y tiene varias ventajas para el diseño, pero pueden presentarse algunas complicaciones, por lo que es recomendado utilizar valores característicos de la resistencia de los materiales y de las cargas, basados en una probabilidad fija de que los valores reales sean menores o mayores a los escogidos, y cubrir los factores de incertidumbre al transformarlos en valores de diseño, por medio de coeficientes que dependen del tipo de falla que se desea evitar, de la clase de material y estructura. En el acero, son más utilizados estos valores característicos que en el concreto, debido a las mismas características de los materiales.

Se dice que una estructura ha alcanzado su estado límite, cuando una parte de ella, deja de cumplir satisfactoriamente la función para la cual fue diseñada y construida. Existen dos tipos de estados límites:

- De resistencia
- De servicio

Los primeros, corresponden a la capacidad máxima de carga asociada con el colapso total o parcial de la estructura, o con deformaciones inelásticas de magnitud inaceptables; los segundos, están relacionados con los criterios que determinan el uso normal de la construcción con respecto a deformaciones, desplazamientos, vibraciones, etc. La importancia de las deformaciones de las estructuras no proviene de ellas en sí, sino de sus consecuencias, por lo que pueden considerarse tres grupos de estados límite correspondientes a:

- 1) Apariencia
- 2) Riesgo de daños en otras partes de la construcción, o en equipos que haya en ella
- 3) Sensaciones de inseguridad y falta de confort en las personas que viven o trabajan en el edificio.

Cuando se alcanza un estado límite de resistencia, se presenta un colapso total de la estructura o de una parte de ella, o aparecen daños tan grandes que toda, o parte, puede considerarse destruida. Se distinguen los estados límite de resistencia siguientes:

- Estados límite de capacidad. Se alcanza cuando las resistencias máximas se utilizan simultáneamente, en un número de secciones transversales suficiente para que la estructura, o parte de ella, se convierta en un mecanismo, incapaz de satisfacer las condiciones de equilibrio si se aumentan las cargas.

- Estado límite de inestabilidad. La capacidad de carga de una estructura, con respecto a fenómenos de inestabilidad, depende fundamentalmente de la rigidez de los elementos que la componen y de imperfecciones en su geometría. El estado límite se alcanza, cuando la estructura en conjunto o una parte pierde su rigidez.
- Estado límite de fractura frágil. La posibilidad de una fractura frágil en un elemento estructural, depende fundamentalmente de las propiedades del material con que está hecho, de la forma y características de los detalles de la estructura, de la temperatura y de la velocidad con que se aplicaron las cargas.
- Estado límite de fatiga. Se conoce por la amplitud de los esfuerzos que causa la ruptura de una conexión, barra o estructura, después de un número determinado de ciclos de carga. Se debe investigar por métodos elásticos.
- Estado límite de duración, pérdidas de material, o cambios en sus características iniciales, pueden hacer que una estructura alcance a lo largo del tiempo, una situación en la que aparezca alguno de los estados límite de resistencia o servicio. Para evitar esto, se deben establecer condiciones de protección para los materiales.

Para comprender el comportamiento de las estructuras de acero, es indispensable familiarizarse con las propiedades del acero y posiblemente, la información más valiosa la proporcionan los diagramas esfuerzo – deformación. El mayor esfuerzo, para el cual tiene aplicación la ley de Hooke, o el punto más alto sobre la porción de línea recta del diagrama esfuerzo – deformación, es el llamado límite de proporcionalidad. El mayor esfuerzo que puede soportar el material sin ser deformado permanentemente, es llamado límite elástico. En ocasiones estos dos términos se manejan como sinónimos o como límite elástico de proporcionalidad.

Al esfuerzo que corresponde un decisivo incremento en la deformación, sin el correspondiente incremento en esfuerzo, se conoce por límite de fluencia. Probablemente, el punto de fluencia es para el proyectista la propiedad más importante del acero, ya que a partir de él se basan los procedimientos para diseñar elásticamente. Los esfuerzos permisibles comúnmente son porcentajes de límite de fluencia. Mas allá de este límite, la deformación se incrementa considerablemente, sin que el esfuerzo se incremente. A la deformación antes del punto de fluencia se le denomina deformación elástica, y a la que ocurre después, deformación plástica (Ver figura 3.2.1).

La fluencia de acero sin incremento de esfuerzo, podría ser una desventaja; sin embargo, es la mejor manera de prevenir fallas debidas a errores u omisiones de diseño. Otra gran ventaja

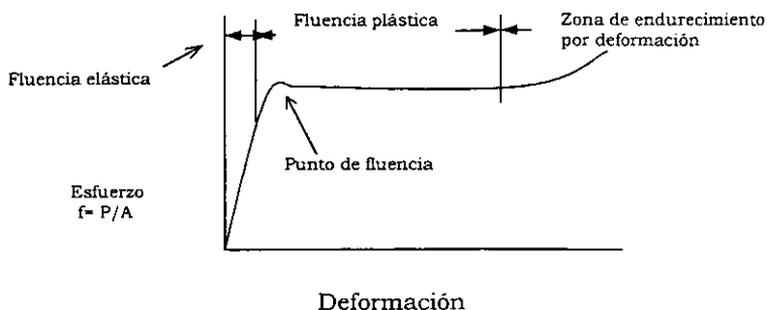


Figura 3.2.1 Diagrama esfuerzo – deformación para acero estructural

del acero, es que tiene una reserva de deformación plástica que le permite resistir sobrecargas. Después de esta zona, se requiere un esfuerzo adicional para producir deformación adicional; a esto se le conoce como endurecimiento por deformación, esta zona ya no es importante para el diseño.

El acero está compuesto casi de puro hierro, pero también tiene pequeñas cantidades de carbono sílice, magnesio, azufre, fósforo y otros elementos. La dureza y resistencia aumentan a medida que el porcentaje de carbono se eleva pero desgraciadamente, el acero resulta más quebradizo y su soldabilidad disminuye. La baja ductilidad o fragilidad, es una propiedad asociada comúnmente con las altas resistencias de los aceros; un acero frágil puede fallar repentinamente como se ve en la figura 3.2.2.

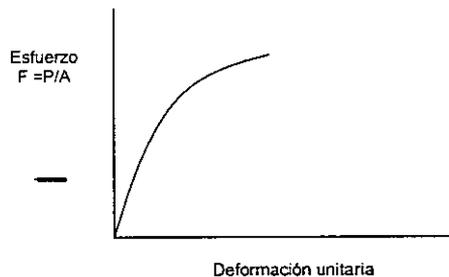


Figura 3.2.2 Diagrama típico esfuerzo – deformación de un acero frágil.

3.2.1.2 Principios básicos de diseño

El procedimiento de diseño sigue básicamente la siguiente secuencia:

- 1) Estudios preliminares, factibilidad
- 2) Anteproyecto
- 3) Proyecto definitivo:
 - a) Selección del tipo de estructura y material
 - b) Determinación de cargas y acciones
 - c) Obtención de acciones internas (momentos, fuerzas y deformaciones)
 - d) Dimensionamiento de miembros y conexiones
 - e) Revisión de condiciones de servicio (deformaciones, vibración, etc.).
 - f) Detallado.

La selección de tipo de estructura y material, va a depender de factores muy particulares de cada obra y en general, de todos los puntos que se mencionan en este trabajo.

En la determinación de cargas, se distinguen dos tipos de cargas verticales. Las cargas muertas, que son aquellas debidas al propio peso del edificio, incluyendo el peso de las estructuras de concreto reforzado, y que pueden resultar más grande que el resto de todas las otras cargas; y las cargas vivas que consisten en la gente, mobiliario, divisiones y cualquier cosa que pueda ser removida por los ocupantes.

Existen también cargas horizontales, como son las fuerzas debido al viento y a los sismos. El viento aplica una presión en el edificio sobre el lado que lo recibe, y una succión en las otras caras. Las fuerzas de sismo ocurren en lugares donde hay fallas en la corteza terrestre, la tierra se mueve pero el edificio no se mueve con ella debido a su inercia; este movimiento genera una fuerza inclinada que se puede descomponer en una componente horizontal y otra vertical, esta componente vertical es de sumo cuidado.

En el caso del diseño de los miembros de acero, es mucho más que el puro cálculo de las propiedades necesarias para soportar las cargas, y la selección de los perfiles más ligeros de acuerdo con dicha propiedad. Aunque puede parecer que este procedimiento es el que da los diseños más económicos, hay que considerar muchos otros factores, entre los que están:

- Hay que seleccionar los perfiles de acero que normalmente se laminan. Los elementos poco usuales pueden ser difíciles de obtener y siempre serán más costosos; hay que investigar que perfiles existen en el mercado para obtener un producto más económico
- La hipótesis de que los elementos más ligeros son los más económicos, puede conducir a un error. Un edificio que se diseña por el procedimiento de la sección más ligera, tiene un gran número de perfiles distintos y de dimensiones diferentes; al tratar de conectarlas se obtienen conexiones complicadas y costosas y en muchos casos, pueden elevar considerablemente el peso del edificio. Hay que uniformar los elementos aunque en algunos casos pueden sobrados
- Las vigas que se seleccionan usualmente para los pisos de los edificios, deben ser perfiles de máximo peralte; estas secciones presentan para un mismo peso, los mayores momentos de inercia y por lo tanto, los momentos resistentes más grandes. A medida que la altura de los edificios se incrementa puede resultar económico el abandono de esta práctica. Si en un edificio de 20 pisos se pueden ahorrar 6 pulgadas en el peralte de cada viga, el edificio mediría 120 pulgadas menos. Aun cuando las vigas pesaran más, el ahorro en muros e instalaciones podría ser más importante.
- Para los perfiles mayores, se debe investigar los problemas del transporte, ya que esto podría ser un gran inconveniente y en muchos casos muy costosos
- Las secciones deben ser fáciles de montar y que no presenten dificultades para su mantenimiento
- Es importante seleccionar miembros de acero que permitan el paso de todos los tubos, ductos, conductos eléctricos y demás instalaciones que sean necesarias
- En muchas estructuras de acero los miembros están a la vista del público; en estos casos, la apariencia puede determinar el tipo de estructura.

El dimensionamiento de las estructuras para el D.F., se efectúa de acuerdo con los criterios relativos a los estados límite de falla y de servicio, establecidos en el título sexto del Reglamento de Construcción y en las Normas Técnicas Complementarias.

Según el criterio de estados límites de falla, las estructuras deben dimensionarse para que "la resistencia de diseño de toda sección con respecto a cada fuerza o momento interno que en ella actúe (fuerza axial, fuerza cortante, momento flexionante, momento de torsión), o la combinación de dos o más de ellos, sea igual o mayor a el o los valores de diseño de dicha fuerza o momento interno".

Para el diseño de estructuras se pueden utilizar dos métodos: el diseño elástico y el diseño plástico. Según el Reglamento, este último se puede aplicar cuando se cumplen los requisitos siguientes:

- a) El valor mínimo garantizado del esfuerzo, correspondiente al límite inferior de fluencia del acero (F_y), no es mayor al 80% de su esfuerzo mínimo especificado de ruptura en tensión (F_u)
- b) La curva carga - deformación del acero, tiene las características necesarias para que pueda presentarse la redistribución de momentos requerida para la formación del mecanismo de colapso. Para ello, debe tener una zona de cedencia, de deformación creciente bajo esfuerzo prácticamente constante, correspondiente a un alargamiento máximo no menor al uno por ciento, seguida de una zona de endurecimiento por deformación, y el alargamiento correspondiente a la ruptura no debe ser menor veinte por ciento
- c) Las relaciones ancho/grueso de los elementos planos que componen los perfiles cumplen los requisitos de las secciones tipo 1
- d) Los miembros están contraventeados lateralmente
- e) Se colocan atiesadores dobles en los dos lados del alma, en las secciones de los miembros que reciben cargas concentradas en las que aparezcan articulaciones plásticas en el eventual mecanismo de colapso
- f) Ninguno de los miembros de la estructura que interviene en el mecanismo de colapso está sometido a cargas que puedan producir fallas por fatiga, ni son posibles fallas de tipo frágil ocasionadas por cargas de impacto, bajas temperaturas u otros factores.

Desde el punto de vista del diseño se permiten tres tipos básicos de construcción de acero, con ciertas consideraciones de diseño:

- **Tipo 1**, se designa comúnmente como marco rígido y supone que las juntas entre vigas y columnas son lo suficientemente rígidas, como para mantener prácticamente sin cambio los ángulos originales entre los miembros que se intersectan. Este tipo es incondicionalmente permitido y acepta dos métodos de diseño
- **Tipo 2**, se designa comúnmente como estructura simple (simplemente apoyada). Supone que los extremos de las vigas están unidos sólo para resistir fuerza cortante y están libres para girar. Este tipo está permitido siempre que las conexiones y los miembros conectados tengan la capacidad adecuada para resistir los momentos debidos a las cargas de viento, las vigas sean capaces de soportar el total de las cargas gravitatorias como vigas simplemente apoyadas, las juntas tengan una capacidad adecuada de rotación inelástica, capaz de evitar los esfuerzos excesivos en los sujetadores o en las soldaduras
- **Tipo 3**, se designa comúnmente como marco semirígido. Supone en las conexiones de las vigas, una capacidad conocida y confiable de momento; este tipo no se considera en el Reglamento de Construcción. Esta construcción sólo se permite si se comprueba que las conexiones que se utilizarán son capaces de suministrar una porción predecible de la restricción total del extremo.

Todos los elementos de una estructura deben estar diseñados de tal manera que los esfuerzos no excedan ciertos valores de tensión, cortante, compresión, flexión y aplastamiento.

Existen diversos tipos de miembros sujetos a compresión, siendo las columnas el más conocido. Entre los tipos están las cuerdas superiores de las armaduras, miembros de arriostamiento, los patines de compresión de las vigas laminadas y las vigas armadas; los

miembros sujetos a cargas que producen flexión y compresión. Las dos diferencias principales entre los miembros sujetos a tensión y los sujetos a compresión son:

- 1) Así como las cargas de tensión tienden a mantener recta a la pieza, las cargas de compresión tienden a pandearla fuera del plano de las cargas
- 2) La presencia de agujeros para remaches o tornillos en miembros sujetos a tensión, reduce el área disponible para resistir las cargas; pero en los miembros sujetos a compresión se considera que los remaches o tornillos llenan los agujeros y el área total queda disponible para resistir la carga.

Las pruebas realizadas en las columnas, excepto en las más cortas, muestran que la falla normal P/A es muy por abajo del límite elástico de la columna, debido a su tendencia al pandeo o flexión lateral. Por eso, entre más larga es la columna para la misma sección transversal, mayor es su tendencia a pandear y menor su capacidad de carga. La tendencia al pandeo se mide por su relación de esbeltez, definida como la relación entre la longitud del elemento y su menor radio de giro. En cuanto a diseño, definitivamente el pandeo local es una de las desventajas más grandes de las estructuras de acero.

3.2.1.3 Métodos de fabricación

El elemento más importante de la estructura metálica es, por definición, el acero estructural. En su composición ~~se~~ incluyen, también, otros insumos como son: electrodos, oxígeno, tornillos, pintura, etc. La totalidad de componentes que hacen a una estructura metálica, están sujetos a normas y especificaciones precisas de fabricación, las cuales se verifican a través de un riguroso sistema de control de calidad que permite la clasificación del producto, la identificación de su composición química y la correspondencia a la norma particular deseada. Las dos etapas básicas del proceso productivo para alcanzar la calidad de acero estructural son:

- Reducción de mineral. En su estado natural, se encuentra como óxido de hierro. Mediante diferentes procesos, más o menos complejos, se obtiene el arrabio o hierro de primera fusión, que se caracteriza por presentar un alto contenido de carbono y de impurezas de fósforo y azufre entre otros, así como por su dureza, la maleabilidad y estructura quebradiza, cualidades que no le permiten su uso directo como material para elementos estructurales
- Aceración. A través de este proceso, se controla el contenido de carbono y se eliminan en alto grado las impurezas, dando como resultado un producto apropiado para utilizarse como materia prima en la fabricación de estructuras metálicas. Este acero que responde a normas de calidad predeterminadas, tiene según su calificación, propiedades mecánicas particulares, mismas que conserva mientras no se someta a temperaturas cercanas a su punto de fusión. Esta situación permite el diseño y manejo de elementos estructurales con niveles altos de confiabilidad, pues siempre se conocen sus límites elásticos aparentes, así como su esfuerzo unitario a la ruptura.

Normalmente, la fabricación de las estructuras metálicas se hace en plantas especializadas, con instalaciones y equipos apropiados, y una cuidadosa selección de personal. Del proceso de fabricación de una estructura metálica, se puede decir que:

- Se cuenta con una materia prima de buena calidad, producida en plantas especializadas, con propiedades mecánicas conocidas y permanentes

- Los materiales que complementan la estructura metálica, también son fabricados con controles de calidad estrictos
- La mano de obra utilizada es altamente especializada, y está sometida a control y vigilancia constante.

La estructura metálica está compuesta por elementos totalmente prefabricados, por lo que la fabricación consiste principalmente en ensambles, cortes y dobleces, y se pueden dividir en los siguientes trabajos:



Figura 3.2.3 Unión con tornillos de una trabe con una columna de acero estructural.

- Contraflecha, curvado y enderezado
- Corte con oxígeno
- Alisado de bordes
- Agujeros para construcción remachada yatornillada (fig. 3.2.3)
- Armado con tornillos de alta resistencia
- Construcción soldada
- Juntas en compresión
- Pintura de taller y de campo
- Montaje

Para el curvado, enderezado, o para producir o corregir la contraflecha de piezas, se permite la aplicación local de calor o los medios mecánicos; la temperatura de las áreas calentadas, medida con métodos aprobados, no debe exceder los 650° C. Los cortes con oxígeno se harán de preferencia, con equipos guiados mecánicamente y no a mano libre. Los bordes cortados de esta manera que vayan a estar sujetos a esfuerzos importantes, o sobre

los que se vaya a depositar metal de soldadura, deberán estar razonablemente libres de muescas. Se permitirán muescas o imperfecciones de no más de 5 mm de profundidad, las de dimensiones mayores se eliminarán con esmeril. Como se puede observar, las imperfecciones que se permiten como máximo, no se pueden comparar con las que se obtienen en estructuras de concreto, siendo estas últimas mayores en la mayoría de los casos.

En cuanto a la pintura de taller y la preparación de superficies, todas las superficies de estructuras que queden cubiertas por los acabados interiores del edificio, o que estén en contacto con concreto no necesitan ser pintadas; todas las demás superficies deberán tener una mano de pintura de taller, al menos que se especifique lo contrario, lo cual representa un alto costo de mantenimiento y desde luego, una desventaja. En superficies inaccesibles, después del armado se limpiarán y pintarán antes de armar. La pintura se puede usar sin restricciones en conexiones por aplastamiento, pero las superficies que queden en contacto después del armado en taller, no se pintarán al menos que se especifique lo contrario. Las superficies que queden en contacto después del armado en campo se limpiarán en taller. Las superficies alisadas se protegerán contra corrosión, por medio de un recubrimiento que se

pueda remover antes del montaje o que por sus características sea innecesario remover. Las superficies, a unos 50 mm de cualquier parte donde se depositen soldadura de campo, estarán libres de sustancias que puedan impedir una soldadura correcta o que produzcan emanaciones tóxicas durante el trabajo de soldadura. En cuanto a la pintura de campo, se indicará explícitamente a la parte responsable de limpiar la estructura después del montaje, resanar la pintura de taller y aplicar pintura de acabado.

3.2.1.4 Elementos prefabricados

A diferencia de las estructuras de concreto, las de acero siempre son prefabricadas y en la obra, únicamente se realiza el montaje y la pintura de campo. Sin embargo, es cierto que las estructuras de acero se pueden ensamblar en fábrica hasta diferentes pasos y esto va a depender del transporte, altura de colocación y espacio para maniobras en la obra.

3.2.1.5 Sistemas de piso

En las estructuras de acero los sistemas de piso son por lo general, lo que se conoce como construcción compuesta. Estos consisten en vigas o trabes de acero que soportan una losa de concreto reforzado (figura 3.2.4), interconectadas de tal manera que la viga y la losa actúan en conjunto para resistir la flexión. Las vigas de acero sumergidas en concreto se diseñan para soportar todas las cargas muertas que se apliquen antes de que el concreto, adquiera su resistencia, y actuar conjuntamente con la losa para soportar todas las cargas muertas y vivas aplicadas, después de que el concreto adquiera su resistencia. Con excepción de vigas sumergidas en el concreto, el cortante se supondrá transmitido por conectores de cortante soldados al patín superior de la viga y cubiertos de concreto.

Entre los diversos tipos de pisos de concreto que se usan actualmente en las estructuras de acero, se encuentran los siguientes:

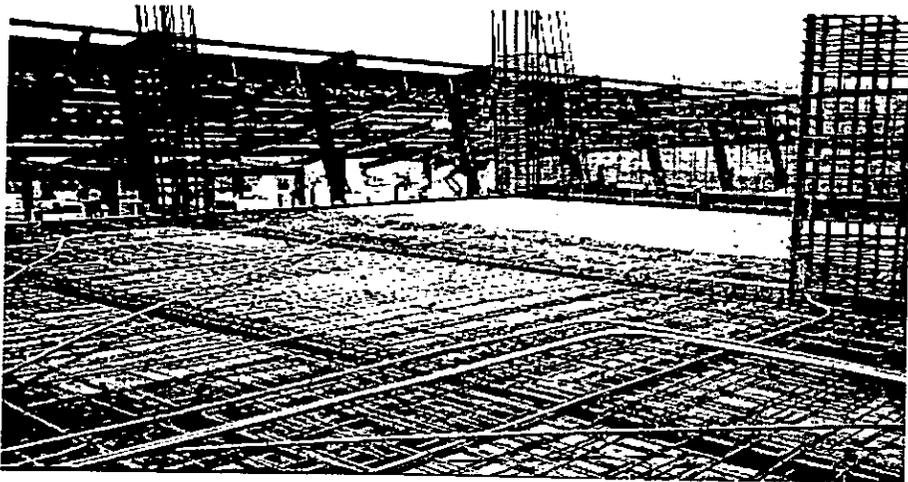


Figura 3.2.4 Armado de un sistema de piso de concreto reforzado

- Losas de concreto apoyadas sobre viguetas de acero de alma abierta
- Losas de concreto reforzado en uno o dos sentidos, apoyadas sobre vigas de acero

- Losas de concreto trabajando en colaboración con las vigas armadas con placas de acero.
- Pisos de encasetonado de concreto
- Pisos de losas aligeradas de concreto, con baldosas de barro o concreto ligero
- Pisos de concreto sobre lámina de acero acanalada
- Losas planas.
- Pisos con losas de concreto precolado.

Entre los diferentes factores que deben considerarse en la selección del sistema de piso por utilizar en una construcción, están las cargas por soportar, grado de seguridad contra incendio, aislamiento térmico y acústico, peso muerto del piso, aspecto del techo, localización de conductos, apariencia, mantenimiento requerido, tiempo de construcción y espesor permisible de piso.

Posiblemente, el tipo de losa más usada en construcciones pequeñas de acero, es la losa apoyada en vigas de acero de alma abierta. Las viguetas son pequeñas armaduras de cuerda paralela, cuyos miembros se fabrican a menudo con varillas, ángulos livianos u otros perfiles laminados. En la parte superior de estas vigas, se coloca un papel especial reforzado por una malla de alambre soldado, sobre el cual se cuela una losa delgada de concreto. Estas estructuras son convenientes para edificios con cargas relativamente ligeras y estructuras donde no hay demasiada vibración. Las vigas de alma abierta (fig. 3.2.5), deben contraventearse lateralmente para impedir que se tuerzan o pandeen. Las vigas de alma abierta son fáciles de manejar y rápidas de montar, y los espacios huecos en las almas se presentan para colocar, ductos, alambrado, tuberías, etc. Las viguetas pueden soldarse a las vigas de acero, o anclarse en la mampostería de los muros.

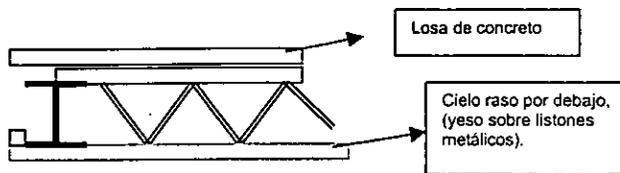


Fig. 3.2.5 Vigas de alma abierta.

Las losas reforzadas en una dirección o en dos direcciones, son muy utilizadas en edificios de oficinas e industrias; en la fig. 3.2.6, se muestra el esquema de una losa reforzada en una dirección. Las losas reforzadas en una dirección ocurren cuando el lado largo de la losa es de dos o más veces la longitud del lado corto, por lo que el lado corto es más rígido y casi toda la carga es llevada por el lado corto. Cuando se desea un piso para recibir cargas pesadas, un piso rígido o un piso muy durable, las losas reforzadas en un sentido pueden ser la elección más conveniente. Las losas de concreto reforzado en dos direcciones se utilizan cuando las losas son cuadradas o casi cuadradas y las vigas de apoyo se plantean en los bordes. El refuerzo principal se coloca en las dos direcciones.

Los pisos en colaboración, son aquellos donde las vigas de acero se unen con las losas de concreto de tal modo que ambos actúan como una unidad. Una ventaja de estos sistemas de piso es que utilizan la alta resistencia del concreto a la compresión, en casi la totalidad del

peralte de la losa, al mismo tiempo que somete a tensión un gran porcentaje del acero. El resultado es un menor peso de acero en la estructura. Existen dos tipos de sistemas de piso en colaboración, figura 3.2.7. a) la viga de acero completamente ahogada en el concreto, y b) la viga de acero se une a la losa por medio de algún tipo de conector de fuerza cortante.

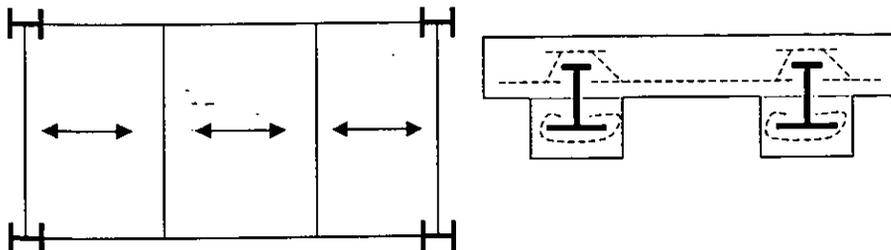


Fig. 3.2.6 Losa reforzada en una dirección

Se construyen diversos tipos de losa reticular, colando concreto en moldes removibles con forma de domo (algunos moldes de material ligero se pueden dejar en el lugar). Los domos se acomodan sobre la cimbra y el concreto se cuela por la parte superior de los mismos, dando un piso del tipo de viga T, como se muestra en la figura 3.2.8. Estos pisos, son adecuados para cargas pesadas y más ligeros que los pisos de losa de concreto reforzados, pero requieren una buena cantidad de cimbra y la mano de obra es mayor que para otros pisos.

Otro sistema de piso es el de vigas compuestas con cimbra de lámina de acero acanalada, en

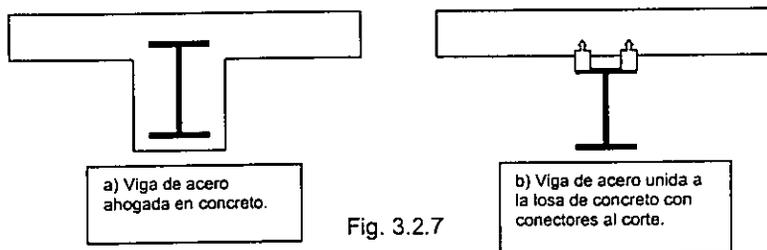


Fig. 3.2.7

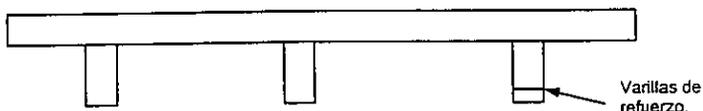


Fig. 3.2.8 Piso de losa reticular

este caso se debe tener en cuenta lo siguiente: las nervaduras de la cimbra no deben tener una altura mayor de 76 mm, el ancho promedio de la nervadura no será mayor de 50 mm, la losa de concreto se unirá a la viga de acero por medio de pernos conectivos de cortante soldados, no mayores de 20 mm de diámetro, los pernos conectivos pueden estar soldados directamente al miembro o a través de la lámina de acero acanalada y deben sobresalir

cuando menos 40 mm por arriba de la parte alta de la lámina de acero. Para determinar el ancho efectivo del patín de concreto se usara el espesor total de la losa incluyendo las nervaduras, y el espesor de la losa no será menor de 50 mm. Una ventaja particular de estos pisos es que tan pronto se coloca la cimbra queda disponible una plataforma de trabajo.

Las vigas compuestas con cimbras de lámina de acero acanalada se pueden dividir en dos tipos:

- 1) Las que tienen láminas de acero acanaladas con nervaduras orientadas perpendicularmente a la viga de acero.
- 2) Las que tienen láminas de acero acanaladas con nervaduras orientadas paralelamente a la viga de acero.

En un principio los pisos con losa plana estaban limitados a construcciones de concreto reforzado, pero actualmente es posible utilizarlos en edificios con estructuras de acero. Una losa plana es una losa que esta reforzada en dos o más direcciones y transfieren sus cargas a las columnas de soporte sin usar vigas o traves principales. Las vigas y traves que sirven de apoyo son tan anchas como la losa. Estas son muy útiles cuando se desea mayor altura libre o colocar las ventanas tan cerca de la parte superior como sea posible.

El uso de pisos de losas precoladas esta aumentando, son rápidas de montar y reducen la necesidad de cimbrar. Se utilizan para el concreto con agregados de poco peso, por lo que se obtienen secciones ligeras fáciles de manejar, desde luego que el tipo de concreto a utilizar depende del tipo de cargas que vaya a tener la losa. Algunos de los tipos de losas precoladas más usadas son las siguientes (fig. 3.2.9):

- Losas de concreto precolado en forma de tablón.
- Losas de alma hueca.
- Losas de bloques prefabricado.
- Losas en forma de canal.

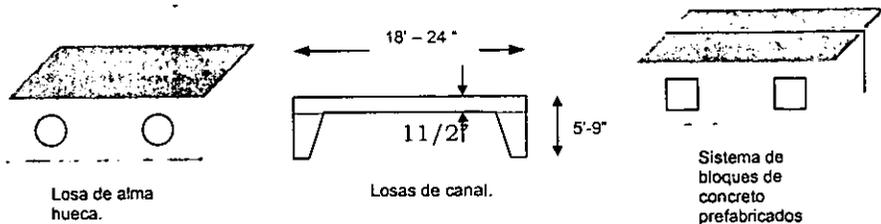


Fig. 3.2.9 Losa de alma hueca, losas de canal, y sistemas de bloque de concreto

3.2.2. Estructuras de concreto.

Para entender las estructuras de concreto reforzado, primero hay que comprender el concreto como material. Para estudiar el comportamiento del concreto, desde la etapa en que es una masa fluida sin forma regular hasta que se convierte en un cuerpo sólido y que adquiere ciertas propiedades, hay que analizar dos componentes: los agregados (arena y grava) y la pasta de cemento que se compone de agua cemento y aire. Sin embargo, para la fabricación y supervisión el concreto debe considerarse como un cuerpo heterogéneo integrado por tres componentes (agregados, agua y cemento), de cuya calidad individual y cantidad va a depender en forma directa, la calidad del concreto.

Uno de los factores que influyen importantemente en el comportamiento es la finura del cemento, ya que entre más alta sea, produce mayor rapidez en el fraguado, adquisición de resistencia y generación de calor; Sin embargo a largo plazo no debe modificar la resistencia. La finura también influye en cuestiones de manejabilidad y aptitudes para retener el agua.

Otro factor importante es que el agua no debe estar contaminada; usualmente el agua potable tiene calidad satisfactoria. El agregado se clasifica por su tamaño en dos tipos, el agregado fino (arena) y agregado grueso (grava). Otra clasificación se basa en su procedencia de tal manera que existen agregados naturales y manufacturados.

Tanto la técnica de elaboración de cementos como la producción de aceros de refuerzo se ha perfeccionado con el paso del tiempo, por lo que las técnicas de diseño han tenido que ser congruentes con esto, lo cual se ha visto reflejado en cambios constantes en los reglamentos de construcción. Todas estas mejoras han traído como consecuencia un mejor concreto reforzado, se han aumentado los momentos resistentes y se han hecho más económicos; sin embargo, se han tenido que estudiar ciertos problemas más a fondo, ya que al incrementarse esfuerzos y momentos resistentes y a la vez una disminución en las secciones transversales de concreto y acero, se hicieron más notorios los problemas de flujo plástico y la tensión diagonal en el concreto, la adherencia y anclaje entre concreto y acero, y el flujo plástico y relajamiento en el acero.

3.2.2.1 Resistencia del concreto estructural.

La resistencia del concreto estructural depende directamente, de la resistencia del concreto y del acero de refuerzo. La resistencia del concreto depende de su diseño. Diseñar una mezcla de concreto consiste en determinar las cantidades de materiales (cemento, agua, agregados y eventualmente aditivos) que deben emplearse para construir un volumen unitario de concreto fresco, cuya calidad sea tal que satisfaga los requerimientos especificados para la estructura en que se emplee. Existen diferentes factores que influyen en la resistencia del concreto, como se puede observar de una manera gráfica en la figura 3.2.10.

Para fines prácticos, se considera que a partir del momento en que la pasta se encuentra fraguada se inicia el proceso de reacciones químicas y conforme evoluciona adquiere nuevas propiedades, principalmente la resistencia mecánica. Es de suponer que el cemento adquiere resistencia conforme sus minerales reaccionan químicamente con el agua (hidratación del cemento), este proceso es más rápido y uniforme en la fase inicial y se hace más lento conforme avanza; este comportamiento se presenta de igual manera en la resistencia del concreto. El cemento (formado principalmente de silicato tricálcico), reacciona químicamente con el agua, formando un aglutinante que al endurecer, une a los agregados entre si para

formar un material duro y estable que no es muy confiable a los esfuerzos de tensión y cortante, pero es muy resistente a los esfuerzos de compresión.

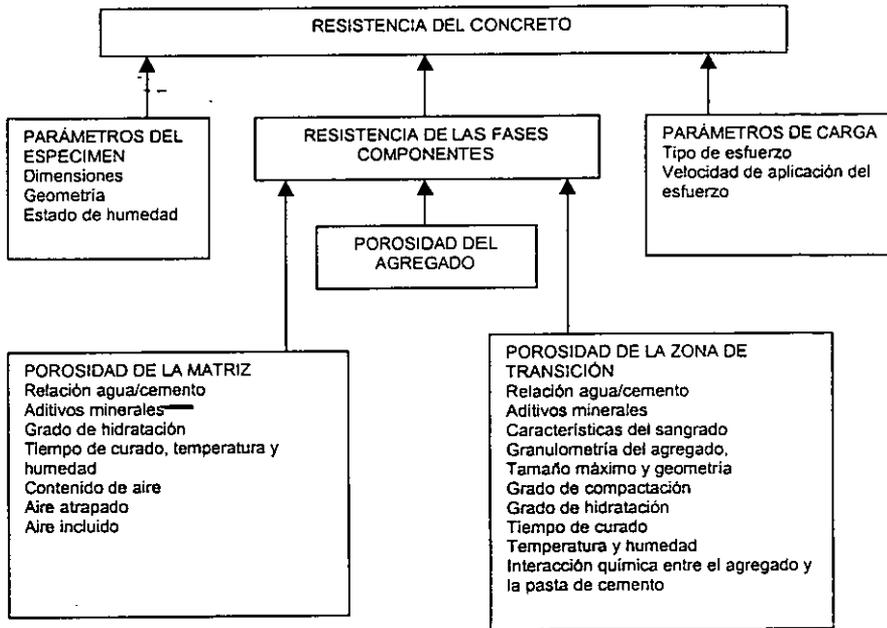


Figura 3.2.10 Interrelaciones de los factores que influyen en la resistencia del concreto.

Las propiedades de una pasta de cemento dependen fundamentalmente, de su relación agua/cemento y de su contenido de vacíos. La proporción relativa entre los dos primeros elementos determina la viscosidad de la pasta fresca, e influye en las propiedades mecánicas, estabilidad dimensional y durabilidad de la pasta endurecida. El contenido de aire, cuando es intencionalmente incluido, produce efectos notables sobre el comportamiento reológico de la pasta, e influye en sus propiedades mecánicas y en su resistencia a la congelación y deshielo.

La adherencia entre el agregado y la pasta del cemento es otro factor importante para la resistencia del concreto, especialmente la resistencia a la flexión. La adherencia se debe, en parte, a que el agregado y la pasta se entrelazan debido a la aspereza de la superficie del primero. Hay otras propiedades químicas y físicas de los agregados que afectan la adherencia, relacionadas con su composición mineralógica y química, y con las condiciones electrostáticas de la superficie de la partícula. Sin embargo, poco se sabe acerca de estos fenómenos, por lo que para predecir la adherencia que existe entre los agregados y la pasta de cemento que los rodea todavía es necesario basarse en la experiencia; de cualquier manera, la resistencia de adherencia por si misma puede no ser un factor de control de la

resistencia del concreto; lo anterior representa una desventaja clara si se compara con el control que se tiene sobre el acero como material.

Es claro que la resistencia a la compresión del concreto no puede exceder mucho de la mayor parte de los agregados que contiene, aunque no es fácil saber cuál es la resistencia de las partículas individuales. Es posible que la influencia del agregado en la resistencia del concreto no se deba sólo a la resistencia mecánica del agregado, sino también a sus características de absorción y adherencia. Un buen valor promedio de resistencia a la trituración de los agregados es de 2,109 kg/cm², pero muchos agregados excelentes pueden llegar a tener una resistencia baja de hasta 843 kg/cm² y el valor máximo registrado ha sido de 5413 kg/cm². No hay que perder de vista que los agregados que tienen una resistencia media pueden ser valioso para conservar la durabilidad del concreto y del acero estructural. Por otro lado está la compresibilidad del agregado; un agregado resistente y rígido podría se causa del agrietamiento de la pasta de cemento que lo rodea, mientras que un agregado compresible reduce la tensión en el concreto. De cualquier manera, el control de calidad que se puede obtener sobre los agregados es menos preciso que el que se tiene sobre los componentes del acero, simplemente debido a su naturaleza. Dos rocas obtenidas del mismo banco y aparentemente idénticas pueden tener resistencias y propiedades totalmente diferentes.

Por último al concreto se le puede clasificar por resistencia en tres categorías:

- Concreto de baja resistencia a la compresión: menos de 204 kg/cm².
- Concreto de resistencia moderada a la compresión: de 204 a 408 kg/cm²
- Concreto de alta resistencia a la compresión: más de 408 kg/cm².

	Baja resistencia	Resistencia moderada	Alta resistencia
	kg/cm ²	kg/cm ²	Kg/cm ²
Cemento	255	356	510
Agua	178	178	178
Agregado fino	801	848	890
Agregado grueso	1169	1032	872
Proporción de la pasta de cemento			
% por masa	18	22.1	28.1
% por volumen	26	29.3	34.3
Relación agua/cemento			
Por masa	0.70	0.50	0.35
Resistencia			
Kg/cm ²	184	306	612
Mpa	18	30	60

3.2.2.2 Principios básicos de diseño.

Los pasos a seguir para diseñar estructuras de concreto son muy similares a los que se usan en estructuras de acero; sin embargo la metodología es completamente distinta.

Se puede asegurar, sin lugar a duda, que el diseño del concreto reforzado a la flexión se inició al generalizar a un material no homogéneo, como es el concreto reforzado, las deducciones flexionantes aplicadas a un material homogéneo, hechas a partir de la hipótesis de Bernoulli, de la existencia de las secciones transversales planas, antes y después de la deformación. Dicha hipótesis, cuya actualidad avala el Reglamento de Construcción del D.F., pues la menciona en primer lugar en el grupo que prescribe para la obtención de las resistencias de diseño, Art. 2.1.1. y 9.2.

Otra interpretación de esta hipótesis, es que los esfuerzos longitudinales de una sección transversal, son directamente proporcionales a su distancia al eje neutro de la sección. Ahora bien, la mayoría de los materiales estructurales de los que no se excluyen, por ejemplo, la madera, el concreto y el acero, presentan una gráfica esfuerzo - deformación unitaria, con una zona casi rectilínea a partir de cero, hasta un valor determinado de la gráfica. Si al hacer trabajar a estos materiales en la sección transversal, se logra fijar unos valores admisibles de esfuerzo que queden dentro de la zona rectilínea del diagrama, se tendrá, independientemente de la economía de la sección, que el material trabaja en forma elástica y la hipótesis de las secciones planas aplicable a las deformaciones, lo es también a los esfuerzos, naciendo así el diseño elástico a la flexión. Hay que mencionar que la relación entre los valores de esfuerzos admisibles y los de fluencia de dichos materiales, es forzosamente un número menor a la unidad, cuyo recíproco es definido como el coeficiente de seguridad a la fluencia de dicho material, en el proceso flexionante a que es sometido.

3.2.2.3 Métodos de fabricación.

La principal división en cuanto a la fabricación de estructuras de concreto es:

- Concreto simple
- Concreto reforzado
- Concreto presforzado

El concreto simple tiene la gran limitación de tener una baja resistencia a la tensión (10 a 20 por ciento de su resistencia a la compresión); por esto, el concreto sin refuerzo se usa exclusivamente para zapatas, losa de concreto apoyadas directamente sobre el terreno, y rellenos o estructuras que no tiene esfuerzos en tensión.

La tensión no es solamente causada por la acción de las cargas, sino también por las contracciones y los movimientos de temperatura del concreto. Por esto, es necesario proporcionar una pequeña cantidad de acero de refuerzo en cada una de las caras de los principales miembros estructurales, aunque el análisis convencional de esfuerzos debidos a las cargas no indique que sea necesario. Una sección en la cual ocurre un esfuerzo de tensión en una de las caras sin refuerzo, no tendrá más resistencia que una sección similar de concreto sin refuerzo alguno.

Esta desventaja del concreto se puede superar de dos formas, mediante el uso de acero de refuerzo. El acero puede ser colado dentro del concreto, con objeto de tomar los esfuerzos de tensión producidos por los momentos flexionantes. Esto no impide que el concreto se agriete, pero si las grietas son pequeñas y cruzadas por el acero de tensión, no tendrán un efecto

contra la seguridad o durabilidad de la estructura. El simple proceso de someter el acero de refuerzo a esfuerzos bajo cargas normales, produce grietas en el concreto, ya que el acero obtiene una deformación elástica mayor a la deformación a la tensión última del concreto. La seguridad de las estructuras de concreto reforzado depende de mantener el ancho de las grietas de un tamaño mínimo permisible, lo cual se ha convertido en un problema más serio los últimos veinte años, con el uso de acero de alta resistencia, inclusive el uso de concreto de la más alta resistencia no incrementa en mucho su deformación a la tensión última.

La alternativa es introducir una compresión inicial en el concreto, usando acero presforzado en donde se tendrán tensiones, evitando la aparición de grietas, ver figura 3.2.11. Hay tres tipos de concreto presforzado:

- Concreto presforzado contra anclas fijas. El ejemplo más notable es el puente Gladesville en Australia, que tiene una longitud de 305 m siendo el puente de concreto en arco más largo entre dos apoyos, y tiene solamente refuerzo nominal. Pero muy pocos edificios proporcionan anclajes rígidos.

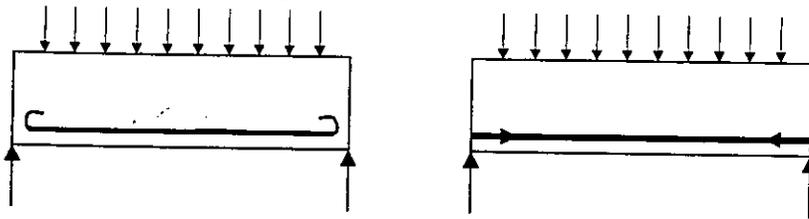


Figura 3.2.11 Elementos de concreto reforzado y presforzado

- Concreto pretensado. En este caso el acero puede ser tensado contra un molde resistente, y el concreto se cuela a su alrededor. Los alambres y torones que se usan para pretensar son altamente reducidos en diámetro por el presfuerzo, y cuando se sueltan recuperan el diámetro original en los extremos. El pretensado puede hacerse solamente en una fábrica, y las vigas pretensadas son siempre prefabricadas. Generalmente, se diseñan para ser simplemente apoyadas.
- Concreto postensado. Este se cuela alrededor de varillas de acero, alambres o torones en ductos que permiten su movimiento, después que el concreto se ha endurecido. El acero se tensa usando un gato hidráulico, usado el final de la viga como anclaje. El presfuerzo se ancla al final de concreto por medio de tuercas o soldadura (figura 3.2.12). Generalmente, se rellenan con una lechada los conductos; esto aumenta considerablemente su resistencia última, aun cuando casi no afecta la resistencia bajo cargas de servicio. El postensado puede ser hecho en fábrica o en sitio.

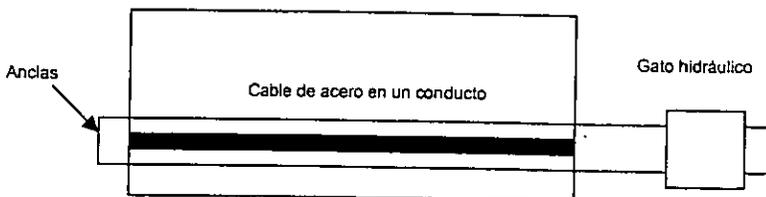


Figura 3.2.12 Postensado

El concreto se contrae después de haberse colado, la contracción es aproximadamente 3×10^{-4} plg/plg. Con todo y que aparentemente es muy pequeña, puede causar una pérdida apreciable del presfuerzo por que la extensión elástica también es muy pequeña. Se dan otras pérdidas debidas al flujo plástico, ya que el presfuerzo es una carga sostenida que continúa expulsando agua fuera del concreto. Además de las pérdidas por las contracciones y flujo plástico, hay pérdidas debidas a la relajación del acero bajo esfuerzos altos sostenidos, y debidas al deslizamiento del acero en la zona de las anclas, cuando se usan cuñas de fricción. En el concreto pretensado al soltar el acero de las anclas del molde, causa un acortamiento elástico del concreto que resulta en pérdida del presfuerzo.

En concreto postensado, los cables son generalmente curvos, lo cual produce una pérdida del presfuerzo al centro de la trabe debida a la fricción entre el acero y el conducto en el cual está presforzado.

Para el concreto pretensado se deben considerar las siguientes causas como pérdida de presfuerzo:

- Contracción del concreto
- Flujo plástico del concreto
- Relajación del esfuerzo del acero
- Acortamiento elástico del concreto

Y para el concreto postensado se deben considerar las siguientes causas como pérdida de presfuerzo:

- Contracción del concreto (mucho menor que para pretensado)
- Flujo plástico del concreto
- Relajación del esfuerzo del acero
- Deslizamiento en los anclajes
- Fricción en conductos curvos.

3.2.2.4 Elementos prefabricados.

Una de las cualidades principales del concreto, es su capacidad de tomar la forma deseada por caprichosa que parezca, y su fácil transportación en elementos separados que después integran estructuras gigantescas, en muchos casos imposibles de transportar en una sola pieza. Por lo anterior, no se acostumbra los elementos prefabricados en estructuras de concreto a menos que sean estructuras presforzadas.

Una estructura de concreto reforzado se puede formar de una serie de componentes colados en forma separada (prefabricados) y después ensamblados en una estructura. La otra alternativa es colar la estructura en el sitio (lugar y posición exacta), lo cual es el procedimiento más común, a menos que el concreto reforzado sea diseñado como concreto presforzado.

El concreto prefabricado puede ser fabricado en una planta y luego transportado al lugar de la construcción, una vez que las piezas han fraguado y tienen suficiente resistencia para ser manejadas sin sufrir daños fácilmente. Es más fácil producir concreto de buena calidad en una planta, y en particular, se pueden producir buenas superficies de acabado cuando el

concreto se cuela en forma horizontal, por ejemplo, los paneles de concreto que se usan como paredes.

El concreto también puede ser prefabricado en el sitio; esto evita la transportación y lo único que se requeriría sería el levantamiento de las piezas para colocarlas en su lugar, pero se debe contar con todas las instalaciones necesarias para efectuar el colado de las piezas, lo cual puede repercutir en un bajo control de calidad del concreto.

La ventaja relativa de las piezas de concreto prefabricadas, con respecto a las de concreto colado en el lugar, depende en gran parte del clima y del número de unidades requeridas. Durante todo el año se pueden fabricar piezas de concreto en una planta, pero para hacer colados en climas fríos, se tienen que resolver una serie de problemas producidos por las reacciones químicas del concreto. Por otro lado, el costo inicial de una planta así como el de las unidades de transporte de piezas grandes, se divide entre el número de unidades, conforme se incrementa la producción.

El llevarse la operación de revoltura de los materiales a la planta de fabricación de los elementos, produce una gran desventaja al colado de elementos en el lugar, el riesgo de derramar concreto fresco sobre superficies que ya se han instalado. Por otro lado, el transporte de piezas prefabricadas así como su manejo y su colocación en el lugar, puede también ocasionar importantes daños.

3.2.2.5 Sistemas de piso

Un sistema de piso de concreto reforzado de losas soportadas por vigas, casi siempre está colado en forma monolítica. Por otra parte, el refuerzo de la losa va sobre el de la viga y los estribos en ésta se proyectan hacia la losa. La viga y la porción adyacente de la losa se deforman como una unidad y los mismos esfuerzos existen en la primera y en la porción anexa de la losa. En consecuencia se admite tratar a la losa como parte de la viga, y ver a la viga en forma de T o en forma de L. La losa, entonces tiene una doble función: se comporta como losa entre los dos niveles y forma parte de la viga. Esto definitivamente, es una ventaja que no se obtiene cuando las estructuras son de acero.

El sistema de viga T, puede ser visto como una losa sólida de la cual parte del concreto ha sido removido para reducir su peso. Es importante tener en cuenta que mientras el sistema de viga T tiene casi la misma resistencia que una losa sólida con la misma profundidad efectiva y el mismo refuerzo, tiene también una mayor deflexión.

Otro sistema de piso son las losas armadas en una y en dos direcciones, éstas son soportadas por vigas en sus cuatro orillas y la porción de las cargas en cada viga de apoyo es como se muestra en la figura 3.2.13.

Las losas armadas en una dirección resultan con un panel de columnas subdividido por vigas secundarias; éstas transmiten la carga a las vigas primarias, las cuales transmiten la carga a las columnas. La subdivisión se hacen por lo general, en tres tableros.

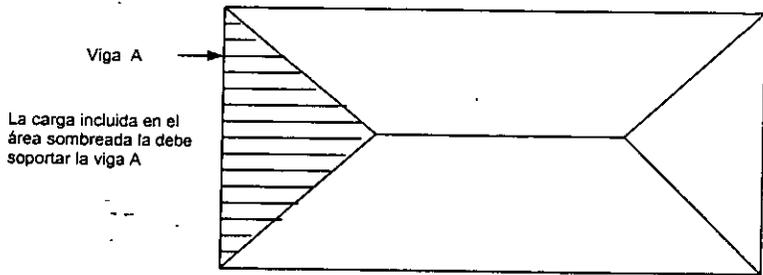


Figura 3.2.13 Carga aproximada tomada por las vigas de apoyo en una losa armada en dos direcciones.

Cuando la relación de la longitud del lado mayor con el lado menor es menor a dos, es importante considerar la contribución del claro largo. De esta manera, las losas armadas en dos direcciones son soportadas complementariamente por vigas primarias. El refuerzo en este tipo de losas es acomodado en franjas centrales que abarcan la mitad central de las losas y las franjas de columnas del mismo ancho, que abarca la otra mitad; es decir, un cuarto de losa en cada lado de la columna. En la orilla de la estructura la franja de columna es solamente de la mitad del ancho.

El concepto, de que partes de la zona de tensión podrán ser separadas de la losa sólida, y concentrar el refuerzo en las nervaduras sin reducir la resistencia de la losa, es usado sistemáticamente en la construcción de losas apoyadas en viguetas. Otra forma de producir losas nervadas de fondo plano, es mediante el uso de bloques huecos (figura 3.2.14-a), ya sean de concreto, arcilla o unicel. Pisos y techos de bloques huecos, tienen un mejor aislamiento termal y acústico.

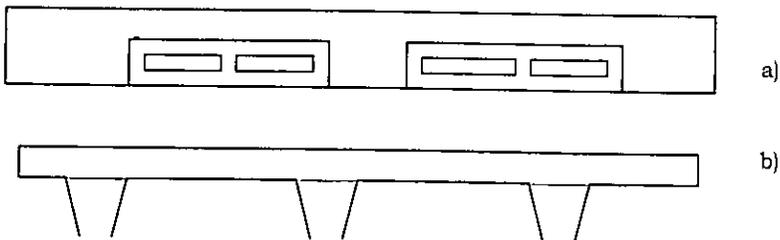


Figura 3.2.14 a) losa a partir de bloques huecos, b) losa con viguetas de concreto

Una losa plana se conoce como una losa de concreto apoyada directamente, sobre cabezales de las columnas (fig. 3.2.14-b y 3.2.15), sin trabes de por medio. Los cabezales reducen el esfuerzo cortante alrededor de las columnas, son agradables a la vista y muy utilizados en estacionamientos y edificios similares donde los cabezales dan una apariencia de fortaleza. En edificios residenciales, los cabezales podrían sobresalir de las paredes o de las divisiones, y en edificios de oficinas serían demasiado profundos para ser ocultados con un falso plafón. Esto se puede resolver al no usar cabezales. Las losas apoyadas directamente en las columnas se conocen como placas planas.

Las placas planas pueden ser usadas como losas gruesas aligeradas por casetones, con el refuerzo concentrado en las nervaduras entre los casetones, cubriendo claros comparativamente grandes. Las placas planas se usan más comúnmente con losas sólidas y muy delgadas, en claros relativamente pequeños, como en edificios residenciales y edificios comerciales pequeños sin aire acondicionado, donde no son necesarios los falsos plafones. Cuando éstos son necesarios, las losas apoyadas en trabes son a menudo más baratas porque tienen un peralte mayor en la estructura de piso. La deflexión por flujo plástico es un problema especial de las placas planas, ésta es la razón por la cual los claros se mantienen pequeños.



Figura 3.2.15 Colocación de pisos prefabricados

3.3. Ventajas y desventajas del acero y del concreto como elementos estructurales.

En nuestro país los materiales más utilizados en la industria de la construcción son: el concreto reforzado, acero estructural, mampostería y rara vez la madera. En el ámbito mundial, el concreto reforzado cada vez es más competitivo; se están construyendo actualmente edificios con estructuras de concreto con resistencia hasta de 800 kg/cm^2 , mientras que en México la resistencia máxima en construcción urbana es de 700 kg/cm^2 , y la más común es de 300 kg/cm^2 . Sin embargo, en nuestro país la tecnología del concreto ha evolucionado más rápido que el acero; la calidad del acero ha evolucionado en incrementos relativamente pequeños, en comparación con la resistencia del concreto, con todo y que el acero es un material con mejores propiedades de resistencia, ductilidad, tenacidad, capacidad para absorber energía y alta resistencia a la fatiga.

3.3.1. Trabajabilidad

La trabajabilidad es un término que depende del manejo, transportación y colocación de un material. Por esto, la trabajabilidad del acero es tan diferente a la del concreto fresco y muy similar a la del concreto prefabricado.

Las construcciones en acero se basan en procesos simples y modernos, utilizando técnicas industriales que no requieren equipos sofisticados y que son eficientes. Los elementos que componen una estructura de acero, se envían del taller a la obra totalmente prefabricado e identificables en posición, de acuerdo con los planos de montaje. Esto hace la operación de montaje en la obra, sencilla y con poco desperdicio de material. También la estructura de acero se puede transportar e instalar en sitios muy accidentados o lugares con muchos obstáculos.

Las piezas de acero que se fabrican en talleres, tienen dimensiones que corresponden a las que se permiten transportar en México, y se puede decir que las dimensiones de los elementos estructurales de acero son un 40% menores a sus equivalentes en concreto reforzado. El peso también es inferior que en las de concreto. El consumo de acero estructural por metro cuadrado en edificios, diseñados después de los sismos de 1985, es del orden de 80 kg/m^2 . Todo lo anterior, hace que la trabajabilidad de los elementos de acero sea mejor y más económica que la de los elementos prefabricados de concreto.

La trabajabilidad en el concreto fresco es diferente; ésta determina la facilidad con que una mezcla de concreto puede ser manejada sin que tenga una segregación dañina. Una mezcla de concreto que es difícil de colocar y de consolidar, no sólo incrementa el costo de su manejo, sino que tendrá también pobre resistencia, durabilidad y apariencia. De igual modo, las mezclas que son propensas a segregación y sangrado, son más caras en su acabado y producirán concretos menos durables. De este modo, la trabajabilidad puede afectar tanto a los costos como a la calidad de las mezclas de concreto.

La trabajabilidad es una importante propiedad del concreto que depende del diseño de la mezcla. El término trabajabilidad, representa muchas y variadas características del concreto fresco que son difíciles de medir cuantitativamente, por lo cual no es suficiente un simple conocimiento de los procedimientos del diseño de la mezcla, sin un completo entendimiento de los principios básicos involucrados.

Las consideraciones generales para tomar las decisiones que afectan la trabajabilidad de las mezclas de concreto, las cuales son una desventaja frente a las estructuras de acero, son las siguientes:

- La consistencia del concreto no deberá ser más que la necesaria para colocarlo, compactarlo y acabarlo
- El requerimiento de agua para una consistencia depende principalmente de las características del agregado, por lo que deberá mejorarse la cohesividad y la facilidad de acabarlo incrementando la relación arena/grava, en lugar de incrementar la relación de partículas finas
- Para mezclas de concreto que requieran una alta consistencia al tiempo de colocación, deberán usarse aditivos retardantes del fraguado, y no agregar agua en la obra

Debe entenderse que la trabajabilidad es una propiedad compuesta por:

- La consistencia (facilidad de fluir)
- La cohesividad (tendencia a sangrar o a segregar).

La trabajabilidad no es una propiedad fundamental del concreto, su importancia radica en el tipo de construcción y en los métodos de colocación, compactación y acabado. El concreto que se utiliza fácilmente en una cimentación, no sería completamente trabajable en un elemento estructural delgado.

La trabajabilidad de las mezclas de concreto es controlada por el contenido de agua, el contenido de cemento, la graduación del agregado y otras características físicas, aditivos y factores que afectan la pérdida de revenimiento. La pérdida de revenimiento, puede definirse como la pérdida de la consistencia en un concreto fresco con el tiempo transcurrido; esto limita el uso en que se puede colocar un concreto fresco, lo cual es otra desventaja en comparación con el acero.

Las causas principales de los problemas de pérdida de revenimiento en el concreto son:

- El uso de un cemento de fraguado anormal
- Un tiempo inusualmente largo para la operación de mezclado, transporte, colocación, compactación o acabado
- Alta temperatura en el concreto debida a calor excesivo de hidratación y al uso de materiales para la elaboración del concreto que estuvieron almacenados a una temperatura ambiente alta.

3.3.2. Altura de construcción del edificio.

Cada vez son más comunes los edificios de muchos pisos, debido a que en las grandes ciudades el terreno cada vez es más escaso y por lo tanto, más caro. Por otro lado, las novedades y mejoras, tanto de materiales como de técnicas de construcción, han contribuido al aumento de las edificaciones con muchos pisos.

Por otra parte, entre los factores que limitan la altura de las edificaciones están los siguientes:

- Reglamentación. Ciertos códigos de construcción determinan la altura máxima a que se pueden construir
- Las condiciones de cimentación pueden no ser satisfactorias para ciertos edificios

- Después de cierta altura los pisos se rentan con dificultad
- Al aumentar la altura de un edificio hay diferentes renglones del costo que tienden a aumentar, como elevadores, plomería, calefacción y aire acondicionado, ventanas, muros exteriores, alabrado, etc.
- En los edificios de muchos pisos es necesario tener protección contra el fuego, en el caso de las estructuras de acero esto es más significativo
- Para edificios altos, las fuerzas laterales deben considerarse al igual que las fuerzas verticales, cuando la altura es dos o más veces la dimensión lateral menor.

Comparando el acero con el concreto para la construcción de edificios altos, el concreto presenta un problema debido a su baja relación entre la resistencia y el peso. Para mejorar esta relación se ha buscado: ya sea que disminuya la densidad del material, o que se incremente la resistencia. Desde hace 70 años se han hecho prácticas con agregados estructurales ligeros para producir concretos de peso ligero ($1,600 \text{ kg/m}^3$). En cuanto a concretos de alta resistencia y peso normal ($2,400 \text{ kg/m}^3$), se han producido desde los años setenta.

Debido a que la resistencia del concreto es mucho más baja que la resistencia del acero, y, pensando en cargas similares, las columnas de concreto reforzado para edificios altos ocupan más espacio que las columnas de acero estructural; de esta manera, se reduce el espacio disponible para los propietarios. En el pasado, éste era un factor que limitaba grandemente el uso de la estructura de concreto en edificios altos, ya que el tamaño de las columnas, inevitablemente, se incrementa con la altura del edificio. Hace diez años, casi todos los edificios altos de Nueva York tenían marcos de acero, actualmente quizá un 25% de los nuevos edificios tienen marcos de concreto, esto se debe a los nuevos concretos ligeros y de alta resistencia. Otro avance que favorece a las grandes construcciones de concreto contra las de acero, son los nuevos sistemas estructurales que eliminan columnas interiores y dependen más de columnas exteriores colocadas parcialmente o totalmente fuera del edificio. Sin embargo, es una clara ventaja que la modulación y estructuración con base en estructura metálica, permite manejar elementos estructurales de mayores claros y dimensiones menores, libres de columnas y lograr un espacio interior más aprovechable en las plantas de un edificio, lo cual económicamente va a ser más rentable.

Debido a la gran resistencia del acero, las vigas y trabes tienen un menor peralte para las estructuras metálicas que para las estructuras de concreto, logrando con esto que se reduzca la altura total de un edificio con el mismo número de pisos. Se puede decir que con la misma altura de un edificio de concreto de 20 pisos, usando estructuras de acero se pueden lograr 22 pisos.

Es importante mencionar que la mayoría de los edificios altos en todos los países del mundo, excepto USA, Sudamérica y Japón tienen estructuras de concreto reforzado.

3.3.3. Peso de la estructura

La estructura metálica pesa considerablemente menos que una estructura de concreto; puede llegar a pesar hasta el 50% menos con la misma geometría y cargas. Esto definitivamente es una de las grandes ventajas del acero estructural.

La alta relación resistencia/peso del acero en edificios altos y estructuras de grandes claros, se traduce en menores cargas muertas o en un menor peso de la edificación, con lo cual se reduce notablemente el costo de la cimentación y puede significar un ahorro importante en determinados tipos de suelos. Un edificio de concreto puede llegar a pesar hasta dos veces más que uno con estructura de acero.

3.3.4. Seguridad estructural

La integridad de una estructura se refleja principalmente en el factor de seguridad; este factor para un miembro estructural, se define como la relación de la resistencia del miembro al máximo esfuerzo previsto. La resistencia de un elemento, utilizada para determinar el factor de seguridad debe considerarse como el esfuerzo último, pero es frecuente utilizar un valor un poco menor. Puede suponerse que la falla ocurra cuando los miembros se deforman excesivamente. En este caso, el factor de seguridad debe determinarse dividiendo el esfuerzo, en el límite de fluencia, entre el máximo esfuerzo previsto.

Para materiales dúctiles, el factor de seguridad se basa en los esfuerzos en los puntos de fluencia, mientras que para materiales frágiles o vítreos, se basa en la resistencia a la ruptura. Las estructuras de acero son un material dúctil, ya que se deforma gradualmente antes de fracturarse, esto es una ventaja sobre todo en estructuras construidas en zonas de alto riesgo sísmico, donde el comportamiento de los edificios depende en buena medida de esta propiedad. Esta capacidad de soportar sobrecargas repentinamente sin que se produzca fallas del tipo frágil, permite a las estructuras de acero soportar cargas verticales máximas y laterales bajo grandes deformaciones, durante un sismo de gran intensidad.

Por otro lado, es importante recordar que las fuerzas sísmicas que actúan en la estructura de un edificio se determinan, en términos generales, multiplicando la masa de éste por su aceleración de respuesta, por lo que entre más pequeña sea la masa del edificio (carga muerta), menor será el daño por sismo. Como ya se dijo, el acero es apropiado para reducir la carga muerta gracias a su elevada relación resistencia/peso, por lo que esto representa una ventaja de las estructuras de acero contra las de concreto. En general, las estructuras de acero han demostrado mejor resistencia a sismos intensos que las estructuras de concreto reforzado. En 1985, en la ciudad de México, se colapsaron cinco edificios de acero, contra 350 inmuebles de concreto. Desde luego que habrá que considerar que la gran mayoría de las edificaciones en México, son de concreto reforzado.

Otros dos factores importantes, donde el acero es más seguro que el concreto reforzado, son:

- La capacidad de absorción de energía. La gran capacidad para absorber energía del acero es útil para evaluar la resistencia a choque o impactos, que se pueden presentar en sismos
- Y la alta resistencia a la fatiga. Esta permite soportar muchos ciclos de carga y descarga, o de tensión y compresión antes, de que sobrevenga la ruptura.

Las propiedades anteriores le dan mayores niveles de seguridad a una estructura, sobre todo cuando está sujeta a esfuerzos causados por cargas accidentales, principalmente viento y sismo, ya que estas fuerzas pueden ocasionar inversiones de esfuerzos.

La gran resistencia que tiene el acero a su favor, en ocasiones se convierte en desventaja, debido a que se realizan estructuras más ligeras y por consecuencia, más flexibles. Las limitaciones de las deformaciones horizontales de una estructura tienen varios objetivos: evitar daños en elementos no estructurales (muros, fachadas, etc.), y desde luego, prevenir el fenómeno de golpeteo en caso de sismo.

Otra desventaja de las estructuras de acero, se presenta con los elementos a compresión largos, como las columnas, donde la esbeltez de las secciones de los miembros estructurales de acero dentro de ciertos límites, ocasionan susceptibilidad a problemas de pandeo y ocurrencia de otros fenómenos de inestabilidad. El problema del diseño en acero son las dimensiones relativamente pequeñas de los miembros estructurales, en comparación con los grandes claros y alturas que impone un proyecto arquitectónico, de acuerdo con las necesidades y uso de un edificio.

Los factores de seguridad están sujetos a mucha incertidumbre, algunas desventajas que afectan los factores de seguridad son:

- La resistencia del material puede variar inicialmente de modo apreciable respecto a los valores supuestos, y variar aún más con el tiempo, debido a la fluencia del material, corrosión, intemperie y fatiga
- Los métodos de análisis a menudo están sujetos a errores apreciables
- Casos fortuitos, o variables no controlables
- Los esfuerzos residuales originados durante la fabricación, son frecuentemente importantes. En el caso del acero aun cuando la mano de obra es más especializada, los obreros tratan los elementos con visible descuido; en el concreto estructural, los elementos pueden sufrir de mucho más descuidos por parte de la mano de obra. Incluso en ocasiones, los esfuerzos durante la fabricación exceden los esfuerzos de la estructura ya terminada
- Hay cambios tecnológicos que afectan la magnitud de las cargas vivas. Por ejemplo, la maquinaria cada vez es más sofisticada y compacta, por lo que en muchos casos, una máquina resulta tener más peso en superficies de igual o menor magnitud
- Las cargas muertas de una estructura pueden en la práctica, estimarse en forma casi exacta; sin embargo, las cargas vivas son una estimación imprecisa
- La variación de las dimensiones de los elementos, se puede presentar debido a errores de mano de obra o supervisión.

La seguridad de una estructura, aparte de depender de los factores de incertidumbre anteriores, debe investigarse si es una estructura de uso temporal o permanente, si es de uso público o privado, cuál es la responsabilidad legal si falla, se arriesgan vidas o daños importantes a la propiedad. Es lógico utilizar diferentes factores de seguridad para una escuela que para una bodega.

En cuanto a la seguridad del diseño, normalmente los diseñadores tanto experimentados como no, seleccionan elementos de suficiente tamaño de resistencia. La falla de los elementos estructurados se debe normalmente a poca atención en los detalles de fabricación,

y en el concreto, eventualmente en falla de los materiales cosa que en el acero es muy poco frecuente.

Un gran número de fallas estructurales ocurre debido a asentamientos de la cimentación; la mayoría no se traducen en aplastamiento, pero si producen agrietamientos de mala apariencia. En el caso de las estructuras de acero, lo anterior se convierte en una desventaja ya que se llegan a diseñar con todo cuidado los elementos y no así las conexiones; el error más común en el diseños de conexiones es despreciar alguna de las fuerzas. Otra fuente de falla ocurre donde las vigas soportadas en muros no tienen suficiente apoyo o anclaje.

3.3.5. Requisitos de servicio y mantenimiento

Es claro que las estructuras de acero son convenientes en aquellas construcciones que deben soportar grandes impactos, cargas dinámicas, empujes y otras sollicitaciones como oleaje y presiones de toda índole. Otra ventaja de las estructuras de acero es que muestran un comportamiento estable, aun cuando están sometidas a ciclos repetidos de carga en el intervalo inelástico; desde ese punto de vista, tienen una gran resistencia a condiciones severas de servicio. Sin embargo, la mayoría de los aceros se corroe cuando están expuestos libremente al aire y deben recubrirse periódicamente; esto hace que el mantenimiento normal de una estructura de acero sea más caro, lo cual es una desventaja contra las estructuras de concreto. Afortunadamente, en estructuras de edificios de tipo urbano este problema se ve controlado, debido a que los elementos estructurales, casi siempre, están recubiertos y por consiguiente, protegidos.

Existen diferentes tipos de acero entre los cuales está el A36 que posiblemente, es el más usado; también hay aceros de baja aleación y alta resistencia que resisten la corrosión atmosférica dos veces más que los aceros al carbón (A36). También están los resistentes a la corrosión que logran resistir hasta cuatro veces más la corrosión atmosférica.

Otra desventaja del acero es la temperatura. En un incendio el acero pierde sus propiedades mecánicas a una temperatura del orden de 600° centígrados; a partir de este momento, tiene un comportamiento plástico, se deforma sin incrementar los esfuerzos. La protección de estructuras de acero contra fuego es cara y en ocasiones, puede representar hasta un 5% del costo de fabricación de la estructura. No obstante, el diseño y la protección contra incendios, deben de ser una de las prioridades en el análisis de estructuras de acero; hay que recordar que el acero no es combustible.

Como una ventaja, el concreto reforzado es a prueba de fuego, siempre y cuando exista un recubrimiento adecuado del concreto sobre el acero de refuerzo. De cualquier manera, el recubrimiento de concreto, requerido para la protección del acero contra la corrosión, generalmente es suficiente para la protección contra el fuego

La durabilidad del acero va a depender de su fabricación y su mantenimiento; la fabricación como ya se comentó, se hace en plantas con altos controles de calidad, mano de obra especializada, equipo y condiciones adecuadas, por esto es difícil que el acero estructural falle como material, lo cual es una ventaja. Sin embargo, en el concreto es diferente dado que si se fabrica en sitio, existen muchos factores externos que puede afectar su durabilidad.

La durabilidad del concreto puede verse afectada por:

- Los líquidos y gases que lo penetran. Los más comunes son el agua, los iones puros o agresivos, el dióxido de carbono y el oxígeno. La durabilidad del concreto depende en

gran medida de la facilidad con la que los líquidos y los gases entran y se mueven a través del concreto, esto se conoce como permeabilidad del concreto

- Las condiciones microclimáticas . Un edificio orientado en dirección norte – sur, tendrá un microclima diferente a uno que se ubique oriente – poniente
- Los materiales cementantes. Los cementos hidráulicos a veces están combinados con ceniza volante, puzolanas, escoria molida o humo de sílice. Cada uno de estos materiales pueden tener un efecto en la durabilidad, ya sean benéficos o de deterioro. El problema más común que afecta a los materiales cementantes es la reacción álcali- agregado
- Los agregados pueden tener efecto sobre la resistencia a la abrasión, congelación y descongelación, y reactividad álcali – agregado
- El agua que debe ser potable y no tener sabor u olor pronunciado
- Algunos aditivos químicos pueden tener un efecto en la corrosión de metales empotrados.

Las condiciones externas más comunes son: resistencia, congelación y descongelación, exposición química agresiva, abrasión y prevención de corrosión de metales empotrados. El problema interno más común en el concreto es una reacción química de agregados y álcalis.

Para obtener una resistencia a la congelación y descongelación, por ejemplo, se recomienda:

- Reducir al mínimo la exposición a la humedad
- Una relación agua cemento de 0.45 o menos
- Proveer un sistema apropiado de vacío de aire
- Emplear un agregado que resista la congelación
- Curar el concreto adecuadamente
- No exponer el concreto a congelación sino hasta que alcance suficiente resistencia
- Poner en práctica métodos confiables de construcción.

Para resistencia a la abrasión, se recomienda que la resistencia a la compresión sea de 28Mpa o más, y la consistencia deberá de ser del menor valor práctico para colocar y compactar.

Para evitar la corrosión de metales empotrados en el concreto, se recomienda una relación agua cemento baja y el recubrimiento adecuado para las condiciones de exposición del acero. Además, se debe compactar apropiadamente el concreto.

Los siguientes factores durante la construcción, pueden dar como resultado una baja durabilidad del concreto; esto se presenta como una desventaja debido a lo difícil que es tener un buen control sobre todos :

- Alta relación agua / cemento
- Insuficiente contenido de cemento
- Insuficiente sistema de vacíos de aire
- Revenimiento alto (sin aditivos especiales)
- Sangrado excesivo

- Mala compactación
- Mal acabado
- Curado inadecuado
- Secado al aire inadecuado.

Durante el diseño del proyecto, se deberá estudiar la exposición al entorno de cada segmento de la estructura de concreto y de acero. Los estudios se deben convertir en requerimiento de especificaciones de proyecto que sean razonables y no excesivas.

3.3.6. Relación tiempo - costo de construcción

La rapidez en la construcción probablemente sea otra de las ventajas importantes de la estructura de acero, ya que mientras en el lugar de la obra se está construyendo la cimentación, al mismo tiempo en taller se fabrica la estructura, quedando pendiente únicamente el montaje. Tomando en cuenta lo anterior, y con una adecuada planeación y programa de trabajo, se reduce el tiempo de ejecución de una obra en acero. La superposición de actividades, en especial en la cimentación, y la fabricación de la estructura en taller, es lo que puede conducir en una mayor rapidez en la construcción de estructuras de acero contra las de concreto. Partiendo de la base de que la estructura de acero es prefabricada, la transportación y el montaje puede efectuarse en un tiempo menor al requerido por otros procedimientos constructivos.

Es necesario que las columnas de concreto reforzado tengan suficiente resistencia antes de que sea posible poner cualquier carga sobre ellas, y los pisos de concreto deben dejarse varios días fraguar, antes de que sea posible trabajar sobre ellos. En cambio, cuando el acero estructural llega al lugar de construcción es capaz de asumir su máxima capacidad de carga, y es poco probable que el montaje se vea afectado por condiciones climáticas, cosa que ocurre frecuentemente en las estructuras de concreto.

Sin embargo, cuando el edificio es de acero y no de concreto, éste no provee de plataformas de trabajo como lo hace el concreto reforzado, que inevitablemente incluye el piso, y es necesario más trabajo antes de concretar el edificio. No hay que perder de vista que aunque no incluye el piso, en la estructura de acero es más fácil suspender equipo móvil, necesario para las funciones que se requieren en un edificio.

Ventajas de acero	Ventajas del concreto
Fabricación en taller, permite la superposición de actividades	Es más económica
Al llegar a la obra soporta su máxima capacidad de carga	Al colar un nivel provee de plataformas de trabajo para el siguiente
El clima no interfiere tanto con el ensamble	La materia prima está más disponible

Quizá la principal razón que mencionan los diseñadores estructurales, consultores, constructores y fabricantes para explicar el uso todavía limitado de la estructura de acero en la construcción de edificios, en comparación con las estructuras de concreto, sea su elevado costo. Esta razón se mantiene en nuestro medio, a pesar de que la estructura de concreto está

más castigada por los reglamentos actuales de construcción. El acero estructural por definición, es el material básico de la estructura metálica, pero requiere de otros materiales como la soldadura, tornillería, pintura, etc., por lo que el incremento de los costos del acero hacen necesario el uso óptimo de dicho material en cada una de las etapas del proceso constructivo.

Las construcciones en México, de edificios de acero y de concreto, han demostrado que el costo del esqueleto estructural de un edificio representa solamente, entre el 30 y el 35% del total de la construcción; pero en la obra gruesa hay elementos que no dependen del material de estructura básica, como son pisos, fachadas y muros, si se deducen de la obra estos elementos queda un costo remanente que varía entre el 15 y el 20% del costo total de la construcción. Aquí es donde pueden competir frente a frente el acero y el concreto, tomando en cuenta que en caso de daños estructurales o errores debido a control de calidad, la reparación de la estructura de concreto puede resultar más cara que la del acero.

En la construcción de acero, el costo de fabricación y montaje representa un poco más del doble del costo de la materia prima; cabe señalar que en México, la mano de obra es "barata" (según la calidad), y la materia prima es cara, mientras que en Estados Unidos y Canadá, los materiales son baratos y la mano de obra cara.

El abastecimiento del acero, por parte de las empresas productoras y distribuidoras de acero estructural, es en ocasiones insuficiente y con atrasos, por lo que con mucha frecuencia las estructuras se deben volver a diseñar para cambiar los perfiles que en principio el diseñador consideró como disponibles, y que no son comerciales en el mercado; lo anterior ocasiona pérdidas de tiempo importantes y a veces soluciones caras.

Si la estructura de acero se construye en un tiempo más reducido que el del concreto, garantizando que la ocupación del edificio sea en menos tiempo, podría generar ingresos importantes para el inversionista, lo que podría dar como resultado una opción económica más viable. Sin embargo, aún es tema de discusión si la fabricación de edificios con base en estructuras metálicas, es más rápida que las fabricadas con estructuras de concreto. Lo que bien es cierto, es que el concreto es un material más económico y más disponible en las obras, ya que en cualquier parte del mundo se localiza agua, arena y grava, y los cementantes gozan de una gran distribución a diferencia del acero que en ocasiones los fabricantes no pueden abastecer la demanda. Los principales ingredientes para producir concreto son relativamente económicos y comúnmente disponibles, aunque en ciertas regiones del mundo el costo del concreto puede ser hasta cuatro veces más que en otras, donde los insumos y la mano de obra son más baratos.

En realidad, cada proyecto es diferente y, tanto los tiempos como los costos de producción, van a depender de un cierto número de factores específicos para cada caso, factores como son: Tipo de diseño, ubicación de la obra, altura del edificio, disponibilidad de materiales, disponibilidad de mano de obra capacitada, posibilidad que se presenten catástrofes, factores climáticos, etc.; por lo que se debe estudiar ambas posibilidades para un proyecto, y desarrollar la que sea económicamente más viable.

3.3.7. Facilidad de instalación

La prefabricación es, sin lugar a duda, una de las principales ventajas constructivas de la estructura de acero, ya que se elaboran planos a detalle de cada uno de los miembros que componen la estructura, facilitando el control de calidad y teniendo una instalación más sencilla. Esta ventaja reduce considerablemente los errores debidos a la gran cantidad de

trabajo en obra que tiene el concreto, y hace posible que se combinen varias actividades en el programa general de una obra.

En el caso de las estructuras de acero, la instalación se reduce a vigilar la geometría de la estructura en lo que se refiere a ejes, niveles, y juntas. Es importante notar que el estricto cumplimiento de las normas de montaje, sobre todo del primer tramo, garantiza la geometría y el buen ensamble del resto de la estructura. En lo que se refiere a juntas de campo, especialmente las soldadas, se someten a controles de eficiencia mediante inspecciones y procedimientos que se inician con la selección y calificación del personal.

En el caso del concreto, el trabajo en obra es mucho más amplio y la mano de obra menos especializada, aparte de que existe una seriación de las diferentes operaciones que realiza diferente personal, hay que terminar la cimbra para poder armar el acero de refuerzo y posteriormente colar. Debido a la gran cantidad de personal, y a las diversas operaciones que se llevan a cabo en la obra para la elaboración de estructuras de concreto, se tiene un proceso más complicado y de mayor susceptibilidad a errores. De lo anterior, se puede resumir que las instalaciones en estructuras de concreto reforzado son más complejas y en ocasiones, de menor calidad.

Por otro lado, cuando por diversas razones se debe ampliar una construcción o una obra nueva, lo cual implica modificaciones en la estructura, la estructura de acero permite con cierta facilidad hacer las modificaciones sin los problemas y gastos de demolición que ocasionan las construcciones de concreto.

Sin embargo, en lo que respecta a la instalación, el acero tiene sus desventajas en nuestro país. La fabricación de una estructura metálica, se efectúa bajo normas de calidad más rigurosas que las que se aplican en el concreto reforzado; por eso es que una vez que la estructura de acero se fabrica, ya no se debe añadir, cortar o cambiar de posición a los miembros estructurales, puesto que cada pieza tiene una marca y corresponde a un lugar específico, de acuerdo con los planos de taller y de montaje. Esta desventaja es muy importante debido a que frecuentemente se modifica el proyecto arquitectónico, lo cual obliga en ocasiones a modificar las dimensiones de la estructura. De esto surge una necesidad imperiosa de analizar a fondo el proyecto antes de iniciar su construcción.

3.3.8. Equipo de construcción utilizado

No es posible separar la elección de la maquinaria y el equipo, del método de ejecución de los trabajos. Estos dos están íntimamente relacionados y la elección que se tome en uno de ellos va afectar al otro.

El equipo y maquinaria utilizados para las edificaciones con estructuras de acero o de concreto reforzado, son completamente diferentes. Posiblemente, la principal razón de su divergencia es el concepto de que el acero estructural es prefabricado en todos los casos y que el equipo utilizado en obra es exclusivamente para ensamble y elevación. A diferencia del concreto reforzado que requiere de todo el equipo necesario para cimbrar, ensamblar el acero de refuerzo, proporcionar, transportar, colar, y curar el concreto.

Es claro que la elección del equipo es particular en cada caso y depende, tanto de la empresa que construye como de condiciones específicas de cada obra, por lo que no es posible generar reglas específicas, y la buena elección del equipo dependerá de la experiencia que se tenga. En los puntos 3.6 y 3.7 de este capítulo, se analizarán más a detalle los diferentes equipos que se utilizan, tanto para estructuras de acero como para estructuras de concreto reforzado

3.3.9. Funcionalidad

Como se ha mencionado, cada proyecto es peculiarmente diferente, por lo que la funcionalidad de una estructura u otra, va a depender de condiciones específicas de cada obra. "La funcionalidad depende de condiciones locales y puede variar con el tiempo."

La modulación de la estructura de acero, proporciona un punto de funcionalidad interesante ya que los revestimientos y materiales complementarios de fachada que son empleados de manera estandarizada, tienen un espesor mínimo y no tienen que cubrir las imperfecciones de una obra. En México, existe gran variedad de materiales complementarios que son compatibles y adaptables a cualquier estructura. Sin embargo, los más de 150 edificios urbanos metálicos de la ciudad de México, demuestran que con los materiales complementarios, las estructuras de acero obtienen soluciones modernas, económicas y estéticas.

Es importante mencionar que la estructura de acero es recuperable. Cuando por diversas razones se deba hacer alguna remodelación, ampliación o cambio de uso en un edificio de acero, la estructura metálica está intacta, de manera que se puede volver a utilizar, caso distinto al de un edificio con estructura de concreto, que tiene que ser demolido y únicamente se puede llegar a recuperar el acero de refuerzo. Así mismo, cuando se deba ampliar una construcción o cambiar una sección dañada, lo cual implique modificaciones en la estructura, tanto en los acabados interiores como en la fachada, la estructura de acero permite con cierta facilidad, hacer las modificaciones sin los problemas y gastos de demolición que ocasionan las construcciones de concreto.

La principal desventaja de las estructuras de acero frente a las de concreto, en cuanto a su funcionalidad, es la rigidez. Las estructuras de acero vibran más que las de concreto, este aspecto es importante y depende de un buen diseño, ya que además de satisfacer las condiciones de seguridad, se necesita cumplir con requisitos de servicio y funcionamiento. La decisión de si se debe usar estructura de concreto reforzado o de acero, también se ve determinada por la función que va a cumplir la estructura. Por ejemplo, la torre de la Secretaría de Comunicaciones en la ciudad de México, requiere de una rigidez especial, debido a la ubicación que tiene y que deben mantener las antenas de comunicación; por esto, la estructura es de concreto y muy rígida. Para que una estructura de acero pudiera dar esta rigidez, si no es imposible, si es muy cara.

3.4. Documentos contractuales

3.4.1. Preparación de documentos

El trayecto de la documentación debe ser seguido, desde su recepción en la empresa hasta el proyecto y confección de los planos para la ejecución de las obras. El trabajo en sí, se descompone en operaciones elementales, tales como las que a continuación se describen:

- 1) Recepción de la documentación completa del arquitecto
- 2) Estudio del proyecto desde el punto de vista técnico con todas las variantes, y en el caso de encontrar dificultades, aceptar la colaboración de otras empresas con vistas a la adjudicación de las obras
- 3) Estudiar los planos correspondientes a la obra mayor, conjuntamente con los correspondientes a la de otros servicios o partidas, escogiendo el sistema constructivo que mejor se adapte, allanando las dificultades y dirigiendo la obra

- 4) Realizar una crítica del trabajo, y de la misma, sacar consecuencias útiles de conocimiento y enseñanza para otras obras venideras
- 5) Procurar que estas enseñanzas sean útiles a todos los colaboradores de la empresa.

El proyecto arquitectónico es la base de partida para la ejecución del estudio, una vez en poder de la oficina de estudios y proyectos de la empresa debe ser examinada, y su contenido cuidadosamente controlado. La documentación administrativa comprende los documentos siguientes:

- 1) Pliego de condiciones que define las obligaciones financieras de las dos partes interesadas
- 2) Pliego de condiciones técnicas que especifica las formas o sistemas de construcción
- 3) Presupuesto descriptivo que indica y precisa la naturaleza de los materiales que serán empleados de acuerdo con los planos
- 4) Planificación y programación que fijan el orden de los trabajos, indicando los plazos de ejecución.

Desde luego que estas disposiciones y nomenclaturas no son categóricas, pueden variar de común acuerdo.

3.4.2. Especificaciones generales

El pliego de condiciones que se menciona en el punto anterior, corresponde a las prescripciones técnicas; es el documento con el cual el jefe de obra precisa las condiciones de ejecución. Este documento complementa los documentos técnicos unificados, en todos los aspectos en que aquellos no se pueden definir o precisar; recuerdan los reglamentos o reglas particulares a seguir, precisan la calidad de los materiales a utilizar, naturaleza de los controles a seguir, las puestas en obra especiales que el jefe de obras desea que se apliquen.

3.4.3. Contratos

El contrato para una obra estructural es particular de cada obra específica y de acuerdo con las características de la misma; sin embargo por el tipo de trabajo a realizar, los contratos para estructuras de acero son muy diferentes a los contratos para estructuras de concreto reforzado.

En el caso del acero, se pueden encontrar tres tipos de contrato:

- Contratos a precio alzado. En ese contrato el trabajo por realizar, por el fabricante y el montador, se definen completamente en los documentos contractuales
- En los contratos que estipulan el precio por kilogramo, los alcances del trabajo, el tipo de material y de fabricación, y las condiciones del montaje, se definen claramente en los documentos contractuales
- En los contratos que estipulan el precio por pieza, el trabajo a realizar por el fabricante y por el montador, se basa en la cantidad y tipo de piezas descritas en los documentos contractuales.

A no ser que el contrato establezca otra cosa, en los contratos a precio por kilogramo de estructura de acero fabricada, transportada y montada, el peso de la estructura para fines de pago se determina calculando el peso bruto de materiales mostrados en los dibujos de taller. El peso unitario del acero se considera de $7,850 \text{ kg/m}^3$. El peso unitario de otros materiales, se determina de acuerdo con los datos publicados por los fabricantes del producto en cuestión.

Los pesos de los perfiles, placas, barras y tubos, se calcula con base en los dibujos de detalle que muestran las cantidades y dimensiones reales del material suministrado, en la siguiente forma:

- a) El peso de todos los perfiles estructurales y de los tubos se calcula con el peso nominal por metro y la longitud total detallada
- b) El peso de placas y barras se calcula usando las dimensiones totales rectangulares detalladas
- c) Cuando las partes pueden ser cortadas económicamente en múltiplos de una pieza de mayores dimensiones, el peso se calcula con base en las dimensiones teóricas rectangulares de la pieza de la que se cortan las partes
- d) Cuando las partes se cortan de un perfil estructural del que sobra un tramo no utilizable en el mismo contrato, el peso se calcula con base en el peso nominal de la pieza de donde fueron cortadas las partes
- e) No se hacen deducciones por el material removido por corte, recorte, biselado, punzonado, taladrado y otros procesos de producción.

Las modificaciones del contrato que resulten necesarias, por mutuo acuerdo de las partes, se harán mediante la expedición de nuevos documentos o con la reexpedición de los documentos existentes. En ambos casos, quedarán claramente indicadas las modificaciones y las fechas de expedición del documento. Las modificaciones de los documentos contractuales se hace mediante órdenes de cambio en el trabajo o del trabajo adicional, o mediante anotación en los dibujos de taller y de montaje al ser devueltos ya aprobados. A no ser que específicamente se estipule lo contrario, la expedición de una modificación constituye la autorización del propietario de proceder a la construcción.

Cuando se modifiquen las obligaciones del fabricante o del montador establecidas en los documentos contractuales, deberá hacerse el ajuste correspondiente del precio del contrato. Para calcular el ajuste del precio, el fabricante y el montador tomarán en cuenta el trabajo que se agrega o disminuye, los cambios en el tipo de trabajo y la forma en que los cambios pudieran afectar los pedidos de material, los dibujos y las operaciones de fabricación y de montaje. Estos ajustes deben ser presentados oportunamente, acompañados de una descripción lo suficientemente detallada para permitir su evaluación y aprobación por el propietario. En los contratos por kilogramo y a precio por pieza, generalmente se prevé la adición o disminución de los trabajos, antes de que se autorice la construcción. Las modificaciones de cualquier tipo, pueden requerir un ajuste en los precios del contrato.

Los documentos contractuales, normalmente establecen el programa para la ejecución del trabajo. Los programas deberán indicar cuándo serán entregados los planos aprobados para construcción y cuándo quedará listo el sitio de trabajo, los cimientos, pilas y demás obras requeridas para el montaje de la estructura, sin obstrucciones y con acceso para el montador. El fabricante y el montador, deberán informar oportunamente al propietario de los efectos de las modificaciones en el programa de trabajo. En caso de que por cambios en el diseño o por otras causas atribuibles al propietario resulten demoras significativas en el programa de trabajo, deberán compensarse al fabricante y al montador, los gastos adicionales en que incurran.

La presentación material del contrato no se ajusta a ninguna regla fija. Depende de las relaciones entre el propietario o su representante y el contratista. Sin embargo, la oferta puede hacerse de las siguientes formas:

- 1) Contrato verbal, no se aconseja desde ningún punto de vista

- 2) Una carta, mediante la cual el contratista se compromete a realizar la obra según la documentación entregada y por el precio indicado, a esta carta se le pueden adjudicar los planos o aclaraciones especiales
- 3) Documentación completa con planos, detalle de los cálculos, y las partes correspondientes a la administración. Esto es lo más frecuente en organismos oficiales o grandes empresas.

3.4.4. Extensión o alcance del trabajo

Los planos se deben examinar durante varios días, a fin de poder conocer con detalle y de memoria todos los extremos de los mismos, leyendo las descripciones del autor del proyecto arquitectónico, al cual se pedirán todas las aclaraciones que sean necesarias, consultando al mismo tiempo los archivos, a fin de comprobar si no contienen proyectos similares ya estudiados con anterioridad.

El ingeniero calculará las secciones de concreto armado, la naturaleza de las cimentaciones, los volúmenes de concreto en masa y el acero, según sea el caso de la edificación, examinando si existen posibilidades de variantes que sean más favorables. Se realizará el cálculo completo de un elemento tipo o losa, verificando los coeficientes de trabajo y la resistencia de las cimentaciones, procediendo a continuación a determinar los volúmenes y cantidades totales de materiales que serán necesarios.

El anteproyecto y presupuesto deben ser detallados y cuidadosamente estudiados, ya que no sería el primer caso en que, por negligencia, se olvidara calcular una sección. Debido a la rapidez son frecuentes las omisiones. Es importante que se cuente con puntos de referencia que permitan descubrir rápidamente errores, también se deben comprobar en porcentaje, los precios totales.

En el caso de que existiera necesidad de comprobar los precios de subcontratistas, la manera más sencilla de hacerlo es mediante una lista con la relación de cantidades y volúmenes de obra y materiales que deberá llenar completando las partidas que puedan faltar. La preparación de esta lista es fácil, partiendo de la base de otras que hayan sido utilizadas en obras anteriores. En este caso, la comprobación de precios se reduce a un sencillo trabajo que permita comprobar que el subcontratista ha previsto todo su trabajo, y de que la calidad de los materiales es la solicitada.

3.4.5. Dibujos y planos de taller

Para asegurar que las ofertas sean completas y correctas, los documentos contractuales deben incluir planos completos del diseño estructural, mostrando claramente, el trabajo por ejecutarse e indicando tamaños, perfiles, normas de materiales, localización de todos los miembros, niveles de los pisos, alineaciones y centros de columnas y contraflechas; así como, las dimensiones suficientes para poder estimar correctamente las cantidades y tipo de acero estructural por suministrarse. Las especificaciones del acero estructural, deben incluir cualquier requisito especial referente a la fabricación y montaje del mismo. Los planos, deben mostrar con suficiente detalle para ser fácilmente comprendidos, los arriostamientos, contravientos, conexiones, atiesadores en columnas y vigas, refuerzos en alma, agujeros para otras instalaciones y otros detalles especiales. Se deben dibujar a una escala suficientemente grande, para mostrar de forma adecuada toda la información con detalle.

Los planos deben incluir información suficiente respecto a las cargas consideradas, las fuerzas cortantes, momentos y fuerzas axiales que deben soportar los miembros y sus conexiones, y

que pueda ser necesaria para el diseño de los detalles de conexión en los dibujos de taller, y para el montaje de la estructura. Cuando se incluyan en el suministro del acero estructural placas de relleno y nivelación y otros elementos especiales, los planos deberán mostrar los tamaños, perfiles y localización de todas las piezas.

El propietario deberá suministrar completos y a tiempo, los planos y especificaciones aprobadas de la estructura de acero, de acuerdo con los documentos contractuales. El fabricante requiere de planos y especificaciones aprobados, para poder ordenar los materiales y elaborar los dibujos de taller y montaje. Estos deberán contener la información completa para la fabricación de los elementos de la estructura, incluyendo la localización, tipo y tamaño de todos los remaches, tornillos y soldadura. Se hará la distinción entre sujetadores y soldaduras de taller y de campo.

Cuando el fabricante prepare los dibujos de taller, deberá someter copias de los mismos al propietario para su revisión y aprobación, considerando que le serán devueltos en un plazo no mayor a 14 días naturales. El propietario devolverá estos planos aprobados o aprobados sujetos a las correcciones anotadas. El fabricante quedará autorizado para proceder a la fabricación, después de corregir los dibujos de acuerdo con las anotaciones y enviar las copias corregidas al propietario.

La aprobación por el propietario, de los dibujos de taller preparados por el fabricante, indica que éste ha interpretado correctamente los planos estructurales y las especificaciones. Con su aprobación, el propietario acepta plena responsabilidad por el diseño de conexiones hecho por el fabricante, como parte de la elaboración de los dibujos de taller. Esta aprobación no releva al fabricante de su responsabilidad por la exactitud de las dimensiones detalladas en los dibujos de taller, ni por el buen ajuste de las piezas al ensamblarse en el campo. A no ser que se estipule otra cosa, al aprobar el propietario con modificaciones los dibujos de taller o de montaje, autoriza al fabricante a proceder la construcción con los cambios anotados.

Cuando el propietario suministre los dibujos de taller, los deberá entregar oportunamente, de modo que permita al fabricante adquirir materiales y fabricar en forma ordenada, de acuerdo con el programa convenido. El propietario deberá preparar, hasta donde sea posible, los dibujos de taller de acuerdo con las normas y prácticas del fabricante. El propietario será responsable de que los planos que suministre sean completos y exactos.

3.4.6. Proveedores

Se pueden distinguir dos categorías de proveedores:

- 1) El proveedor del material de construcción necesario para todas o casi todas las obras en grandes o pequeñas cantidades
- 2) Y el proveedor de material necesario para determinados trabajos que se harán en determinadas obras.

En el primer caso, el proyecto de obra indica las cantidades que habrá que comprar de cada clase de material en diversas fechas; por el contrario el segundo, la fecha en que habrá que efectuarse la compra de determinada cantidad de material, o de aquella maquinaria, o la petición de aquel determinado trabajo.

La oficina de compras no puede ni tiene que actuar, únicamente de acuerdo con las necesidades de material y la situación de los precios, sino que debe estar en continuo contacto con las demás oficinas de la empresa, especialmente con la oficina de financiamiento, con oficina de pruebas y con el laboratorio de pruebas de materiales, con la

oficina de máquinas e instalaciones, y con la oficina de proyectos y estudios. Los almacenes deben de ser parte de la oficina de compras. Para poder trabajar con conocimiento de causa, la oficina de compras debe de tener al día los siguientes documentos:

- Ficheros de los almacenes, para conocer las exigencias de los materiales y la capacidad de los mismos
- Plan general de proveedores y un plan mensual revisado, para determinar las cantidades y fechas en que serán necesarias
- Fichero de precios del material y gráfica de los incrementos, para poder darse cuenta de las tendencias de los precios
- Un formulario siempre actualizado para el cálculo de los gastos de carga, descarga y transportes, para poder reducir todos los precios de las ofertas a un patrón y poder tomar las decisiones
- Ficheros de proveedores, acoplados al archivo de catálogos y muestras, con los ficheros de precios y materiales, para poder determinar rápidamente, a quién conviene ordenar presupuestos o el material
- Archivos de los contratos en curso, para ver si hay cantidades restantes y asegurarse de la puntualidad de los suministros.

Para un mejor manejo de los proveedores, es conveniente establecer prácticas estándares, preparadas para las principales peticiones a efectuar:

- 1) Del plazo de tiempo que debe transcurrir entre la fecha que se manda la petición de oferta y la fecha de entrega deseada, teniendo en cuenta el tiempo necesario para:
 - a) Obtener la oferta
 - b) Valorarla, decidir y pasar la orden
 - c) Fabricar el material en caso de que sea necesario
 - d) Transportar el material a pie de la obra
 - e) Seleccionar las muestras y obtener los resultados de los análisis.
- 2) Del número de proveedores a los que es conveniente enviar las peticiones de oferta
- 3) De los formularios estándar para pedir las ofertas, pasar la orden, dar instrucciones sobre la expedición, pedir el aviso de expedición, dar aviso a las demás oficinas del pedido, solicitar la entrega, etc., esto con objeto de no perder tiempo todas las veces y tener estudiadas todas las cláusulas y condiciones de una vez para siempre.

El movimiento del material está regulado por la dirección de obras, en lo que se refiere al material que va del almacén a la obra, mientras que el flujo del material entre los almacenes y depósitos está regulado por la oficina de compras, de aquí la estrecha relación que debe existir, ver figura 3.4.1. No se puede decir con exactitud la organización que debe existir entre los almacenes, depósitos y la obra, ya que cada situación será diferente, pero se puede tomar en cuenta lo siguiente:

- Un almacén central donde se guardan las máquinas y las instalaciones no utilizadas por el momento, todo el material, y herramientas en reserva. Pueden existir dos o más que se reparten estas funciones. Generalmente, en estos almacenes existen talleres para la reparación o mantenimiento del equipo.

- Obras con almacenes o depósitos de materiales que funcionan como almacenes locales. Se dedica, en general a suministrar materiales a la obra que están anexas; excepcionalmente pueden recibir material con destino a otra obra, o en casos de emergencia, suministrar material a obras que han quedado desprotegidas
- Pequeños almacenes cercanos a la obra, normalmente son necesarios cuando la obra no tiene espacio.

El movimiento de los materiales, maquinaria e instalaciones se puede sintetizar en los siguientes puntos: - -

- 1) Entrada de material que proviene de la recuperación, demolición y elaboración interna
- 2) Entrada de material y maquinaria que provienen del exterior
 - a) Al almacén central
 - b) A los almacenes cercanos a las obras
- 3) Empleo de material en las obras
 - a) Que provienen de los almacenes cercanos a la obra
 - b) Que proviene del almacén central
- 4) Cambio de material
 - a) Entre el almacén central y los depósitos locales
 - b) Entre los depósitos locales.

Es muy importante tener un buen control de dichos movimientos o transportes; para esto, se deben diseñar los documentos adecuados ya que cada movimiento tiene que ir acompañado de un documento que sirva:

- Para permitir el control de los movimientos mismos, haciendo responsables a los consignatarios mientras no estén en posición del documento de descarga. De esta forma se impide que alguien pueda sustraer material, librando también la responsabilidad durante el transporte. Se debe establecer rigurosamente, que no puede efectuarse ningún movimiento sino va acompañado del documento
- Para permitir que el material se ocupe en la obra a la que ha sido destinada, esto no se puede hacer si no se siguen todos los desplazamientos sucesivos

Las necesidades de transportación de las estructuras de concreto son muy diferentes a las del acero estructural, en especial cuando el concreto se mezcla en obra. En el concreto reforzado la transportación de los materiales es más variada; por un lado, se tiene que proveer del acero de refuerzo en cantidades adecuadas para economizar y evitar que se vean afectados los trabajos. Y por el otro, el concreto, el cual se puede transportar de muy diversas formas, el procedimiento más adecuado va a depender de la ubicación de la obra, de las cantidades requeridas, de la resistencia necesaria, de la trabajabilidad de la mezcla que se requiera y de un número de factores particulares de cada obra; en el capítulo 3.7.3, se hace mención a los distintos tipos de transporte para el concreto.

En el caso del acero, existen otros factores que se deben cuidar al realizar el transporte de los materiales; el acero estructural se debe entregar en la secuencia que permita la ejecución más económica y eficiente en su fabricación y montaje, si el fabricante es el que entrega en la obra se deben definir los requisitos de entrega en los documentos contractuales. En el caso de que se contraten los servicios de un tercero para la transportación, se debe coordinar y supervisar la actividad para que no se vean afectados los trabajos de montaje. Es importante

que el propietario dé el tiempo necesario para que el fabricante produzca y embarque los materiales, antes de ser requeridos en la obra.

Las cantidades de material mostradas en las listas de embarque generalmente son aceptadas por el propietario, fabricante y montador. Si se reclama cualquier faltante, debe de ser de inmediato y al transportista para que se investigue la reclamación; por esto, es importante la recepción del material en la obra.

Existen varios factores que determinan los tamaños y el peso de las piezas de acero estructural, o en su caso, de estructuras de concreto reforzado prefabricado, pero posiblemente la más importante es la del transporte, sin olvidar que depende también de las condiciones en el sitio de obra. Si la estructura se llega a dañar durante el recorrido del transporte, la parte responsable de su recepción debe notificar al fabricante y al transportista antes de la descarga del material.

3.5. Selección del equipo de construcción (factores)

El criterio para la selección de la maquinaria a emplearse en la construcción, cuya gama abarca desde una herramienta manual hasta las grandes máquinas, obedece a alguna o algunas de las siguientes razones:

- Incremento de la producción
- Reducción de los costos globales de construcción
- Realización de actividades que no podrían ser llevadas a la práctica de forma económica, por los métodos manuales
- Eliminación de trabajo manual pesado, aumentando la productividad
- Reducción de mano de obra, donde exista escasez de personal
- Mantenimiento de los elevados niveles tecnológicos requeridos, particularmente en el contexto de los trabajos de ingeniería estructural
- Aseguramiento de la calidad.

La elección de la maquinaria adecuada para una obra, forma parte del proceso de organización de la obra y debe elegirse para cada tarea en particular; no es posible separar la elección de la maquinaria del método de ejecución de los trabajos. Solamente después de tener en cuenta muchos aspectos que están interrelacionados se puede tomar una decisión. Algunos factores que se deben tener en cuenta son:

- La tarea a realizar; en muchos casos la elección del equipo dependerá de las necesidades de movilidad y de transporte de los materiales o del equipo
- La capacidad del equipo; es importante el volumen de material a manejar, en relación con el tiempo disponible en el programa de obra
- La forma de realizar el trabajo, distancias, velocidad, frecuencia de movimiento, secuencias, etc., deben ser tomados en cuenta
- Limitaciones de la ejecución; en muchas ocasiones la elección se puede ver limitada por obras auxiliares o condiciones específicas de la obra
- Los costos del sistema elegido
- La comparación de costo con otras alternativas

- Las posibilidades de modificar el proyecto de la obra, para tratar de adecuarlo a los equipos disponibles.

Un factor que puede pasarse por alto, es la facilidad y rapidez con que pueden conseguirse las refacciones. Todas las refacciones están sujetas a fallar, y si no son fáciles de reponer pueden ocasionar daños graves a la obra.

3.5.1. Trabajo u operación específica

Un problema frecuente, cuando se planea la construcción de una obra, es la selección del equipo o maquinaria más adecuados. Debe considerarse que el dinero gastado en una maquinaria es una inversión que puede recuperarse con una utilidad, durante la vida útil de la maquinaria. La maquinaria debe ser pagada por sí misma, produciendo una utilidad. A no ser que pueda establecerse por adelantado que un equipo producirá más de lo que cuesta, no debe adquirirse.

La elección del equipo es siempre motivo de estudio en cada caso particular, y depende, tanto de la empresa como de la propia obra. El responsable debe escoger una máquina adaptada al trabajo a ejecutar, pero también la más simple y robusta, ya que una avería significaría inmovilización, gastos y pérdida de tiempo.

La elección debe hacerse, tanto sobre el tipo de máquina como sobre su cantidad; para esto hay que tener en cuenta ciertos parámetros fijos que permiten limitar las soluciones posible, como son la potencia y el rendimiento del equipo, las características de la obra y la naturaleza precisa de los trabajos a realizar (como puede ser un plazo de ejecución forzoso). También hay que tener en cuenta una serie de parámetros variables como la duración de cada trabajo, el personal y las condiciones climatológicas. En función de lo anterior, se debe decidir el número de máquinas necesario.

3.5.2. Requisitos de la especificación

El costo de un proyecto está influenciado por los requisitos del diseño y por las especificaciones. Antes de completar el diseño final, el ingeniero deberá considerar cuidadosamente los métodos y equipo que puedan emplearse para la construcción de la obra. Los requisitos que aumenten el costo de la obra, sin dar beneficios proporcionales, deberán eliminarse. Las últimas decisiones del ingeniero, deberán de estar basadas en un conocimiento razonable de los métodos y costos de construcción.

Los ingenieros deben mantenerse informados sobre los desarrollos de nuevos equipos de construcción, ya que esta información les permitirá modificar el diseño o los métodos de construcción para permitir la utilización económica del equipo. El utilizar una revolvedora de concreto de doble tambor, en vez de una revolvedora de un sólo tambor, aumentará la producción de concreto, y en la mayoría de las obras reducirá el costo de colado.

3.5.3. Tiempo programado para la realización del trabajo

La planeación es lo que permite evaluar el tiempo de utilización y de presencia en obra, de los equipos. Se debe intentar, en la medida de lo posible, que este tiempo sea el mínimo y la principal condición para ello, es que se asegure el pleno empleo de los equipos durante el tiempo de presencia.

El concentrar el uso de máquinas de igual naturaleza en un tiempo mínimo, permite el tener las máquinas a pie de obra, únicamente en el momento en que realmente son necesarias y por otra parte, tenerlas a disposición de otra obra lo más pronto posible. De esta forma, los

tiempos muertos se reducen al mínimo y por lo tanto, se reducen también los costos. Es importante considerar que cuando las máquinas sean muy potentes y de un costo elevado, será conveniente utilizar varios turnos sin dejar tiempos muertos, de esta manera se acelera la amortización de equipo y se asegura su rentabilidad.

3.5.4. Movilidad que requiere el equipo

En muchas ocasiones la selección del equipo se verá determinado por la movilidad que tiene el mismo. Posiblemente, el ejemplo más claro se dé en las grúas.

Las grúas grandes sobre orugas no son autotransportables, y se desplazan a poco menos que la velocidad de marcha a pie; por lo tanto, esta grúa no es una opción acertada cuando el equipo de elevación se necesita solamente para unas cuantas horas o incluso días, ya que el tiempo para la carga del equipo, su transporte, su descarga y preparación puede suponer todo un día o más. En este caso, puede ser conveniente el alquiler de una grúa móvil o sobre camión, con pluma telescópica, que se puede desplazar a velocidades de 20 a 75 km/h y con el sistema telescópico que es muy adaptable y rápido. Lo mismo puede ocurrir en el caso de una mezcladora que va a producir una pequeña cantidad de concreto; el desplazar el equipo y los materiales puede ser más caro que ordenar el concreto necesario a una planta.

La movilidad es una condicionante muy importante, sobre todo para equipos grandes, sin importar si son para edificación de estructuras de acero o concreto reforzado, y obedece principalmente, a dos factores tiempo y costo. La selección de un equipo puede estar limitado respecto a su movilidad por los siguientes factores:

- Cantidad de trabajo
- Ubicación de la obra
- Trabajos en diferentes puntos de la obra
- Tiempos muertos muy prolongados
- Espacio en la obra.

3.5.5. Identificación funcional del equipo

El equipo existente en el mercado, se conoce en general por las empresas del ramo; existen diferentes medios para estar al corriente de la evolución de la tecnología, como son visitas a las empresas, demostraciones de maquinaria, revistas especializadas y exposiciones técnicas.

No existe ninguna definición concisa de lo que es la maquinaria estándar. El equipo que es estándar para una constructora, puede ser equipo especial para otra. Realmente depende de la cantidad de horas de la operación que se le vaya a dar en sus operaciones de construcción. Otro método que se utiliza algunas veces para distinguir al equipo especial, es la cantidad en la que se fabrica comúnmente y en la que está disponible a los posibles compradores.

La adquisición de equipo se debe confinar al estándar, a no ser que un proyecto en particular justifique de manera definida la compra de un equipo especial; el equipo estándar tiene las siguientes ventajas:

- Se puede obtener más rápidamente
- Se puede emplear económicamente en más de una obra
- Las refacciones se pueden obtener más rápida y económicamente

- Se puede vender más fácil y a un precio más favorable.

El equipo especial es aquel que se fabrica para ser empleado en una sola obra o para un tipo de obra en particular, no puede ser adecuado para ser empleado en otra obra.

Aun cuando la elección del equipo es particular de cada obra y empresa, si se conoce el equipo que existe en el mercado, la elección, ya sea para renta o compra, puede estar orientada por los siguientes criterios:

- **Robustez:** una máquina demasiado complicada está sujeta a averías más frecuentes y más difíciles de reparar. Al igual que la calidad, hay que escoger equipo más simple y robusto, lo cual permite evitar tiempos muertos
- **Durabilidad:** está relacionada con la robustez y se puede evaluar en horas de funcionamiento posibles sin grandes reparaciones. Un equipo se amortiza más fácil y crea mayores beneficios, cuanto mayor sea la utilización en buenas condiciones
- **Flexibilidad:** ciertos equipos sólo pueden funcionar en condiciones determinadas, otros se prestan a funciones más variadas. Frecuentemente, es preferible escoger la maquinaria con mayor flexibilidad de empleo, que se podrá ocupar en más obras de diferente naturaleza
- **Cualidades propias:** éstas dependen del fabricante, y se debe tener en cuenta la calidad del motor, de los accesorios, la economía de funcionamiento, la facilidad de maniobrar y el rendimiento
- **Precio:** a igualdad de calidad y servicio, se elegirá naturalmente, el equipo más barato. Sin embargo, el costo de un equipo no se evalúa únicamente con el costo de adquisición, hay que tener en cuenta el costo de funcionamiento.

3.5.6. Identificación del equipo de trabajo

Es necesario seguir de una forma precisa el avance de los trabajos, con el fin de compararlo con las previsiones y tomar decisiones útiles, en particular en el caso de retrasos. Por otra parte, es posible haber cometido errores al establecer la planeación, se pueden producir circunstancias fortuitas, condiciones meteorológicas imprevistas, accidentes, etc., factores todos ellos susceptibles de provocar retrasos. Por estas razones, es indispensable llevar un control del estado de los trabajos, para poder reforzar los equipos retrasados si es preciso.

El control debe hacerse frecuentemente, incluso cada día. Consiste en establecer unos patrones de los trabajos, cuyo principio es el de planear y al que se le puede superponer para realizar una comparación clara y eficaz. Es aconsejable que cada maquinaria tenga una ficha técnica; esta ficha debe tener un cierto número de datos de utilidad específica, como son:

- Descripción: dimensiones (útiles para el transporte), rendimiento teórico, elementos para el cálculo del rendimiento real, potencia, consumos teórico
- Utilizaciones anteriores (incidentes, reparaciones efectuadas, etc.)
- Calendario de revisiones y operaciones de mantenimiento a efectuar (limpieza, cambio de piezas, engrase, etc.)
- Resumen de la vida de la máquina; se puede hacer de muchas formas y va a depender principalmente, del tipo de máquina; la experiencia en otras obras ayuda a saber lo que podemos esperar del equipo.

También es importante tener una ficha de servicio. Aquí el operador, en poco tiempo, lleva un récord diario del equipo, permite tener al día la ficha técnica, y facilita el determinarle coeficiente de utilización.

3.5.7. Calidad de la construcción

Para el caso del acero, en primer lugar hay que observar la calidad de los materiales; su producción y fabricación se hace bajo ciertas normas de control, y el ensamble es llevado a cabo por personal calificado en la construcción de edificios.

El cemento es un material relativamente barato producido en masa y con más variación, entre carga y carga, de lo que se aceptaría en el acero. Los agregados y la arena son materiales extraídos del suelo, lo cual tiene limitaciones para tratar de aplicar un control de calidad rígido. La revoltura del concreto en una planta, generalmente garantiza cierta calidad, pero el vaciado del concreto en la construcción es algo que no es posible controlar completamente. Las rígidas reglas del control de calidad del concreto, están diseñadas para asegurar que éste tenga la resistencia especificada, y el resultado de las pruebas se obtiene hasta después de que el concreto se ha endurecido y para entonces, son difíciles y caras las medidas correctivas que en su mayoría son destructivas. En el caso del acero, la resistencia se sabe antes de que se instalen los elementos y si existiera un error en el ensamble, las medidas correctivas son rápidas, baratas (en comparación con las del concreto), y más confiables ya que no son destructivas.

Las diferencias principales en cuanto a calidad, entre el acero y el concreto son:

La mano de obra utilizada en el acero es calificada y se necesitan menos elementos, por lo que es más fácil de controlar.

Los elementos de acero son siempre prefabricados y prácticamente idénticos, lo cual nos da la tranquilidad de que todas las trabes y columnas tienen la misma resistencia. En cambio, los elementos de concreto dependen de los agregados, del manejo de la mezcla y de cómo se haya vertido. En muchas obras grandes surgen elementos, que una vez fraguados, se descubre que no dan la resistencia especificada.

Las pruebas de calidad que se le practican al acero no son destructivas, a diferencia de algunas que se practican en el concreto.

3.6. Equipo para el acero

3.6.1. Equipo para trabajos de montaje

En el montaje de estructuras de acero, el equipo a utilizar se puede dividir en:

- Equipo de elevación
- Equipo de transportación
- Equipo de ensamble.

El equipo utilizado para la erección de la estructura de acero, depende del tipo y del tamaño de la estructura, de sus partes componentes y de la localidad.

Las armaduras de techo, usualmente son entregadas a la obra parcialmente o completamente ensambladas y se elevan directamente de los camiones a su lugar, por medio de grúas (ver figura 3.6.1). La facilidad de una grúa para maniobrar en un edificio, la hace muy útil para tales operaciones. Además del equipo requerido para la elevación del acero estructural, será necesario proporcionar uno o varios compresores neumáticos, una forja y el equipo para remachar las conexiones; si las conexiones van a ser soldadas, será necesario un generador eléctrico y el equipo para soldar.

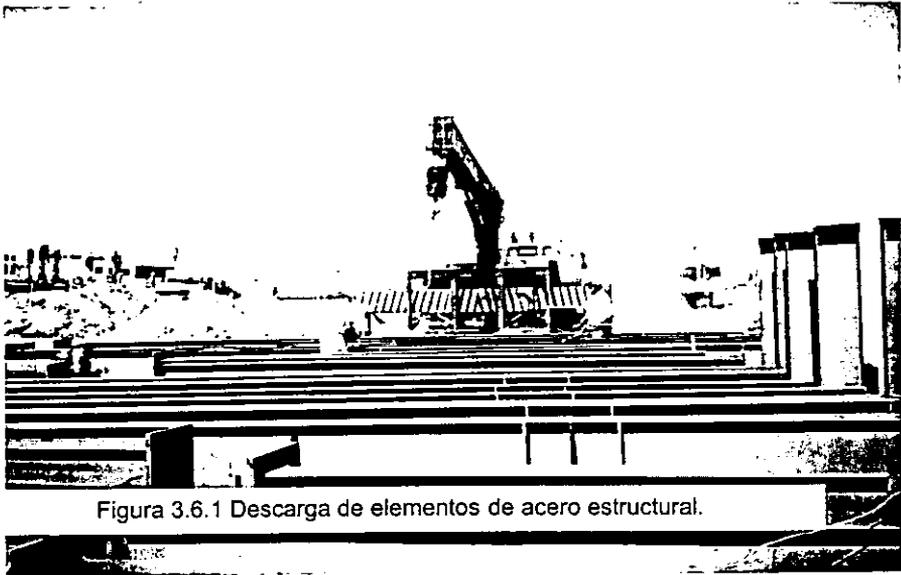


Figura 3.6.1 Descarga de elementos de acero estructural.

Bajo el concepto de equipos de elevación, se agrupan los elementos utilizados para elevar y desplazar cargas. Las dos funciones principales de un aparato de elevación son: por una parte, la fijación y elevación (desplazamiento vertical de la carga), y por otra, el desplazamiento horizontal de esta carga y su traslado a otro lugar.

En las máquinas de elevación, el movimiento del cable encargado de elevar la carga está producido generalmente, por un cabrestante mecánico, cuya fuerza motriz está producida por un motor que transmite por un sistema de biela-manivela a un cigüeñal en que va montado el piñón de mando. El motor puede ser de vapor, de aire comprimido, eléctrico, de gasolina o diesel. Los motores eléctricos son adecuados para cabrestantes rápidos y de poca potencia. Los motores de gasolina y los diesel, permiten intercalar un sistema de cambio de marchas. La primera división que se puede hacer de las grúas es: a) grúas móviles, b) grúas estáticas

Las grúas móviles están montadas sobre un chasis móvil. Se componen de una pluma que guía el cable de elevación accionado por un cabrestante mecánico, montado todo ello sobre un chasis giratorio que a su vez, va montado sobre el chasis motriz. Se pueden distinguir dos tipos: las grúas automotrices y las grúas no automotrices.

En las grúas automotrices, la pluma puede ser fija o móvil, está articulada en el punto de unión con la cabina y puede desplazarse en un plano vertical. Este movimiento se realiza mediante un cable de elevación de la pluma, arrastrado por un cabrestante mecánico. La pluma está formada siempre, por una viga de celosía para conseguir el mínimo peso.

El chasis giratorio, está unido al chasis motriz a través de una corona de rodillos. Un motor, situado en una cabina sobre el chasis giratorio, lleva un piñón que engrana con una corona dentada solidaria al chasis motriz y permite a la cabina, y por lo tanto a la pluma, girar alrededor de un eje vertical. Si el ángulo de rotación posible es de 360° , se dice que la grúa es de rotación total.

El chasis motriz puede estar montado sobre ruedas de acero para la circulación sobre carriles, sobre ruedas de neumáticos, o sobre cadenas. El conjunto de cabrestantes, motores y órganos de mando, está situado en el interior de una cabina que sirve de puesto de maniobra. La cabina va contrapesada para conseguir un equilibrio con el peso de la pluma y la carga elevada.

Los principales parámetros que caracterizan una grúa son:

- La carga de elevación, o fuerza de elevación: valor de la carga que puede elevar la máquina
- El alcance: distancia a la cual puede la grúa tomar o dejar la carga
- La velocidad de elevación de la carga
- El momento de vuelco que se expresa en toneladas por metro: el momento de vuelco se equilibra con el contra peso y el propio peso de la máquina, éste es igual al producto de la carga por el alcance.

El momento de vuelco es el más importante, ya que la carga que es capaz de elevar una grúa varía según el alcance; esto quiere decir que a cada alcance corresponde una carga máxima. Para aumentar este valor, a menudo el chasis va equipado con gatos estabilizadores, estos sirven para aumentar la superficie del polígono donde se sustenta, (ver figura 3.6.2).

La velocidad de elevación, depende del montaje del cable de elevación que puede ser con polea simple o poleas compuestas. El montaje de poleas simple, se utiliza para cargas pequeñas y las poleas compuestas, para cargas grandes. La velocidad de elevación será inversamente proporcional al número de poleas del polipasto. Las grúas automotrices se utilizan principalmente, cuando los desplazamientos son pequeños y la máquina trabaja prácticamente en un lugar fijo.

3.6.2. Capacidad de carga del equipo

La capacidad de carga de una grúa es posiblemente, la característica más importante; sin embargo, no es independiente la carga que es capaz de elevar una grúa varía según el alcance. Así, la carga de elevación y el alcance no son independientes, una afecta a la otra, (ver figura 3.6.3).

Para obtener las capacidades de carga de diseño es importante cuidar ciertos factores, la superficie de trabajo debe estar bien preparada, ya que la carga se transmite directamente al terreno, la grúa debe tener un mantenimiento adecuado, el operador debe ser experimentado y se deben cuidar los factores climatológicos que pueden ocasionar accidentes.

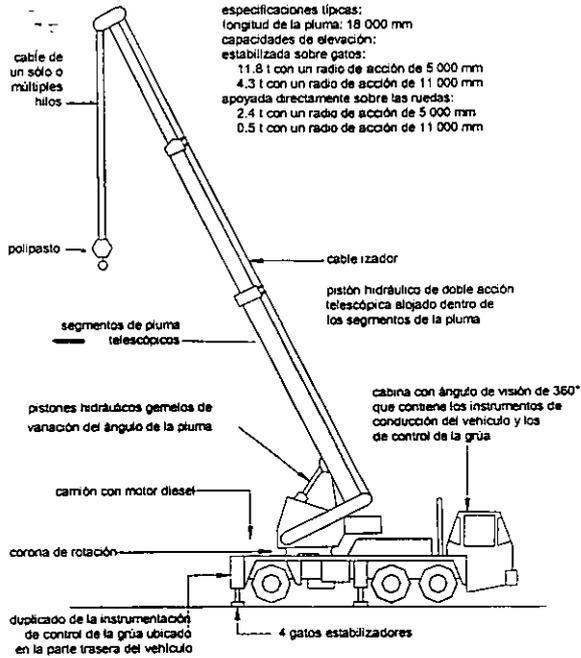


Figura 3.6.2 Grúa telescópica

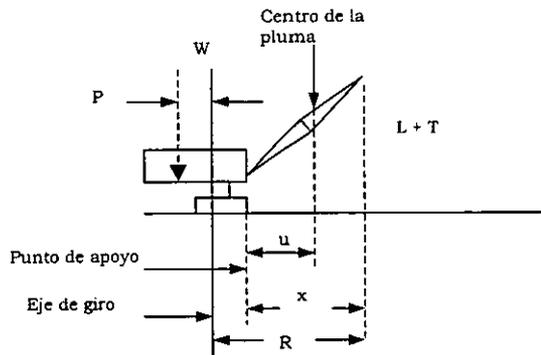


Figura 3.6.3 fuerzas que actúan sobre las grúas

La carga de vuelco puede ser calculada mediante la siguiente fórmula:

$$L = \frac{W(p + v) - Zu - T}{x} \quad u = \frac{(R - v)}{2} + v \cdot y$$

Donde:

- L = carga de vuelco de la grúa
- W = peso de la máquina sin la pluma
- Z = peso de la pluma
- T = peso del cuadernal principal
- R = radio, desde el eje de giro hasta la carga
- y = distancia del punto de apoyo
- p = distancia del centro de gravedad de la máquina, sin la pluma, al eje de giro
- v = distancia del punto de unión de la pluma al eje de giro
- x = R - y

por lo que la carga de seguridad de trabajo es: $(P) = L - (\text{margen de seguridad})$

La capacidad de carga (figura 3.6.4) que corresponde a un radio determinado, varía ligeramente con el fabricante de que se trate en concreto. La capacidad viene expresada en términos de la máxima carga (P máx.) con el mínimo radio (A mín.) de acción. Los tamaños más aceptados están entre las 15 y 120 toneladas, pero existen grúas con capacidades del orden de 3000 toneladas. Es importante recordar que las cargas de trabajo son un porcentaje de la carga de vuelco.

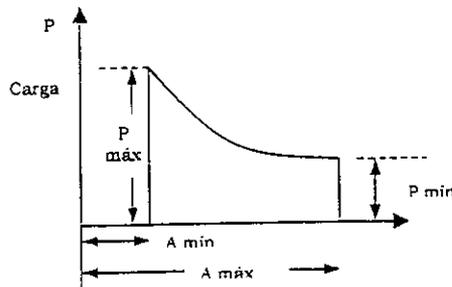


Figura 3.6.4 Diagrama carga - radio de una grúa

Dependiendo del tipo de grúa y del fabricante, va a variar la capacidad de carga. Las grúas móviles telescópicas, tienen una capacidad de carga notablemente menor que las grúas sobre orugas con pluma convencional. A continuación se muestran algunas capacidades de carga de diferentes grúas a manera de ejemplo (tabla 3.6.1).

Tabla 3.6.1 a) cargas de trabajo para grúas de pluma convencional sobre orugas, de 35 ton.

Radio (m)	12.2	15.2	18.3	21.3	24.4	27.4
3.5	35.0					
8.0	11.4	11.2	11.1	11.1	10.9	10.8
12.0	6.5	6.4	6.2	6.2	6.0	5.9
16.0				4.0	3.8	3.7
20.0				2.7	2.6	2.5
24.0						1.7
26.0						1.4

b) cargas de trabajo para grúas de pluma convencional sobre neumáticos, de 32 ton.

Radio (m)	7.6	12.2	15.2	19.8	22.9	27.4	30.5
3.0	32.0						
4.0	28.0	26.0					
6.0	19.0	18.0	18.00	17.0			
8.0		12.0	11.5	11.3	11.2	10.0	8.8
12.0			5.8	5.8	5.8	5.8	5.7
16.0				3.9	3.8	3.7	3.7
20.0					2.8	2.7	2.7
28.0							1.5

3.6.3. Rendimiento y costos

El conocimiento de los rendimientos de los equipos, es esencial para el establecimiento de la planeación y para la selección del tipo de los equipos, así como del número de los mismos.

Para una máquina dada, el rendimiento mecánico no depende evidentemente, del usuario sino del constructor, puesto que se trata de un rendimiento teórico determinado por las características constructivas de la máquina, es únicamente una cuestión de concepción y de buena realización. Es necesario escoger el sistema que pueda dar mejores rendimientos.

El rendimiento real es el que interesa al jefe de obra, pues le permite dimensionar un equipo o calcular el número de equipos a utilizar simultáneamente. Se expresa en general, en producción horaria. Según sea la utilización real, será preciso multiplicar este rendimiento por un coeficiente reductor. Este coeficiente tendrá en cuenta: la naturaleza exacta del trabajo, sus condiciones de ejecución, la organización de la producción, etc. Las correcciones pueden estar muy lejos de ser despreciables, y el rendimiento puede sufrir una reducción muy importante.

Intervienen además, otros factores en la determinación del rendimiento real; frecuentemente el rendimiento de una máquina o equipo, se indica por una capacidad dada que raramente se cumplirá en la práctica. Los horarios de trabajo tienen también su importancia. Al principio, el rendimiento alcanza pronto su máximo y se mantiene en él un cierto tiempo. Pero a medida que transcurre la jornada, el operario se fatiga y disminuye su rendimiento. Al finalizar la jornada, la disminución puede ser importante. No es, en general, económico e interesante prever turnos de trabajo demasiado largos. Si se prevé un trabajo continuo largo,

se deberán tener en cuenta periodos de descanso que permitan una cierta recuperación. En el caso de trabajos nocturnos, no se podrá evitar una disminución del rendimiento debido a la iluminación artificial, menos satisfactoria y más fatigosa que la iluminación natural; es prudente considerar un rendimiento del 80 al 90 % del diurno, en las mismas condiciones de ejecución.

Hay que tener en cuenta que ciertas máquinas trabajan en forma intermitente; se conoce como intermitencia a la relación entre el tiempo de trabajo efectivo y el tiempo total. Si una grúa ejecuta 20 movimientos de 45 segundos en una hora, su intermitencia será 0.25 o 25%.

Es importante no perder de vista lo que se conoce como rendimiento económico, ya que éste da posibilidades de escoger los distintos equipos que permiten la ejecución más barata. Para esto, se calcula el costo total de ejecución teniendo en cuenta todos los gastos y se relaciona a la unidad de servicio o de trabajo realizado.

Al estimar el costo del equipo para la erección del acero estructural, se deberá incluir el costo del transporte del equipo, el costo del combustible y de los lubricantes. Este costo va a variar, dependiendo del equipo empleado y de la distancia de la obra.

El costo de la mano de obra de erección del acero estructural, variará con el tipo de estructura, con la clase de equipo empleado, con el tamaño de los miembros, con la clase de conexiones, con las condiciones climatológicas y con los salarios de la zona. Una cuadrilla de obreros especializados, puede variar de cinco hombres para obras pequeñas, hasta nueve para grandes, solamente para la erección, excluyendo remachadores y soldadores. En la tabla 3.6.2 como ejemplo, se relaciona las horas necesarias por tonelada, y por cuadrilla dependiendo el tipo de estructura.

Tabla 3.6.2 Rendimientos de cuadrillas para estructuras de acero.

Tipo de estructura	Equipo	Tamaño de la cuadrilla	Hr. Cuadrilla por ton.
Armaduras de techo:			
Hasta 1200 lb.	Grúa	5	1.6
1200-2400 lb.	Grúa	5	1.3
2400-3600 lb.	Grúa	5	1.0
3600-4800 lb.	Grúa	6	0.8
Estructuras de acero:			
Hasta 4 pisos de altura	Grúa	7	0.5
Hasta 8 pisos de altura	Grúa estacionaria	8	0.5
8-18 pisos de altura	Grúa estacionaria	8	0.4

Al remachar el acero estructural, usualmente se emplea una cuadrilla de cinco hombres. La cuadrilla incluye un hombre calentando los remaches, otro cachándolos, dos remachando y otro más operando los compresores neumáticos; éste puede cuidar dos o tres compresores al mismo tiempo. Una cuadrilla deberá instalar de 30 a 45 remaches por hora, dependiendo si es construcción ligera o pesada, y del número de remaches por conexión. El costo de la mano de obra para el remachado de campo de una estructura de acero, puede estimarse contando el número total de remaches requerido para la obra, estimando después la velocidad de instalación y el costo por hora de la cuadrilla de operadores. Esta es una labor tediosa, pero da resultados razonablemente precisos. Otro método, consiste en determinar el número

probable de remaches por tonelada de acero estructural; esto por el número total de toneladas dará el número aproximado de remaches.

El costo de la soldadura de las estructuras de acero incluye el costo de los electrodos, electricidad, mano de obra y cargos fijos. Para lograr soldaduras económicas, se deben cuidar los siguientes puntos:

- Moverse lo más rápidamente posible, dentro de los límites de la buena apariencia de la soldadura
- Usar el mayor electrodo posible
- Usar la corriente eléctrica más elevada posible
- Usar el menor arco posible, arrastrando el fundente o recubrimiento en donde pueda practicarse
- Usar la preparación adecuada de las placas
- Mantener el espesor a un mínimo.

Se tiene que considerar que los electrodos se fabrican en tamaños que varían de 1/16 a 3/8 de pulgada de diámetro o mayor, y en longitudes de 14 a 18 pulgadas; para soldaduras comunes, se desperdiciará un trozo de 2 pulgadas de cada electrodo. El electrodo puede ser para corriente alterna o directa y también con diferente recubrimientos; es importante usar el electrodo adecuado para conseguir buenos resultados y económicos. Los costos de maquinaria se ampliarán en el punto 3.7.5.

3.7. Equipo para el concreto

La principal división que se puede hacer en el equipo que se utiliza en las edificaciones de concreto reforzado, es en cuanto a estructuras prefabricadas o coladas in situ. Cuando las estructuras son prefabricadas, el armado y el colado se hace en fábrica con el equipo adecuado, sólo dejando el montaje para la obra. Sin embargo, cuando las estructuras se fabrican en la obra, se requiere más equipo y un control mayor sobre el mismo. A continuación se describen los equipos necesarios para la fabricación de estructuras de concreto.

3.7.1. Equipo para el manejo del concreto

Los procedimientos y equipos que se aplican al manejo del concreto suelen depender, como muchos, de la magnitud de las obras. En términos generales, puede suponerse que existen tres sistemas principales para la elaboración del concreto en las obras de edificación, cuyo empleo influye en el sistema de manejo y el equipo a utilizar:

- 1) Dosificación de materiales y mezclado de concreto a pie de obra
- 2) Dosificación de los materiales en una planta central y mezclado a pie de obra
- 3) Dosificación de materiales y mezclado de concreto en una planta central

Muchas veces no existe una clara delimitación entre lo que constituye el transporte y la colocación del concreto fresco. Se puede decir que el transporte consiste en trasladar el concreto, desde la mezcladora hasta el punto más cercano posible a su ubicación final en la estructura, y la colocación es el proceso mediante el cual, ese concreto se deposita dentro de los moldes que deben darle forma. Sin embargo, el equipo que se emplea es tan variado que

en ocasiones se confunden las dos operaciones, formando una sola que se puede definir como manejo del concreto.

El fin de un correcto manejo del concreto, es situar cada una de sus porciones dentro de la estructura en las condiciones más parecidas posibles a como abandonan la mezcladora, es decir, con la mínima pérdida de su homogeneidad original. El riesgo de que durante el manejo del concreto fresco se presente segregación, depende de varios factores como son:

- Consistencia de la mezcla. Las mezclas que más se segregan son las más fluidas, cuyo exceso de agua reduce sus propiedades
- Tamaño máximo del agregado. La tendencia a la segregación aumenta conforme es mayor el tamaño del agregado
- Contenido unitario de cemento. Las mezclas ricas en cemento son más cohesivas y segregan menos que las pobres
- Procedimientos, equipo de transporte y colocación. La selección del equipo debe tomar en cuenta las características particulares de cada edificación y los aspectos económicos.

Por último, el proceso de colado termina con la consolidación o compactación del concreto. Este es el procedimiento a que debe someterse el concreto recién depositado para llenar el espacio confinado por las formas, hasta constituir una masa exenta de cavidades. Existen tres procedimientos básicos para consolidar el concreto:

- 1) Por compactación
- 2) Por gravedad.
- 3) Por vibración.

Generalmente, la compactación del concreto es una actividad que se realiza a mano y es de gran importancia, tanto para la resistencia como para la apariencia y durabilidad. El relleno y la compactación, se pueden llevar a cabo usando simples pisones o mediante la ayuda de elementos de maquinaria, tales como los vibradores; existen tres tipos principales de vibradores:

- 1) Vibrador de aguja. Consiste en una camisa de acero con una turbina giratoria en su interior que entra en vibración cuando su cabezal se pone en contacto con la camisa; deben introducirse verticalmente en la masa y penetrar 75 mm en la última capa vibrada (ver figura 3.7.1)
- 2) Vibradores de grapa. Estos funcionan con aire comprimido o electricidad
- 3) Vibradores de bandeja. Funcionan generalmente con gasolina.

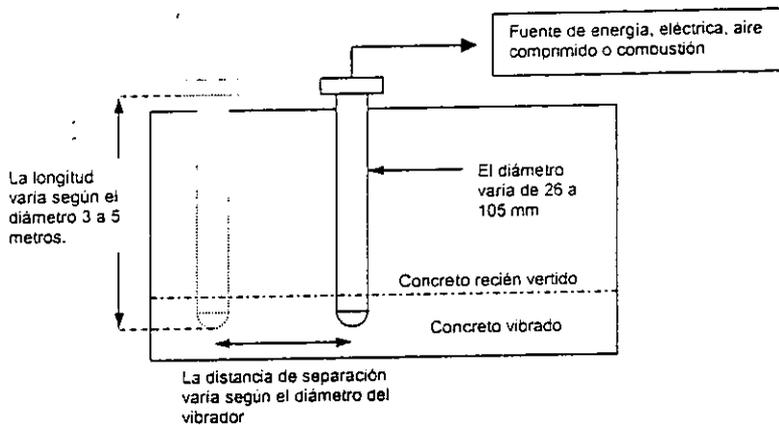


Figura 3.7.1 Vibrador de aguja

3.7.2. Equipo para el procesado y mezclado

Para la producción de concreto es muy importante el mezclado, por lo que el equipo y los métodos empleados deben ser capaces de mezclar eficazmente los componentes del concreto con el mayor tamaño de agregado especificado; se deben producir mezclas uniformes con el menor revenimiento que sea práctico para el trabajo. Existen diversos tipos de mezcladoras, por lo que al elegir un tipo, se deben tener en cuenta los siguientes factores:

- 1) Producción máxima requerida ($m^3/hora$)
- 2) Cantidad total requerida (m^3)
- 3) Tipo o método de transporte por utilizar
- 4) Altura de descarga.

Los tipos más comunes de mezcladoras son las de tambor de tiro vertical (figura 3.7.2 y 3.7.3), y el de aspas en espiral. Una mezcladora de tambor, tiene un arreglo de aspas en espiral y una forma de tambor para asegurar de extremo a extremo, el intercambio de materiales paralelo al eje de rotación, y un movimiento envolvente que voltea y esparce la revoltura sobre si misma. En la mezcladora de tiro vertical, las aspas giran sobre ejes verticales que operan en un recipiente fijo o giratorio que da vueltas en sentido opuesto; con esta mezcladora la revoltura se observa y se pueden hacer ajustes rápidos. La mezcladora de paleta en espiral, consta de un eje horizontal movido por fuerza motriz con paletas en espirales que operan dentro de un tambor horizontal.

Entre las diversas pruebas para verificar el funcionamiento de una mezcladora están las siguientes:

- Contenido de aire
- Revenimiento
- Peso unitario del mortero libre de aire

- Resistencia a la compresión
- Contenido de agua en la mezcla
- Contenido de cemento en el mortero seco
- Contenido de agredado grueso

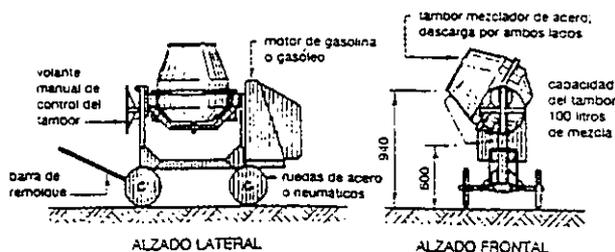


Figura 3.7.2 Mezcladora de tiro vertical y tambor basculante.

El concreto premezclado puede mezclarse en una planta central y transportarse a la obra en camiones agitadores y no agitadores, mezclarse en el tránsito o parte en la planta y parte en el tránsito a la obra. Las plantas de concreto bien equipadas, son una excelente fuente de concreto de alta calidad; se requiere de un riguroso control en la adición de agua en el traslado, o en cualquier otra etapa. Además de los ingredientes que forman la mezcla, existen otros factores que afectan el concreto premezclado como son los siguientes:

- Magnitud y velocidad del mezclado
- Distancia del transporte
- Tiempo de descarga
- Condiciones de temperatura ambiente.

El mezclado en camión, es un proceso donde los materiales previamente dosificados en una planta se transfieren a un camión donde se lleva acabo el mezclado; muchos productores dosifican los ingredientes a velocidad de carga, y realizan el mezclado una vez que llegan a la obra. Otro procedimiento es completar el mezclado en la planta y hacer el viaje con el tambor sin girar. Cuando el tambor se está descargando debe girarse a la velocidad que especifica el fabricante.

En el concreto dosificado en seco, se transportan al sitio de la obra por separado, materiales secos del agua; esta última se agrega a presión a velocidad de mezclado, y se dan 70 a 100 revoluciones usuales para completar el mezclado del camión. Este método es una solución para viajes largos o demoras en colocación.

Ejemplos tipo:

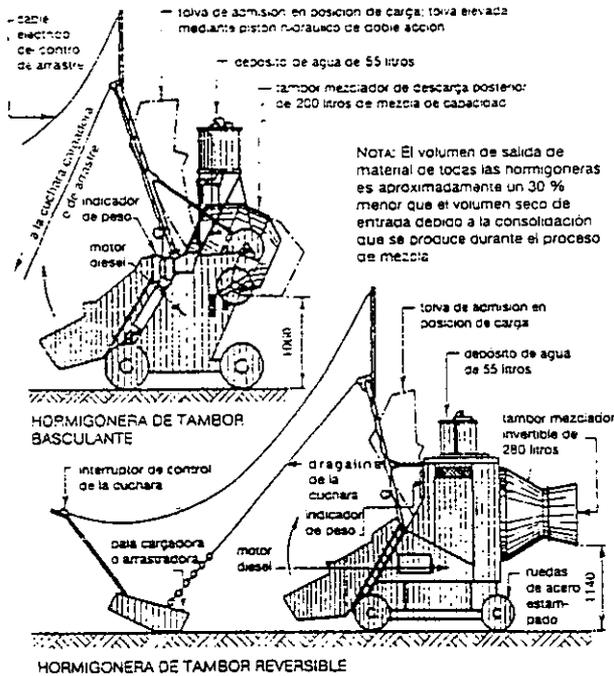


Figura 3.7.3 Mezcladora de tambor reversible.

3.7.3. Equipo para transporte

El concreto puede ser transportado por métodos y equipos diversos, tales como carretillas o vagonetas, botes para concreto, mezcladoras de camión, cajas de camión fijas con o sin agitadores, cucharones transportados por camión o carro de ferrocarril, por conductos o mangueras, o por bandas transportadoras. Cada tipo de transportación posee ventajas y desventajas específicas que dependen de las condiciones del uso, los ingredientes de la mezcla, la accesibilidad y ubicación del sitio de colocación, la capacidad y tiempo de entrega requeridos, y las condiciones ambientales.

Cuando se requiere transportar concreto en volúmenes reducidos y distancias cortas, puede resultar conveniente el empleo de carretillas; éstas deben estar provistas de llantas neumáticas para reducir las vibraciones y golpes, se debe establecer una circulación continua, y acondicionar la superficie de rodamiento y el punto de descarga. También se pueden utilizar carretillas motorizadas, que se componen de un chasis automotriz sobre tres ruedas y una caja basculante en la parte delantera, con capacidad de alrededor de 300 litros, es decir, del orden de diez veces más que la carretilla de mano. El operador va caminando detrás de ella y la dirige con una palanca que controla la única rueda motriz; la velocidad de desplazamiento es del orden de 4 km/h.

Los botes para concreto (figura 3.7.4), son recipientes metálicos de forma tronco-cónica, diseñados para conducir y descargar concreto. El transporte se lleva a cabo suspendido con un cable que se puede accionar por grúas, plumas dragas, cable vías, etc. El bote se carga por la parte superior y descarga a través de una compuerta inferior, lo que permite el manejo de mezclas de consistencia relativamente seca. Además, por viajar por suspensión, puede realizarse un transporte con suavidad; éstos casi no se utilizan en edificaciones.

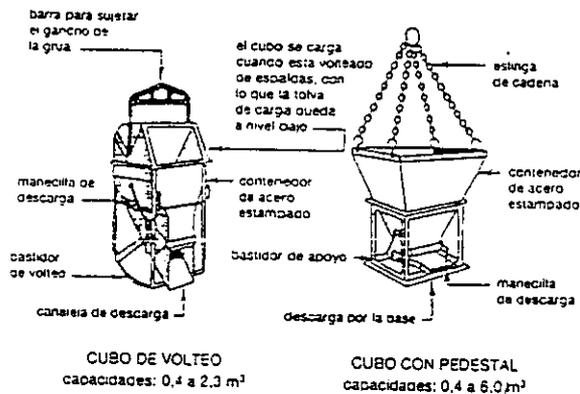


Figura 3.7.4 Botes para concreto

Los camiones con tambor giratorio (figuras 3.7.5 y 3.7.6), pueden emplearse para la carga, mezclado, agitación y descarga del concreto. Algunas especificaciones limitan las revoluciones para cada paso; otras fijan límites en el número de revoluciones para velocidades de mezclado, o se especifica un tiempo máximo. Otro método de especificación es no limitar las revoluciones o el tiempo, siempre y cuando no se exceda el agua de mezclado especificado; este método es muy utilizado cuando se tienen tiempos máximos de entrega o cuando no hace calor.

Los camiones con caja fija constan de una caja fija abierta, montada sobre un camión; el tiempo de entrega no debe exceder de 30 a 45 minutos, y la caja metálica debe tener superficies de contacto lisas y estar diseñada para descargar el concreto desde atrás. Los recipientes de concreto, montados en camiones o carros de ferrocarril, son transportes de concreto masivo a puntos cercanos de la planta; la descarga del concreto debe ser cuidadosa para impedir la segregación.

Las transportadoras de banda se ha establecido bien en construcciones de concreto; se pueden clasificar en tres tipos:

- 1) Transportadoras portátiles o autosuficientes
- 2) Transportadores alimentadores o en serie
- 3) Transportadoras de descarga lateral.

El tipo de transportador en serie, funciona a velocidades altas de más de 150 m/min. Los tipos portátiles y de descarga lateral, operan a velocidades menores. Todos dependen de una

adecuada combinación entre el ancho de la banda y la velocidad para lograr la velocidad de colocación deseada.

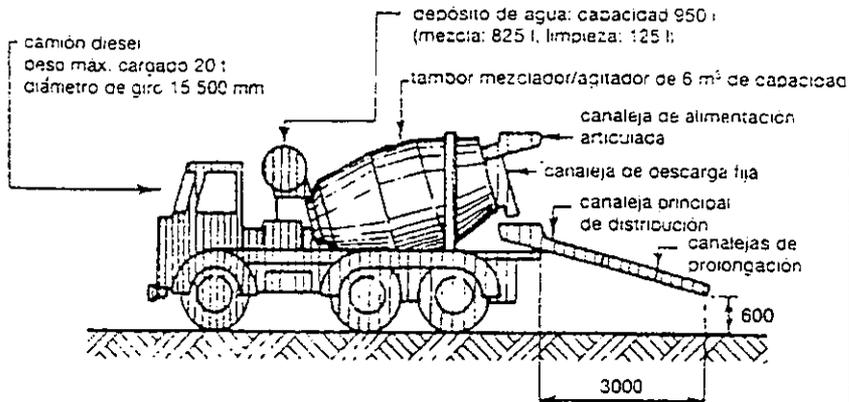


Figura 3.7.5. Camión con tambor giratorio.

Las canaletas se emplean con frecuencia para trasladar concreto, de elevaciones superiores a inferiores; deben ser de fondo curvo y construidas o forradas de metal, tener suficiente capacidad para evitar derrames, la inclinación debe ser constante y suficiente para permitir que el concreto y el revenimiento requerido fluyan sin segregarse.

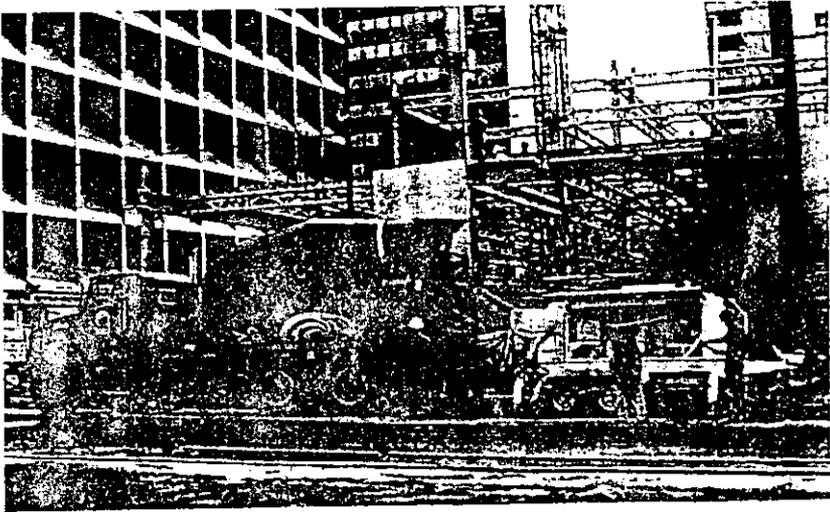


Figura 3.7.6 Camión con tambor giratorio, descargando directo a bomba de concreto

Los tubos de caída que se emplean para trasladar verticalmente el concreto son circulares, y deben tener un diámetro de por lo menos ocho veces el tamaño máximo de agregado. Un método satisfactorio para disipar la energía de caída libre, es hacer un colchón amortiguador de concreto en el extremo inferior del tubo. Se ha logrado verter concreto con buenos resultados hasta 1500 m.

El método de transporte que se utilice, debe entregar eficazmente el concreto sin alterar significativamente las propiedades como, relación agua cemento, revenimiento, contenido de aire y homogeneidad. Cada método de transporte tiene ventajas y desventajas que deben revisarse cuidadosamente para lograr el método de transporte apropiado (económico y de calidad).

3.7.4. Equipo de bombeo

La definición de concreto bombeado es: concreto transportado mediante presión a través de tubos rígidos o mangueras flexibles, y descargado en el área deseada. El bombeo se puede ocupar en casi todas las construcciones, pero es especialmente útil donde el espacio es limitado como es el caso de algunas edificaciones. Dependiendo del equipo, el volumen de bombeo puede fluctuar entre 8 y 70 m³ por hora; la distancia varía de 91 a 305 m horizontales y de 30 a 91 m verticales. En las figuras 3.7.7 y 3.7.8 se muestra un diagrama y una fotografía de un carro bomba.

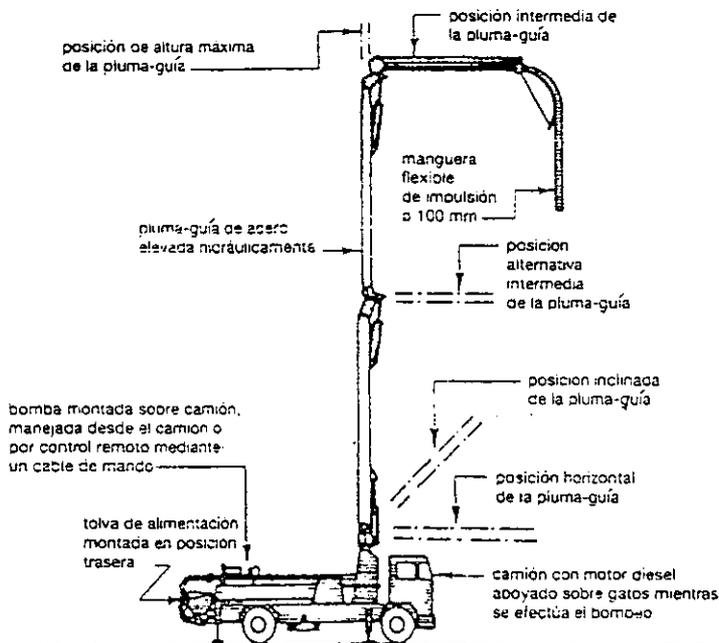


Figura 3.7.7 Carro bomba

Las bombas de pistón se componen de una tolva equipada con paletas mezcladoras para recibir el concreto mezclado, una válvula de entrada, una válvula de salida, un pistón y un cilindro.

Las bombas neumáticas consisten básicamente, en una tolva a presión y equipo para suministrar aire comprimido. Al concreto dentro de la tolva se le aplica aire comprimido por la parte superior y éste empuja el concreto por un tubo conectado al fondo.

Las bombas de presión "squeeze", se componen de una tolva receptora con paletas mezcladoras, mangueras flexibles y rodillos que operan dentro de un tambor metálico, al alto vacío.

Los tubos rígidos para bombeo de concreto se hacen de acero, aluminio o plástico y su tamaño varía de 8 a 20 cm de diámetro. Los acoplamientos entre los tubos deben soportar el manejo del sistema durante su erección, y los inconvenientes a causa de desviaciones. Deben tener resistencia por lo menos de 35 kg/cm², y van aumentando de acuerdo con la altura. Existen diferentes accesorios dentro de ellos los siguientes:

- Secciones curvas
- Uniones y espaciadores giratorios
- Válvulas de clavija y compuerta para impedir el retroflujó
- Válvulas interruptoras para dirigir la corriente
- Sistemas de conexión para llenar cimbras
- Tablillas, rodillos y otros dispositivos para proteger la tubería
- Reducciones para conectar diferente diámetros
- Respiradores de aire
- Equipo para limpieza
- Grúas especializadas.



Figura 3.7.8 Colocación de carro bomba

La bomba debe instalarse lo más cerca posible del área de colocación, y el área de entrega no debe impedir el suministro continuo del concreto. Las líneas deben de tener el mínimo de curvas y estar sostenidas firmemente. Para vaciados importantes se debe tener un equipo de reemplazo para el suministro de energía y de bombeo, en caso de falla. Cuando se bombea hacia abajo debe tenerse una válvula de alivio y cuando se bombea hacia arriba, se debe tener una válvula para impedir el retroceso del concreto durante el ajuste del equipo.

3.7.5. Costos de operación

Para entrar en el tema de costos de operación de equipos, es necesario definir algunos conceptos:

- Valor de adquisición: es el precio promedio actual en el mercado. El valor de las llantas y otros accesorios de desgaste rápido, deben descontarse del valor de adquisición original.
- Valor de rescate: es el valor comercial que tiene el equipo al final de su vida económica. Varía entre el 5% y el 20% del valor de adquisición.
- Vida económica: es el tiempo durante el cual se mantiene el equipo operando y produciendo, con un mantenimiento de acuerdo con lo previsto por el fabricante.

Maquinaria	SHCP (años)	SARH (horas)	Peurifoy (horas)	SCT (horas)
Camiones de 5 ton	5	7040	10000	8000
Compresores portátiles	5	5632		6400
Compactadores	5			10000

Se acostumbra estructurar todos los análisis de costo sobre la base del costo de operación por hora de las máquinas, ya que los rendimientos se expresan de la misma manera. El costo horario por equipo, es el que se deriva del uso correcto de las máquinas adecuadas y necesarias para la ejecución de los conceptos de trabajo, conforme a lo estipulado en las especificaciones y en el contrato, y se integra mediante los siguientes cargos:

- Cargos fijos
- Cargos de consumo
- Cargos por operación

Los cargos fijos son los que se derivan de lo correspondiente a:

- Cargo por depreciación: es el que resulta por la disminución, en el valor original de la maquinaria, como consecuencia de su uso durante el tiempo de su vida económica. Existen varios métodos para valorar este concepto, los más importantes son: método de depreciación lineal, método de cargos decrecientes y método de la suma de los dígitos
- Cargos por inversión: es el cargo equivalente a los intereses correspondientes al capital invertido en maquinaria, ya sean fondos bancarios o del propio empresario
- Cargos por seguros: es el necesario para cubrir los riesgos a que está sujeta la maquinaria de construcción durante su vida y por los accidentes que sufra. Este cargo existe, tanto en el caso que se asegure con una compañía de seguros, como en el caso de que la empresa constructora decida hacerles frente con sus propios recursos
- Cargos por mantenimiento: son los originados por todas las erogaciones necesarias para conservar la maquinaria en buenas condiciones, a efecto de que trabaje con rendimiento normal durante su vida económica.

Los cargos por consumo se pueden dividir en:

- Combustibles: el consumo de combustible de una máquina de combustión interna, es proporcional a la potencia desarrollada por la misma. Se puede ver afectada por la altura con respecto al nivel del mar, la variación de temperatura y las diversas condiciones climáticas
- Otras fuentes de energía: principalmente son las erogaciones originadas por los consumos eléctricos. El consumo depende fundamentalmente, de la eficiencia para convertir la energía eléctrica en energía mecánica
- Lubricantes, filtros, grasas
- Llantas: la vida económica de las llantas varía en función de las condiciones de uso a que sean sometidas, del cuidado y mantenimiento que se les imparta, de las cargas a que operen y de las superficies de rodamiento de los caminos en que trabajen
- Tren de rodaje: este es muy independiente al desgaste de la máquina; por esto, se recomienda que se considere como una parte de desgaste rápido
- Elementos especiales de desgaste.

Los gastos por operación son los que se derivan de las erogaciones que se hacen por concepto del pago de salarios al personal encargado de la operación de la máquina, por hora efectiva de la misma. Debe tenerse en cuenta que especialmente, en obras que presentan condiciones muy adversas, las pérdidas de tiempo o interrupciones en las actividades de la maquinaria, se incrementan en forma notable, ya sea por condiciones topográficas, por fenómenos meteorológicos adversos, o por que la maquinaria de que se disponga no sea la más adecuada. Así que solamente se trabaja efectivamente, un porcentaje de la misma.

Condiciones de la obra	Coeficientes de administración o gestión			
	Excelentes	Buenas	Regulares	Malas
Excelentes	0.84	0.81	0.76	0.70
Buenas	0.78	0.75	0.71	0.65
Regulares	0.72	0.69	0.65	0.60
Malas	0.63	0.61	0.57	0.52

Tabla 3.7.1 Factores de rendimiento de trabajo, en función de las condiciones de obra y de la calidad de administración.

Con excepción de cierto equipo de pequeña cantidad, que generalmente es de compra, la mayoría de las máquinas puede alquilarse o comprarse, la elección estará condicionada por factores económicos y por la posibilidad de utilizar el equipo en futuras obras. Al comprar un equipo puede utilizarse cualquiera de los siguientes planes:

- Al contado
- A plazos

El equipo que se alquila puede ser bajo uno de los siguientes planes:

- 1) El arrendatario pagará un precio especificado por mes, semana, día u hora, por el uso de cada unidad
 - a) El arrendatario pagará el operador, el combustible, el lubricante y las reparaciones,
 - b) El arrendador pagará el operador, el combustible, el lubricante y las reparaciones
 - c) Alguna otra combinación de a) y b)

- 2) El arrendatario pagará cierto precio por cada unidad de trabajo llevada a cabo por la máquina
- 3) El arrendatario pagará una tarifa de alquiler por el uso del equipo, con opción de compra en fecha posterior, con la condición que parte o todo el dinero pagado por concepto de alquiler, será abonado al precio.

Las ventajas del alquiler de maquinaria son:

- La maquinaria puede alquilarse por periodos breves
- La responsabilidad sobre reparaciones y sustituciones correspondientes, por lo general son de la empresa arrendadora
- Una vez usada, la máquina es restituida a la empresa arrendadora, liberando al contratista del problema que supone buscar un nuevo lugar
- La máquina puede ser alquilada incluyendo en el precio al maquinista, el combustible y el aceite
- La renta es totalmente deducible de impuestos sin tener que amortizar
- Los seguros y demás gastos indirectos son responsabilidad del arrendador.

Ventajas de la compra de maquinaria:

- La disponibilidad del equipo queda totalmente en manos del constructor
- El costo por hora de la maquinaria, generalmente es más barato que el de maquinaria alquilada
- El propietario puede elegir el método de costearla.

4. DESARROLLO Y CONSTRUCCION DEL PROYECTO

4.1. Organización de obra

Como todo proyecto, la construcción de un edificio ya sea con estructura metálica o de concreto, debe recorrer el ciclo administrativo de planeación, organización, integración, ejecución, control y evaluación de los resultados.

La planeación de la obra se ha discutido en otros apartados, por lo que en esta sección sólo se comentará sobre la organización óptima para una obra de acero o concreto.

La meta general es la construcción de un edificio observando un cuadro de especificaciones, ateniéndose a un programa de ejecución, siguiendo una secuencia de actividades definidas en procedimientos constructivos, y controlando los costos en todas las etapas.

Esta meta general se compone de metas parciales que deben ser ejecutadas por grupos de trabajo diferentes, algunos de alta especialización, como podría ser la construcción del edificio Alcoa en San Francisco, Cal. USA. (figura 4.1.1).

De esta manera, en las etapas de planeación se ha definido la lista de oficios que deberán intervenir en la obra, tales como albañiles, plomeros, electricistas en baja y alta tensión, especialistas en telefonía, en redes de cómputo, en aire acondicionado, elevadores, iluminación, acabados arquitectónicos, cristalería, cancelería, sistemas de seguridad, detección de humos, extinción de incendios y otras especialidades. Destaca la especial atención que debe ponerse en la selección y contratación del personal que construirá la cimentación y la estructura del edificio, ya que debido a la importancia que revisten estos elementos del edificio, el personal debe estar debidamente capacitado y ser experimentado en las actividades pertinentes.

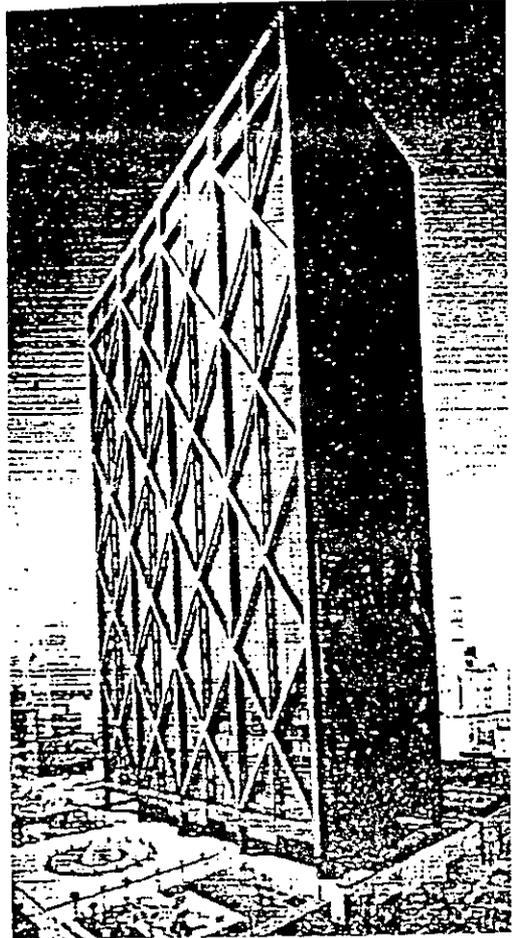


Figura 4.1.1 Edificio Alcoa, San Francisco, Cal. USA.

La realización de un número importante de actividades exige, del Coordinador General del Proyecto, una gran claridad sobre la secuencia de ejecución de las obras, lo cual ha sido definido en la etapa de planeación mediante las redes de actividades, utilizando técnicas tales como CPM y PERT.

Con estas herramientas se define la logística general del proyecto, y pueden identificarse las actividades que requieren especial atención.

Con este panorama general, la asignación de tareas deberá recaer en gente experimentada con facilidad para el trabajo de equipo y para establecer lazos de coordinación con los responsables de las actividades previas y las siguientes. Este grupo de colaboradores deberá estar estructurado en un organigrama que precise sus áreas exclusivas de responsabilidad, su dependencia jerárquica, el grupo de colaboradores subalternos y en forma esquemática, las líneas de autoridad funcional.

Cada uno de los colaboradores directos, deberá conocer sus funciones y tareas particulares, sus linderos de autoridad, las políticas de aplicación general y específica, y deberá recibir la capacitación necesaria sobre los sistemas y procedimientos administrativos que deberá operar durante la obra. Deberá conocer así mismo, los criterios con los que se evaluará su desempeño.

Con el cuadro de especificaciones de las metas que habrán de alcanzarse la Coordinación del Proyecto deberá reclutar, seleccionar y capacitar al grupo de colaboradores directos; de igual manera, realizar la investigación de mercado, o los concursos por invitación o abiertos que integren al grupo de subcontratistas que ejecutarán los trabajos especializados. Por último, deberá integrarse la cartera de proveedores que se seleccionarán mediante cuadro de cotizaciones y una evaluación de sus antecedentes en otros trabajos similares, y tomando en cuenta sus condiciones para el establecimiento de los contratos de suministros.

4.1.1. Organigrama de obra para estructuras de concreto y de acero

Un organigrama, es un esquema gráfico que determina las relaciones jerárquicas entre todos los elementos que intervienen en la ejecución de una obra o proyecto.

Los organigramas pueden tener pocos niveles de jerarquía y así, las decisiones son muy cercanas desde los altos niveles, hasta los niveles operativos. También los organigramas pueden tener muchos niveles; de esta manera se alcanza una gran especialización en la toma de decisiones, y los altos mandos sólo se enteran de estas acciones mediante reportes ejecutivos.

El número de niveles depende en gran medida, de la complicación y la especialización requerida en las obras y depende así mismo, del estilo de liderazgo del Coordinador del Proyecto.

En forma general, es recomendable un organigrama que tenga sólo los niveles indispensables para que la obra se ejecute con los debidos controles en tiempo, costos, especificaciones, y que el costo de la administración de la obra quede dentro de los rangos del presupuesto definidos en la etapa de planeación.

Como ejemplos de organigramas de pocos niveles, en las figuras 4.1.2 y 4.1.3, se presentan los esquemas propios de obras de poca cuantía en costos, y poco complicadas en cuanto a especificaciones.

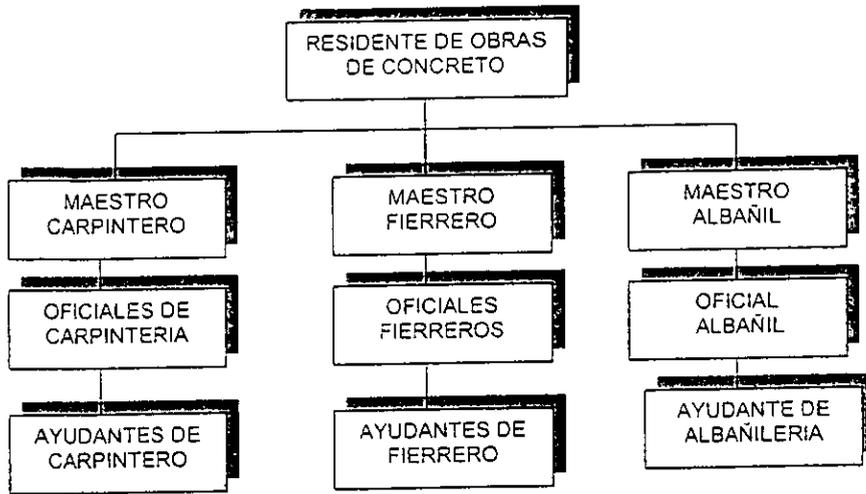


Figura 4.1.2 Organigrama para obra de CONCRETO

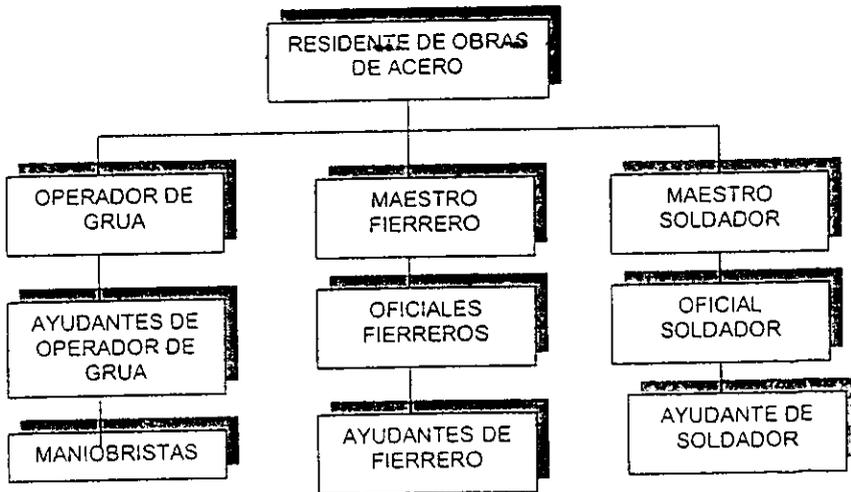


Figura 4.1.3 Organigrama para obra de ACERO

Otro tipo de obra de mayor complicación que demanda grandes áreas de especialización, requerirá de una organización de varios niveles jerárquicos, como la mostrada en la figura 4.1.4.

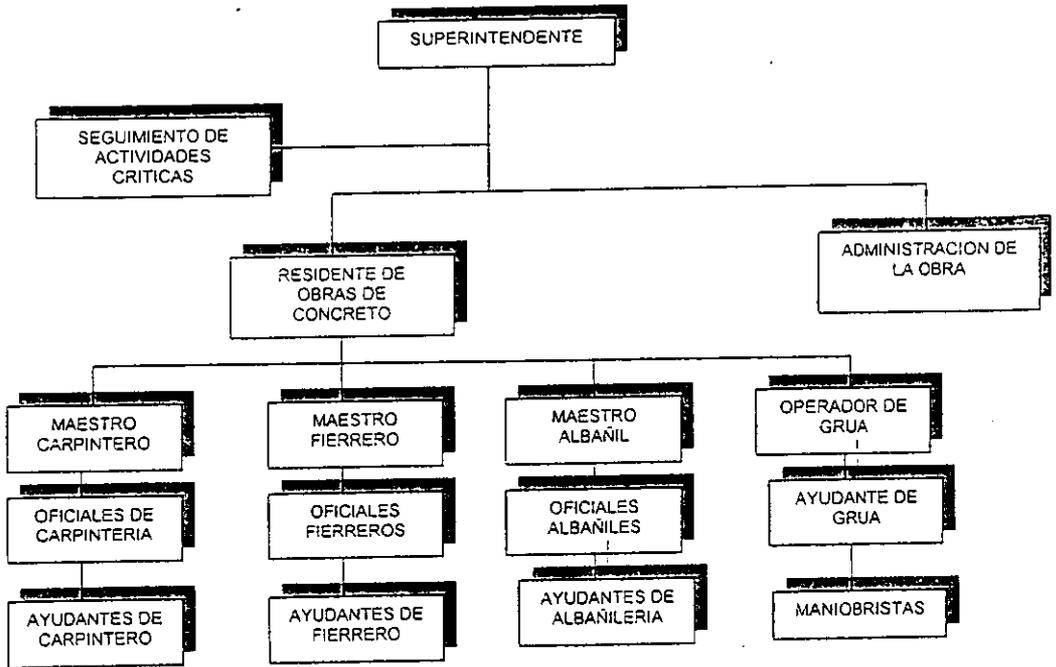


Figura 4.1.4 Organigrama para obras de CONCRETO

Para una organización como la descrita anteriormente, se requerirán, tantos residentes de obra civil como frentes de obra se diseñen en el programa general de avance, y se tendrán, tantos residentes de instalaciones como especialidades existan en la obra proyectada.

De manera similar, las actividades de administración demandan cierta especialización para el debido control de las importantes cargas de trabajo que generan los diferentes frentes de obra civil y de instalaciones, tales como la revisión y pago de estimaciones de obra por trabajos ejecutados, tanto por destajistas, personal de obra controlado por los residentes y por subcontratistas. Además, se requiere de una especial atención para el oportuno suministro de los insumos requeridos, para el control de la higiene industrial, y para garantizar la seguridad de las instalaciones de la obra.

4.1.2. Manual de organización

Habiendo definido la estructura de organización que se requiere para la adecuada realización del proyecto, se tendrá que documentar a buen nivel de detalle la descripción de los puestos que entre otros conceptos, deben definir los siguientes:

- Nombre del puesto
- Descripción del puesto
- Objetivos del puesto
- Dependencia jerárquica
- Dependencia funcional
- Subalternos
- Funciones genéricas
- Funciones específicas
- Lindes de autoridad.

Por otro lado, y formando parte del Manual de Organización, se deberán contemplar los sistemas y procedimientos para la realización de las actividades rutinarias, lo cual eliminará la aplicación de criterios personales para el manejo de circunstancias específicas.

Los sistemas están compuestos por un conjunto de procedimientos, que definen quienes intervienen en cada caso particular, cuándo y de qué manera, siguiendo una secuencia de acciones y teniendo como marco, un cuadro de políticas de aplicación general o en lo particular.

Los sistemas como se ha mencionado integran procedimientos más detallados para la realización de una actividad y, tanto los sistemas como los procedimientos, deben contar con los siguientes elementos:

- Nombre del sistema o procedimiento
- Objetivos generales
- Objetivos particulares
- Políticas de aplicación
- Flujograma
- Descripción del procedimiento
- Formatos de control administrativo
- Instructivo de llenado de los formatos

Como ejemplos de sistemas para el control de las obras se pueden mencionar:

- Sistema general para el control de avances
- Sistema general para el control de insumos

- Sistema general de pagos
- Sistema general para el control de la calidad
- Sistema general para el control de costos.

Como ejemplos de procedimientos para la ejecución de obras se pueden mencionar:

Formando parte del sistema general de control de avances

- Procedimiento para el control de actividades críticas
- Procedimiento para el control de avance por frente, en porcentaje
- Procedimiento para el control de avance por frente, en valor de obra ejecutada
- Procedimiento para la presentación de reportes ejecutivos
- Procedimiento para el manejo de imprevistos

Formando parte del sistema general de control de insumos

- Procedimiento para la administración del almacén de obra
- Procedimiento para el fincamiento de requisiciones
- Procedimiento para el fincamiento de pedidos
- Procedimiento para el control de suministros
- Procedimiento para el control de volúmenes por insumo

Formando parte del sistema general de pagos

- Procedimiento para el pago de suministros
- Procedimiento para el pago de servicios profesionales
- Procedimiento para el pago de obra ejecutada al destajo
- Procedimiento para la integración de nóminas para el personal obrero
- Procedimiento para el pago a subcontratistas por obra ejecutada

Formando parte del sistema general para el control de la calidad

- Procedimiento para la aplicación de pruebas de calidad en materiales
- Procedimiento para la calidad en procesos constructivos
- Procedimiento para la certificación de la mano de obra
- Procedimiento para la aceptación o rechazo de defectos

Formando parte del sistema de control de costos

- Procedimiento para el control de costos por frente
- Procedimiento para el registro de desviaciones en cotizaciones
- Procedimiento para determinar el impacto en costos por retrasos

En la figura 4.1.5, se presenta un modelo de procedimiento para la integración de estimaciones de obra ejecutada por subcontratistas.

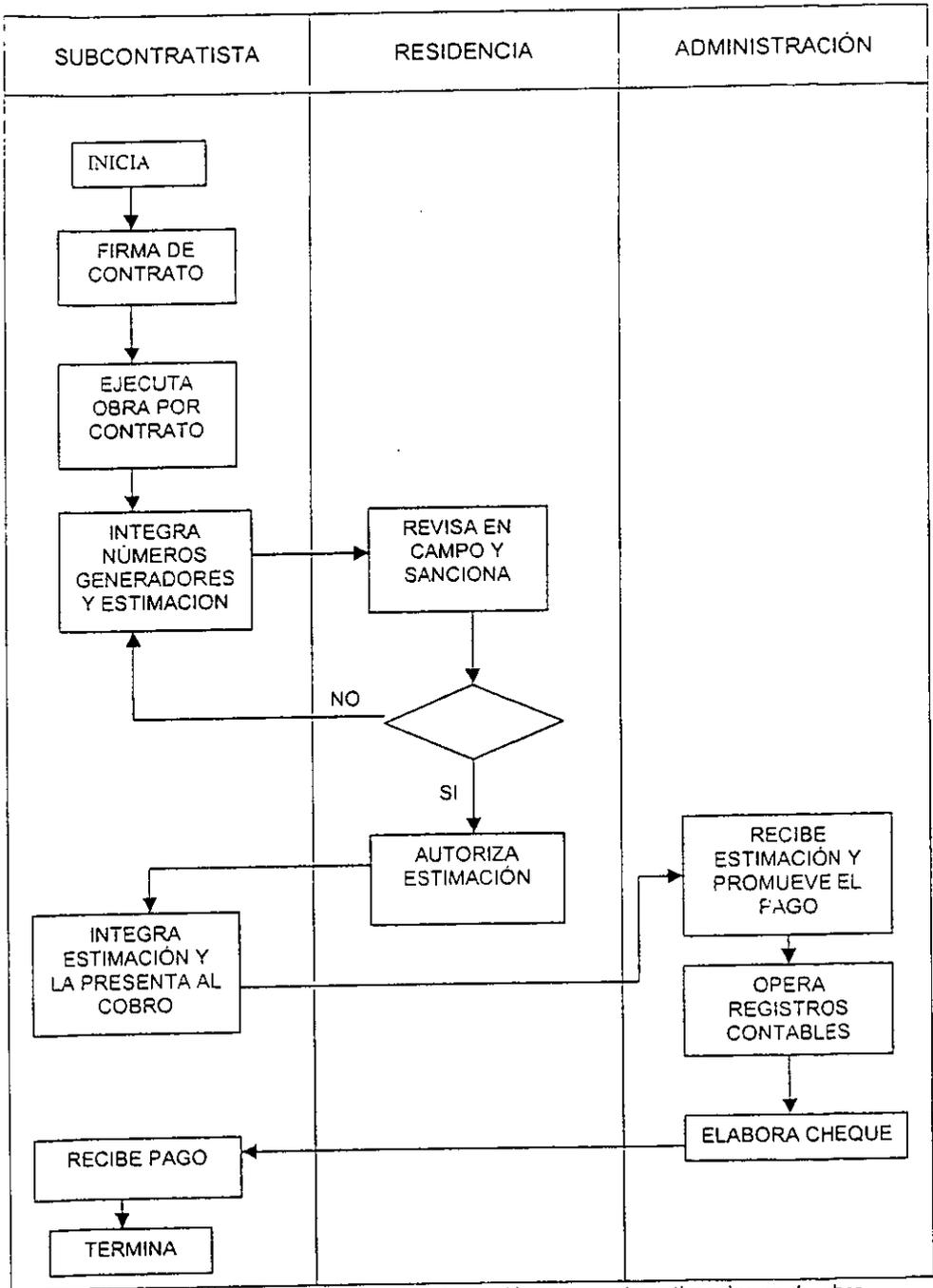


Figura 4.1.5 Procedimiento para la integración y pago de estimaciones de obra.

4.1.3. Integración del equipo interno

Existen dos grupos de colaboradores que participan activamente en la realización de todo proyecto de obra:

- El grupo de colaboradores internos
- El grupo de colaboradores externos

La determinación oportuna del grupo de colaboradores externos, es fundamental para la realización continua y sin tropiezos de las obras.

Los colaboradores externos pueden ser entre otros, los siguientes:

- Consultores en topografía
- Consultor en mecánica de suelos
- Consultor en diseño arquitectónico
- Consultor en estructuras
- Consultor en instalaciones eléctricas en alta y baja tensiones
- Consultor en instalaciones hidráulicas y sanitarias
- Consultor en impacto ambiental
- Consultor en instalaciones especiales
- Proveedores de insumos de albañilería
- Proveedores de materiales eléctricos
- Proveedores de materiales hidráulicos y sanitarios
- Proveedores de materiales para estructuras
- Proveedores de materiales en instalaciones especiales
- Destajistas para trabajos específicos
- Subcontratistas para suministro y colocación de instalaciones
- Subcontratistas para suministro y colocación de estructuras
- Subcontratistas para suministro y colocación de instalaciones especiales

La selección de colaboradores externos puede realizarse mediante cuadro de cotizaciones, por concurso o por asignación directa de subcontratos, de acuerdo con la experiencia registrada en la realización de otros proyectos.

Una estructura de organización bien diseñada e integrada de manera oportuna, constituye una herramienta fundamental para que todos los que intervienen en la realización de un proyecto hablen un mismo idioma, establezcan lazos de coordinación por conductos definidos, y con los controles necesarios que eviten confusiones y errores que en la mayoría de los casos, son muy costosos.

4.2. Instalación de la residencia

La residencia de obra, es el elemento de enlace entre la empresa constructora y la realización de la obra. Es el grupo de trabajo que realiza directamente la construcción, coordina los elementos que intervienen en el proceso, sigue la secuencia de los trabajos definidos en la etapa de planeación, se atiene al cuadro de especificaciones y a los procedimientos constructivos definidos en las etapas de ingeniería del proyecto, vigila los techos de volúmenes de obra y financieros definidos en las etapas de presupuestación. Además, vigila el cumplimiento de las normas oficiales e internas en cuanto a higiene y seguridad industriales, y el cumplimiento de las normas oficiales para el pago de obligaciones fiscales por concepto de prestaciones laborales de ley. Vigila la adecuada operación y mantenimiento de los equipos requeridos por los diferentes trabajos. Vigila el oportuno suministro de los insumos y su adecuada aplicación, de acuerdo con rendimientos teóricos analizados en otras etapas del proyecto, y enfrenta y propone solución a los problemas de carácter técnico que se presentan, por cualquier eventualidad, durante la construcción de proyectos como la construcción del edificio First Indiana Plaza, USA construido en acero (Figura 4.2.1).

Para la realización de un número importante de tareas, debe contar con la asignación oportuna de la documentación del proyecto, la dotación oportuna de los recursos para la realización de las obras previas para seguridad y confinamiento, para la construcción de las obras provisionales, para la dotación de los servicios requeridos durante la obra, y para la instalación de señales que ubiquen las áreas de acceso restringido o peligroso, para que las personas que intervienen en los trabajos, tanto obreros como proveedores, supervisores o asesores externos, transiten de manera segura e informada, por las diferentes instalaciones en proceso de construcción.



Figura 4.2.1 Edificio First Indiana Plaza, construido en acero.

Como parte medular de las nuevas tendencias hacia la calidad total de los trabajos, el proyecto y la construcción del laboratorio de control de calidad en obra, y de las instalaciones especiales requeridas, reviste especial relevancia.

Para la realización de obras de concreto o de estructura metálica, debe ponerse especial énfasis en la asignación de espacios para el habilitado de cimbra y los armados del acero de refuerzo, así como los patios para su almacenaje, mantenimiento y guarda. Para las estructuras de acero, así mismo se deben prevenir los espacios necesarios para la recepción y guarda temporal de los elementos para su posterior izado, colocación y ensamble. Este es un caso similar a las estructuras de concreto prefabricadas, que deben llevarse a la obra los diferentes elementos en *trailers*, y estibarlos temporalmente para después izarlos y colocarlos en su lugar definitivo.

En ambos casos, deben preverse los espacios para la colocación y la maniobra de las grúas requeridas para el montaje de las diferentes piezas.

4.2.1. Obras de seguridad y confinamiento para obras de acero o de concreto

El propósito fundamental de las obras de confinamiento, es brindar seguridad a los obreros y personal técnico que opera en las obras; además, se persigue brindar seguridad a las personas que transitan cerca o en los linderos de los terrenos en donde se ejecutan los trabajos (figura 4.2.2). Como beneficio adicional, se pretende tener control del acceso a sólo las personas autorizadas que tienen un objetivo específico en las zonas de obra, disminuyendo con esto las incidencias de daños por vandalismo o robos.

Las obras de confinamiento se realizan regularmente, con materiales baratos y recuperables cuando sea oportuno su retiro, como pueden ser malla ciclónica, malla electrosoldada añanzada a puntales de madera, bardas a base de tableros de cimbraplay de último uso, o bardas a base de láminas de metal ensamblables, como la mostrada en la figura 4.2.3

En obras urbanas, en ocasiones se requiere de la instalación de estructuras provisionales que garanticen la seguridad de los transeúntes que circulan cerca de las obras. Para esto, se construyen con madera o se ensamblan estructuras a base de andamios para generar un espacio seguro, limpio y techado para evitar daños por la caída de materiales o herramientas (figura 4.2.2).

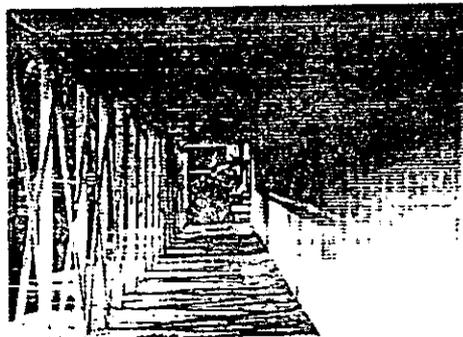


Figura 4.2.2 Obras provisionales de protección para peatones.



Figura 4.2.3 Barda de confinamiento provisional en obras urbanas, en México D.F.

4.2.2. Obras provisionales para obras de acero y de concreto

Las obras provisionales, constituyen un grupo de trabajos de construcción fundamentales para que el personal de la residencia, el personal obrero y los subcontratistas funcionen bajo el control de la residencia, y en orden.

Dependiendo de la magnitud y la complicación de los trabajos, las obras provisionales pueden ser desde una caseta de dimensiones mínimas, hasta instalaciones completas que requieren la intervención de especialistas, y se definen en las etapas de planeación del proyecto.

Para realizar estos trabajos dentro de especificaciones y costos, se requiere de un programa arquitectónico que establezca relaciones entre áreas, proyecto de distribución en planta, alzado y cortes. Posteriormente, se define un cuadro de especificaciones y procesos constructivos para su montaje y posterior desensamble para su retiro, cuando así sea oportuno.

Con base en el proyecto, se integra el presupuesto de construcción y el residente debe contar con la dotación oportuna y suficiente de los recursos en numerario o en especie, para el montaje de la residencia dentro de los plazos definidos en la etapa de planeación.

Para la definición de los espacios para la residencia de obras de acero o de concreto, deben considerarse los siguientes servicios:

Espacios cubiertos:

- Oficinas de la residencia
- Almacén de materiales
- Laboratorio de control de calidad
- Casetas de control de accesos
- Casetas de vigilancia
- Dormitorios
- Baños y regaderas
- Comedores y cocina
- Enfermería

Espacios al descubierto adaptados:

- Patios de maniobras
- Patios de habilitado
- Estacionamientos

La adecuada construcción de la residencia y de sus instalaciones, favorece en la productividad del personal de campo, y permite el control en los procesos y en los costos de producción (figura 4.2.4).



Figura 4.2.4 Residencia y bodega de obra en espacio disponible dentro del sitio de obras, en obra de estructura de acero en la ciudad de México, D.F.

4.2.3. Suministro de servicios provisionales

Contando con instalaciones físicas necesarias, la dotación de servicios provisionales permite la adecuada operación del personal de la residencia (figura 4.2.5).

En la etapa de planeación, debe definirse la relación y cuantía de los servicios mínimos, tales como demanda de agua potable, drenaje y de energía eléctrica para la residencia y para los procesos.

Para el apoyo de actividades administrativas y de coordinación de campo, resulta indispensable la dotación de servicios de telefonía y de radio comunicación, además de la dotación de mobiliario, equipo de oficina y de cómputo.

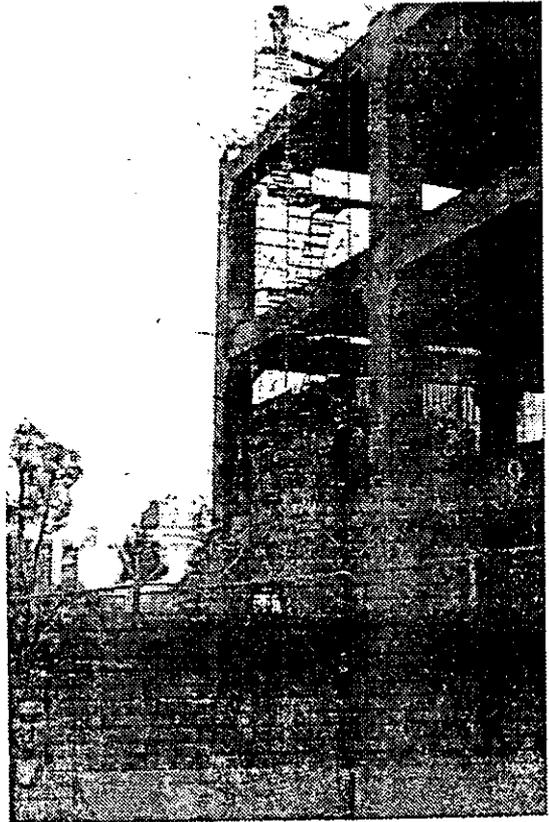


Figura 4.2.5 Escalera provisional adosada a edificio en proceso de obra, anexo al WTC en la Cd. de México, D.F.

Dependiendo del tipo de obra, ya sea de acero o de concreto, puede considerarse la dotación e instalación de equipos auxiliares para la realización de los trabajos, tales como plantas de energía, grúas, y la dotación de obras para acopio de agua de lluvia y su desalojo, tales como cárcamos y equipos de bombeo.

Es responsabilidad del residente la oportuna gestión ante las autoridades municipales, para la instalación de tomas provisionales en forma oportuna para el inicio de los trabajos, y la gestión ante las autoridades administrativas de la empresa, para la dotación de los recursos

financieros necesarios para el pago de cuotas y de costos de instalación de los servicios requeridos.

4.2.4. Gestoría de autorizaciones

Se podría comentar como marco normativo de las construcciones al Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal lo siguiente:

"... La ciudad como hábitat urbano del hombre, es un ente dinámico que se va adecuando a sus necesidades mediante la incorporación de servicios y nuevos edificios o la modificación de su traza vial, con la consecuente transformación de su fisonomía

La regulación de estos procesos, así como la seguridad de las estructuras existentes o por construir, requiere de un marco legal que oriente el desarrollo de la ciudad y garantice la estabilidad, operación y conservación de los inmuebles y las instalaciones que la integran.

Las autoridades municipales, fundamentalmente las que tienen a su cargo las obras y los servicios, coordinan estas actividades mediante disposiciones tendientes a armonizar el crecimiento de nuevas zonas con las anteriores o la incrustación de inmuebles y estructuras en el entorno, buscando que lo reciente se integre adecuadamente al paisaje urbano existente, y que todo el conjunto satisfaga la calidad prefijada.

Dentro de las disposiciones que deben expedirse, destaca la de un reglamento de construcciones y de un plan regulador ex profeso para cada ciudad. Frecuentemente, por razones económicas, para algunas ciudades se utiliza el reglamento de otras de mayor tamaño adaptándolo a sus necesidades. Cualquier documento de esta naturaleza debe contener los siguientes temas: disposiciones sobre vías públicas; utilización de áreas comunes; directores responsables de obra; licencias; proyectos; seguridad estructural de las construcciones; construcción de las estructuras; y uso, operación y mantenimiento de los inmuebles.

El reglamento fija las condiciones arquitectónicas que deben satisfacer los inmuebles; define con precisión los alcances de la autoridad municipal en el control de las construcciones públicas y privadas, y precisa su intervención en ellas, evitando así conflictos y extralimitaciones innecesarias. Manifiesta el tipo de construcciones que se pueden ejecutar y cómo hacerlas, e indica los requisitos que se deben satisfacer para obtener una licencia de construcción.

En cuanto a los profesionales que coordinarán las construcciones, señala qué requisitos deberán cumplir para tener derecho a su reconocimiento como directores responsables de obra o corresponsables técnicos, según sea el caso, señalando las obligaciones y responsabilidades que emanan de ello.

En la ciudad de México, este compendio se llama Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (RCDF). Las disposiciones que contiene están divididas en títulos, capítulos y artículos asociados en grandes rubros, guardando un esquema similar al que se detalló con anterioridad para los reglamentos en general. Las ordenanzas fundamentales están dentro del cuerpo principal y las disposiciones adicionales que exigen un desarrollo meticuloso y susceptible de modificaciones más frecuentes, integran un anexo denominado " Normas Técnicas Complementarias".

Por la importancia que reviste el RCDF se recomienda al lector disponer de él para realizar las consultas a que haya lugar. . . .¹

De lo anterior, se desprende como referencia obligada la consulta al RCDF, tanto para el trámite de licencias, como para el registro de los Directores Responsables de Obra y de los Corresponsables Técnicos.

Sobre este particular, se transcribe el artículo relativo a la licencia de construcción para obra nueva:

"... 1.1.1.3.4. Título Cuarto: Licencias y autorizaciones

Capítulo I. Licencias y autorizaciones

Para la obtención de la licencia de construcción se deberán presentar en todos los casos y firmadas por el director de obra:

- Alineamiento y Número Oficial
- Uso de suelo
- Planos arquitectónicos, estructurales y de instalaciones
- Memoria de cálculo
- Algún otro documento que se solicite

En caso de que el destino previsto para el edificio no esté expresamente permitido, pero sí tolerado como alternativa dentro del plan de desarrollo municipal, se deberá añadir:

- De requerirse, permiso de uso especial del suelo
- Si está clasificada la zona, se acompañará de la autorización del Instituto Nacional de Antropología e Historia. . . ."

Para la realización de una obra de edificación de gran envergadura, de acero o de concreto, es necesario contar con la participación de un Director Responsable de Obra, una empresa de supervisión, una constructora y una empresa de control de calidad.

El Director Responsable de Obra, será responsable desde el proyecto hasta la ejecución, tanto ante el propietario como ante la municipalidad, y sus funciones están tipificadas en los reglamentos de construcción.

La empresa de supervisión para obras de acero o concreto, es uno de los auxiliares con que cuenta el director de obra para cumplir su cometido; su función es verificar la correcta ejecución de los trabajos y autorizar las erogaciones que se hagan al constructor.

La empresa de control de calidad para estructuras de acero o de concreto, tendrá como obligación el verificar la calidad de los materiales que se incorporen en la obra, tanto los ejecutados en ella como los adquiridos ante terceros. Para realizar sus funciones debe contar con laboratorios dotados de los equipos necesarios.

Por su parte, el constructor de este tipo de obras es una empresa contratista que hará físicamente la obra mediante un contrato ajustado a condiciones de calidad, precio, tiempo y pago, todas pactadas previamente.

¹ Díaz Infante, Luis Armando, CURSO DE EDIFICACIÓN, Editorial Trillas, México, 1995.

4.2.5. Señalización de obra

El propósito de la señalización en las instalaciones de obra, es definir un orden en los espacios, restringir el acceso a ciertas áreas a personas no autorizadas, promover la seguridad industrial, promover la higiene industrial, informar de condiciones especiales a quienes transitan por la obra e identificar oficinas y servicios, entre otros objetivos. La instalación de señales de todo tipo es requerida en todas las obras, ya sean de acero o de concreto.

De esta manera existen señales de los siguientes tipos:

- Restrictivas
- Informativas
- De seguridad industrial
- De higiene industrial
- De identificación de espacios.

4.2.6. Laboratorio de control de calidad

Como parte fundamental de la realización de los trabajos, con apego a las especificaciones y acorde con la calidad pactada en contratos, debe ponerse énfasis en la contratación de un laboratorio de control de calidad, que cuente con la experiencia necesaria, con personal capacitado, con equipos modernos, instalado con todos los requerimientos para practicar las pruebas de control de calidad, tanto en materiales como en productos hechos en obra y en procesos constructivos, de acuerdo con las normas mexicanas e internacionales.

El control de calidad puede llevarse a cabo en todas las etapas del proceso constructivo, desde las pruebas practicadas a la materia prima, las pruebas aplicadas a los subproductos, o las aplicadas a los trabajos terminados.

Para el caso del concreto, la dosificación de los agregados puede determinarse por el propio laboratorio utilizando los mismos agregados disponibles en la zona de las obras, para alcanzar una resistencia de diseño. Además, para los concretos hechos en obra o los premezclados, pueden aplicarse pruebas para medir el revenimiento de las mezclas, y es práctica común ensayar mediante muestras recogidas en la obra, en cilindros estándar, la resistencia de los concretos a diferentes edades de fraguado. Un ejemplo de equipos para pruebas de concreto se muestra en la figura 4.2.6

Para el caso de los aceros de refuerzo, se practican pruebas de resistencia a la tensión, y pruebas de doblado, para determinar la facilidad de su habilitado, y si no contiene cantidades inadecuadas de carbono que lo transforman en frágil y quebradizo.

Para las estructuras de acero, es práctica común la realización de pruebas mediante radiografía, de la calidad de la soldadura aplicada, en forma manual o mecánica, para el ensamble de las placas que integran un perfil, o para la soldadura aplicada en las uniones o ensambles de la estructura completa.

En el capítulo 5, se amplía el tema de las pruebas de calidad aplicables en la construcción de obras con concreto o con acero estructural.

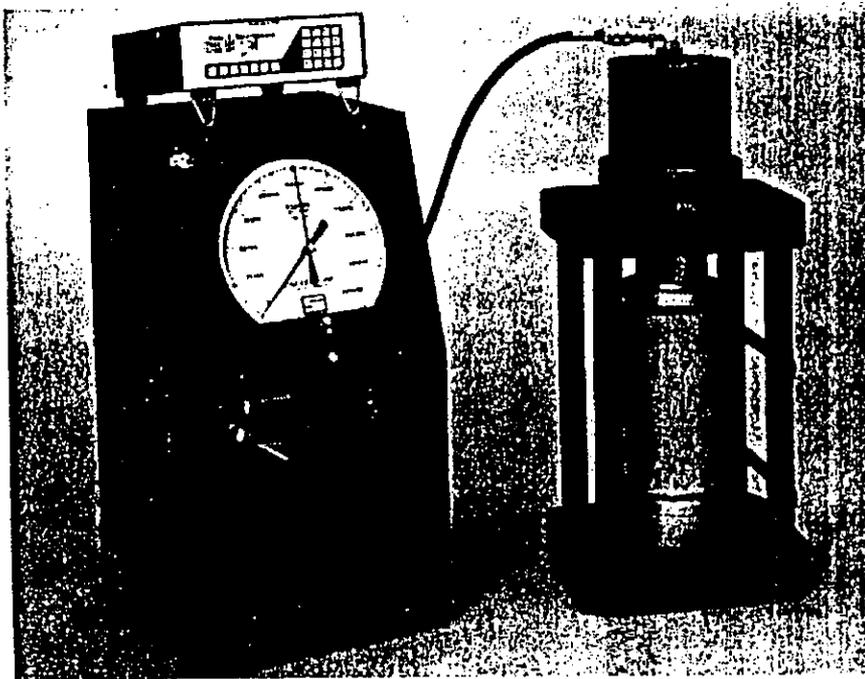


Figura 4.2.6 Prensa para pruebas de compresión de muestras de concreto

4.3. Integración de documentación de obra

El adecuado manejo de la documentación de las obras es de gran importancia para dar seguimiento a decisiones de planeación y de programación, así como de ejecución física de los trabajos, del control de los avances y de la calidad, así como para tener fácil acceso a la documentación de soporte para el manejo de eventualidades y desviaciones en programas, en cambios de especificaciones y en procedimientos constructivos.

En todas las etapas de realización de los proyectos, se genera una cantidad importante de documentos que para su consulta, deben encontrarse organizados, ordenados e incorporados a los espacios dentro de los expedientes que les han sido previamente asignados.

Debe ponerse atención en la disposición, física y ordenada, de expedientes en anaqueles en zonas de la residencia, con acceso restringido sólo a personal autorizado para realizar consultas o para la actualización de expedientes.

A manera enunciativa, se propone a continuación un esquema que puede normar la integración de expedientes, lo que permitiría tener fácil acceso a la información de obra de acero o de concreto que se requiera consultar.

4.3.1. Documentación técnica

La documentación de carácter técnico, debe contener la información necesaria para que el personal de la residencia cuente con información de antecedentes, objetivos y metas por realizarse, para la construcción del proyecto en acero o en concreto.

Organización administrativa del proyecto:

- Diseño de la estructura general y organigrama
- Definición de funciones y linderos de autoridad
- Diseño y documentación de procedimientos internos
- Manual general de organización

Los diseños ejecutivos:

- Diseños arquitectónicos
- Estudios de mecánica de suelos
- Diseños estructurales
- Diseños de instalaciones eléctricas
- Diseños de instalaciones hidráulicas
- Diseños de instalaciones sanitarias
- Diseños de instalaciones de telefonía
- Diseños de instalaciones de elevadores
- Diseños de instalaciones especiales
- Estudios de impacto ambiental
- Memorias de cálculo de los diseños

Autorizaciones:

- Autorizaciones oficiales
- Designación de director responsable de obras
- Designación de corresponsables de obra
- Registro de notas en bitácora
- Registro de notas fotográficas.

4.3.2. Documentación del presupuesto de obras

La documentación de presupuestos, orienta a la residencia sobre los antecedentes de las operaciones financieras realizadas como pasos previos a la ejecución de los trabajos, y permite la toma de decisiones de manera congruente, con los acuerdos celebrados con otras instancias oficiales o particulares.

- 1) Presupuesto para el diseño del proyecto
 - Diseños arquitectónicos

- Estudios de topografía
 - Estudios de mecánica de suelos
 - Diseño estructural y responsiva
 - Diseño de instalaciones y responsiva
- 2) Presupuesto para la adquisición de predios
- Investigación de situación legal de predios
 - Estudios de factibilidad de servicios
 - Factibilidad de licencias de construcción
 - Presupuesto de escrituración de predios
 - Presupuesto de obligaciones fiscales por adquisición de predios.
- 3) Presupuestos por servicios externos
- Honorarios al notario por escrituración de predios
 - Honorarios al perito municipal
 - Honorarios del director responsable de obras
 - Honorarios de los peritos corresponsables
 - Honorarios por auditorías contables
 - Honorarios por supervisión externa e interna
- 4) Presupuesto de obras
- Relación de conceptos
 - Análisis de precios unitarios básicos
 - Análisis de precios unitarios
 - Relación de insumos
 - Resultados de investigación de mercado para insumos y equipos
 - Resultados de investigación de mercado para destajistas
 - Resultados de investigación de mercado para subcontratistas.

4.3.3. Documentación de programas

La documentación sobre los programas, define con precisión las metas específicas por cumplirse en el tiempo, la secuencia de actividades previas y subsecuentes, y la identificación de las actividades que por su poca holgura en tiempo para su realización, se constituyen en actividades críticas.

- Programa general del proyecto
- Programa para la gestión del proyecto
- Programa para el diseño general del proyecto
- Programa de obra

- Programas de comercialización, si existieran
- Programas para el arranque y puesta en funcionamiento del proyecto
- Programa de demanda de recursos financieros
- Programa de flujo de efectivo.

4.3.4. Documentación de control de calidad

El control de calidad debe cubrir las demandas del proyecto, en cuanto al alcance en especificaciones de los trabajos, de acuerdo con un cuadro de normas oficiales por aplicar:

- Cuadro de normas de calidad de aplicación en el proyecto
- Instructivo de aplicación de normas
- Criterios de aceptación o rechazo
- Reportes de control de calidad en materiales
- Reportes de control de calidad en procesos
- Reportes de control de calidad en subproductos
- Reportes de control de calidad en la certificación de personal

4.4. Inicio de obras

El inicio de las obras es la etapa culminante de los esfuerzos de otros departamentos de las empresas constructoras. Ya se han culminado los estudios de viabilidad, se han realizado los estudios técnicos, y se ha terminado el diseño de la construcción que ha permitido determinar, a niveles muy exactos de aproximación, los costos en que se incurrirá, y se han definido los procesos constructivos con los que se puede estimar la duración de los trabajos (Figura 4.4.1), con el objeto de comprometer plazos de terminación, la realización de pruebas de funcionamiento y poder entregar a los usuarios una edificación en condiciones de funcionamiento óptimo.

En esta etapa, se han investigado todas las instancias técnicas, legales, administrativas y las oficiales que intervendrán en las diferentes etapas del proyecto, por lo que en el director de las obras recae una responsabilidad muy grande para entregar un edificio completo, funcionando, con un cuadro de especificaciones, con un costo y plazo determinados.

Para poder dar inicio a los trabajos, deberá tener a su disposición toda la información pertinente al proyecto, a las especificaciones y a los procesos constructivos. También se requiere la información completa sobre los presupuestos,



Figura 4.4.1 Montaje de estructura metálica

los programas de ejecución, de suministro de materiales, de utilización de mano de obra y de utilización de equipos. Tendrá a la vista la relación de las actividades con holguras de tiempo cero, que por eso se convierten en actividades críticas.

Es necesario conocer la relación de las pruebas de calidad que deberán aplicarse a los materiales, a los procesos y a los productos terminados, ya sea que se trate de estructuras de concreto o de acero estructural.

Por otro lado, se requiere haber establecido el contacto con maestros de obra, especialistas en diferentes oficios y subcontratistas, para su eventual contratación.

El director de la obra deberá estar familiarizado con las políticas internas de la propia empresa constructora, estará capacitado en la operación de los diferentes sistemas de control técnico y administrativo. Además, contará con un cuerpo de colaboradores aptos, técnica y administrativamente, para realizar las labores propias de la residencia de obra, y deberá contar con las autorizaciones oficiales requeridas, para dar de alta a la obra ante el Seguro Social y ante el INFONAVIT, para el oportuno pago de las obligaciones fiscales derivadas de los trabajos.

Contando con la información determinada en las etapas de planeación y diseño, y con los recursos en numerario y en especie, iniciará precisamente en los plazos estipulados para el inicio de los trabajos previos, la construcción de la residencia de obra, de las obras de confinamiento y seguridad, y tramitará ante las instituciones correspondientes la dotación de servicios de energía eléctrica en la cantidad y en las tensiones necesarias, y la dotación de agua potable y las autorizaciones para la conexión al sistema de drenaje municipal. Adicionalmente a las obras provisionales, es necesario tramitar la instalación de los servicios de comunicación telefónica, por radio o por telefonía celular.

Antes del inicio de los trabajos, se habrán formalizado los lazos de comunicación y de coordinación con los diferentes peritos de obra y de instalaciones, y con el Director responsable de obra designado por la dirección de la empresa constructora o por el cliente, para la solución oportuna de eventualidades de obra.

Contando con la información pertinente, con los grupos de colaboradores internos, externos y de proveedores; habiendo realizado las obras provisionales, gestionado los servicios temporales, y establecidos los conductos de comunicación formal con la dirección de la empresa, puede decirse que se está en condiciones de iniciar los trabajos de construcción.

4.4.1. Contratos por mano de obra y destajos

En el medio de construcción mexicano, los obreros revisten características especiales que deben ser consideradas para poder llevar a cabo los trabajos en tiempo, costos y especificaciones.

Es común encontrar personal con escasa o nula escolaridad, que se han capacitado en los diferentes oficios mediante la realización de trabajos en calidad de aprendices y sin contar con una formación académica estructurada. Por esto es poco común contar con personal certificado. A este respecto y de acuerdo con la legislación vigente, el proporcionar capacitación técnica al personal de acuerdo con lo que marca la Ley Federal del Trabajo, puede reportar en plazos cortos un efecto benéfico y multiplicador en el gremio de la construcción ya que, no obstante los altos niveles de rotación de estos elementos, si una constructora capacita a su personal, es probable que en futuras contrataciones pueda contratar personal ya capacitado por otras constructoras en un oficio determinado. La capacitación del

personal es fundamental si una empresa quiere optar por la certificación de la empresa en el ámbito internacional, ya que existe una dependencia de la Secretaría de Educación, denominada por sus siglas como CONOCER que aplica pruebas de aptitud y puede emitir certificados de capacidad técnica del personal obrero, en un determinado oficio.

Es práctica en nuestro medio que la contratación del personal obrero, se realice indirectamente, por conducto de un maestro de obras, quien coordina a un número determinado de obreros, especialistas en uno o más oficios. Estas contrataciones pueden formalizarse a través de dos modalidades: por administración y por destajo. En ambos casos, resultan necesarios como referencia en las negociaciones, el catálogo de conceptos de obra, las especificaciones y los alcances de cada trabajo.

Cuando la contratación del personal obrero se realiza por la modalidad de administración, se conviene un ingreso neto semanal por obrero, de acuerdo con su capacidad o nivel dentro de su grupo: peones o ayudantes, oficiales, cabos y maestros de obra. Bajo esta modalidad no existe ningún estímulo a la productividad de los diferentes elementos, ya que su ingreso semanal está garantizado independientemente de la cantidad de trabajo ejecutado. Los mandos intermedios, cabos y maestros de obra, reciben un sueldo equivalente a un porcentaje del importe neto de la nómina semanal, o un ingreso mínimo negociado con anterioridad. Cuando los obreros trabajan por administración, observan un horario de trabajo que en raras ocasiones se respeta, y cuando se requiere de la permanencia de los trabajadores por más tiempo que el estipulado, se generan sobrecostos por el pago de horas extras. Debido a que esta modalidad demanda un tiempo importante, por parte del personal técnico, para la asignación de las tareas, para la dotación de los materiales necesarios y para la vigilancia de los mismos trabajadores, resulta poco recomendable su utilización.

La contratación bajo la modalidad de destajo. Los ingresos de los trabajadores dependen de la cantidad de trabajo ejecutado que cumpla un cuadro de especificaciones y alcances. La negociación de los precios se realiza directamente con el maestro de obra, y en éstos se incluyen los ingresos del propio maestro y los cabos necesarios. Para el pago semanal, se tiene que hacer un corte de obra un día determinado de la semana, y se integra una estimación de trabajos ejecutados, cuyo importe total consiste en la suma de las multiplicaciones de las cantidades de obra de cada concepto por el precio correspondiente. Bajo esta modalidad, no existe un horario de trabajo determinado y es común que los obreros comiencen a trabajar, desde la primera hora hasta muy tarde por la noche. Debido a que la productividad del personal se estimula cuando se contrata al destajo, es recomendable emplear esta modalidad, con la observación de que la supervisión por parte de la residencia, debe cuidar la calidad de los trabajos ejecutados, ya que por avanzar en volúmenes de obra puede descuidarse el apego a las especificaciones.

En cualquiera de los casos mencionados, resulta responsabilidad de la constructora la dotación al personal obrero de los equipos y herramientas mayores necesarios para la realización de los trabajos, la dotación de los dispositivos para favorecer la seguridad industrial y la observancia de las normas de higiene en el trabajo. Además, es responsabilidad de la constructora realizar cada sábado, los pagos por trabajos ejecutados en efectivo, en el lugar del trabajo y cubrir oportunamente las prestaciones de Ley. Para atender este último concepto, la empresa sólo puede permitir la contratación de personal mayor de edad, que pueda enfrentar riesgos de trabajo y que se encuentre debidamente registrado ante el Instituto Mexicano del Seguro Social.

Es responsabilidad del Director de la Obra, promover la difusión de las normas de seguridad industrial, y promover mediante la supervisión de personal de la residencia, la observancia de las normas pertinentes.

En ocasiones, cuando las obras son de cierta importancia, se tiene la intervención de representantes de centrales obreras ante las cuales, se deben negociar las aportaciones para celebrar contratos colectivos de trabajo. Estos contratos colectivos resulta conveniente registrarlos ante la Junta Local de Conciliación y Arbitraje, para la atención de incidencias del personal obrero.

Para la realización de obras de concreto, existe una cantidad importante de personal que sin mayor dificultad, puede llevar a cabo con apego a especificaciones los trabajos de cimbrado, armado de acero y de colado in situ de elementos de concreto. Las pruebas de resistencia aplicadas por los laboratorios de obra, generalmente cubren o rebasan las resistencias especificadas.

Para el caso de la construcción de estructuras de acero, el personal debe cubrir pruebas de aptitud y en el caso de los soldadores, contar con la certificación de su capacidad técnica para realizar este tipo de trabajos que demandan especialización. Por estas características, el ingreso de los obreros especializados es regularmente, mucho mayor que el ingreso promedio de los oficiales de albañilería o de carpintería de obra negra o de fierros.

Antes del inicio de los trabajos, el director deberá haber realizado sondeos entre los diferentes grupos de trabajadores para que, cuando se arranquen formalmente los trabajos, se cuente con disponibilidad de personal en cantidad y capacidad, de acuerdo con los programas de utilización de mano de obra diseñados en las etapas de planeación.

4.4.2. Subcontratos

Conviene en la gran mayoría de las obras asignar la ejecución de ciertos trabajos, que por sus características requieren de equipos o trabajadores especializados, a empresas subcontratistas.

En nuestro medio, la gran mayoría de las empresas subcontratistas son de tamaño mediano o pequeño, según los criterios de calificación utilizado por la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción, de acuerdo con su nivel de facturación anual, o al número de empleados fijos.

La realización de cuadros de cotizaciones es recomendable para poder contar con la mejor postura, cuidando los intereses de la propia constructora.

Para la contratación de trabajos al subcontrato, la empresa constructora deberá haber integrado con anterioridad el catálogo de conceptos de trabajo, los análisis de precios unitarios correspondientes y la investigación del mercado de insumos, con el propósito expreso, de determinar el *presupuesto base a costo directo* y contar con criterios de comparación cuando las subcontratistas presenten las cotizaciones para la ejecución de los mismos trabajos.

La asignación del contrato deberá realizarse evaluando, no solamente la mejor de las cotizaciones, sino también la experiencia de cada empresa en trabajos similares, de acuerdo con su curriculum, el cual deberá ser cotejado para comprobar su veracidad. Además, puede evaluarse la posición financiera de cada empresa mediante el análisis de los balances y la información financiera necesaria. Por último, pueden sopesarse referencias del tipo personal de los directivos y referencias comerciales de otras empresas.

La formalización de la contratación deberá hacerse mediante la firma de un contrato tipo o elaborado a propósito, y debe contener como mínimo los siguientes aspectos:

- Información general de los contratantes
- Objeto del contrato
- Designación de representantes con poder para comprometer a las partes
- Vigencia
- Derechos y obligaciones de las partes
- Integración de garantías mediante fianzas o retenciones
- Importe total
- Integración de precios y alcances de los conceptos de trabajo
- Formas de pago
- Anticipos y amortizaciones
- Responsabilidades laborales
- Observancia obligatoria de normas de seguridad e higiene industrial
- Observancia de las normas de calidad
- Causas de rescisión
- Procedimiento de rescisión
- Manejo de eventualidades
- Anexos:

Catálogo de conceptos

Análisis de precios unitarios

Relación de precios de insumos

Programas de ejecución.

Es recomendable que los concursos por invitación, para la formalización de los diferentes subcontratos, se realicen de manera previa o paralela a la instalación de la residencia, para contar con la participación de estas empresas de forma oportuna.

El director de la obra deberá haber previsto en los espacios de la residencia de obra, la asignación de espacios para la instalación de bodegas provisionales de subcontratistas, para su personal residente o para su bodega de materiales

Deben establecerse de manera oportuna, los lazos de coordinación entre el personal de la empresa y las subcontratistas para el inicio de los trabajos, su realización de acuerdo con los programas de trabajo y en la secuencia prevista en los procedimientos constructivos.

4.4.3. Apertura de bitácora y registros de obra

Resulta fundamental, el registro de los principales eventos que se desarrollan durante la ejecución de los trabajos de construcción, especialmente los que inciden en un cambio, tanto en especificaciones como en programas o costos. Como se define en los contratos de

ejecución de los trabajos, las notas de bitácora tienen trascendencia de tipo legal, por lo que estos registros deben ser realizados con cuidado y debidamente fundamentados.

En la práctica, se operan registros en la bitácora que no revisten importancia y que bien pudieran consignarse en otro tipo de documento, como podrían ser los diarios de obra, que operan los encargados de los almacenes, los encargados de la seguridad industrial, los administradores del personal obrero, o los propios encargados de los diferentes frentes de trabajo.

Ya que la bitácora es un documento de carácter legal, y que en juicios pueden utilizarse las notas como prueba de las solicitudes de información o de soluciones, solamente puede ser utilizada por personal representante de las principales instancias que intervienen en la ejecución de las obras: representantes del cliente o propietario; representantes de la supervisión de obras; representantes de la empresa constructora y representantes de ciertos elementos del cuerpo ejecutor de las obras.

La bitácora consiste en un libro empastado con tapas duras y hojas foliadas, y debe permanecer invariablemente dentro de la residencia de obras a cargo de un sólo responsable, a disposición de quienes tienen autoridad para conocer su contenido y para consignar las notas pertinentes.

Generalmente, las notas se consignan en original y dos copias con papel calca, cuya distribución es la siguiente: el original se conserva en el libro; la primera copia se desprende del libro y se destina para la empresa de supervisión; la segunda copia también se desprende del libro y se destina para la empresa constructora.

Todas las notas deberán estar numeradas en orden secuencial, fechadas, y firmadas por quienes consignan la nota. Los espacios en blanco deben cancelarse con líneas diagonales, y en caso de errores, no debe tacharse o corregirse sobreponiendo escritos, ni utilizando ningún tipo de correctores. En caso de este tipo de errores, la nota se cancela, se firma y se repite el contenido del escrito.

Como se ha anotado, los registros en bitácora son aquellos que revisten especial importancia en el desarrollo de la obra, y que implican modificaciones de algún tipo, o la autorización de la supervisión para seguir procesos constructivos cuyos resultados al final quedarán ocultos, o que pueden incidir en el resultado y que, si se cometen errores, su corrección es costosa en tiempo y dinero. A continuación se enumeran algunos asuntos que son recomendables consignar en la bitácora de obra:

- Apertura de bitácora
- Registro de firmas
- Solicitud de soluciones técnicas
- Determinación de soluciones
- Autorización de trazo
- Autorización de niveles
- Autorización de armados
- Autorización de cimbrados
- Autorizaciones de colados

- Ensamble de estructuras metálicas
- Resultados de pruebas de calidad
- Autorización de proceso constructivo
- Rechazos por calidad, materiales, proceso, secuencia, o terminados
- Modificaciones en volúmenes de obra
- Incorporación de conceptos de obra no considerados
- Cambio de especificaciones
- Cambio de procesos constructivos
- Incumplimientos
- Siniestros y accidentes que modifiquen programa de obra
- Solicitud de ampliación de plazos y motivos
- Dictámenes sobre solicitudes de ampliación de plazos y fundamentos
- Recepciones parciales de obra
- Recepción final de obra
- Cierre de bitácora

Los registros de obra diferentes a los consignados en la bitácora, son de utilidad para la realización del trabajo administrativo de quienes intervienen en las obras, y por rutina, se operan como parte de los sistemas administrativos internos.

Los registros se consignan en formatos diseñados ex profeso y mantienen informada a la dirección de la obra, de los conceptos que demandan atención para evitar retrasos en el desarrollo normal de los trabajos conforme se ha previsto en la planeación.

A continuación se enumeran algunos de los reportes utilizados en las obras de construcción en acero estructural o en concreto:

Administración de personal

- Listas de asistencia
- Reporte diario de incidencias del personal
- Reporte de suficiencia de oficios conforme a demanda
- Lista de revisión de dispositivos de seguridad
- Lista de revisión de equipos de seguridad
- Lista de revisión de señalización
- Lista de revisión de dispositivos de higiene industrial
- Reporte de incidencias de seguridad e higiene industrial.

Administración del almacén

- Programa de demanda de insumos

- Reporte de existencias
- Reporte de insumos en punto de reorden
- Reporte de requisiciones
- Reporte de pedidos fincados
- Reporte de entregas
- Reporte de demanda vs existencias de insumos conforme a los avances.

Suficiencia de equipos

- Programa de utilización de equipos
- Reporte de demanda vs existencias de equipos especiales de obra
- Reporte de suficiencia de energía, combustibles y lubricantes
- Programa de utilización combustibles y lubricantes
- Reporte de demanda vs existencias de lubricantes y combustibles

Administración de subcontratos

- Reporte de existencias de materiales, de lubricantes y combustibles
- Reporte de asistencia del personal obrero
- Reporte de existencia y condiciones de operación de equipos
- Reporte de incidencias de carácter técnico.

Los reportes operados por los diferentes elementos de la residencia de obra, deben vertirse en una sola hoja de resumen a la dirección de la obra, para mantenerla informada del transcurso de los trabajos y en su caso, destacar la necesidad de intervención cuando así sea aconsejable.

4.4.4. Referencias para trazo y nivelación

Antes del inicio de cualquier trabajo, deberá estar resuelta la construcción de referencias fijas para trazo y nivelación esta situación es aplicable tanto en obras de concreto como en las que se realizarán con acero estructural.

Las referencias para trazo y nivelación, deben consignarse como referencia a un punto fijo de los planos de diseño de la construcción; en el campo, deben construirse en número suficiente en el perímetro de las zonas de trabajo y, de ser necesario, en forma temporal dentro de dicha zona.

La ubicación de las referencias debe realizarse por personal especializado en topografía, utilizando aparatos manuales o electrónicos que permitan fijar estas referencias, con la mayor precisión posible.

La construcción de estas referencias, debe realizarse en sitios de poco tránsito vehicular o de personas, de tal manera que resulte difícil su alteración durante la ejecución de las obras. Se deben construir utilizando concreto hecho en obra, con cimentación a no menos de 40 cm de profundidad, en forma de pirámide truncada con altura no mayor a 60 cm sobre el nivel existente del piso, precisamente a la altura que resulte como referencia para la ejecución de los trabajos. Para el caso de ubicación de ejes, se deberá insertar en la cara superior de la

pirámide un clavo precisamente en la ubicación del eje, o se deberá pintar un círculo con cuatro cuadrantes, cuya intersección sea precisamente la ubicación del eje de referencia.

La ubicación, construcción y terminación de las referencias fijas, deberá ser revisada por personal de la empresa supervisora, quien finalmente aceptará o rechazará la construcción de la referencia. Cuando se haya aceptado la construcción de las referencias para trazo y nivelación, este evento será consignado en la bitácora de obra y podrá procederse a la realización de los trabajos.

Las referencias aprobadas, deberán ser consignadas en un plano en planta de las obras y deberán ser reproducidas en la cantidad suficiente para que todas las instancias que intervienen en la obra las conozcan en cuanto ubicación y a la información que contienen.

Estas referencias pueden utilizarse para trabajos de revisión, en las nivelaciones de las diferentes etapas de construcción: excavaciones, trazo de ejes y nivelaciones de entrepisos.

4.4.5. Integración del equipo interno de trabajo

De acuerdo con los estudios realizados en las etapas de planeación y diseño de las obras, se habrá determinado la organización mínima que integrará el equipo interno, para el cabal cumplimiento de la totalidad de los compromisos que se asuman, por parte del grupo ejecutor de los trabajos.

En la etapa de planeación, se habrá definido el número y características del personal técnico y administrativo que trabajará directamente en la residencia de obra y su rango de ingresos, y se habrá estimado una aproximación del espacio requerido y de los equipos necesarios para el cumplimiento de sus obligaciones.

Para el inicio de las obras, deberán haberse realizado totalmente las siguientes actividades:

- Definición del personal mínimo requerido para supervisión y control administrativo
- Definición y adaptación de los espacios e instalaciones requeridos
- Adquisición y suministro de los implementos de trabajo requeridos
- Aplicación de las pruebas de aptitud técnica y las pruebas de aptitudes física y mental requeridas
- Impartición de los cursos de capacitación en procedimientos internos y difusión entre los interesados, de los parámetros de evaluación del desempeño
- Formalización de la forma de contratación y pago del personal interno.
- La dirección de la obra, se asegurará que todo el personal de la residencia se haya involucrado plenamente en el proyecto a todos los niveles de detalle.

Antes del inicio de los trabajos, se evaluará la capacidad, la actitud y la aptitud del personal que integra el grupo interno, y se tomarán las decisiones necesarias. Solamente entonces, el director de la obra podrá asignar frentes y responsabilidades a cada uno de los integrantes del grupo, y podrá darse inicio a la realización de los trabajos.

4.5. Ejecución de obra

4.5.1. Juntas de coordinación

El que todos los participantes internos, externos y subcontratistas hablen el mismo idioma, conozcan al mínimo detalle el proyecto, y todos estén involucrados con la información necesaria de programas y presupuestos, es la obligación de la dirección de la obra, y es un requisito indispensable para minimizar, o anular, la ocurrencia de errores de carácter técnico o administrativo que inevitablemente, inciden en retrasos y sobrecostos, en la construcción de un edificio de gran importancia y costo como el edificio John Hancock Center en Chicago, USA. (Figura 4.5.1).

Las rutinas de trabajo, son la principal fuente de la información relativa a la obra. De aquí la importancia que reviste el buen diseño, difusión y operación de los sistemas internos de carácter administrativo y técnico.

Todos los elementos de la residencia generan y utilizan información diariamente, la cual debe ser consolidada para poder ser conocida por el director de la obra quien, en su momento, tomará las decisiones pertinentes, en forma cotidiana.

En otro nivel, las juntas de coordinación permiten reunir a los directamente involucrados, a fin de conocer las incidencias en otros frentes que eventualmente, pueden influir en su trabajo diario.

Las juntas de coordinación deben organizarse periódicamente, de preferencia semanales, de forma ordenada, convocarse con anticipación, realizarse de manera expedita, y registrar los acuerdos alcanzados, los cuales deben ser seguidos para favorecer su cumplimiento.

Una forma de organizar las juntas de coordinación, por parte de la dirección de la obra, es el diseño y la integración de agendas, la definición de los participantes, y la solicitud oportuna para integrar la información y los documentos necesarios, los cuales deben distribuirse entre los involucrados, para su conocimiento y análisis, previos a la realización de las juntas.

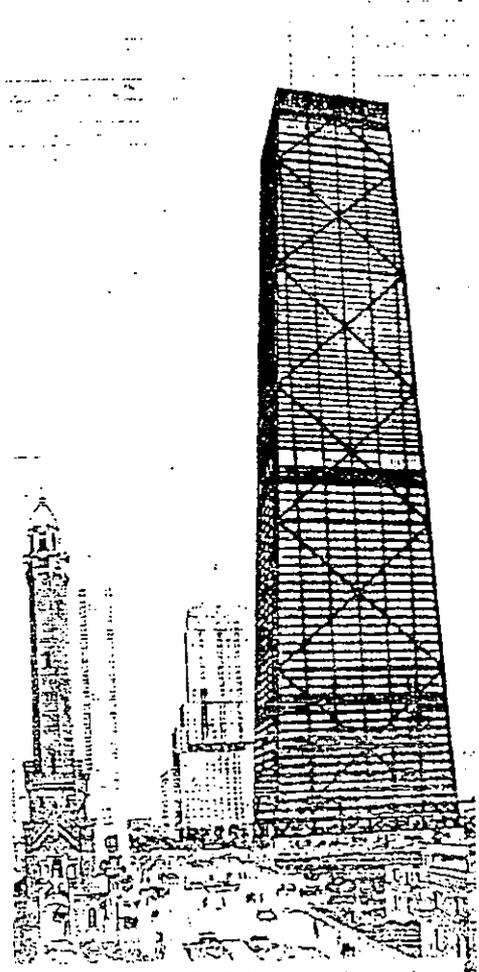


Figura 4.5.1 Edificio John Hancock Center, Chicago, EUA

Desde luego, el contenido de las agendas variará de una obra a otra, o de acuerdo con el estilo de administración de cada director de la obra; pero en general, es recomendable incluir en las agendas alguno o algunos de los siguientes contenidos:

- Seguimiento de acuerdos consignados en minutas previas
- Apego a programas
- Apego a especificaciones
- Apego a presupuesto
- Apego a calidad
- Análisis de desviaciones y propuestas de soluciones:
 - Alternativas
 - Costos
 - Viabilidad
- Avance de actividades críticas.

El seguimiento de acuerdos es una actividad importante; requiere la designación de un colaborador que siga las acciones tendientes a su cumplimiento. Esta actividad no responsabiliza a quien da seguimiento a resolver las diferentes cuestiones, sólo a conocer y reportar las iniciativas de cada responsable directo. Para cumplir esta responsabilidad, el encargado de seguimiento debe tener acceso suficiente a la información pertinente, y deben evitarse los obstáculos para alcanzar su cometido.

Para mantener informados a los más altos niveles de la empresa constructora, a los clientes o a los propietarios, el director de la obra debe integrar, de preferencia mensualmente, reportes ejecutivos que puedan ofrecer un panorama general del desarrollo de los trabajos; deben listarse los eventos de trascendencia que se han presentado, y las incidencias que han significado un problema para el cumplimiento de los compromisos contraídos, se deben enlistar las soluciones investigadas, y las decisiones tomadas para resolver problemas específicos. De ser el caso, se deben plantear de manera sucinta los problemas o situaciones que rebasan el ámbito de autoridad de la dirección de la obra, presentar alternativas de solución con ventajas y desventajas, impacto presupuestal y posibles daños, solicitando las instrucciones para proceder como corresponda.

Los reportes ejecutivos deben ser de preferencia muy breves en su cuadro resumen; en páginas interiores ampliar la información cuando se estime conveniente, y acompañarla con fotografías, gráficos y los elementos necesarios para transmitir la información más completa posible.

4.5.2. Controles de obra

4.5.2.1 Proceso constructivo

El proceso constructivo es la referencia principal para las labores de control en las obras de construcción, utilizando acero o de concreto reforzado.

Las actividades principales del proceso constructivo involucran los trabajos de excavación y construcción de la cimentación, donde se debe poner atención a los procesos para asegurar la estabilidad de los suelos, la secuencia de actividades que evitarán derrumbes de las paredes

de las excavaciones, los refuerzos necesarios para las cimentaciones de edificios colindantes, la construcción de la cimentación y la impermeabilización de los muros, cuando el nivel freático es muy elevado en comparación con el nivel de desplante de la cimentación.

Se plantean por separado, los procedimientos constructivos para la erección de estructuras de acero, y la construcción de obras utilizando concreto reforzado.

4.5.2.1.1 Excavaciones y cimentación

En su libro *Construction, Principles, Materials and Methods*, Olin Harold B., ha dicho "... Los ingenieros saben que su proyectista estructural será capaz de diseñar una cimentación razonable para casi cualquier estructura...". Esta es una aseveración muy amplia, pero es cierta. Por supuesto, casi cualquier constructor evitará construir un edificio de 100 niveles en un pantano sin fondo firme, pero en la isla de Manhattan, en la ciudad de Nueva York, han hecho eso precisamente.

Grande o pequeña, la función de una cimentación es la de soportar una estructura y antes que esa cimentación pueda construirse, el suelo subyacente debe ser excavado para poder acomodarla.

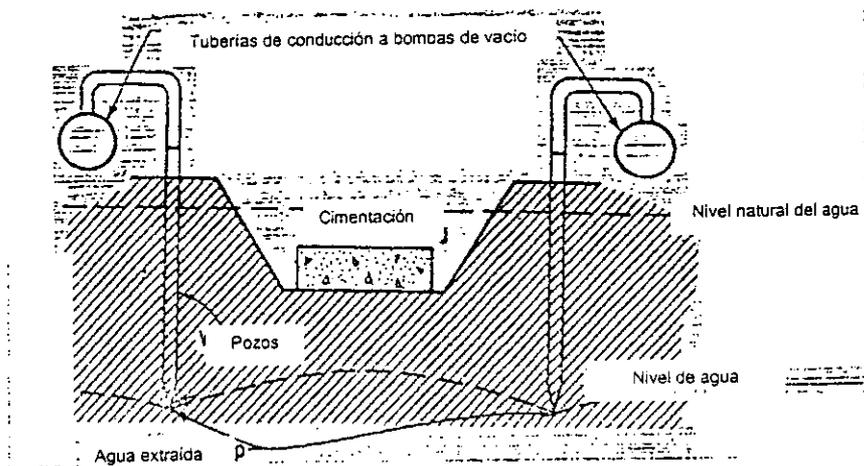


Figura 4.5.2 Los pozos de extracción abaten el nivel freático hasta que se construye el desplante de la cimentación

Excavaciones

- Antes de diseñar una cimentación para cualquier estructura, algunos estudios deben realizarse para averiguar qué es lo que existe debajo de la superficie del suelo. Una forma de hacer esto de manera económica, es la excavación de un pozo a cielo abierto a una profundidad que permita conocer los estratos más superficiales. Otra forma de investigación, es la extracción de muestras de suelo a través de maquinaria especializada, que permite determinar el perfil de los estratos. Otra forma para determinar las condiciones del suelo, es la utilización de un dispositivo que penetra, basándose en golpes que pueden traducirse mediante tablas, en el perfil de resistencias de los diferentes estratos.

En cualquier caso, en las etapas de planeación y de diseño, es inevitable la realización de este tipo de investigaciones para poder diseñar de manera adecuada, la cimentación del edificio.

Cabe destacar que un punto importante es la determinación del nivel freático, ya que en excavaciones profundas puede acarrear problemas para realizar esta etapa de la construcción. Por esto, resulta importante definir, como parte del proceso de excavaciones, la ubicación y características de los dispositivos que deberán ser utilizados para abatir temporalmente el nivel de aguas freáticas. En la figura 4.5.2, se muestra la disposición de pozos que permiten abatir el nivel de las aguas para poder realizar las excavaciones hasta que se construya la cimentación.

Estabilización de suelos

- Algunos de los suelos que se encuentran durante las excavaciones son tan inestables que resulta difícil, si no imposible, mantenerlos en su posición sin provocar derrumbes, de tal manera que las excavaciones puedan continuar.

Los suelos pueden estar completamente saturados, o ser arcillas inestables o ser, arenas no cohesivas, o una combinación de las mencionadas. Los suelos inestables pueden ser solidificados utilizando productos químicos apropiados. En general, la tubería de los pozos de extracción o de inyección de agua, se instala a un nivel inferior al nivel de desplante de la cimentación, y por ellos una cantidad determinada de silicato de sodio es bombeada hacia los estratos inferiores, seguida de una solución de cloruro de calcio. Los dos químicos combinados con el suelo, forman una especie de arena sílica que es lo suficientemente dura para sostenerse por sí misma, y que no deslizará. Existe otro tipo de estabilizantes de suelos que pueden variar en costo, al uso de las soluciones mencionadas y por su costo, deben utilizarse como último recurso.

Subexcavaciones y tablaestacados

- En excavaciones donde el material que debe ser removido consiste en materiales tales como gravas, arenas, materiales suaves, arcillas inestables, o materiales de esta consistencia, es necesario realizar subexcavaciones o tablaestacados o las dos operaciones, para garantizar la seguridad de los obreros y la seguridad de las construcciones o propiedades colindantes.

La primera de estas operaciones, conocida como subexcavación, resulta necesario realizarla cuando el plan de construcción prevé que el desplante de la cimentación del nuevo edificio se encuentra debajo del nivel de desplante de las construcciones vecinas, por lo que deben estabilizarse las cimentaciones colindantes (ver figura 4.5.3).

Esta operación es relativamente simple; consiste en una excavación debajo de la cimentación colindante en intervalos y de un depósito de concreto en los espacios excavados. Cuando el concreto fragua, se procede a excavar los espacios faltantes hasta completar una estructura de refuerzo a la cimentación colindante, como se muestra en la figura 4.5.3.

El tablaestacado puede describirse como la disposición de un refuerzo a la tierra circundante, para evitar su colapso hacia los espacios excavados.

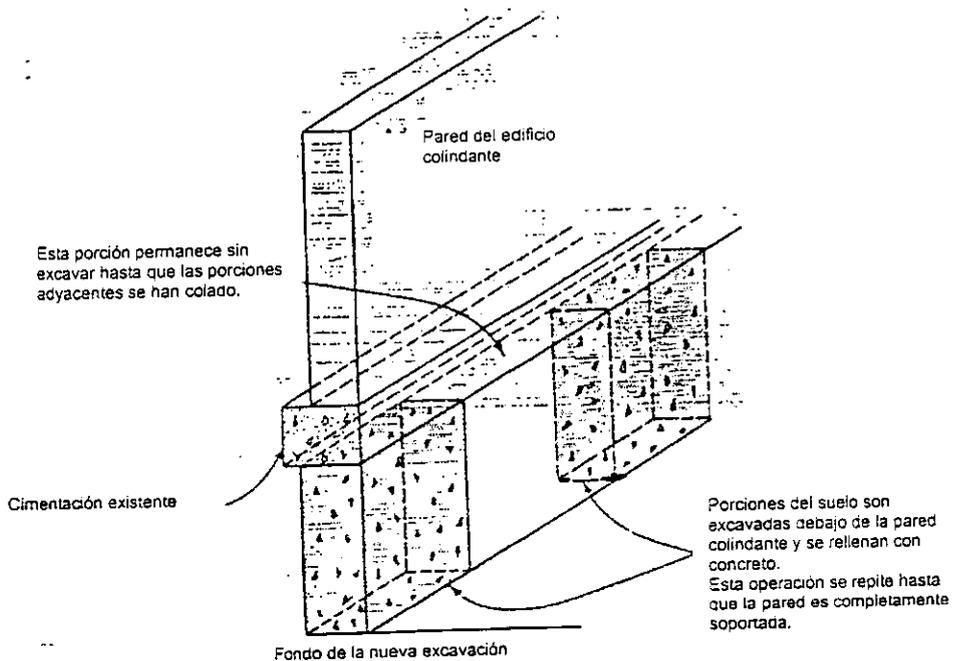


Figura 4.5.3 Proceso de subexcavación en cimentaciones de edificios colindantes

Los materiales para el tablaestacado pueden variar, dependiendo de la profundidad de las excavaciones, las características del suelo, y eventualmente, la altura de los edificios colindantes, la intensidad de tráfico en vialidades circundantes, la posibilidad de terremotos o la posibilidad de lluvias torrenciales durante el proceso de construcción de las cimentaciones. El proyectista que ha realizado las excavaciones de sondeo y conoce aproximadamente la situación del agua en el subsuelo, puede diseñar los soportes y el procedimiento de hincado de las tablaestacas. En las excavaciones en donde el terreno no es muy estable, se utilizan con frecuencia tablaestacas metálicas como las mostradas en la figura 4.5.4.

En algunos casos, en donde existen arcillas cohesivas o algún otro tipo de material más estable, se forma una excavación siguiendo el ángulo de reposo del material, de acuerdo con las recomendaciones de los asesores en mecánica de suelos. El tablaestacado se hinca hasta que el banco de material ha alcanzado el borde de las excavaciones. En estos casos se puede utilizar tabalestacado a base de polines de madera que se hincan a una profundidad mayor a la de desplante, y se sujetan con traviesas, las cuales se troquelan en el área de la cimentación o contra la estructura del edificio, según lo determine el avance de las obras. Puede verse una muestra de este tipo de tablaestacado en la figura 4.5.5.

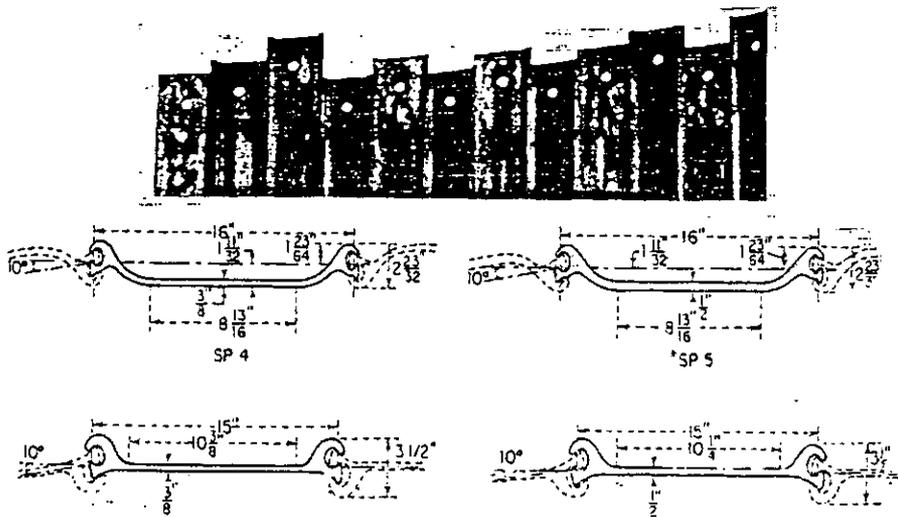


Figura 4.5.4 Tablaestacas metálicas

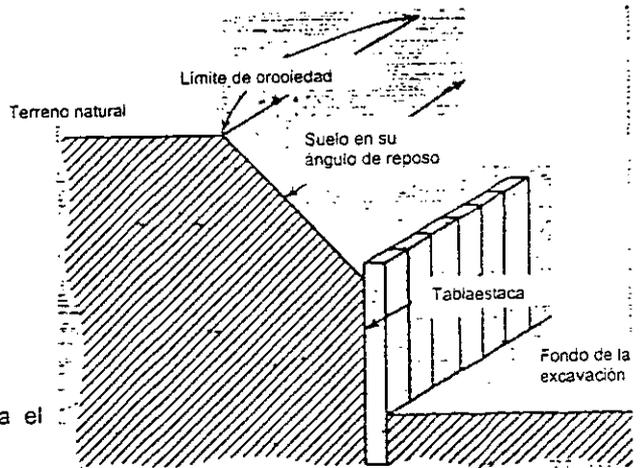


Figura 4.5.5 Tablaestacado hasta el límite del material en reposo

Cimentaciones

- El propósito de las cimentaciones es el de transferir el peso de la estructura por varios medios, al suelo subyacente en condiciones de estabilidad, en las cuales el terreno es capaz de soportar el peso recibido sin asentamientos ni deslizamientos.

La construcción de la cimentación obedece al proyecto y al procedimiento constructivo definido en la etapa de investigación y diseño, y puede involucrar la construcción en diferentes etapas que pueden ser las siguientes:

- Construcción en etapas de muros perimetrales
- Construcción de la parte central de la cimentación
- Construcción en etapas de la parte perimetral de la cimentación.

El diseño de la cimentación también puede variar de acuerdo con las recomendaciones del estructurista, de la topografía del terreno, de las características del suelo y a las recomendaciones del asesor en mecánica de suelos, y puede resolverse a base de losa de cimentación, o construcción de pilas hasta el manto resistente (figura 4.5.6), o del hincado de pilotes de cualquier tipo (figura 4.5.7), que reciben a la cimentación en sí mediante la construcción de cabezales como los que se muestran en la figura 4.5.8. En la mayoría de las ocasiones, las cimentaciones se realizan a base de concreto reforzado con las técnicas y procedimientos que se describen más adelante.

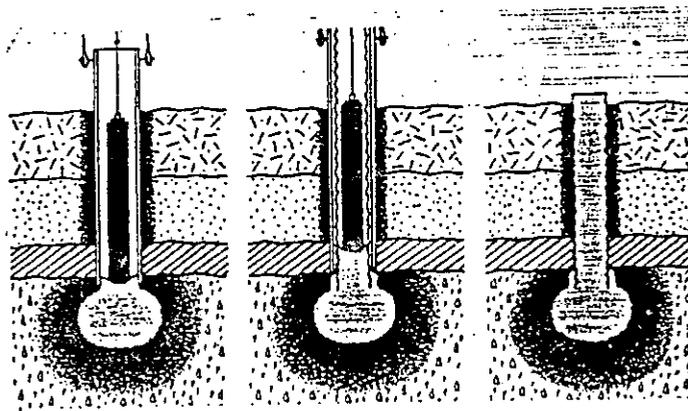


Figura 4.5.6 Construcción de pilas de concreto

Impermeabilización de cimentaciones

- La adecuada impermeabilización de las cimentaciones, cuyo desplante es a un nivel inferior al de aguas freáticas, requiere que el diseñador tome en consideración la magnitud de las presiones a las que se verá sometida la estructura por la presencia del agua.

En primer lugar, el piso de desplante debe estar reforzado y con el suficiente espesor para soportar la presión hidrostática. El concreto debe contener compuestos impermeabilizantes, debe ser una mezcla densa, debe ser vibrado lo suficiente, y pulido en su superficie. También, puede depositarse una cama de por lo menos 30 centímetros de espesor de grava triturada, la cual debe ser recubierta con una capa de material impermeable. Esta grava triturada sirve como amortiguador a la presión hidrostática y el agua eventualmente, puede fluir por los espacios existentes, afuera del área de la cimentación hacia cárcamos de bombeo.

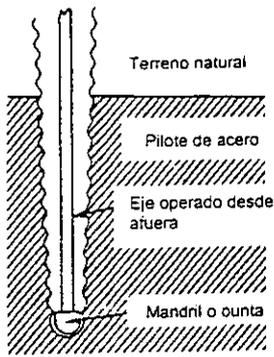


Figura 4.5.7 Hincado de pilotes

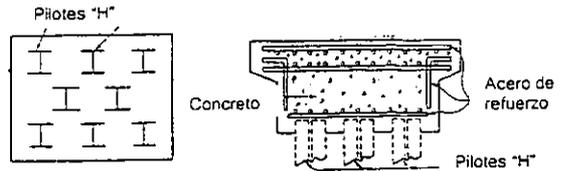


Figura 4.5.8 Cabezales sobre un grupo de pilotes

En las intersecciones de la losa con los muros, o entre muro y muro, se debe construir una zavaleta armada o chaflán, en la que deben incluirse perfiles de PVC diseñados para facilitar la impermeabilidad de la junta que inevitablemente se formará. En todo caso, es recomendable utilizar mezclas asfálticas en caliente, materiales impermeables en la parte exterior de las cimentaciones, cuando esto sea posible, y la utilización de impermeabilizantes metálicos en el interior de las losas y muros. Los impermeabilizantes metálicos consisten en pequeñas partículas de fierro que se mezclan con arena, cemento y agua en un mortero espeso. Cuando la mezcla seca, el fierro se oxida y llena los intersticios en el compuesto, formando un recubrimiento impermeable. En la figura 4.5.9 se muestra un ejemplo de cimbra en un muro de cimentación.

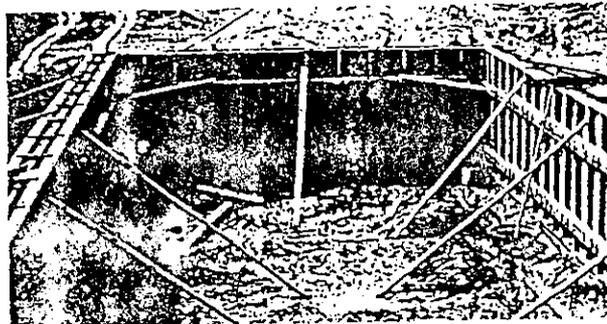


Figura 4.5.9 Cimbra para muros de cimentación

4.5.2.1.2 Estructura de acero

Elementos de construcción en acero

La construcción en acero estructural es una tarea especializada que es realizada regularmente por subcontratistas con experiencia. Sin embargo, tanto los directores de obra como los elementos de supervisión, deben conocer los principios y los procesos involucrados. La construcción de estructuras de acero, puede dividirse en tres mayores elementos de diseño, la fabricación de los elementos, su transportación y entrega al sitio de la obra y las operaciones de campo. Cada uno de estos elementos, reviste un número determinado de actividades que están comentadas a continuación.

Para proyectos complejos, la planeación prevé la división de los procesos de fabricación, transportación, erección y ensamble de cada pieza. Debido a que la división de actividades obedece al orden en el que la estructura deberá ser erigida, debe entonces realizarse un esfuerzo conjunto entre el fabricante de la estructura y el encargado del ensamble de piezas. En la etapa de planeación deben considerarse, tanto el tamaño como el peso de cada elemento, contra la capacidad de producción de la planta, tamaño de los vehículos de transporte, limitaciones de la vialidad, y se debe determinar el número y capacidad de los equipos de elevación y ensamble.

Operaciones de campo

Las operaciones de campo incluyen las labores de recepción y descarga de los elementos estructurales, la inspección aleatoria, ordenamiento de piezas como serán utilizadas, y las actividades de izado y colocación de cada pieza. El proceso de descarga del acero, debe realizarse con cuidado y debe evitarse el dejar caer los diferentes elementos del trailer de transportación o de los carros de ferrocarril, ya que esto puede provocar deformaciones o daños importantes en la pintura de protección. Para el manejo de elementos muy largos o flexibles, debe utilizarse una doble eslinga que permita descargar y manipularlos adecuadamente. Si las piezas no han sido inspeccionadas en el sitio de fabricación, las actividades de revisión deben realizarse en el sitio de recepción, para asegurar que se cumplan las especificaciones de diseño y las tolerancias contenidas en la Tabla 4.5.1. En todo caso, cada una de las piezas debe revisarse por la posibilidad de daños durante la transportación y descarga.

Tabla 4.5.1 Tolerancias para miembros de acero estructural

Dimensiones	Tolerancias
Peralte	+0.32 cm (1/8")
Ancho	+0.64 cm (1/4") -0.48 cm (3/16")
Descuadrado de perfiles	
Peralte ≤ 30 cm (12")	0.64 cm (1/4")
Peralte > 30 cm (12")	0.79 cm (5/16")
Area y peso	±2.5%
Longitud	
Límites para Ensamble	0.08 cm (1/32")
Otros elementos	
Longitud ≤ 9.2 m (30 ft)	0.16 cm (1/16")
Longitud > 9.2 m (30 ft)	0.32 cm (1/8")
Flechado	
General	0.1 cm/m (1/8"/10 ft) de longitud
Miembros a compresión	1/1000 de la longitud axial entre los puntos de apoyo lateral

El ordenamiento de las piezas consiste en la identificación de cada elemento, y su estiba de acuerdo con el orden en que van a ser colocados. Es común identificar cada pieza con un código para facilitar su manejo durante las actividades de izado y ensamble. El acero debe ser estibado sobre maderos, en superficies sólidas y niveladas, y protegido de grasas, suciedad y corrosión.

La figura 4.5.10 presenta una muestra de estiba e identificación de elementos estructurales en una obra en la Ciudad de México.

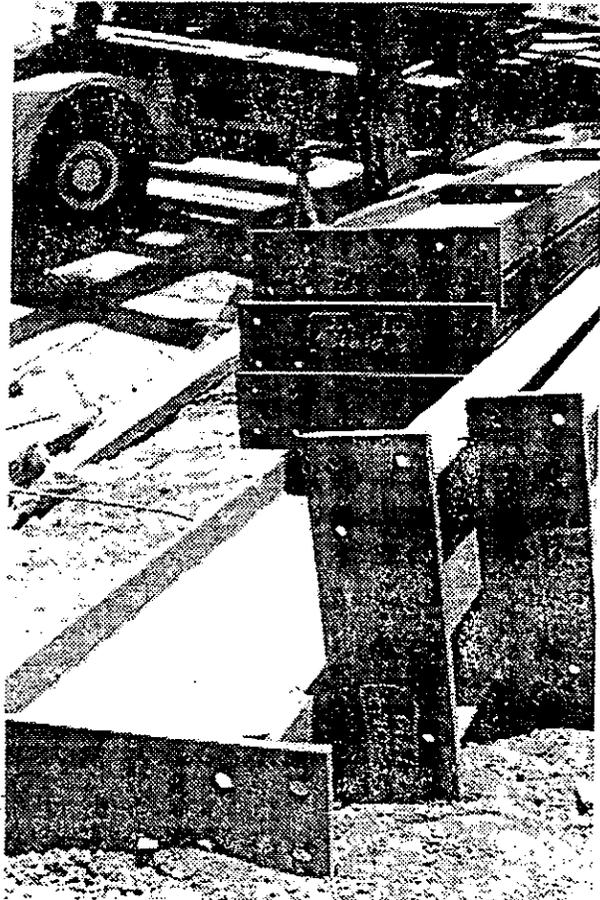


Figura 4.5.10 Identificación y estiba de miembros de acero estructural

Procedimientos de izado

El procedimiento usual de erección de acero estructural, utiliza tres grupos (un grupo de izado, un grupo de ensamble y un grupo de conexión), que operan secuencialmente. El grupo de izado, eleva el miembro estructural en su posición y realiza conexiones temporales que mantendrán el elemento seguro en su posición hasta que otro grupo le dé terminación a la conexión. Las normas de seguridad utilizan el término *integridad estructural* (figura 4.5.11) para definir las condiciones en las cuales la estructura no sufrirá un colapso durante las maniobras de izado, ensamble y conexión definitiva. Por ejemplo, estas normas definen que

no puede ensamblarse una estructura de acero, más allá de ocho niveles superiores al último sistema de piso estructural que haya sido totalmente terminado. Además, no puede haber más de cuatro niveles ó 14.6 m (48 ft) de estructura sin soldadura o tornillería de sujeción, más arriba del último piso que haya sido asegurado (no necesariamente terminado). El grupo de ensamble lleva el elemento estructural al sitio apropiado y coloca suficientes pernos para mantener alineada la estructura, hasta que el grupo de conexión realiza su trabajo. El grupo de terminación o de conexiones, realiza las conexiones finales, atornilladas o soldadas de acuerdo con las especificaciones de diseño.

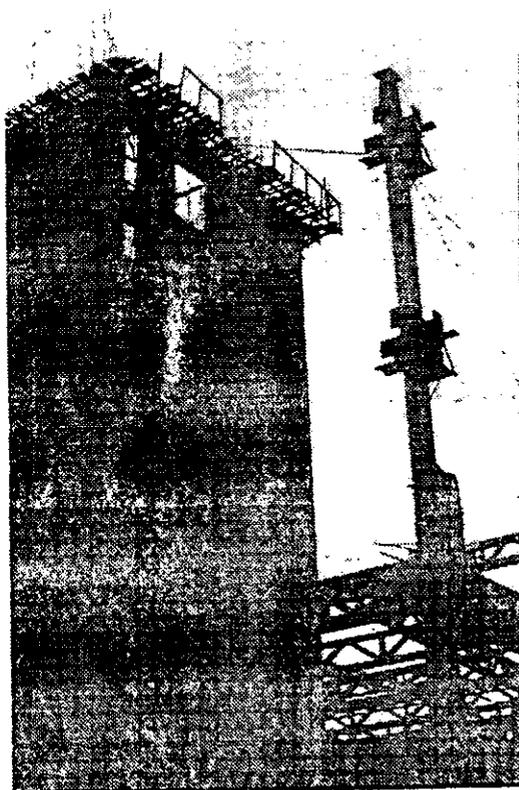


Figura 4.5.11 Estructura de acero en condiciones de integridad estructural

Equipo de izado

Los equipos para el izado de elementos estructurales más empleados son, la grúa móvil y las grúas tipo torre. Además, existen otros dispositivos para el izado del acero como la pluma de erección que es uno de los dispositivos de izado más simples. Dos o más de estas plumas pueden ser utilizadas para elevar grandes piezas de equipos, como calderas y tanques. Un polipasto es probablemente, uno de los dispositivos más usados para elevación en la construcción de edificios altos debido a su gran movilidad, ya que puede ser reubicado con cierta facilidad. Otro dispositivo es el polipasto rigidizado, que tiene una gran capacidad de

carga y que resulta recomendable montar sobre rieles para facilitar sus movimientos dentro del área de trabajo, (ver figuras 4.5.12 y 4.5.13).

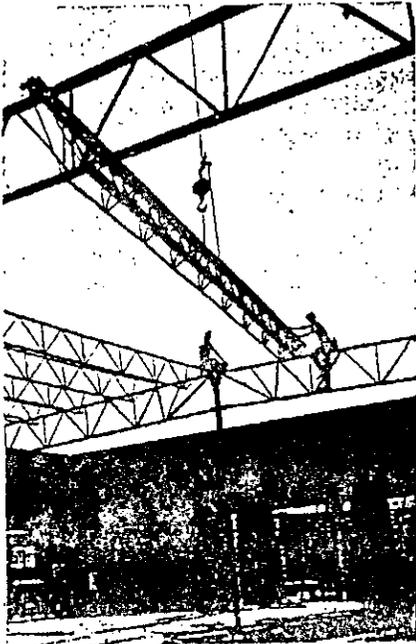


Figura 4.5.12 Izado y colocación de trabe de acero

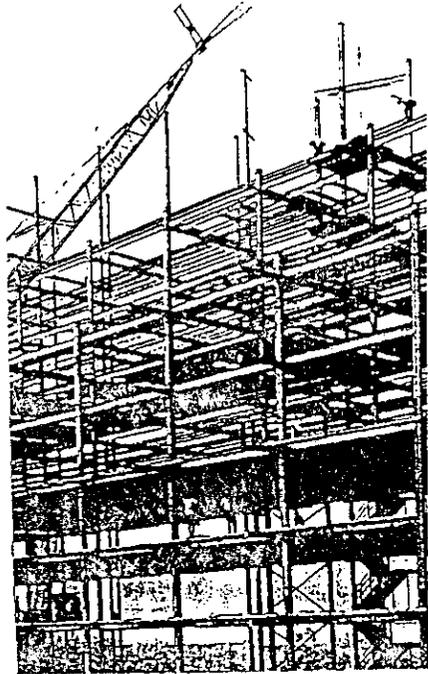


Figura 4.5.13 Estructura metálica en proceso de erección

Alineamiento del acero

El alineamiento de las piezas de acero, debe realizarse de acuerdo con los límites de tolerancia del código de estándares de la AISC (American Institute of Steel Construction). De acuerdo con estos indicadores, el error de desplome de un elemento vertical no debe ser mayor a 1 unidad por 500 unidades de altura, y la línea de centro de una columna exterior no podrá ser mayor a 2.5 cm (1") hacia dentro del edificio o de 5 cm (2") hacia fuera del edificio, en una altura de 20 pisos. El barrenado de piezas se realiza para permitir el paso de instalaciones cuando la estructura del edificio se haya terminado. Además, es práctica común asegurar en las diferentes piezas de acero elementos de sujeción de otras instalaciones. Ninguna de estas operaciones puede realizarse sin la intervención y la aprobación del diseñador de la estructura, y siguiendo rigurosamente sus indicaciones y especificaciones, con el objeto de evitar el debilitamiento de elementos estructurales.

Comúnmente, se utilizan tirantes en el proceso de alineamiento y nivelación de las estructuras de acero, como se ilustra en la figura 4.5.14. Los planos de erección deben incluir el número, tipo y localización de los soportes y de los tirantes que deberán ser utilizados. Los

tirantes deben ser ubicados de tal manera, que no interfieran con el tránsito de personal de obra, o con los movimientos de otros equipos.

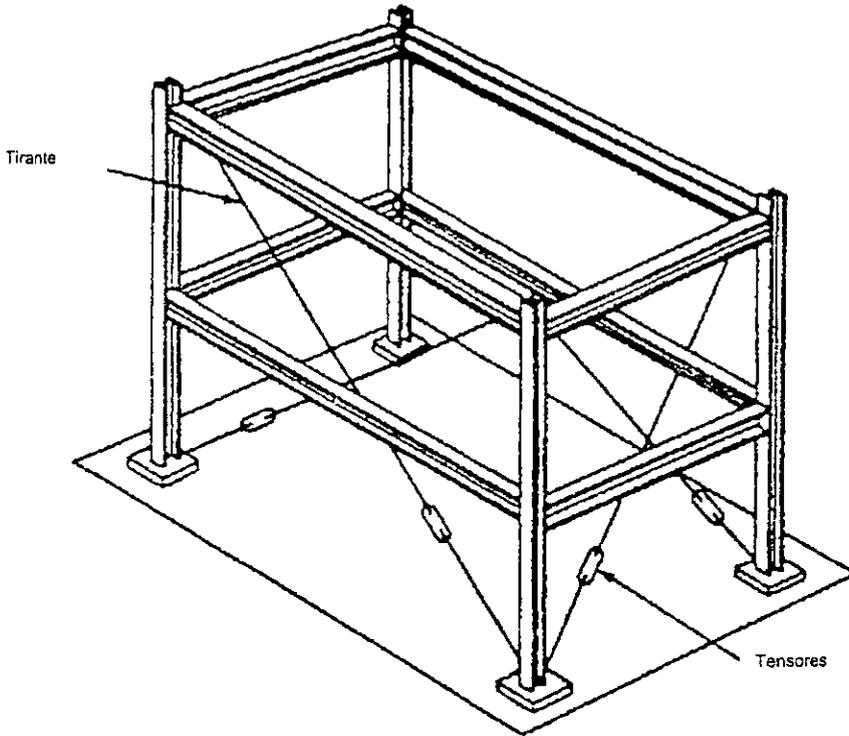


Figura 4.5.14 Nivelación y plomeo de estructura de acero con tirantes.

Conexiones de campo

Los tres principales sistemas para la conexión de elementos de acero estructural, son el atornillado, el remachado y el soldado de las diferentes conexiones. Debido a que las técnicas de remachado ya no son tan comunes; solamente se comentarán las técnicas de atornillado y de aplicación de soldadura (figura 4.5.15).

Juntas atornilladas. A pesar de que los tornillos ASTM 307 todavía existen en el mercado, los tornillos de alta resistencia son los de mayor utilización para las estructuras de acero actuales. Para evitar las confusiones en la identificación, ASTM ha prescrito marcas especiales para los tornillos de alta resistencia, los que se ilustran en la figura 4.5.16. Los tornillos que son



Figura 4.5.15 Operarios realizando conexiones de elementos estructurales

colocados en su sitio y que tienen prominencias en el fuste para prevenir su rotación, se denominan tornillos con cuerpo de interferencia. Los tornillos que incorporan una muesca de control de tal manera que el fuste del tornillo se rompe cuando se aplica un torque mayor al especificado, se denominan tornillos con control de torque.

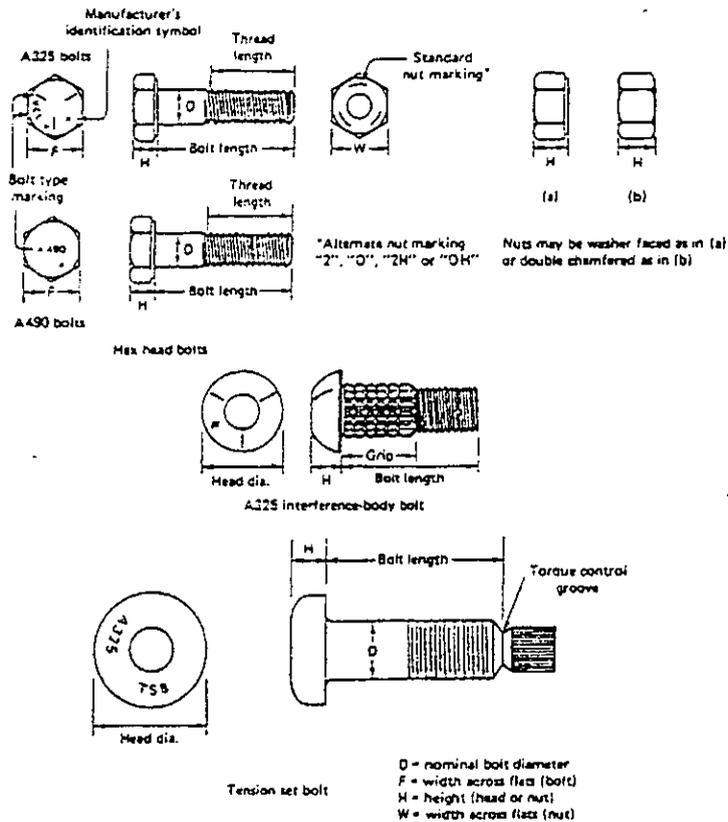


Figura 4.5.16 Pernos de alta resistencia

Los procedimientos para el control de calidad, requieren el uso de una llave calibrada para asegurar que la tensión en el tornillo se ha obtenido. Cuando se utilizan las llaves calibradas de torque, deben calibrarse diariamente con un calibrador estándar. Cuando se utilizan pistolas de aire de impacto para la colocación de tornillería, la presión de aire debe ser de por lo menos 100 psi, y la pistola debe ser capaz de alcanzar la tensión especificada en aproximadamente 10 segundos.

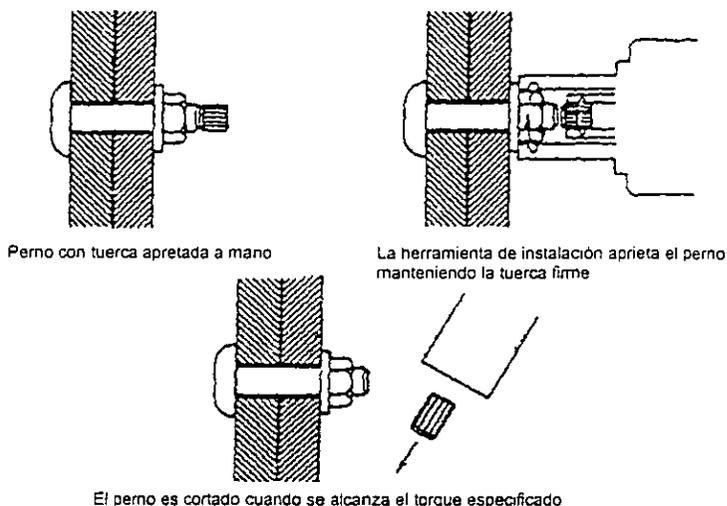


Figura 4.5.17 Proceso de instalación de pernos de alta resistencia

Conexiones soldadas. La soldadura de elementos estructurales, es otro de los procedimientos especializados que deben realizarse cuidadosamente si se requiere que la conexión de elementos cumpla con las especificaciones de resistencia. Los requerimientos para una adecuada soldadura, se encuentran en las publicaciones de la asociación Americana de la Soldadura (AWS). Todos los soldadores que realizan trabajos en la construcción de edificios deben recibir la certificación de su aptitud técnica, emitido por una institución especializada en este tipo de trabajos. Para México, la certificación puede otorgarla PEMEX. Todos los supervisores deben conocer y saber interpretar la simbología empleada en planos. En la mayoría de las estructuras se emplean las soldaduras de ribete, de filete, a penetración completa y en forma de "v". Estos tipos de soldadura están ilustrados en la figura 4.5.18.

Adicionalmente, al emplear a soldadores calificados, los requerimientos para producir soldaduras eléctricas aceptables incluyen la adecuada preparación de la base de metal, la utilización de los electrodos adecuados, y la utilización de corriente eléctrica con la intensidad, el voltaje y la polaridad adecuados.

Existen diferentes métodos para supervisar la calidad de las soldaduras. Estos métodos incluyen la inspección visual, pruebas destructivas, inspección radiográfica, inspección ultrasónica, inspección de partículas magnéticas, e inspecciones basándose en penetración de líquidos. El método más usual y más rápido, es el de la inspección visual; sin embargo, para que sea efectivo requiere del empleo de personal capacitado y con experiencia, y desde luego es el método menos eficiente para asegurar las resistencias de diseño.

Las pruebas destructivas son empleadas principalmente en los procesos de certificación de personal, y pueden ser utilizadas cuando los métodos no destructivos indican una pobre calidad en la soldadura. La inspección radiográfica implica la producción de una imagen de rayos X de la soldadura, y cuando es empleada adecuadamente, se puede detectar hasta un 2% del espesor de la junta. La inspección ultrasónica utiliza vibraciones de alta frecuencia para detectar defectos. La naturaleza de la señal ultrasónica que es reflejada por la soldadura, da una indicación del tamaño, el tipo y la localización de cualquier defecto. La inspección

basándose en partículas magnéticas, utiliza la distribución de partículas magnéticas para detectar defectos en o cerca de la superficie de la soldadura, y no puede ser empleada en materiales no magnéticos como el aluminio. La inspección basándose en penetración de líquidos, implica la aplicación del líquido, secar la superficie y después, la aplicación de un revelador que indica las partes donde el líquido ha penetrado la superficie de la soldadura. Este método es poco caro y fácil de emplear, pero solamente puede detectar fallas que están abiertas a la superficie de la soldadura.

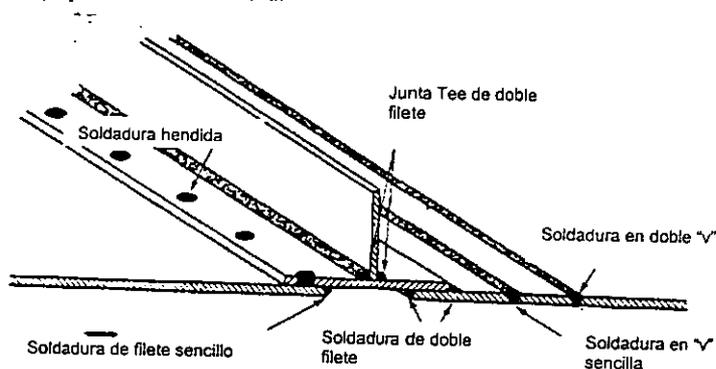


Figura 4.5.18 Soldadura en elementos estructurales

Seguridad en obras de acero estructural.

Debido a que la construcción de edificios con acero estructural es una actividad extremadamente riesgosa, existen normas de seguridad aplicables de manera rigurosa.

Los equipos de protección que exigen las regulaciones en seguridad, incluyen el empleo de cascos y guantes como equipo estándar. La protección para los ojos es indispensable para obreros que sueldan o cortan, y para los obreros que trabajan junto a ellos. El personal que trabaja en niveles superiores debe contar con dispositivos de seguridad contra caídas. Se deben emplear andamios y barandales provisionales cuando sea posible. Si esto no es factible, deben disponerse líneas y cinturones de seguridad. Adicionalmente, cuando la altura excede de 7.6 metros (25 ft) o dos pisos, deben ser empleadas redes de seguridad.

El clima también es responsable de accidentes en la construcción de estructuras de acero. Los vientos pueden hacer que los obreros pierdan el equilibrio y caigan, o pueden provocar que las piezas que son izadas oscilen peligrosamente. Cuando llueve, la superficie de los perfiles de acero puede volverse resbaladiza. Y finalmente, resulta recomendable revisar que los elementos estructurales se encuentren libres de grasa o de adherencias o pintura sin secar, antes de ser utilizados para su colocación, ya que estos elementos pueden provocar accidentes cuando se transita sobre ellos en estas condiciones.

4.5.2.1.3 Estructura de concreto reforzado

La práctica de construcción en concreto, involucra las actividades de dosificación de agregados, mezclado, transportación, colocación, acabados de las superficies y curado (figura 4.5.19).

Las actividades de dosificación y mezclado, puede realizarse en la planta de premezclado o en obra, y la proporción de los componentes determina la resistencia de la mezcla cuando ésta haya endurecido o fraguado. Existen tablas de dosificación de agregados, pero es recomendable que si se cuenta con el apoyo de un laboratorio de control de calidad, éste puede diseñar concretos o morteros precisamente con los materiales que están a disposición del constructor en el sitio de la obra, para alcanzar la resistencia de diseño.

Transportación y manejo

Existen diferentes dispositivos para transportar el concreto hasta su lugar definitivo. Estos pueden ser desde carretillas hasta bogges, carretillas motorizadas, tolvas, bombas para concreto y camiones de premezclado. Independientemente de los equipos empleados, debe ponerse atención para evitar la segregación de los materiales cuando el concreto se encuentra en estado plástico. La altura para depositarlo libremente, debe limitarse a 1.5 metros (5 ft), a menos que se utilicen canales o tuberías para evitar su segregación.

Las carretillas tienen una limitada capacidad (aproximadamente 0.04 m^3), pero son comúnmente utilizadas para colocar pequeñas cantidades de concreto. Los bogges que se empujan manualmente, con capacidad de 0.17 a 0.31 m^3 , o los bogges motorizados con capacidad de 0.38 m^3 son de mayor utilidad cuando se requiere mover volúmenes mayores. Sin embargo, estos equipos están siendo remplazados por bombas de concreto capaces de mover la mezcla desde el camión de transporte, directamente al lugar de su colocación definitiva hasta alturas de 152 metros o más. Es de uso común, la utilización de bombas integradas a camiones con brazos de extensión como la que se muestra en la figura 4.5.20.

Las tolvas acopladas a grúas, son capaces de mover el concreto hasta los niveles más altos de los edificios, o para moverlo dentro de un radio muy amplio de acción. Las tolvas están equipadas con una compuerta en el fondo y un mecanismo de apertura que permite colocar la mezcla en el lugar indicado, como se muestra en la figura 4.5.21. El mecanismo de apertura de la compuerta puede ser manual o motorizado, con lo que puede disminuirse el riesgo por accidente cuando se coloca concreto en niveles superiores de los edificios.

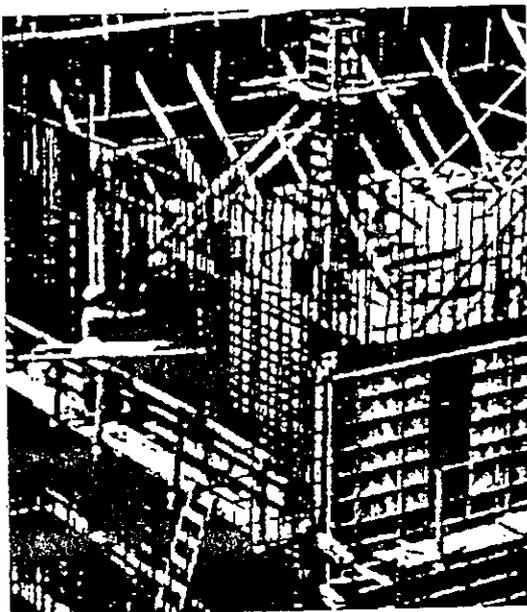


Figura 4.5.19 Obra de concreto armado en proceso

Existen además, camiones de volteo adaptados para la transportación de concreto en estado plástico, y están diseñados de tal manera que se evite la segregación de la mezcla, y permiten una descarga y limpieza rápidas. Cuando se emplea camiones de volteo, las especificaciones deben limitar las distancias de recorrido y la velocidad de traslado. La temperatura, las condiciones del camino, el tipo de camión y el diseño de la mezcla, son factores que pueden afectar las distancias máximas de recorrido. Existen también carros de ferrocarril para el transporte de concreto en estado plástico, pero su utilización es limitada.



Figura 4.5.20 Colocación de concreto con bomba

Colocación y consolidación

La colocación del concreto en estado plástico hasta su lugar definitivo (regularmente dentro de moldes), se conoce como *colado*. Antes de colocar el concreto, la superficie y el fondo de los moldes deben estar debidamente preparados. Los moldes deben estar limpios y firmes, y las superficies interiores recubiertas con aceite o diesel, o de un desmoldante fabricado ex profeso, de tal manera que se permita el retiro de los moldes sin dañar la superficie del concreto (figura 4.5.22).

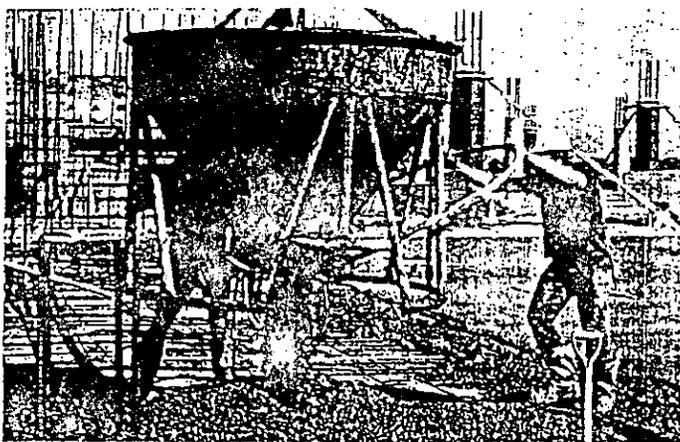


Figura 4.5.21 Colocación de concreto con tolva movida por aría.

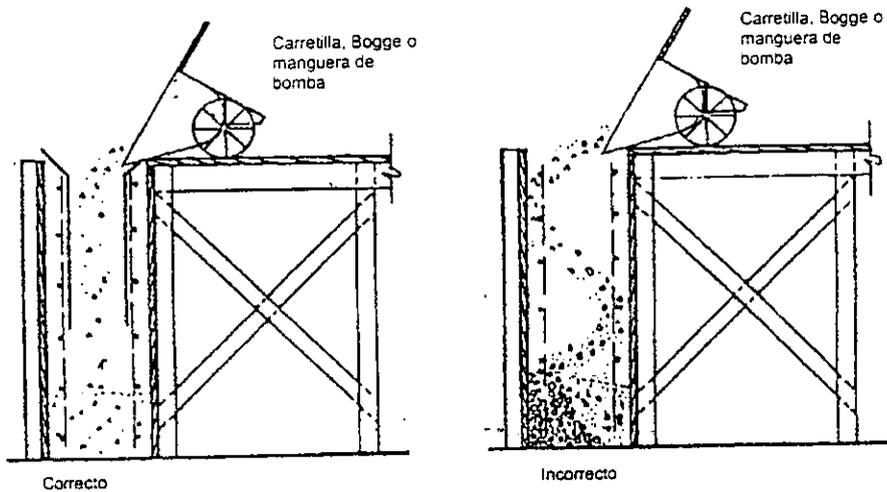


Figura 4.5.22 Métodos correcto e incorrecto para colocar concreto en cimbras

Cuando el concreto es depositado directamente sobre materiales absorbentes, como tierra o sub-bases de pisos, la superficie debe ser humedecida de tal manera que se evite la pérdida de agua de la mezcla del concreto plástico. Cuando se coloca concreto fresco sobre otro ya endurecido, la superficie se debe raspar y picar para asegurar una adecuada unión entre las dos superficies; para mejorar la unión entre ellos, la superficie del endurecido puede recubrirse con un mortero o una lechada de agua cemento antes de colar el nuevo. El concreto regularmente, es colocado en capas de 15 a 61 cm (6" a 24") de espesor, excepto cuando se coloca con bombas desde el fondo de las formas. Cuando se coloca el concreto en capas, debe cuidarse que la capa inferior no inicie el fraguado, antes de que la siguiente capa sea depositada encima.

El concreto puede ser colocado mediante el método conocido como *concreto lanzado*. Ya que una mezcla relativamente seca es utilizada en este método, el concreto lanzado puede aplicarse en paredes verticales o plafones. Como resultado, el concreto lanzado es utilizado para la construcción de tanques, albercas, túneles, así como para realizar trabajos de reparación de obras de concreto.

La consolidación del concreto, es la operación de remover vacíos de aire dentro de la mezcla de concreto, cuando éste se está colocando en su sitio. Los vibradores eléctricos o a gasolina se utilizan normalmente para consolidar los concretos, pero métodos manuales de picado o remoción también pueden utilizarse, aunque con menos efectividad. También se pueden utilizar vibradores de los moldes o cimbras en el exterior de éstas. Los vibradores no deben usarse para consolidar el concreto en forma horizontal, ya que esta operación favorece la disgregación de la mezcla. Los vibradores solamente pueden ser empleados verticalmente, y deben penetrar suficientemente la mezcla de concreto que se haya depositado. El vibrador debe moverse a otro sitio cuando aparezca sobre la superficie de la mezcla una pasta de agua cemento.

Terminado y curado

El terminado es el proceso de llevar el concreto a su posición final y otorgarle la textura de diseño. Las operaciones de terminado incluyen la nivelación, el regleado, el flotado, y el escobillado. La nivelación, es la operación mediante la cual los obreros dan la pendiente adecuada o la nivelación a la superficie del concreto; esta operación puede hacerse a mano o con un perfil metálico conocido como "regla". Cuando la mezcla ha endurecido un poco, se aplica mezcla de cemento arena agua con una "flota" para homogeneizar la superficie. Si se requiere un piso antiderrapante, se puede dar textura a la superficie del concreto con una escoba.

Para garantizar la adecuada hidratación del cemento, se requiere que existan condiciones favorables de humedad y temperatura. El proceso de proveer la humedad necesaria y la de mantener la adecuada temperatura se conoce como el proceso de *curado*. Los métodos para mantener la temperatura se comentan más adelante. Los métodos utilizados para mantener la humedad, incluyen la cobertura del concreto con paja o arena húmeda, anegando la superficie recién colocada, cubrir las superficies con hojas de papel o plástico, y aplicar compuestos para el curado. La utilización de compuestos químicos para curado aplicados mediante rocío, se ha convertido en práctica común durante los últimos años.

El concreto en clima cálido

El proceso de endurecimiento del concreto es acelerado notablemente, cuando la temperatura es apreciablemente mayor que la temperatura óptima de 10° a 15.5° C (50° a 60° F). La temperatura de 32° C (90° F), es considerada un límite razonable superior para las operaciones de concreto. Adicionalmente, al reducir el tiempo de fraguado, las altas temperaturas reducen el revenimiento para una mezcla dada. Si se adiciona agua para alcanzar el revenimiento deseado, se debe agregar además, más cemento o la relación agua - cemento puede incrementarse con la consecuente reducción de la resistencia del concreto. Las altas temperaturas, especialmente cuando son acompañadas por vientos y bajas humedades, incrementan la contracción del concreto y frecuentemente, conducen a la aparición de grietas en la superficie. Se deben seguir varios pasos para minimizar los efectos adversos de las altas temperaturas en el concreto. La temperatura del concreto plástico puede disminuirse enfriando el agua de la mezcla o refrigerando los agregados antes de la mezcla. La ganancia de temperatura durante la hidratación, puede reducirse utilizando cemento tipo IV (de bajo calor de hidratación), o adicionando un retardador de fraguado. Agentes inclusores de aire, agentes reductores de agua, o agentes de trabajabilidad pueden ser utilizados para obtener una mezcla trabajable sin modificar la relación agua - cemento. También es recomendable disminuir el tiempo para la descarga de concreto premezclado, del tiempo normal de 1.5 horas a 1 hora o menos. La utilización de sombras y coberturas puede ser de utilidad para controlar la temperatura del concreto, después de que ha sido depositado en su sitio. El curado de humedad debe iniciar de inmediato después del colado y continuar por lo menos, durante 24 horas.

El concreto en clima frío

Los problemas de ejecutar obras de concreto en climas fríos son exactamente, los opuestos a realizar obras en clima cálido. No debe permitirse que el concreto se congele durante las 24 horas posteriores a su colocación, para evitar daños permanentes y pérdida de resistencia. Las especificaciones frecuentemente demandan que si la temperatura es de 5° C (40° F) o menor, la temperatura del concreto como mínimo debe ser de 10° C (50° F), y que esta temperatura debe ser mantenida durante tres días por lo menos, después de su colocación. El cemento

tipo III (de alta resistencia temprana), o la utilización de acelerantes de fraguado son recomendables para reducir los tiempos de fraguado del concreto durante las bajas temperaturas. El agua y los agregados, deben calentarse antes de ser mezclados para aumentar la temperatura del concreto plástico. Para el curado pueden utilizarse calentadores, y después de su utilización, el concreto debe ser enfriado gradualmente o pueden aparecer grietas y cuarteaduras en la superficie del concreto terminado.

Cimbras

El principal requerimiento para un molde de concreto o cimbra, es el de que sea seguro, produzca la forma deseada, se obtenga la textura de diseño y sea económica. Los requerimientos de la forma (incluyendo las deflecciones máximas), y la textura que se pretende, se encuentran contenidos en los planos y las especificaciones. Considerando que el costo de los moldes de concreto regularmente excede el costo del concreto mismo, es evidente la necesidad de diseñar un molde de la manera más económica posible.

Un molde típico con sus componentes se muestra en la figura 4.5.23. La cimbra de contacto puede ser de cimbraplay o de fajilla de madera. Las madrinas pueden ser de dobles barrotes, de tal manera que los atiesadores o los moños puedan ser insertados entre los dos barrotes como se muestra. Mientras que la presión del concreto es resistida por las madrinas, resulta necesario la colocación de contravientos para garantizar la verticalidad del molde y su estabilidad, ante la presencia de viento o de otras fuerzas horizontales. Los atiesadores típicos se muestran en la figura 4.5.24. Los atiesadores cuentan con un dispositivo que impide que el molde se cierre, y se mantenga el espacio adecuado entre las cimbras de contacto, hasta que el concreto es colocado. Los atiesadores son de dos tipos: del tipo continuo y de desconexión interna. Los atiesadores continuos pueden ser extraídos después de que el concreto ha endurecido, o pueden ser rotos o cortados en un punto cercano a la superficie del concreto, después de que el molde ha sido retirado. Con los atiesadores de desconexión interna se retiran las tuercas para permitir el retiro de los moldes y después, se rompen conservando parte del atiesador dentro del concreto. Los agujeros en la superficie del concreto son

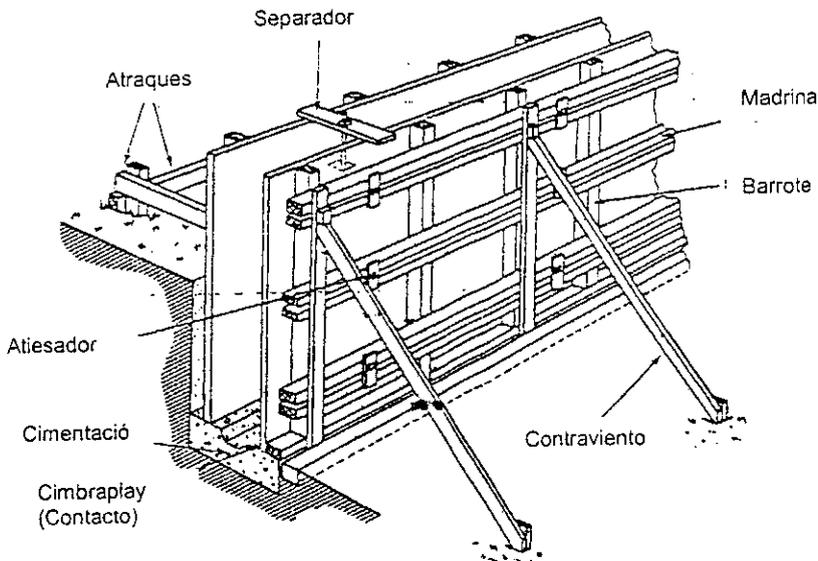
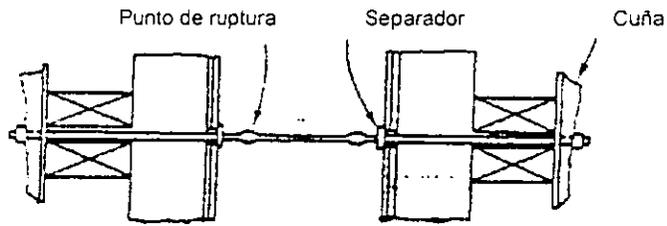
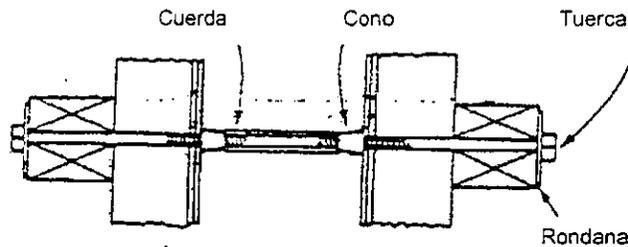


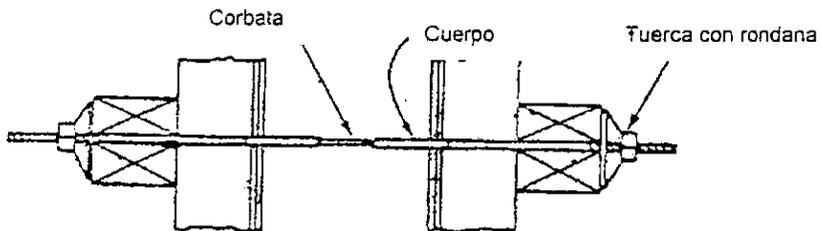
Figura 4.5.23 Cimbra para concreto típica.



Atiesador de ruptura con separadores



Atiesador roscado con separador de cono



Atiesador de corbata

Figura 4.5.24 Atiesadores para moldes de concreto

posteriormente resanados con algún tipo de mortero.

Los moldes para las columnas son similares a los moldes para muros, excepto que las madrinas son reemplazadas por yugos que resisten las presiones del concreto en estado plástico. Un molde típico para columna se muestra en la figura 4.5.25. Las columnas redondas se forman con moldes de cartón prefabricado, o de fibra de vidrio reforzada con elementos de acero. Se pueden utilizar ventanas o perforaciones a diferentes alturas en moldes estrechos que permitan la colocación adecuada del concreto. Además, pueden

diseñarse acceso en el fondo de los moldes verticales para permitir el bombeo de concreto desde el fondo.

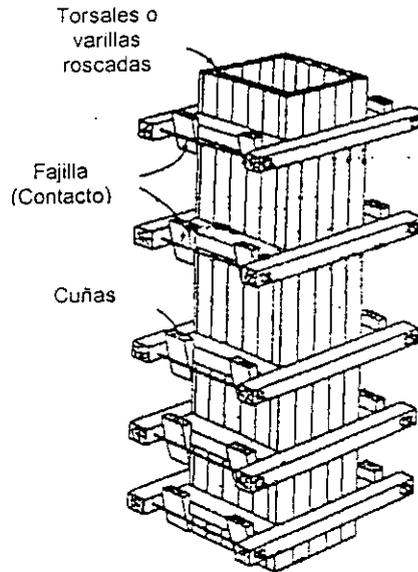


Figura 4.5.25 Cimbra típica para columna

La figura 4.5.26, muestra la cimbra para un entrepiso. Los moldes para la construcción de losas de entrepiso aligeradas en un sentido o dos sentidos, regularmente se resuelven utilizando moldes prefabricados o en nuestro medio, se pueden emplear los tabicones huecos para forjar las trabes que aligeran la losa. La figura 4.5.27, muestra la utilización de casetones fabricados regularmente, de fibra de vidrio o de metal.

Considerando que las cimbras pueden representar desde el 40% al 60% del costo de la construcción de concreto, resulta esencial que las cimbras sean diseñadas con cuidado, y evaluadas con la debida atención las alternativas de cada solución.

Una forma de disminuir el costo de las cimbras es su uso repetitivo en un número suficiente que permita disminuir su impacto en el costo total, sin sufrir demérito en su resistencia, ni en la calidad de las texturas que se obtienen cuando son retiradas después de los colados.

Las cimbras deben construirse con juntas sin fisuras, para prevenir la fuga de pasta de cemento y evitar la exposición de los agregados. Antes de la colocación del concreto las cimbras deben alinearse horizontal y verticalmente, y ser sujetadas para asegurar su posición durante los colados. La alineación debe ser constantemente monitoreada durante la colocación del concreto y debe ser ajustada si resulta necesario. Cuando un molde es más ancho en la base que en la parte inferior, al colocar el concreto se crea una fuerza de elevación de la cimbra, por lo que debe anclarse el molde para evitar estos efectos. Se debe revisar el fondo de todos los moldes, y se debe remover la basura y los materiales sueltos del

fondo antes de colocar el concreto. Se deben utilizar canalones o mangueras para colocar concreto en moldes verticales altos, y la caída libre de la mezcla debe limitarse a menos de 1.5 metros (5 ft). Cuando se vibra el concreto, el cabezal del vibrador debe penetrar verticalmente no menos de 2.5 cm y no más de 20 cm en la capa de concreto colocada previamente. Es posible romper un molde de muro o de columna, si el vibrador penetra de manera profunda en capas de concreto que se encuentran en proceso de fraguado. Sin embargo, la vibración de concreto que ha sido previamente compactado no es dañina para el concreto, ya que se transforma en plástico cuando es vibrado. Cuando se bombea concreto desde el fondo de los moldes, la operación debe hacerse rápidamente, para evitar que el concreto inicie el fraguado. Si el ritmo de colocación es muy lento, la presión excesiva que se produce en el interior del molde, puede romperlo o producir deformaciones importantes.

Seguridad en los trabajos de cimbrado

Las siguientes son algunas recomendaciones en los trabajos de construcción de moldes de concreto o cimbras:

- 1) Debe proveerse un soporte adecuado para todos los trabajos de cimbra. La utilización de arrastres debajo de los soportes es una práctica común. La figura 4.5.28, muestra los diferentes tipos de arrastres. Se debe tener especial cuidado de no apoyar trabajos de cimbra cerca de excavaciones que pueden fallar o derrumbarse.
- 2) Se deben contraventear los moldes verticales. Se debe revisar que las uniones estén seguras, especialmente si para estas uniones se utilizan clavos. La vibración de motores o de la vibración del concreto pueden provocar que estas uniones se debiliten y fallen.
- 3) Se debe controlar el ritmo de colocación y la ubicación del concreto de tal manera que las cargas de diseño no sean excedidas.
- 4) Se debe asegurar que las piezas de concreto han alcanzado una adecuada resistencia, antes de retirar los moldes y sus soportes. Es práctica común la colocación de puntales debajo de miembros estructurales de manera temporal. Se debe tener cuidado de no aplicar cargas en zonas en donde el concreto está parcialmente endurecido.
- 5) Cuando se colocan piezas prefabricadas de concreto, como la mostrada en la figura 3.2.15, debe tenerse especial cuidado de las fuerzas laterales por viento que pueden provocar balanceos peligrosos y pueden provocar accidentes en las obras o en las personas.
- 6) La presencia de clavos expuestos, es la causa más común de accidentes en las construcciones de concreto. Tan pronto como los moldes son desensamblados, las diferentes piezas deben trasladarse al sitio de su siguiente colocación o a un lugar seguro, donde deben extraerse todos los clavos expuestos.

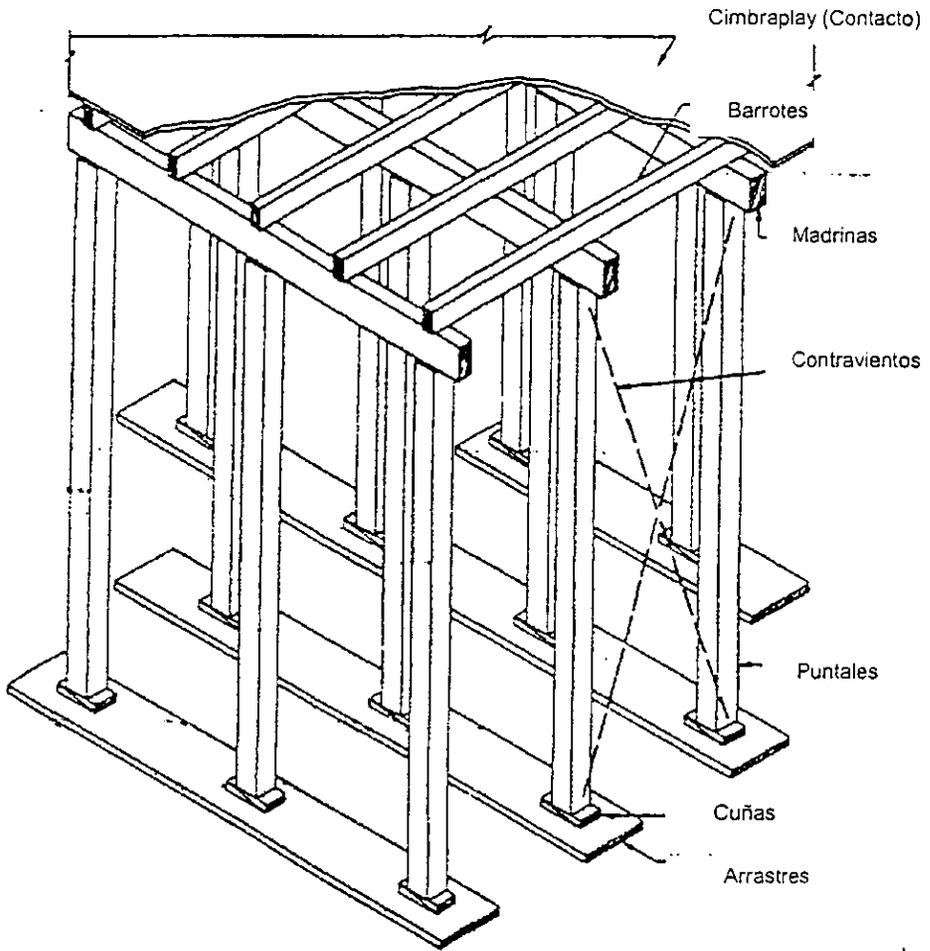


Figura 4.5.26 Cimbra típica para entrepiso

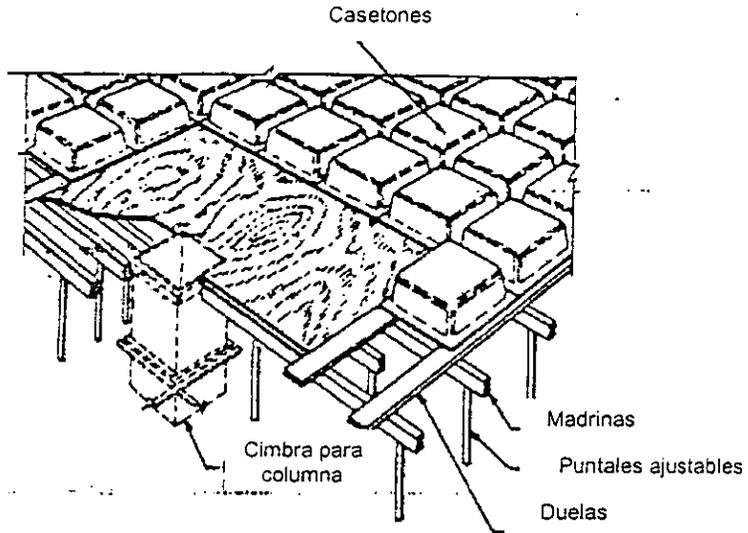


Figura 4.5.27 Cimbra para entepiso aligerado con casetones

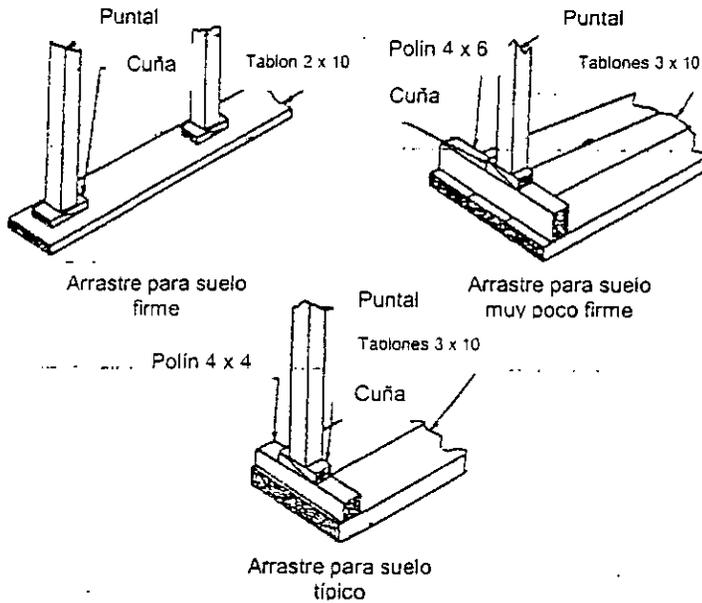


Figura 4.5.28 Arrastres para puntales

Acero de refuerzo

El acero de refuerzo para el concreto se puede obtener en varillas estándar, espirales (para refuerzo en columnas), y piezas soldadas. Las varillas de refuerzo están regularmente corrugadas para asegurar una adecuada adherencia al concreto circundante. Las varillas corrugadas pueden obtenerse en los 11 tamaños definidos por la ASTM (American Society for Testing and Materials), que se listan en la tabla 4.5.2. Se puede notar que el número de la varilla indica el número aproximado de su diámetro en octavos de pulgada.

Tabla 4.5.2 Especificaciones de varillas corrugadas de acero

Número de varilla	Peso		Diámetro		Area de la sección	
	lb/ft	kg/m	in	mm	in ² .	mm ²
3	0.376	0.560	0.375	9.52	0.11	71
4	0.668	0.994	0.500	12.70	0.20	129
5	1.043	1.552	0.625	15.88	0.31	200
6	1.502	2.235	0.750	19.05	0.44	284
7	2.044	3.042	0.875	22.22	0.60	387
8	2.670	3.973	1.000	25.40	0.79	510
9	3.400	5.059	1.128	28.65	1.00	645
10	4.303	6.403	1.270	32.26	1.27	819
11	5.313	7.906	1.410	35.81	1.56	1006
14	7.650	11.384	1.693	43.00	2.25	1452
18	13.600	20.238	2.257	57.33	4.00	2581

Las marcas empleadas para identificar varillas corrugadas, de acuerdo con los estándares de la ASTM están ilustrados en la figura 4.5.29. El grado del acero de refuerzo corresponde al límite de fluencia en miles de libras por pulgada cuadrada.

Las mallas de acero soldado se utilizan comúnmente en los refuerzos de losas. Los alambres que integran la malla son de acero normal si no se especifica acero galvanizado

Las espirales para refuerzos de columnas se encuentran disponibles en tres tamaños estándar 3/8", 1/2" y 5/8". El rango de los diámetros estándar de las espirales varían desde 30 cm(12") hasta 84 cm(33").

Debido a que el concreto es débil a las fuerzas de tensión, el acero de refuerzo es utilizado para resistir de manera principal los esfuerzos de tensión y prevenir fisurado del concreto, o fallas de elementos de concreto sujetos a tensión. Los esfuerzos de tensión pueden ser inducidos por la contracción del concreto cuando endurece, por cambios de temperatura, y por esfuerzos cortantes y momentos flexionantes.

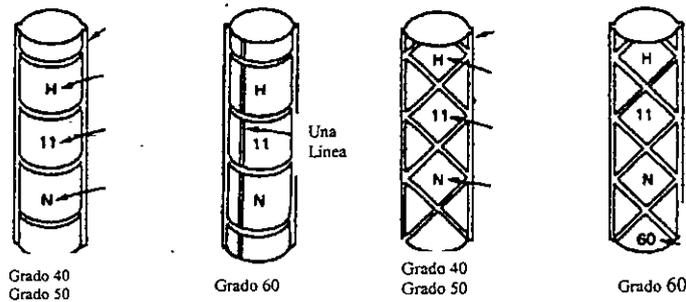


Figura 4.5.29 Marcas estándar en varillas de acero corrugado.

Con el objeto de proteger el acero de refuerzo de la corrosión y del fuego, debe asegurarse un recubrimiento mínimo de concreto. Los códigos de construcción, regularmente especifican recubrimientos mínimos de acero estructural. El ACI (American Concrete Institute) recomienda los recubrimientos mínimos siguientes, si no se especifica de otra manera en los planos:

- Muros no expuestos al clima o al suelo 1.9 cm (3/4")
- Trabes y columnas no expuestos al clima o al suelo 3.8 cm (1½")
- Concreto colado en moldes pero expuesto al clima o en contacto con el suelo 3.8 cm (1½") para varillas número 5 o menor; 5 cm (2") para varillas mayores al número 5.
- Concreto colado sin moldes directamente en contacto con el suelo 7.6 cm (3")
- Por lo menos una distancia de recubrimiento equivalente a un diámetro de la varilla empleada.

Supervisión

La supervisión y el muestreo de las obras de concreto para fines de control de calidad, pueden agruparse en cinco fases. Estas fases incluyen el diseño de la mezcla; la calidad de los agregados del concreto; mezclado y transportación del concreto; colocación del concreto, vibrado, terminado y curado; pruebas de resistencia del concreto fresco y endurecido en el sitio de las obras. El diseño de la mezcla incluye la definición de cada componente, el tipo y graduación de los agregados, el tipo de cemento y si se requiere, la incorporación de algún tipo de aditivo. Las pruebas de calidad de los agregados, incluye las pruebas para determinar los contenidos de impurezas orgánicas, una finesa excesiva, granulometría y resistencia a la abrasión, y los contenidos de humedad de los agregados. Los controles en la producción del concreto incluyen la revisión de las dosificaciones y los procedimientos de mezclado utilizados. Con los equipos modernos para la producción de concreto, sólo se requiere la certificación de los procesos del fabricante para esperar que el concreto cumpla con las especificaciones de diseño. La transportación, su colocación, terminado y los procesos de curado se supervisan siguiendo los lineamientos explicados con anterioridad.

Las pruebas practicadas al concreto remitido al sitio de los trabajos involucran las pruebas al concreto en estado plástico, y de resistencia en muestras de concreto endurecido. Las principales pruebas realizadas al concreto plástico, son las pruebas de revenimiento y de contenidos de aire y de agua. La figura 4.5.30, muestra el proceso de pruebas de revenimiento. La resistencia del concreto endurecido, es determinada mediante ensayos en cilindros estándar sometidos a compresión, en cilindros sometidos a esfuerzos de tensión y sometidos a esfuerzos de flexión. Regularmente las pruebas de resistencia se realizan a los 7 y 28 días de fraguado.



Figura 4.5.30 Prueba de revenimiento en concreto

Los desarrollos recientes en la tecnología de pruebas de concreto, han reducido significativamente el tiempo para determinar la resistencia del concreto en estado plástico. Por ejemplo, existe un calibrador nuclear de la relación agua – cemento a disposición de los constructores, y mide el contenido de cemento en la mezcla, el contenido de agua y la relación agua – cemento en el concreto plástico, obteniéndose resultados en 15 minutos. Cuando se ha establecido una relación entre la resistencia a los 28 días del concreto con el radio agua – cemento, la resistencia a la compresión del concreto plástico se puede predecir utilizando la información del calibrador nuclear sobre la relación agua – cemento.

4.5.2.2 Los controles de obra

Los controles de obra tienen como referencia los procesos constructivos definidos en las etapas de planeación y diseño, y se debe poner énfasis en las actividades tendientes a controlar los volúmenes de obra, de acuerdo con el catálogo de conceptos general de los trabajos. Debe llevarse un control del valor de la obra ejecutada para fines de pago a la mano de obra, proveedores y subcontratistas, y para fines de cobro ante el cliente o los propietarios de la obra. Para fines de toma de decisiones, deben ejercerse labores de control del presupuesto para cada una de las partidas de gasto, con el objeto de evitar sobregiros por partida o por concepto de gasto, y obtener, si esto es posible, saldos favorables que pueden constituir un fondo para la atención de eventualidades o para enfrentar sobrecostos por cualquier causa. Durante todo el proceso de construcción, se deben realizar las actividades de control de calidad previstas en las etapas de planeación, de acuerdo con las regulaciones oficiales, o de los sistemas internos de control de calidad, y la secuencia ordenada de actividades, de acuerdo con los análisis de redes y a las matrices de precedencias consideradas en la etapa de programación de obra.

Control de avance de volúmenes de obra

Cualquiera que sea la modalidad de ejecución de los trabajos – mano de obra directa; mano de obra al destajo; obra subcontratada – invariablemente deben documentarse sus avances mediante el levantamiento en campo de los *números generadores*. Los números generadores son una memoria de cálculo que contiene la información necesaria para que cualquier persona involucrada en la obra, pueda entender los trabajos realizados, su ubicación, sus dimensiones, y puedan conocer paso a paso los cálculos efectuados para determinar la cantidad de obra ejecutada durante un período y por un grupo de trabajo determinados.

Los números generadores deben estar invariablemente, referenciados al contrato de obra celebrado con los directamente responsables de su ejecución: maestros de obra o subcontratistas, y al catálogo de conceptos donde se consignan los conceptos de cada trabajo, sus alcances y sus especificaciones.

Como cada concepto de obra ejecutada debe estar soportado por un número generador, cada período que puede ser semanal, deben realizarse estos levantamientos para llevar un registro del avance por volumen de obra. Para fines prácticos, la información de los números generadores se consigna en una hoja de resumen, acompañada de todas las memorias de cálculo necesarias.

Cuando resulte necesario, los números generadores deben acompañarse con croquis acotados y de ser necesario, con fotografías que permitan constatar el avance físico de los trabajos.

Estos levantamientos de los trabajos realizados, pueden ser de utilidad cuando se requiera practicar una auditoría técnica a la obra en cuestión, ya que facilita la revisión de los supervisores externos, y eliminan dudas y confusiones.

Para efectos de control, se deben comparar los volúmenes de obra ejecutados en un período, contra los volúmenes previstos en los programas generales de trabajo comprometidos ante la dirección de la obra, ante los directivos de la constructora o ante los clientes. Del análisis de alguna desviación, si la existiera, se deben tomar las decisiones necesarias para evitar o resolver atrasos en las fechas comprometidas para el cumplimiento de los trabajos.

Control de avance en valor de obra ejecutada

El valor de la obra ejecutada en un período determinado, consiste en una memoria de cálculo que consigna el valor de multiplicar el volumen de cada concepto de obra, por el correspondiente precio unitario. La suma de todos estos productos consiste en el valor de la obra ejecutada. Estos criterios se aplican para valorar la mano de obra directa, valorar los trabajos al destajo, para valorar el trabajo de subcontratistas o para valorar el trabajo conjunto de todos los grupos que intervienen en la ejecución de las obras.

Los precios unitarios aplicables para cada uno de los casos descritos, son los que a continuación se relacionan:

Para la mano de obra directa, se aplica el precio a costo directo de la mano de obra consignada en los análisis de precios unitarios, a los que se les deben adicionar los cargos por el pago a los mandos intermedios (maestro de obra y cabos o medias cucharas), y los cargos por herramienta menor y las prestaciones de ley. Además, debe considerarse el costo de los materiales utilizados, considerando los desperdicios autorizados en la etapa de análisis, y el costo de renta o de amortización y de operación de equipos.

Para los trabajos al destajo, se aplica el precio a costo directo de la mano de obra consignada en los análisis de precios unitarios, los que contienen los cargos por el pago a los mandos

intermedios, y los cargos por herramienta menor. Se debe adicionar el cargo por las prestaciones de ley. Además, debe considerarse el costo de los materiales utilizados considerando los desperdicios autorizados en la etapa de análisis, y el costo de renta o de amortización y de operación de equipos.

Para los trabajos al subcontrato, se aplican los precios acordados ante el subcontratista en las etapas de negociación, los cuales incluyen los cargos por mano de obra directa, los mandos intermedios, las prestaciones de ley, la herramienta menor y el costo de renta o de amortización y de operación de equipos. Además, consideran los cargos por administración de obra, por administración de oficina central y una utilidad esperada por el subcontratista. Si se ha convenido el suministro por parte de la constructora, de los materiales necesarios, se debe considerar el cargo de tales insumos con los desperdicios autorizados en la etapa de análisis.

El valor consolidado de los trabajos ejecutados por todos los grupos debe considerar el precio unitario total por concepto acordado ante la dirección de la obra, los directivos de la constructora o ante los propietarios del proyecto. Estos precios unitarios consideran todos los cargos en los que se puede incurrir, tanto en la obra, como en las oficinas de administración central, deben considerar cargos como la constitución de garantías por cumplimiento y calidad de obra, garantías para la buena aplicación de los anticipos, costos financieros si se incurriera en ellos, y una utilidad esperada por parte de la constructora.

Las memorias de valor de obra ejecutada acompañadas por los números generadores, constituyen el documento fuente para el pago de estimaciones a destajistas, subcontratistas, y para la presentación al cobro de estimaciones de obra ejecutada que se presentan periódicamente ante la empresa constructora, o ante los propietarios del proyecto.

Para efectos prácticos, las estimaciones de obra, o memorias de valor de obra ejecutada, regularmente se acompañan de documentos adicionales de soporte:

- Información general del contrato y resumen de valor de obra
- Números generadores
- Fotografías
- Hojas de bitácora
- Estados de cuenta del importe total del contrato
- Estados de cuenta de la amortización de anticipos
- Reportes de las pruebas de calidad.

Para efectos de control, se deben comparar los valores de obra ejecutados en un período, contra los valores previstos en los programas generales de trabajo comprometidos. Del análisis de alguna desviación, si la existiera, se deben tomar las decisiones pertinentes.

Control en el ejercicio del presupuesto

En forma conjunta con el grupo de control contable de la obra, se debe definir el catálogo de las partidas sobre las cuales se deberá ejercer el control de su ejercicio, y de los saldos reportados por cada período en lo particular.

La relación de partidas contables, tiene su fundamento en la relación de insumos y servicios que serán demandados en el transcurso de la ejecución de los trabajos. La principal fuente de información para estos fines, es el análisis de precios unitarios por concepto de obra, y el

análisis de los indirectos de obra, de oficina central y de los cargos por garantías y financiamiento, consignados en cada uno de las fichas de precios unitarios.

El proceso para la asignación de saldos iniciales a las partidas de gasto se describe en la figura 4.5.31 Una vez que se han asignado saldos iniciales a cada una de las partidas de gasto, el control de los saldos se puede ejercer en forma periódica para comparar el ritmo de ejercicio de recursos, comparándolos con las previsiones de la planeación y la programación para que, cuando se presente una desviación, se puedan tomar las acciones correctivas en forma oportuna.

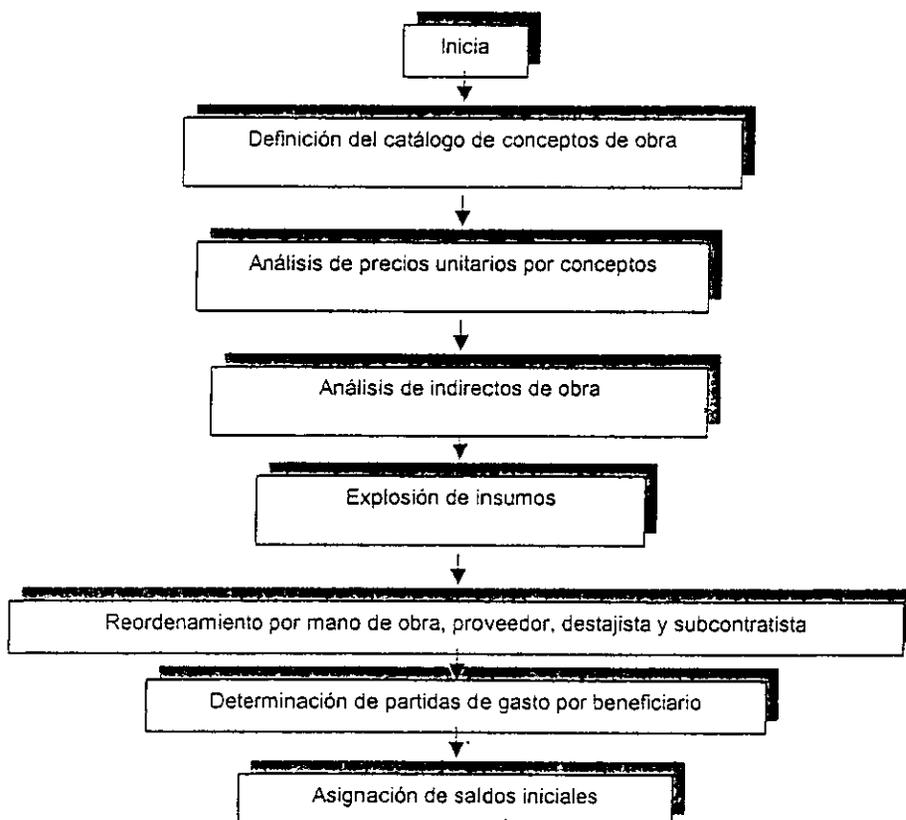


Figura 4.5.31 Secuencia para la asignación de saldos iniciales a partidas de gasto

Control de calidad

Formando parte de las rutinas de trabajo, y de acuerdo con las tendencias modernas para el aseguramiento de la calidad, la dirección de obra debe trabajar en forma coordinada con los laboratorios de control de calidad que permitan el alcance de las especificaciones, tanto en materiales, como en procesos constructivos, en mano de obra certificada, y en cumplimiento de especificaciones de resistencia y calidad en los productos terminados.

Estas rutinas de trabajo deben constituir parte de los procedimientos internos de trabajo y deben generar reportes de cumplimiento de calidad a la dirección de la obra en forma sistemática y periódica, poniendo énfasis en las desviaciones observadas y sugiriendo las acciones necesarias para corregir las anomalías reportadas.

Para facilitar el trabajo del laboratorio de control de calidad, es recomendable adaptar las instalaciones necesarias dentro de la residencia de obra. Si esto no es posible, resulta indispensable la presencia de los laboratoristas en forma cotidiana en la obra, quienes pueden contar con laboratorios móviles para practicar la toma de muestras o las pruebas de resistencia necesarias para reportar a la brevedad, el resultado de sus observaciones.

Los reportes de control de calidad, deben contener la información del laboratorio que practica las pruebas, el cual debe contar con la certificación de los instrumentos de prueba emitidos por el Instituto de Certificación de Laboratorios de Prueba. Además, se debe consignar el nombre de quien realiza las pruebas, fecha de realización, parámetros de referencia, criterios de aceptación o rechazo, y recomendaciones del laboratorista en función, a los resultados de las pruebas.

4.5.3. Seguimiento de actividades críticas

En la etapa de planeación y de programación se define la secuencia correcta de actividades de acuerdo con una secuencia lógica, y la matriz de precedencias define cuál actividad debe ir primero que otra.

Esta herramienta fundamental de planeación le permite al analista la definición de la cadena de actividades con holgura de tiempo cero, esto es se define el grupo de actividades que integran la *ruta crítica*.

Por su sensibilidad en el posible retraso de los trabajos, es recomendable poner atención al desarrollo y buen término de cada una de las actividades de esta ruta crítica, tales como los que se enumeran a continuación.

La determinación de los insumos requeridos para realizar cada uno de estos trabajos, el proveedor o proveedores seleccionados, la fabricación de tales insumos, su origen, medio de transporte y fecha probable de entrega; la determinación de los directamente responsables de la realización de las obras, de su calificación técnica, número mínimo de operarios, equipos necesarios plenamente operativos, herramientas especiales y métodos constructivos conocidos cabalmente, y la experiencia de tales operarios en trabajos similares; realización completa y conforme a especificaciones de actividades previas y siguientes para evitar el mínimo retraso.

Es responsabilidad del director de la obra tener siempre a la vista la consecución de estas actividades, por lo que puede asignarse a un técnico asistente la tarea de dar seguimiento diario al avance de cada una de las actividades de la ruta crítica, y emitir reportes cotidianos de las acciones tomadas, y de las desviaciones que pueden presentarse para tomar en forma oportuna las decisiones convenientes.

El seguimiento de actividades críticas puede apoyarse en listas de revisión, en visitas periódicas a proveedores y subcontratistas, para garantizar que en tiempo, se han realizado los trabajos y las actividades necesarias, tales como fabricación, transportación y entrega de insumos, a los cuales se les debe aplicar las pruebas de calidad, y el oportuno suministro de herramientas y equipos, que se han localizado, contratado y se encuentran a disposición los operarios en número suficiente.

Si alguna de estas actividades sufre retraso por cualquier motivo, el director de obra, junto con el área de planeación, debe haber considerado rutas alternativas de acción para superar las desviaciones, y debe analizar con anticipación el impacto en costos de cada una de ellas.

Ocasionalmente, pueden realizarse las actividades críticas en un tiempo menor de lo programado, lo cual genera la posibilidad de contar con holguras para enfrentar cualquier eventualidad, o a juicio del director de la obra, con el apoyo del área de planeación, definir otro grupo de actividades que pueden tornarse críticas.

4.5.4. Registros fotográficos

Los registros fotográficos y en video son elementos auxiliares para integrar la memoria gráfica de las obras realizadas. Para que estos registros resulten de utilidad, es recomendable estructurarlos de acuerdo con un procedimiento que permita acceder a la información de cada una de las fotografías o a las cintas en video.

En la actualidad existen equipos de buena calidad que permiten tomar las fotografías a costos razonables. Es recomendable utilizar formatos comerciales que pueden ser procesados en un sinnúmero de establecimientos especializados, tales como cámaras de 35 mm. De requerirse una mejor calidad, se puede recurrir a los servicios de un fotógrafo profesional que tome fotografías en otro formato. Algunos equipos permiten el registro de ciertos datos relevantes, pero no de todos, tales como fecha y hora de la toma que quedan registradas en la misma fotografía. Pero como norma, todas las fotografías deben estar identificadas a un mayor nivel de detalle. Para estos fines, es inevitable la inclusión dentro de la toma, de un formato que contenga algo más de información como:

- Identificación de frente
- Ubicación del sitio de la toma
- Contenido de la toma
- Fecha de la toma
- Nombre de quien registra la toma
- Identificación del rollo.

Las tomas en video deben tener información de la identificación necesaria al inicio de las tomas, para que si se requiere de los servicios de edición profesional del video, se cuente con los datos necesarios.

Como orientación general acerca de los contenidos, se enuncian algunos de los asuntos que resulta recomendable registrar en fotografía, en video o en ambos.

- Procesos constructivos
- Dispositivos ocultos
- Armados
- Rechazos por calidad
- Eventualidades de obra por accidentes o siniestros
- Avances en actividades críticas.

Todos los negativos de las fotografías deben conservarse en orden secuencial de fechas, en hojas de plástico transparente con identificación del número de rollo, y se deben acompañar de una hoja de resumen de los contenidos para referencias rápidas.

Las cintas de video deben asimismo, conservarse en orden secuencial de fechas y con hojas de información de contenidos para referencias rápidas.

Tanto los negativos como los videos, deben conservarse en las instalaciones de la residencia y su acceso debe estar restringido al personal técnico de la residencia y al personal de la supervisión.

Los registros deben cerrarse al término de la obra, ya que pueden documentar la memoria técnica de los trabajos y pueden ser de utilidad para consulta de procesos o errores cometidos en las obras realizadas, para su corrección en futuras contrataciones

4.5.5. Flujo de recursos

Como parte medular en los trabajos de ejecución de obras, y teniendo como fundamento, las investigaciones de campo, los análisis técnicos y financieros en las etapas de planeación y programación, al director de la obra y a su grupo de asistentes técnicos y administrativos, les corresponde la responsabilidad de cumplir totalmente las previsiones realizadas por otras áreas que intervienen en el proyecto, para garantizar que los recursos provenientes de diferentes fuentes, se plasmen en resultados tangibles que a su vez resulten la base para la continuación en la dotación de recursos, o para el finiquito dentro de las previsiones de las obras ejecutadas.

Origen de los recursos

De los análisis técnicos, administrativos y financieros, se define la cuantía de los recursos líquidos que demandan todas las áreas de la constructora para la realización completa de los trabajos, y las fechas probables donde se demandarán cantidades determinadas de recursos financieros.

El origen de tales recursos puede ser diverso. Pueden ser recursos propios de la constructora, cuando ella misma es la promotora del proyecto; pueden ser recursos provenientes de otras empresas que fungen como clientes o propietarios; pueden ser recursos provenientes de instituciones gubernamentales; o créditos de instituciones bancarias; o puede ser una combinación de dos o más fuentes como las mencionadas, y en proporciones que siempre son sujetas a una negociación.

Es prerrogativa de otras instancias la definición de las fuentes de financiamiento, y se precisan en las etapas de planeación y programación del proyecto. Al grupo ejecutor de obras, solamente le corresponde ejercer tales recursos precisamente en los destinos definidos, y bajo las normas administrativas y contables diseñadas por la constructora.

Destino de los recursos.

Se recomienda agrupar los destinos de los recursos para efectos de control, siguiendo un esquema similar al seguido en el proceso de análisis de precios unitarios, para la integración del presupuesto general de obras. Esto es, se definen partidas de gasto correspondientes al costo directo de las obras; partidas de gasto correspondientes al costo indirecto de obra y al costo indirecto de oficinas centrales, y partidas de gasto o asignaciones como previsiones para los gastos financieros, integración de garantías y utilidad esperada.

Las partidas de gasto correspondientes al costo directo de obra se pueden agrupar como sigue:

- Insumos
- Personal obrero
- Prestaciones de ley
- Subcontratos
- Equipos
- Herramientas.

Las partidas de gasto correspondientes a indirectos de obra se pueden agrupar como:

- Administración de residencia de obra
- Obras provisionales
- Servicios y consumos

Las partidas de gasto correspondientes a indirectos de oficina central se pueden agrupar como:

- Servicios personales
- Gastos de supervisión
- Gastos de promoción
- Servicios y consumos

Las asignaciones de recursos para otros gastos y utilidad se pueden agrupar como:

- Imprevistos
- Gastos financieros
- Integración de garantías
- Utilidad.

Es práctica común ampliar el detalle de cada una de las partidas de gasto para efectos de seguimiento y de control, y esto depende del estilo de administración del director de la obra, o como una política a seguir, definida por la propia constructora de acuerdo con las recomendaciones del área de contabilidad y finanzas.

Determinación de los techos financieros

Siguiendo una metodología descrita en párrafos anteriores, es recomendable la definición de los techos en volúmenes de obra, en cantidad de materiales y en los costos en que se incurrirá, de acuerdo con los análisis practicados por las áreas de planeación.

Como dentro de los análisis se consideran en algunos conceptos el impacto de los desperdicios, los techos financieros solamente deben considerar los insumos directos, con el propósito de que la asignación de recursos para cubrir desperdicios se vuelva una cantidad que en la práctica debe reducirse, con el consiguiente resultado benéfico en costos.

La información sobre los techos, tanto en volúmenes de obra, como en insumos y costos, debe relacionarse en partidas específicas con asignación de saldos iniciales, y deben

actualizarse estos saldos en forma cotidiana para efectos de control y seguimiento. Esta metodología es útil, en tanto que evita el sobregiro de cualquier concepto durante el transcurso de la obra, o de ser el caso, se puede explicar alguna variación justificable.

El presupuesto como instrumento de control

Como se ha mencionado con anterioridad, el director de la obra asume la responsabilidad de controlar todos los aspectos de la obra, y uno de los más sensibles es el control de los costos.

El presupuesto es una herramienta de control inapreciable, y debe ser conocido por el personal técnico y administrativo, en cuanto a su contenido y a sus alcances. Por esto, debe distribuirse entre los directamente involucrados en comprometer o ejercer recursos, la siguiente documentación indispensable para el control de los costos, y debe conocerse a cabalidad:

- Relación de conceptos
- Precios unitarios
- Explosión de insumos
- Presupuesto de insumos

Materiales

Mano de obra

Subcontratos

Herramienta

Equipos.

De esta manera, el presupuesto se constituye en un guión de trabajo y permite conocer los trabajos que pueden realizarse con las especificaciones contenidas, tanto en el presupuesto, como en las fichas de análisis de precios unitarios, utilizando los insumos requeridos considerados en la etapa de planeación, en los tiempos definidos por la programación, a los costos definidos en las etapas de cotización de los insumos.

De esta manera, toda la obra es conocida por diferentes instancias y por quienes deben vigilar el apego a normas, costos y tiempos, reportando cualquier anomalía a la dirección de obra para tomar las decisiones necesarias.

Formas y documentos para el ejercicio del presupuesto

Los métodos para comprometer y ejercer recursos direccionados a un propósito específico dentro de una obra, deben formar parte de los procedimientos internos, y deben ser operados solamente por personal debidamente capacitado. Estos sistemas y procedimientos que obedecen a un cuadro de políticas suficientemente definidas, requieren de apoyos documentales para efectos de revisiones contables y eventualmente, para apoyar auditorías técnicas o administrativas.

En forma enunciativa, los documentos requeridos para el ejercicio del presupuesto son los siguientes:

Para obras realizadas a destajo

- Estimación de obra

- Estados de cuenta por anticipo, amortizaciones y retenciones
- Números generadores
- Nómina

Para obras realizadas por subcontrato

- Presupuesto
- Números generadores
- Estimaciones
- Pruebas de calidad
- Hojas de bitácora
- Fotografías
- Reportes de almacén
- Estados de cuenta por anticipo, amortizaciones y retenciones.

Para el ejercicio de recursos por suministro de materiales

- Presupuesto
- Requisición
- Pedido
- Entrada al almacén
- Factura.

Integración de documentos para la presentación de avances y cobros

Para el caso de que la obra sea ejecutada con recursos propios de la constructora, la integración de las estimaciones generales de obra, solamente sirven para controlar el avance de los trabajos en función de su valor, y se requiere la documentación para soportar el apego de los trabajos, a las especificaciones acordadas y autorizadas por la constructora.

Para el caso de que la obra se realice con recursos de otras instancias diferentes a la constructora, en forma parcial o total, las estimaciones de obra son un documento valioso para propiciar el retorno de los recursos para cubrir el costo incurrido en las de obras, y para apoyar financieramente, la continuación los trabajos de ser el caso.

Las estimaciones generales de avance o de finiquito, deben acompañarse con los siguientes documentos

- Presupuesto
- Números generadores
- Estimaciones
- Pruebas de calidad
- Hojas de bitácora
- Fotografías

- Reportes de almacén
- Estados de cuenta por anticipo, amortizaciones y retenciones.

Manejo de eventualidades que inciden en el flujo de recursos

Las eventualidades que se pueden presentar en el transcurso de la obra, tienen el común denominador de que inciden invariablemente, en el costo total presupuestado y que pueden propiciar retrasos en la programación de la obra.

A continuación se mencionan algunos de éstos tipos de incidentes

1. Modificaciones en volúmenes de obra

Es común que las cantidades de obra que realmente se realizan, comparadas con las calculadas en las etapas de planeación, sufran modificaciones las cuales deben documentarse mediante números generadores por concepto. Las variaciones en este tipo de eventualidades deben ser de poca monta, ya que si los analistas realizan su trabajo siguiendo criterios conservadores, regularmente se realizará una cantidad menor de obra a la presupuestada.

2. Realización de trabajos fuera de catálogo

Es sumamente difícil que en las etapas de planeación se considere la totalidad de los conceptos de obra, especialmente de los detalles constructivos, por lo que este tipo de trabajos debe documentarse mediante la redacción de un nuevo concepto; su volumen soportado mediante números generadores y su costo, deben analizarse mediante la integración del correspondiente precio unitario. Desde luego, es responsabilidad del constructor o del destajista o de los propios maestros de obra, solicitar autorización a la residencia de obra para realizar trabajos fuera de catálogo, ya que se corre el riesgo de que este servicio no se pague por no llegar a un acuerdo previo a su realización.

3. Cambios en el precio de los insumos

En nuestro medio, donde prevalece un ambiente inflacionario, los precios de los insumos sufren modificaciones en los períodos entre la integración del presupuesto y el inicio de los trabajos, por lo que el analista puede, o estimar un factor de inflación, o revisar las cotizaciones precisamente antes del inicio de los trabajos, ya que pueden reportarse diferencias significativas entre los costos originales y los que realmente serán cubiertos. Adicionalmente, corresponden a las áreas de administración las negociaciones necesarias ante los proveedores, para asegurar que no existirán variaciones en los precios de los insumos durante la ejecución de las obras, mediante compras masivas, o mediante el otorgamiento de anticipos significativos que puedan asegurar que el costo de los materiales no cambiará.

4. Cambio de especificaciones

Es poco común que esto ocurra, sobre todo si los proyectos ejecutivos han sido revisados con cuidado. Pero si sucede que el cliente o los propietarios deciden un cambio de especificaciones, es responsabilidad del director de obra, definir las variaciones en costos y tiempos de ejecución, y comunicar esta información para fines de conocimiento y autorización a las instancias superiores de la constructora, y a los propietarios o los clientes.

5. Cambio en los procesos constructivos

Este es un caso similar al descrito anteriormente, y debe estar soportado con recomendaciones de carácter técnico, y debe determinarse su impacto en cuanto a costo y tiempo, para fines de autorización.

6. Incumplimientos de proveedores, destajistas y subcontratistas

En un contexto tan competitivo como el mexicano, donde prevalece un clima recesivo en la construcción de obras nuevas, es improbable que un proveedor asuma riesgos como los de incumplimiento ante un director de obra importante, pero si esto ocurre, es recomendable tener un cuadro de proveedores alternos, para tomar las decisiones pertinentes y evitar la suspensión de las obras, con los impactos consecuentes en costo y tiempo. Lo anterior es independiente de fijar responsabilidades legales ante el proveedor incumplido, y hacer efectivas las garantías para la debida aplicación de anticipos, de ser el caso.

7. Siniestros y accidentes

La experiencia en obras ha demostrado que es un buen negocio la prevención de accidentes y siniestros, por lo que los supervisores de seguridad e higiene industrial tienen una grave responsabilidad que cumplir. Sin embargo, si ocurre un accidente personal o un siniestro, debe existir dentro de las instalaciones de la residencia un espacio para la atención de servicios médicos de emergencia, independientemente de solicitar el apoyo de los servicios públicos de asistencia en caso de accidentes, y del traslado del personal afectado a los centros de atención del IMSS. Es responsabilidad del director de la obra o de su personal administrativo, dar parte de estos incidentes a las autoridades competentes y levantar los actos legales a que haya lugar. Este tipo de incidentes, dependiendo de su gravedad inciden en costos no considerados y eventualmente, pueden provocar retrasos importantes en la continuación de los trabajos.

4.6. Entrega recepción del proyecto

En el medio de la construcción es frecuente enfrentar dificultades para dar por terminados los trabajos de construcción, ya que existe un número importante de conceptos que deben ser realizados por un número también grande de operarios de diferentes oficios, y por las dificultades para su coordinación, las terminaciones de obra sufren retrasos de alguna importancia.

Un concepto que presenta especial dificultad, es el detallado de obra y la limpieza para fines de entrega, que bien puede clasificarse como un proceso de aproximaciones sucesivas, debido a que lo que arregla un grupo de trabajadores, es deteriorado por otro grupo.

Para dar por terminados los trabajos deben cubrirse ciertos requisitos de carácter administrativo, como la integración de las garantías de calidad de obra y de protección contra vicios ocultos. Además, la documentación de soporte para el ejercicio de recursos debe estar completamente revisada y aprobada por la supervisión, y debe estar completa y acompañada de los soportes necesarios.

Un caso especial lo constituye la intervención de las autoridades municipales para autorizar la operación y habitabilidad de los inmuebles.

Una vez que se han cubierto todos los requisitos de operación, habitabilidad, documentación de obra y se han constituido las garantías necesarias, puede celebrarse el protocolo de entrega-recepción de obra, que libera los finiquitos de obra, e inicia el plazo de vigencia de las garantías.

4.6.1. Recepciones parciales

Para efectos de control de las diferentes etapas de la obra, la dirección de la obra puede aceptar recibir parcialmente, algunos trabajos desarrollados principalmente por destajistas y subcontratistas, siguiendo una metodología que se sugiere a continuación.

1) Limpiezas de sitio y retiro de equipos

Es responsabilidad del destajista o subcontratista, mantener en condiciones de limpieza y orden los espacios asignados para la realización de los trabajos contratados. Para efectos de entrega parcial de trabajos, el espacio asignado debe encontrarse libre de instalaciones eléctricas o hidráulicas de carácter provisional, libre de otro tipo de obras, y debe encontrarse completamente limpio, y los detalles constructivos señalados por la supervisión o por personal de la residencia, completamente terminados

2) Documentación de obra

La documentación de soporte de los trabajos contratados y por el pago de estimaciones debe estar completa, ordenada y contenida en archivos que faciliten su acceso o consulta. Debe estar revisada por la residencia de obra y en su caso, por la supervisión externa

3) Integración de garantías

De ser el caso, si se ha previsto en el contrato respectivo, deben constituirse las garantías contra vicios ocultos, o de ser el caso, se debe constituir un fondo con las retenciones que se han operado en las estimaciones de obra y se debe precisar el plazo para su liberación.

4) Pruebas de operación y ajustes de equipos

Si se han instalado equipos electromecánicos o electrónicos, se deben realizar las pruebas de calibración y de ajuste, para que tales dispositivos se encuentren en condiciones de operación.

5) Pruebas de operación y ajuste de instalaciones

La revisión de las instalaciones debe ser realizada por personal de la residencia, simplemente para garantizar que las instalaciones operan adecuadamente, de que no se observan deterioros o que existen errores de carácter técnico.

6) Pruebas de calidad

Debe hacerse acopio de las pruebas de calidad y los reportes correspondientes, a la batería de controles de la calidad de los insumos, los procedimientos y a los productos terminados, y no debe existir ningún rechazo por calidad; si lo hubiere, debe existir el reporte que libera a las observaciones practicadas por el laboratorio.

7) Revisiones de programas, presupuestos y apego a especificaciones

Se debe practicar una revisión con apego a programas, presupuestos y especificaciones, y de ser el caso, aplicar las sanciones previstas en el contrato, las cuales deben afectar la estimación de finiquito si el monto resulta suficiente, o se debe solicitar la devolución de los recursos para poder liberar las fianzas de garantía.

8) Registros fotográficos

Se debe integrar una memoria gráfica de los trabajos realizados en forma cronológica, con la información suficiente para soportar revisiones posteriores a la terminación de las obras, todo

esto de acuerdo con las normas para la integración de reportes gráficos dictados por la propia constructora.

9) Revisión de reportes de almacén

Cuando por contrato, la constructora entrega al subcontratista o al destajista los materiales necesarios para los trabajos contratados, se debe revisar la utilización de los insumos, comparando salidas de almacén contra rendimientos y devoluciones. El resultado de esta revisión puede reportar un cargo al destajista o al subcontratista, que debe aplicarse como un descuento en el finiquito de obra.

10) Revisión de inventarios de herramienta y equipos

Cuando por contrato la constructora dota al destajista o subcontratista de equipos y herramientas especiales, debe emitirse un reporte de la devolución de tales implementos, y debe garantizarse que los equipos están en condiciones de operación y no han sufrido deterioros. De ser necesario, se debe fincar un cargo al destajista o subcontratista por la reparación de los equipos o herramientas especiales, y se debe aplicar un descuento al finiquito de obra.

11) Definición y solución de pendientes y fijación de plazos

Cuando se practican revisiones a trabajos reportados como terminados, es frecuente observar la presencia de pequeños deterioros en los acabados, o en los procesos utilizados para construir las obras. Para poder aceptar tales trabajos, la residencia debe emitir ante el destajista o contratista un reporte de las observaciones, y debe negociar un plazo para atender las irregularidades detectadas y poder recibir las obras.

12) Cierre de bitácora

Si por la complicación o la importancia de los trabajos, la dirección de obra consideró necesaria la apertura y operación de una bitácora para el frente en cuestión, se deben asentar en la bitácora las observaciones detectadas, los plazos negociados para terminar los detalles, y en su oportunidad, consignar la terminación de los trabajos y dar por terminados los servicios contratados, cancelando los espacios libres de la bitácora.

13) Finiquitos de obra

El finiquito de obra es el último pago que recibe el destajista o subcontratista, por lo que el director de la obra debe asegurarse de que se han realizado todas las revisiones y se han fincado los cargos pertinentes por cualquier motivo; que los aspectos de carácter contable y administrativo se han cubierto, y se han integrado las garantías necesarias. Solamente entonces puede liberarse el finiquito de obra.

14) Acta de entrega recepción

Cuando se han cubierto los requisitos enunciados con anterioridad, se puede formalizar la entrega - recepción de los trabajos, mediante la redacción de un acta en la que intervienen la dirección de la obra o la residencia, la supervisión externa, el laboratorio de control de calidad, el área de administración de la residencia, y el propio destajista o subcontratista. La estructura del acta puede contener los siguientes aspectos:

- Declaraciones
- Nombre y calidad de quienes intervienen
- Lugar y fecha

- Objetivo
- Resultados de las revisiones practicadas
- Integración y liberación de garantías
- Firmas.

4.6.2. Intervención de autoridades municipales

Como requisito para autorizar el uso y la operación de inmuebles, se necesita la liberación de por lo menos tres instancias de carácter oficial: la Comisión Federal de Electricidad, el organismo operador de los servicios de agua potable y alcantarillado y el departamento o dirección de obras públicas municipales.

Recepción de instalaciones eléctricas en alta tensión, por la CFE.

La CFE regularmente interviene en las etapas de proyecto en alta y baja tensión del inmueble, y en las etapas de construcción de las obras de alta tensión, donde para poder recibir formalmente los trabajos, se deben haber documentado los convenios para el pago de las excedencias de carga, se debe haber autorizado el proyecto completo, se deben haber revisado los trabajos de conducción y se deben haber entregado los protocolos de los materiales empleados que consisten en la certificación de que los materiales empleados cumplen con las normas de la propia CFE, para obras de conducción y manejo de líneas de alta tensión.

Recepción de instalaciones hidráulicas y sanitarias por el municipio.

El organismo operador de agua potable y alcantarillado, recibe los trabajos cuando se han cubierto los siguientes requisitos: existe proyecto hidráulico y sanitario del inmueble autorizado por tal organismo, para el interior y para el exterior del inmueble; cuando se han documentado mediante convenio y se encuentran al día, los pagos para la dotación de agua y para poder conectarse a la red sanitaria; cuando se ha revisado la operación de todos los dispositivos de control hidráulico, y cuando se han revisado por inspección visual y mediante la supervisión de descargas simuladas, todas las redes de aguas negras y pluviales, los dispositivos de conducción y las especificaciones de los pozos de visita en el exterior del inmueble.

Determinación de la habitabilidad por la dirección de obras municipales.

La dirección de obras municipales, demanda que la obra cuente con todas las autorizaciones necesarias, que los trabajos de energía eléctrica se hayan recibido por la CFE, y los trabajos de agua potable y alcantarillado se hayan recibido por el organismo operador, y que se hayan practicado las visitas de supervisión por parte de personal de la Dirección de Obras Públicas, quienes certifican que el inmueble en su conjunto opera adecuadamente, cumple con las normas de seguridad apoyándose en su caso, en el departamento de bomberos municipales, que se ha limpiado el sitio y se han liberado las obstrucciones a la vialidad. De cumplirse tales requisitos, se otorga la autorización para hacer uso y habitar el inmueble en cuestión.

4.6.3. Recepciones final de obra

Para poder dar por terminados los trabajos de construcción en su conjunto, se puede seguir una metodología similar a la apuntada para recepciones parciales.

1) Limpiezas de sitio y retiro de equipos

En su oportunidad, la dirección de obra debe ordenar el retiro y desmantelamiento de la residencia de obras y de las obras provisionales. Para efectos de entrega de trabajos, el espacio de las obras debe encontrarse libre de instalaciones eléctricas o hidráulicas de carácter provisional, y libre de otro tipo de obras, y debe encontrarse completamente limpio, y los detalles constructivos señalados por la supervisión, completamente terminados

2) Documentación de obra

La documentación de soporte de los trabajos contratados y por el pago de estimaciones, debe estar completa, ordenada y contenida en archivos que faciliten su acceso o consulta. Debe estar revisada y autorizada por la supervisión externa

3) Integración de garantías

Deben constituirse las garantías contra vicios ocultos, o de ser el caso se debe constituir un fondo con las retenciones que se han operado en las estimaciones de obra, y se debe precisar el plazo para su liberación.

4) Pruebas de operación y ajustes de equipos

Si se han instalado equipos electromecánicos o electrónicos, se deben realizar las pruebas de calibración y de ajuste, para que tales dispositivos se encuentren en condiciones de operación.

5) Pruebas de operación y ajuste de instalaciones

La revisión de las instalaciones la debe realizar personal de la supervisión, para garantizar que las instalaciones operan adecuadamente, de que no se observan deterioros o que existen errores de carácter técnico.

6) Pruebas de calidad

Debe hacerse acopio de las pruebas de calidad y los reportes correspondientes a la batería de controles de la calidad de los insumos, los procedimientos y los productos terminados, y no debe existir ningún rechazo por calidad; si lo hubiere, debe existir el reporte que libera a las observaciones practicadas por el laboratorio.

7) Revisiones de programas, presupuestos y apego a especificaciones

Se debe practicar una revisión con apego a programas, presupuestos y especificaciones, y se deben explicar y justificar las desviaciones reportadas conforme a los programas autorizados, o al aumento o disminución de volúmenes, cambio en las especificaciones o de los procesos constructivos.

8) Registros fotográficos

Se debe integrar una memoria gráfica de los trabajos realizados en forma cronológica, con la información suficiente para soportar revisiones posteriores a la terminación de las obras, todo esto de acuerdo con las normas para la integración de reportes gráficos dictados por la propia constructora.

9) Cierre de almacén

Se debe revisar las existencias del almacén y debe propiciarse el retiro de materiales útiles a otro almacén de la propia constructora, como paso previo a la desmantelación del almacén de obra.

10) Revisión de inventarios de herramienta y equipos

Debe emitirse un reporte del estado físico de herramientas especiales y equipos, y debe propiciarse la concentración de estos equipos a otros sitios propiedad de la constructora, y de ser el caso, programar la reparación y el mantenimiento preventivo o correctivo de estos implementos

11) Definición y solución de pendientes y fijación de plazos

Cuando la supervisión externa practica revisiones a trabajos reportados como terminados, es frecuente observar la presencia de pequeños deterioros en los acabados, o en los procesos utilizados para construir las obras. Para poder aceptar tales trabajos, la supervisión externa debe emitir ante la residencia de obra, un reporte de las observaciones y se debe negociar un plazo para atender las irregularidades detectadas y poder recibir las obras.

12) Cierre de bitácora

Como resultado de las revisiones de la supervisión externa, se deben asentar en la bitácora las observaciones detectadas, los plazos negociados para terminar los detalles, y en su oportunidad, consignar en la bitácora la terminación de los trabajos, y dar por cumplidos los servicios contratados, cancelando los espacios libres de la bitácora.

13) Finiquitos de obra

El finiquito de obra es el último pago que recibe el contratista, por lo que la supervisión externa debe asegurarse de que se han realizado las revisiones pertinentes y se han atendido todos los pendientes señalados; que los aspectos de carácter contable y administrativo se han cubierto, y se han integrado las garantías necesarias. Solamente entonces puede liberarse el finiquito de obra.

14) Acta de entrega recepción

Cuando se han cubierto los requisitos enunciados con anterioridad, se puede formalizar la entrega - recepción de los trabajos, mediante el perfeccionamiento de un acta en la que intervienen la dirección de la obra o la residencia, la supervisión externa, el laboratorio de control de calidad, y el área de administración de la residencia. La estructura del acta puede contener los siguientes aspectos:

- Declaraciones
- Nombre y calidad de quienes intervienen
- Lugar y fecha
- Objetivo
- Resultados de las revisiones practicadas
- Integración y liberación de garantías
- Firmas.

5. CONTROL DE CALIDAD EN LA OBRA

En la actualidad, cada vez son más los profesionales, investigadores, asociaciones de profesionistas y publicaciones relacionadas con la construcción, que expresan una gran preocupación por los problemas que enfrenta esta industria; los actores dentro del ciclo y proceso de la construcción, piden la aplicación de reformas masivas que manifiesten que además de cumplir con calidad las obras, se garantice.

Dado que la cultura y condiciones de organización de las empresas constructoras son los aspectos más importantes para su permanencia, necesitan implementar sistemas para su modernización y desarrollo tecnológico, de tal forma que constituyan los factores esenciales para su competitividad. Lo anterior mediante la promoción de mejoras agregadas en los procesos de construcción actuales, estrechando relaciones con los principales proveedores, intercambiando información sobre habilidad para construir (*constructability*) entre los actores de proyectos (diseñadores, constructores, etc.), y entre clientes (dueños) y contratistas.

Lo anterior obedece a que en la industria de la construcción (comparada con otras, por ejemplo, la industria automovilística), presenta características muy particulares como:

- Su carácter nómada, en donde la uniformidad de las materias primas y procesos son difíciles de conseguir que en otras de carácter fijo
- Generalmente se crean productos únicos y no productos seriados
- La producción no es en cadena (productos móviles pasando por un operario fijo), es prácticamente concentrado (operarios móviles en torno a un producto fijo), lo que dificulta la organización y control de los trabajos, provoca estorbos mutuos, etc.
- Es una industria tradicional, con gran inercia a los cambios
- La mano de obra intensiva es poco calificada, de carácter eventual con escasas posibilidades de promoción (baja motivación, con mermas en la calidad)
- Los trabajos se hacen a la intemperie, con dificultades de buen almacenamiento, se ve afectada por las inclemencias del tiempo, vandalismo, etc.
- Los productos son únicos, con muy poca influencia del usuario en la calidad del producto
- Empleo de especificaciones complejas, a menudo contradictorias y confusas. La calidad está mal definida de origen
- El grado de precisión con que se trabaja es bajo comparado con otras industrias.

Por lo tanto, es frecuente que los aspectos relacionados con la calidad en edificación, se limiten a campos excesivamente estrechos y especializados, originando connotaciones muy precisas de calidad constructiva referida principalmente, al control de materiales y su proceso de ejecución, valorando la edificación únicamente desde los puntos de vista de control y seguridad, en detrimento de otras más globales e integradores del problema, ya que en una obra mal concebida el control de materiales solamente solucionará aspectos constructivos y técnicos.

Frente al concepto de calidad, como única satisfacción de demandas técnicas o de exigencias del usuario, se plantea en este caso la calidad en la edificación como resultado conjunto de concepción y ejecución del desarrollo del ciclo de vida del proyecto (figura 5.1.1).

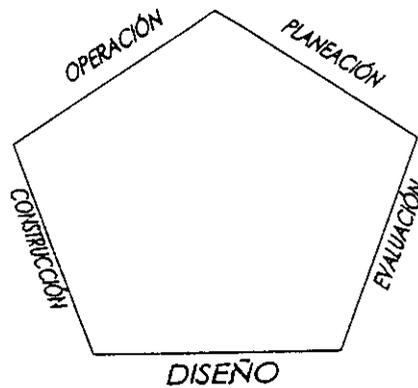


Figura 5.1.1 Ciclo de vida del proyecto

5.1. Administración

Algunos autores y normas mexicanas describen a la administración con un enfoque de calidad total, donde se incluye el control de calidad y el aseguramiento de la calidad, como conceptos adicionales de políticas de calidad, planeación y mejoramiento de la calidad, operando esta misma como un sistema de calidad.

La administración con este enfoque, requiere de estrategias de gestión global a largo plazo, con participación de todos los miembros de la organización de una industria, de sus miembros, de sus clientes y de la sociedad.

Se dice que la organización de la estructura para garantizar la calidad (como las Normas Oficiales Mexicanas equivalentes a la ISO-9000), al aplicarse en la construcción pueden dar garantías al cliente (propietario), de que su producto a adquirir o construir, no importando la magnitud de la contratista, no correrá riesgos en su seguridad y economía.

Para llevar a cabo una administración con garantía de calidad, requiere del establecimiento de cinco etapas: planeación, organización, dirección, recursos humanos y control, que constituyen comúnmente el proceso administrativo.

Es importante observar que durante la fase de ejecución de un proyecto existe la administración de este; sin embargo, es necesario adicionar los elementos o procesos que coadyuven a alcanzar la máxima eficiencia en el logro de los objetivos, mediante la adecuada coordinación de los recursos y la colaboración de esfuerzos del cliente (propietario), constructor, sub-contratistas y proveedores (figura 5.1.2).



Figura 5.1.2 Garantía de calidad del proyecto

5.1.1. Planeación

En virtud de la difícil situación económica que prevalece en nuestro país, resalta la necesidad que el hombre de empresa instale en su organización, un sistema de calidad total y de productividad que le permita controlar el desarrollo de sus procesos de trabajo, mejorar la calidad de los bienes y servicios que produce, así como reducir sus costos de operación con lo que podrá satisfacer las necesidades de sus clientes, estar en una posición más competitiva y hacer más redituable su negocio.

Con el anterior enfoque, es necesario efectuar un proceso de planificación de los recursos humanos, materiales y técnicos que deben utilizarse para que la gestión operativa de la empresa corresponda y garantice la calidad requerida para estar en posibilidades de identificar, entre otras, lo siguiente:

- La necesidad del cliente
- Establecimiento de las características de calidad que se deben asegurar, así como los procesos y procedimientos de trabajo correspondientes
- El personal, la maquinaria y equipos más idóneos para el desarrollo de operaciones dentro de la obra, permitiendo obtener mejores resultados en su desempeño
- La capacidad de prever situaciones desfavorables que pudieran afectar los procesos y el establecimiento de las necesidades para evitar su ocurrencia.

Con lo anterior, se podrán optimizar tiempos, costos y esfuerzos, haciendo más rentable la organización en beneficio propio, de su personal, del cliente y la comunidad a la que servirá esta obra.

Generalmente, cualquier actividad como el control en obra, comienza con una buena planeación (que a su vez está en función de ciertos objetivos), enfocada en:

1. Programas	}	De obra
		De recursos
		De egresos
		De ingresos
2. Costos	}	De recursos
		De conceptos de obra
		Indirectos
1. Especificaciones	}	De materiales
		De resultados
		De medición

Dentro de la planeación de una obra de edificación, con procesos de control y garantía de calidad, en términos generales debe contemplarse análisis a los conceptos que sirvieron para la planeación, evaluación y diseño del proyecto, de los cuales se identifican:

- Visitas previas al sitio de la obra
- Evaluación de los alcances del contrato
- Evaluación del costo en obra
- Programa general de actividades
- Programas particulares de:
 - Cantidades de obra
 - Mano de obra
 - Materiales
 - Adquisiciones
 - Subcontratos
 - Maquinaria y equipo
 - Fletes y acarreos
 - Destajos
 - Instalaciones
- Puntos de equilibrio
- Evaluación de los programas de erogación (relación avance-costo)
- Evaluación de los programas de ingresos (relación gasto-recuperación)
- Flujo de caja
- Programa financiero
- Seguridad e higiene
- Organización.

Con una buena planeación de todo el proyecto (planeación, diseño, construcción, operación y conservación), se constituirá la base esencial para el logro y garantía del mismo (figura 5.1.3).

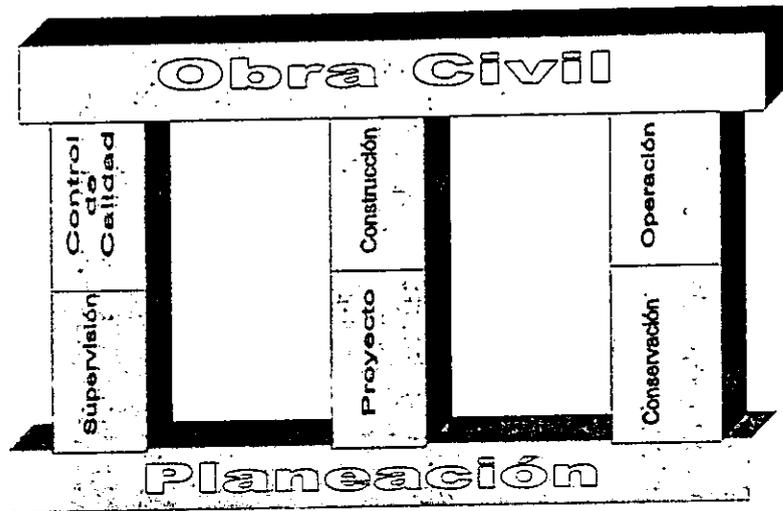


Figura 5.1.3 Planeación del proyecto

Sin embargo, una planeación de calidad, facilita el cumplimiento con los requerimientos y necesidades del cliente, así como también el de las características de calidad establecidas por la propia empresa (figura 5.1.4).

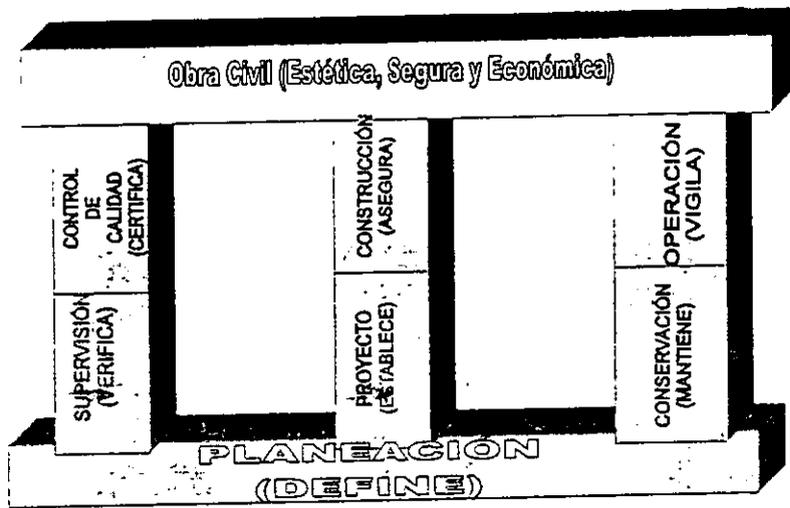


Figura 5.1.4 Planeación de calidad

La planeación de calidad deberá de estar integrada, en términos generales, por los procesos de:

- Control
- Programa de pruebas
- Programa de verificaciones
- Mantenimiento preventivo de la maquinaria, herramienta y equipo
- Facilidad de construcción
- Plan de construcción
- Diagrama de flujo de los procesos de construcción
- Control estadístico.

Se podría concluir que la planeación de una obra de construcción con calidad, se logrará con la prevención de los recursos disponibles. Lo anterior requiere de una programación de las actividades para la asignación de los recursos. Posteriormente, el manejo y aplicación de los recursos para ejecutar la obra (construcción), todo este proceso genera la necesidad de supervisión y control de los mismos, de tal forma que se cierra un ciclo con ese ultimo mediante la retroalimentación para corregir de manera oportuna, los errores que se detecten.

Es importante resaltar, que una de las misiones más importantes de la planificación es la determinación de los métodos de trabajo; por ejemplo, en estructuras de concreto o acero; estos métodos dependerán de las circunstancias de la obra (condiciones del suelo, clima, plazo de ejecución, volumen de la obra, etc.), y de la empresa (maquinaria disponible o alquiler, entre otros). La definición de los métodos de trabajo permitirá la preparación de los planos de ejecución (por ejemplo, planos de taller, de prefabricación, proyecto de andamiajes, etc.).

5.1.2. Organización

La estructura de las relaciones entre las funciones, niveles y actividades de los recursos humanos y materiales dentro de una empresa, determinan una organización con características de acuerdo con la magnitud de la inversión (obra a construir), tomando en cuenta los diferentes procesos de: construcción, supervisión, control de calidad, aseguramiento de la calidad y subcontrataciones; el diseño de la organización tomando los criterios antes mencionados, logrará una máxima eficiencia dentro de los planes y objetivos señalados por la empresa.

Dentro de la administración, la organización representará los medios y los recursos para llevar a cabo los planes de la empresa y para ello, habrá que considerar para su estructuración la especialización, trabajo a desarrollar y volumen del mismo, de tal forma que esto determina los apoyos técnicos y administrativos durante el desarrollo y control de la obra.

La capacidad que tendrá la estructura organizacional para efectuar una obra de construcción de edificios, por lo menos deberá contemplar la existencia (según la Ley) arriba de la estructura operativa, dos órganos que son: la asamblea de accionistas y el consejo directivo (figura 5.1.5).

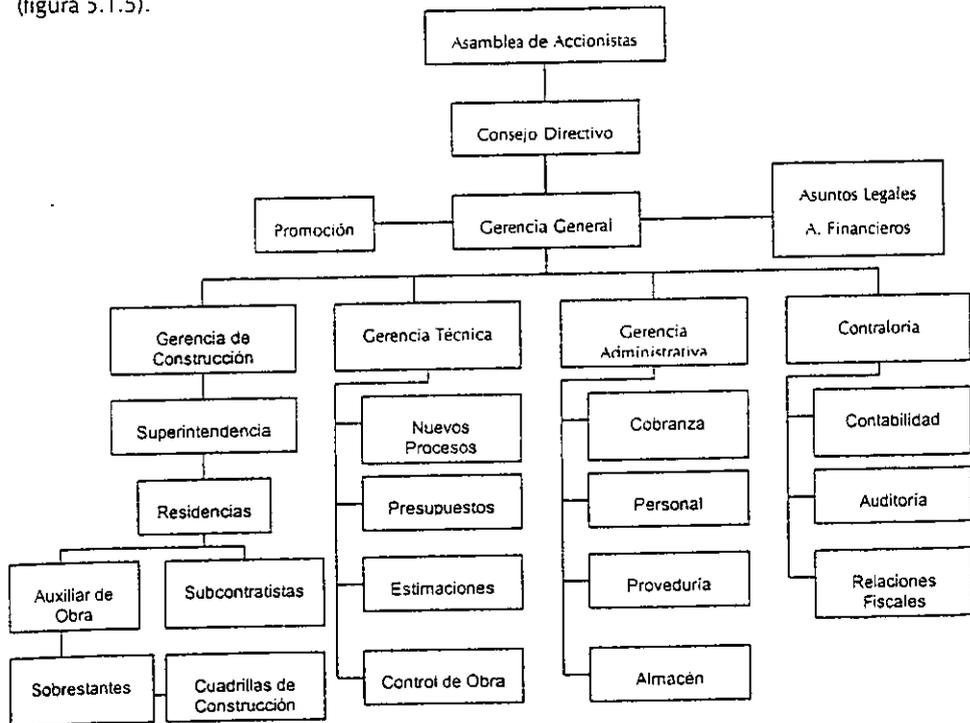


Figura 5.1.5 Estructura organizacional para la construcción de edificios.

En la estructura organizacional anterior (tipo funcional, ver inciso 2.3.1), se podrá observar que no existe una posición exclusiva de control y garantía de calidad; los controles típicos solamente prevén el cumplimiento de las especificaciones y ordenamientos contractuales; sin embargo, el contratista deberá definir los recursos para el aseguramiento de calidad dentro de la obra.

Desde el punto vista de control de calidad, se deberá organizar todo el proceso (del ciclo de vida del proyecto), a través de un doble mecanismo articulado entre si y constituido por dos tipos de controles; el Control de Producción (CP) y el Control de Recepción (CR), donde el conjunto de ambos constituirá el control de calidad, (figura 5.1.6).

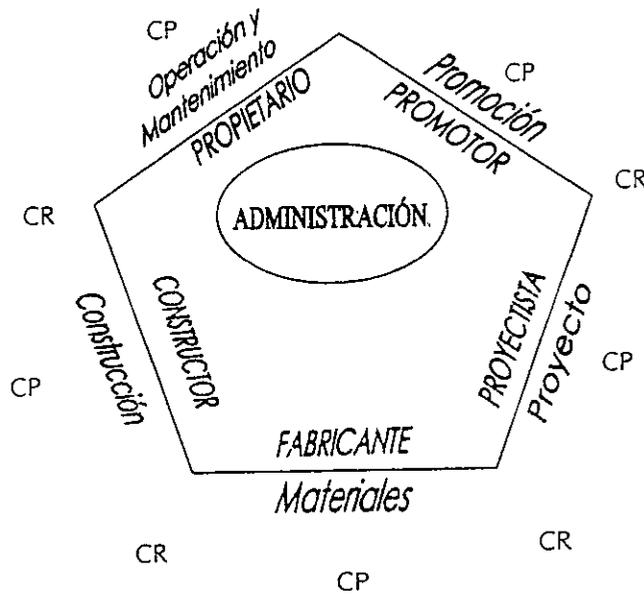


Figura 5.1.6 Control de producción y recepción

5.1.3. Recursos humanos

Representan un verdadero interés para la administración; sin ellos, la empresa no será posible y aunque no aparecen en los balances financieros, en toda la organización son los recursos más costosos y más caros. Esta etapa de la administración permite a la empresa reclutar, seleccionar y capacitar a los trabajadores, mismos que desempeñarán los puestos claves para que la empresa funcione eficientemente.

Independientemente de la diversidad de conocimientos, experiencias y habilidades, el personal que trabaja en una empresa que ejecutará la obra, deberá tener una descripción de puestos que indique claramente (de preferencia por escrito), y las principales funciones que llevarán a cabo. En el capítulo 4.1 de este documento, se menciona la necesidad de procedimientos (de cómo hacer el trabajo); sin embargo, es necesario definir sus funciones (que hará).

Es importante observar que las descripciones de puestos a través de un documento formal, define de manera enunciativa y no limitativa, las funciones, actividades y responsabilidades que cada persona deberá desarrollar, siendo esta una directriz para el titular del puesto y las actividades allí incluidas, son las mínimas que el trabajador debe cumplir.

El establecimiento de funciones definido, servirá para identificar los perfiles de personal a contratar en una obra de edificación, algunos de estas funciones pertenecen al *Staff* de una organización; sin embargo, la naturaleza de las obras de construcción (que no permiten mantener plantillas fijas de personal de obra: albañiles, herreros, fontaneros, etc.), hace necesario el reclutamiento, selección y capacitación de personal calificado y en edificaciones, según su diseño y operación, de especialistas.

Independientemente de la magnitud de la organización que desarrollará la obra de edificación, deberán establecerse funciones del personal que participará (por lo menos), en las actividades de:

- Excavación y cimentación
- Construcción de estructuras (de acero o concreto)
- Demoliciones
- Albañilería y acabados
- Instalaciones
- Control de calidad
- Administración
- Seguridad e higiene.

Al margen de la descripción de funciones, deberá entrenarse al personal seleccionado, es decir: educarlo de acuerdo con las políticas y procedimientos de la empresa; capacitarlo en las actividades a desempeñar para el mejor desarrollo de su trabajo; adiestrarlo para el mejor desarrollo de habilidades y destrezas, y por último, instruirlo para la realización adecuada del trabajo al definir, comunicar y recibir claramente, los requisitos de los trabajos que asigna o le son designados.

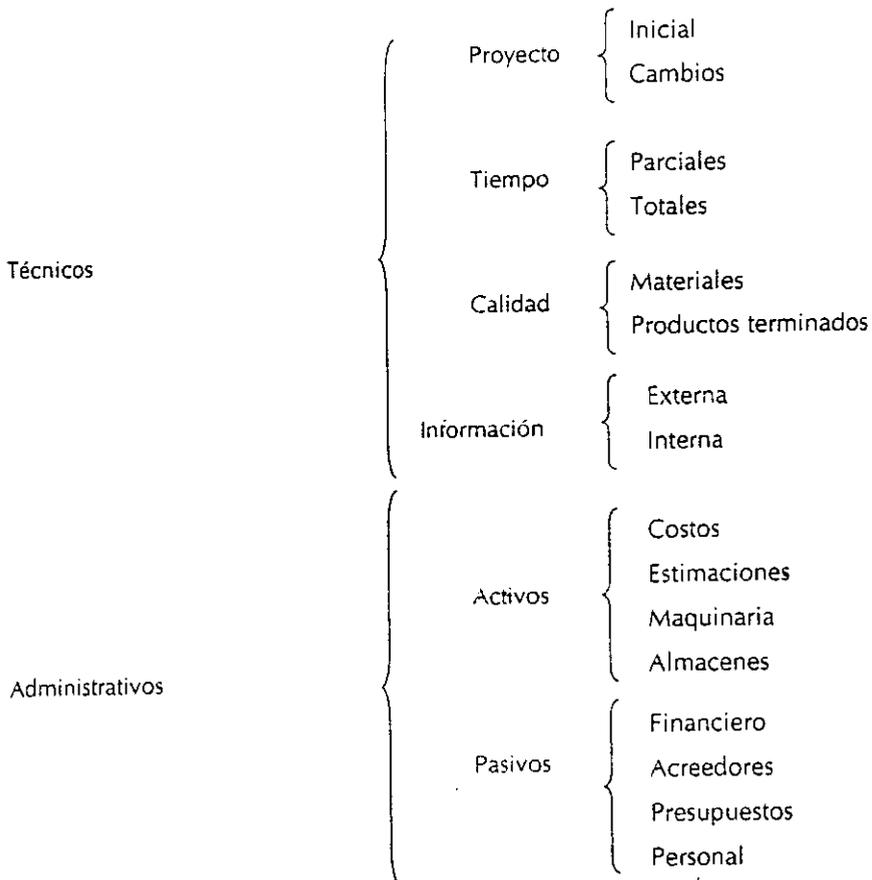
El reclutamiento de personal con perfiles para la obra a construir, se define desde el momento en que se conoce el proyecto (fase de diseño) a construir; por ejemplo, la selección

de especialistas en obras con estructuras de acero requiere de personal altamente calificado en soldadura y manejo de herramientas, a diferencia de las estructuras de concreto, donde el manejo de los procedimientos de construcción y control de calidad, son elementales para su construcción.

5.1.4. Control

Última etapa de la administración, en la cual se evalúa y mide la ejecución del proyecto o planes para la ejecución de una obra de edificación, con el fin de detectar y prevenir desviaciones a efecto de establecer las medidas correctivas.

Durante el proceso de ejecución de una obra de edificación de cualquier tipo, existen controles: técnicos y administrativos, mismos que agrupan otro tipo de controles específicos:



El diagrama anterior define estándares enfocados a:

- La determinación del volumen esperado de producción que define un estándar de cantidad
- La especificación de las sumas de dinero que integran la erogación, el cual define un estándar de costo
- El establecimiento de una prórroga a seguir que constituye un estándar de tiempo
- Y la definición de las tolerancias que se pueden especificar en la realización de las actividades, lo cual implica un estándar de calidad.

Es frecuente que la comparación entre lo ejecutado y lo planeado constituya la base del Control, donde la determinación de un estándar o patrón es el primer paso a seguir, ya que es condición de un Control.

Aunque existen diversas variables en la construcción de obras, que diversifican el control, se deberá actuar para disminuir los aspectos de:

- Obra adicional
- Cambios sobre el proyecto
- Retraso de material
- Rechazo de material en obra
- Obra fuera de especificación
- Fallas en reportes de avance
- Interferencia en obras
- Retraso de pagos parciales
- Suspensión de obra
- Costos de reconstrucción y pos construcción.

Es importante observar que el desarrollo técnico y administrativo del proyecto (obra), contempla controles; sin embargo, en la cuestión técnica se involucra el concepto de calidad, el cual está regido por las especificaciones de construcción, materiales a utilizar o elementos a construir, como en el caso de edificaciones con estructuras de concreto o acero. Estos insumos materiales, actualmente se rigen por Normas Oficiales Nacionales e Internacionales, y con el simple cumplimiento de éstas se considera que la obra se ejecutó con calidad.

Los insumos y procedimientos de fabricación en obra que se controlan en una construcción, se agrupan en aquellos que formarán parte de la estructura, las instalaciones y los materiales fabricados en obra y los que se adquieren a través de proveedores o fabricantes.

Las características que se controlarán o supervisarán son:

- De tipo físico, como: dimensiones, resistencia, y dureza, o límites plástico y elástico
- De composición química
- De propiedades eléctricas, térmicas y acústicas
- De apariencia, como color y acabado.

Las pruebas a que se someterán serán de tipo:

- Destructivo: realizadas mediante compresión o tensión hasta la falla del espécimen
- Semidestructivo: extracción de corazones, pruebas de flexión, pruebas de doblado, etc.
- No destructivo: pruebas de carga, inspección ultrasónica, de campos magnéticos, líquidos penetrantes, etc.

Las pruebas antes mencionadas, de manera general pueden medirse según los atributos establecidos para cada uno de los elementos de construcción, mismos que se establecen en las especificaciones aportadas por los clientes. Existe para la mayoría de los elementos de construcción de edificios, normas nacionales, internacionales, instituciones de prestigio, asociaciones de ingenieros, de arquitectos, etc. por citar algunas de las especificaciones relacionadas con obras de edificación, se rigen por las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), de las cuales, las:

- NOM-C-72, 73, 75, 76, 77, 84, 164, 165 y 70 se relaciona con los agregados del concreto
- NOM-C-83, 156, 160 y 161, se relacionan con el concreto
- NOM-B-1, 78, 113, 310 y 434, para el acero de refuerzo
- NOM-B-6, 111, 124, 133 y 253, para la soldadura
- NOM-C-6, 10, 36 y 38, para bloc y tabique, entre otras.

Actualmente, algunas constructoras están desarrollando e implantando controles de calidad, para que su control sea efectivo, debiendo cubrir y regular el funcionamiento del control, con base en un plan integral de control con calidad, garantizando ésta, independientemente de la obra, magnitud, complejidad y localización, entre otros factores. Lo anterior conlleva a la definición de pasos para organizar su control, como pueden ser:

- El establecimiento de normas o reglas que están consignadas en los planes, programas, presupuestos y procedimientos
- La medición de los resultados que establece el método para registro, selección y análisis de datos
- La corrección para la decisión que debe tomarse para establecer el control
- La retroalimentación para la modificación de los planes, cuando se detectan desviaciones con el fin de llegar a la meta señalada (figura 5.1.7).

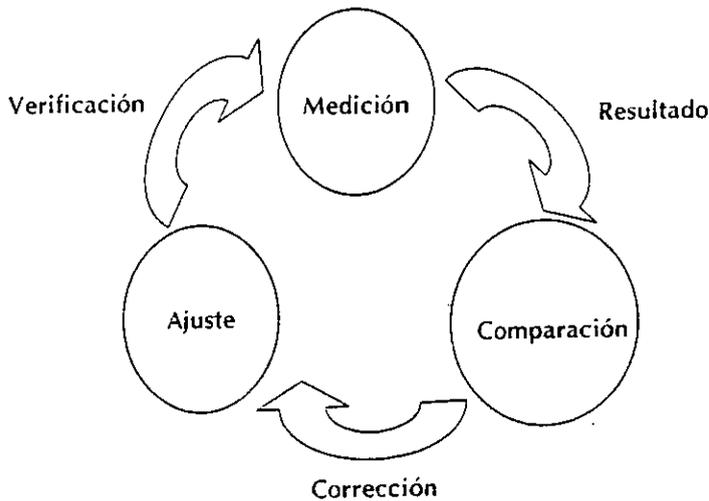


Figura 5.1.7 Sistema de calidad.

De tal forma, que el control permita un adecuado establecimiento de los estándares y sus mediciones, generando lo que se denomina un sistema de control de calidad.

El establecimiento de un plan, se compone de la selección y definición de las políticas, procedimientos y métodos necesarios para lograr los objetivos necesarios de la organización, para planear los: programas, costos y especificaciones.

En donde deberán existir:

- Políticas, que servirán para indicar la estrategia general por medio de la cual se lograrán los objetivos
- Procedimientos, para enumerar la secuencia cronológica de pasos que deben darse para lograr un objetivo
- Método, para especificar cómo se realiza un paso del procedimiento.

Dentro del plan, se debe contemplar el estudio de normas y especificaciones. Dicho estudio constituirá el sistema de comunicación, entre el ingeniero que diseña y el que construye. Es por tanto, indispensable que el ingeniero constructor conozca detalladamente dichas normas y especificaciones.

De nada servirá tener un magnífico control de calidad, si éste no sirve para tomar las decisiones oportunas que permitan mejorar la economía de la obra.

Métodos estadísticos

Los métodos estadísticos constituyen herramientas esenciales de un control total de calidad para la solución de problemas. Le proporcionan a los grupos de trabajo las herramientas necesarias para:

- Identificar y clasificar las causas de los problemas de calidad
- La comunicación clara entre los miembros del grupo
- Verificar, repetir y verificar las mediciones basadas en datos sólidos
- Determinar los antecedentes, la situación actual y en menor grado, el futuro de un proceso de trabajo.

Comentar y tomar decisiones en relación con hechos basados en datos sólidos y objetivos, más que en las opiniones y preferencias de los individuos o grupos.

Los métodos estadísticos que se utilizan con mayor frecuencia en el proceso de solución de problemas del control total de calidad, se conocen como las "siete herramientas estadísticas", y son:

Histogramas. Los datos obtenidos de los procesos de trabajo, pueden definirse en términos de su distribución respecto a un valor determinado. El histograma es un tipo de gráfica de barras que ilustra el patrón de distribución de los datos medidos. La función principal del histograma, es identificar los problemas mediante el análisis de la forma de la distribución, su tendencia principal y la naturaleza de la dispersión.

Diagramas de causa y efecto. También conocidos como diagramas "de espinas"; los diagramas de causa y efecto se utilizan para analizar gráficamente las características de un proceso. Ayudan a identificar las causas principales de los problemas, y a establecer las relaciones entre causa y efecto.

Hojas de registro. Constituyen un método para registrar eficazmente los datos de tal forma que sea fácil obtenerlos y utilizarlos. Los datos se asientan en la hoja de registro durante la revisión rutinaria del proceso.

Diagrama de Pareto. Los diagramas de Pareto ilustran la importancia relativa de los problemas, condiciones o sus causas. El diagrama ayuda al equipo a separar los "pocos problemas vitales" de los "muchos problemas triviales", permitiendo seleccionar las áreas que deben atenderse primero.

Gráficas. Las gráficas de barras, líneas, círculos o esquemas, son quizás la herramienta más simple y más utilizada de las siete. Constituyen un método sencillo para analizar y comunicar datos; su uso depende de la forma deseada de la gráfica y del propósito del análisis.

Gráficas de control. Las gráficas de control se utilizan para detectar las tendencias "anormales" que ocurren fuera de los límites de variabilidad normales. Son gráficas de líneas básicas, a las que se añaden tres líneas de control en los niveles central, superior e inferior. La línea central es el valor promedio diario (\bar{x}) o el límite diario (R), la línea superior es el límite de control máximo (UCL) y la línea inferior es el límite de control mínimo (LCL). Los datos se ilustran como una gráfica lineal, y se analizan las tendencias y situaciones.

Diagramas de distribución. Los diagramas de distribución, son gráficas de puntos de dos variables de datos correspondientes. La distribución de los puntos ilustra cualquier relación entre las variables.

En resumen, con el establecimiento de una adecuada administración con un enfoque de calidad, independientemente de la obra a construir, deberá por lo menos seguirse las fases siguientes (figura 5.1.8):

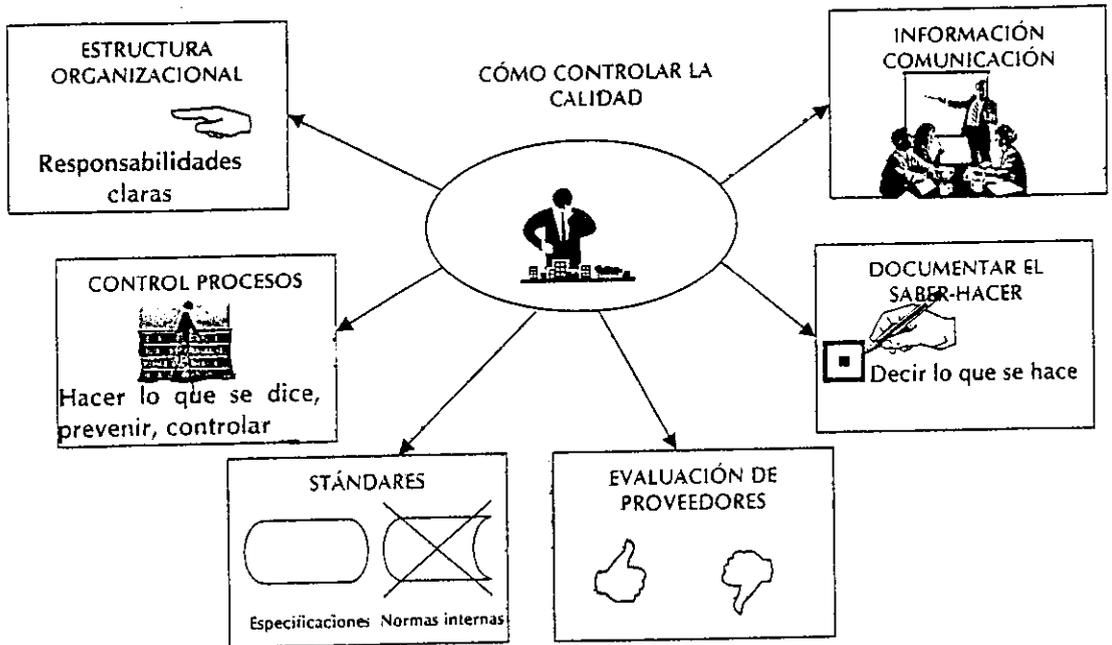


Figura 5.1.8 Fases del control de la calidad

Lo anterior conlleva al establecimiento de funciones de producción y funciones de garantía de calidad, donde la primera establece el cumplimiento de los objetivos de construir una obra con calidad, segura y económica; con el seguimiento de la segunda se asegura, mediante una buena administración, ejecución y control, su producción (construcción de la obra).

En los siguientes incisos, se enfocan las diferentes fases que deberán desarrollarse e implementarse para lograr la construcción de una obra con calidad; su presentación es indicativa más no limitativa, con un desarrollo enfocado a las normas ISO-9000, con algunas consideraciones que omiten algunos puntos establecidos en ellas y con un orden de aparición muy particular de este trabajo, el cual podrá ajustarse a cualquier estructura.

5.2. Control de aspectos legales

Un proyecto se divide en varias fases, para efectos de planeación y dirección integral que constituyen lo que se denomina el ciclo de vida del proyecto (figura 5.2.1), dichas fases, planeación, diseño, construcción y operación, se han desarrollado ampliamente en capítulos anteriores. Sin embargo, un proyecto puede significar:

- Todas las fases de una obra, desde su concepción, estudios de gran visión, prefactibilidad, factibilidad, diseño, construcción y hasta su puesta en marcha
- El diseño o la ingeniería de detalle exclusivamente, o
- El conjunto de planos, normas y especificaciones a las que debe sujetarse una obra durante su construcción.

Esta última definición es la que se analizará en el presente capítulo, no obstante que las fases anteriores a la etapa de construcción, están directamente involucradas.

Al planear el inicio de una obra y en el supuesto de que las fases previas estén concluidas, se deben conocer las circunstancias en que se contrata, como pueden ser los procedimientos constructivos supuestos, las especificaciones complementarias, los plazos previstos, las asignaciones programadas; todos los antecedentes se requieren para ejecutar un proyecto, dentro de las condiciones contractuales, y si llegaran a introducirse modificaciones poder solicitar las compensaciones correspondientes.

Cuando el proyecto en sus fases previas está totalmente estudiado y definido, no se presentarán modificaciones durante su ejecución, no falta financiamiento y no existen circunstancias extraordinarias que modifiquen el programa original, debe terminarse teóricamente según lo previsto. Esto debe ser lo deseable, más no es lo posible, pues en las obras siempre existen riesgos de contingencias que alteran las condiciones originales que pueden modificar plazos, programas y presupuestos, especialmente en esta época de avances tecnológicos acelerados y de inflaciones económicas incontrolables, pues la construcción está sujeta a las variaciones de sus valores agregados, como son salarios, materiales, y maquinaria que trascienden el ámbito de ejecución de las obras y dependen de otros factores. Lo mismo sucede con los cambios en los modelos de equipos que provocan la obsolescencia de los que están en uso.

Lo fundamental no es eludir modificaciones justificadas, sino conocerlas y controlarlas, y así corregir los defectos o errores oportunamente.

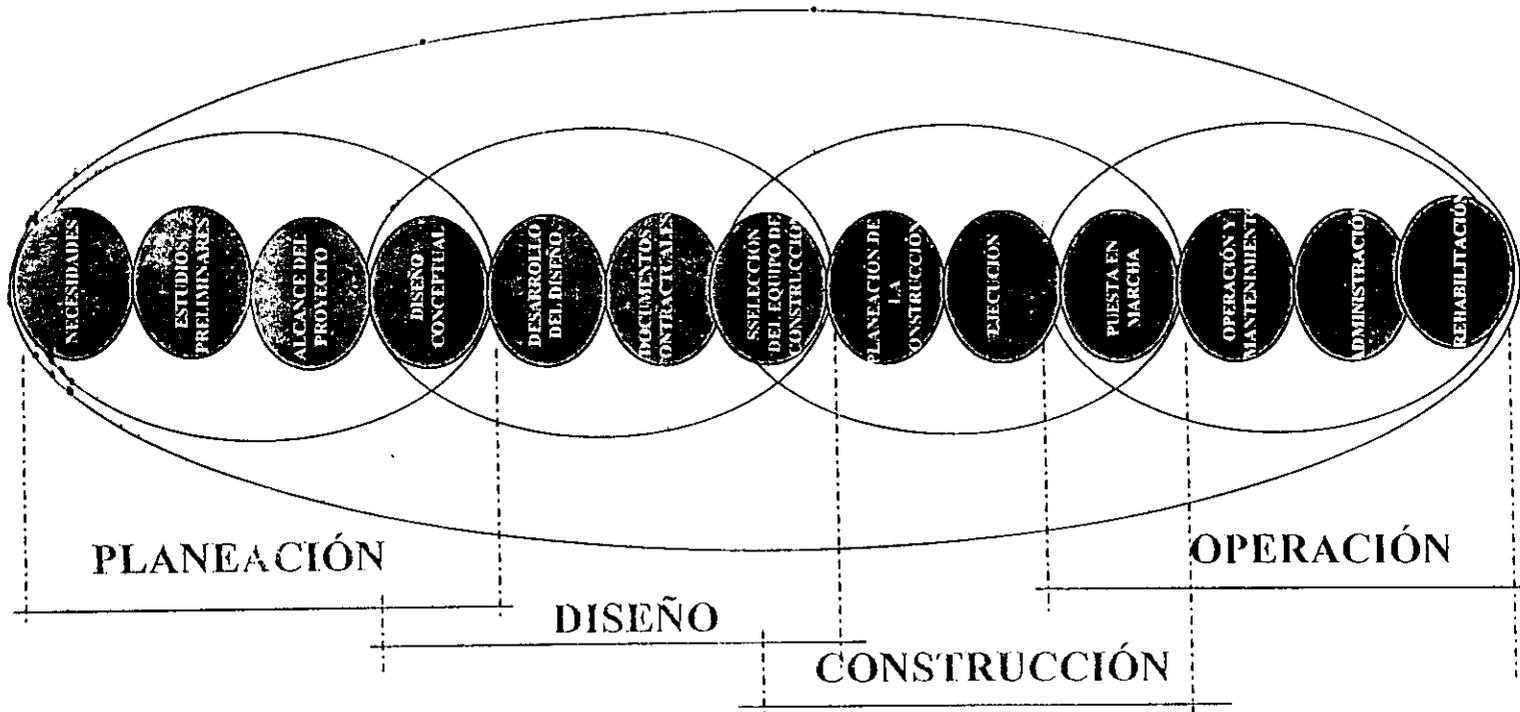


FIG. 5.2.1 Fases del proyecto (ciclo de vida del proyecto)

Con el fin de establecer, documentar y mantener un sistema de calidad como medio que asegure que el producto (OBRA), es realizado conforme a los requisitos especificados. La Norma NMX-CC-003:1995 IMNC, equivalente a la ISO-9001:1994, establece dentro de sus requisitos del sistema de calidad, en su punto 4.3 la REVISION DEL CONTRATO, en la cual en términos generales indica que antes de la preparación de una oferta, ó de la aceptación de un contrato o pedido que celebre la empresa con sus clientes, deberán ser revisados estos documentos para obtener la seguridad de que:

- Los requisitos estén definidos y documentados
- La empresa esté en condiciones de cumplir con el contrato
- Cualquier requisito que difiera de la oferta sea debidamente resuelto
- Existe un acuerdo mutuo de voluntades para la aceptación del contrato
- Las modificaciones del contrato deben de ser debidamente controladas y resueltas
- Como evidencia de lo antes mencionado, se deberá contar con registros de las revisiones efectuadas.

Especificaciones

Existen dos grandes rubros de especificaciones que se deberán de revisar ampliamente y estas se presentan de la siguiente forma:

- 1) Bases de concurso, con las cuales un concursante prepara y presenta su oferta o proposición para ejecutar el trabajo, así como las condiciones del contrato bajo las cuales el concursante contratado (el contratista constructor), debe realizar el trabajo, y
- 2) Especificaciones detalladas necesarias para que se efectúe el trabajo.

Esta combinación de bases y especificaciones, junto con los planos aprobados y los documentos de concurso, componen la documentación del contrato. Cuando se hace frente a la tarea de preparar las especificaciones para un proyecto de ingeniería, el especialista considera muchos factores; sin embargo, la información mínima requerida para efectuar un estudio preliminar del proyecto para efectos de construcción, debe contener:

- Bases generales de la convocatoria
- Planos generales
- Especificaciones técnicas
- Especificaciones generales
- Relación de conceptos de trabajo y cantidades de obra
- Programa general, indicando fechas de iniciación y terminación de actividades
- Modelo del contrato
- Especificaciones especiales.

El objeto de las especificaciones es complementar el contenido del contrato; además, definir las obras por realizar en cada uno de los conceptos de trabajo, estableciendo las normas técnicas y control a que debe sujetarse cada concepto de trabajo.

Las especificaciones técnicas cuando menos deben contener:

- Definición del trabajo
- Forma de ejecución
- Método de medición y pago
- Conceptos de trabajo correspondientes.

De las especificaciones generales, conviene destacar las relativas a:

- Supervisión e inspección
- Tolerancias y acabados
- Limpieza final y recepción del trabajo
- Seguridad e higiene
- Afectaciones
- Caminos de acceso y construcción.

Las especificaciones especiales o complementarias:

- Son aquellas que se refieren a una obra determinada y que modifican o se adicionan a las generales.

Contratos

La negociación de los contratos entre los propietarios y los contratistas cuando se va a realizar un trabajo de construcción, requiere que las partes contratantes observen ciertas formalidades legales. La naturaleza y el contenido de los documentos del contrato, varían según la organización de la propietaria que patrocina la obra, y el procedimiento que se emplea en la recepción de propuestas.

Un contrato, es el documento autorizado en que se hacen constar las obligaciones y derechos de las partes (propietaria y contratista), para la realización de una obra determinada. Forma parte de las especificaciones generales de las propietarias, y debe tener como anexos y formando parte del mismo, los planos, especificaciones del proyecto, los precios unitarios, programas y en general, cualquier disposición que tenga relación con la obra.

El contrato es un instrumento jurídico y por lo tanto, su contenido tiene aspectos técnicos y legales; es la base para definir la actuación de las partes, pues destaca las responsabilidades principales en el trabajo, motivo del contrato.

Debe contener los antecedentes que originaron el documento, como son capacidad para contratar, autorización de la inversión, fuentes de financiamiento, y datos del concurso, además, debe comprender: declaraciones iniciales, clausulado y declaraciones finales, en términos generales lo siguiente:

- Objeto del contrato, importe y plazo para ejecutar la obra
- Programa de trabajo, planos y especificaciones y la forma de interpretar las modificaciones a estos documentos
- Forma de pago por trabajos ordinarios, extraordinarios y por administración a través del contratista

- Formulación de estimaciones, liquidaciones y recepción de los trabajos
- Responsabilidad del contratista, así como fianzas y garantías que debe otorgar
- Sanciones por incumplimiento del programa
- Suspensión de los trabajos y rescisión del contrato.

Legislación

Al estudiar un proyecto para efectos de construcción, es necesario conocer y revisar, cuando menos en términos generales, las principales leyes, normas, reglamentos y disposiciones que al respecto existen, con objeto de atenderlas, respetarlas y evitar daños a la sociedad, que en último análisis es el beneficiario de la obra.

Las principales disposiciones legales que se deben conocer, son las de carácter federal, local, laboral, fiscal, sanitarias, seguridad social y en particular, todas las relacionadas con el área de construcción como lo es la Ley de Adquisiciones y Obras Públicas.

- La legislación local, debe conocerse para atender su Reglamento de Construcciones y sus leyes de Desarrollo Urbano, así como las disposiciones del código civil en materia de contratos, bienes y responsabilidad civil
- Dentro de estas disposiciones, se establecen los derechos y las responsabilidades de las partes en los contratos de construcción (propietaria - contratista) que incluyen además, la fianza, los requisitos que rigen sus relaciones comerciales y legales, y la autoridad del ingeniero constructor

Entre las disposiciones en materia de construcción que deben de revisarse en este rubro por lo menos, destacan:

- El contrato de obra, seguimiento del inicio, avances, tiempo de terminación, suspensión, demoras inevitables, liquidación de daños y ampliación de tiempos de los trabajos, así como, mediciones de la cantidad de obra, alcances de pago, modificación de planos, pago de estimaciones, terminación de la responsabilidad del contratista y garantía en contra de un trabajo defectuoso
- El Reglamento de Construcción, que para el caso del Distrito Federal (RCDF); incluye en su Título Séptimo "Construcción" las disposiciones de Seguridad e Higiene, Materiales y Procedimientos de Construcción, Mediciones y Trazos, Excavaciones y Cimentaciones, Dispositivos para el Transporte Vertical en las Obras, Instalaciones y Fachadas
- El Reglamento de Ingeniería Sanitaria relativo a edificios
- El Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas
- Trámites, permisos, licencias y registros de construcción como pueden ser: alineación y número oficial, licencia de uso especial del suelo, licencia de construcción, instalación provisional y definitiva de energía eléctrica, aviso de terminación de obra. Uno de los registros para el Distrito Federal, es de la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción
- Legislación Federal, en ella tienen gran importancia los planes Nacionales de Asentamientos Humanos y el Desarrollo Urbano, así como la ley General de Asentamientos Humanos. Las leyes federales relativas a la prevención contra la contaminación ambiental por ruido, polvo y daño al agua de nuestros ríos y fuentes de

abastecimiento; Ley y Reglamento de Ingeniería Sanitaria; Ley Federal del Trabajo; Ley de Aguas, etc.; destaca por su relación con la construcción la Ley de Adquisiciones y Obras Públicas

- La legislación fiscal se debe conocer, y revisar todo lo relativo a impuestos Locales y Federales, así como los clásicos impuestos valor agregado y sobre la renta
- Finalmente se requieren conocer y estudiar todas las disposiciones relativas en materia de seguridad social (por ejemplo: IMSS, INFONAVIT, SAR), no solamente para pago de cuotas, sino para que el trabajador efectivamente, reciba esta prestación que no sólo es para accidentes de trabajo, sino que lo protege a él y su familia contra enfermedades, incapacidad, cesantía, vejez, maternidad, etc.

Revisiones del Contrato

Otras de las razones que hacen necesario revisar los documentos del contrato durante el tiempo comprendido, entre la publicación de la invitación a concurso y la terminación del contrato, son los cambios ocasionados por ajustes, ampliaciones o modificaciones. Se clasifican tales revisiones como apéndices, estipulaciones, órdenes de modificación y documentos complementarios.

Los **apéndices** son revisiones de los documentos del contrato que se hacen durante el período de concurso, se relacionan principalmente, con modificaciones en los planos y en las especificaciones a errores u omisiones, con la necesidad de aclarar partes de estos documentos, lo cual se revela en las preguntas hechas por los concursantes, o con modificaciones pedidas por el propietario.

El **convenio** es un instrumento escrito por medio del cual, el concursante a quien se otorgó un contrato conviene en el tiempo de ejecución del contrato, en una modificación a los términos del contrato propuesta por el propietario.

La **orden de modificación** se da por escrito al contratista, y la autoriza el propietario y la firma el ingeniero; la orden indica que se haga un cambio en el trabajo, distinto al establecido originalmente en los planos y especificaciones.

Un **convenio suplementario** (documentos suplementarios), es un acuerdo escrito para modificar una parte de la obra que se considera está fuera del alcance de los términos generales del contrato, o bien, para autorizar modificaciones en la obra que están dentro del alcance del contrato, pero exceden el porcentaje estipulado sobre el costo original establecido. El convenio debe ser firmado y autorizado por ambos contratantes.

5.3. Control del diseño

En esta etapa de control, es necesario determinar el tamiz de las ideas consideradas para el diseño de la obra de edificación, de tal forma que los elementos o actividades por ejecutar requieran de un mayor estudio.

A la estructura del diseño de una obra de edificación, con todas sus especificaciones y características, debe dársele un sentido físico y tangible, de tal forma que deberán de identificarse las características de éste y analizarlas desde los puntos de vista técnico, de mercado y de diseño con el propietario, para puntualizar si corresponde al fin establecido.

5.3.1. Análisis técnico de mercado

De acuerdo con las circunstancias que prevalezcan en el sitio donde se efectuará la obra (producto), y los diferentes elementos con sus respectivas características, pudiera existir la necesidad de adquirir del exterior (nacional o internacional) algunos elementos para su fabricación; por otro lado, existen factores de ordenamiento y normativos que modifican las dimensiones o propiedades físicas de materiales fabricados en obra, prefabricados o adquiridos con algún proveedor (por ejemplo, un mayor grado de resistencia de algunos elementos de acero o concreto estructural), dando como resultado el establecimiento de mayores estudios, y búsqueda de nuevos mercados de insumos como materiales, equipo, herramienta, mano de obra, etc.

Lo anterior conlleva al establecimiento y generación de procesos que garanticen que cualquier variación de productos en el mercado o modificaciones del diseño, están previstos dentro de un sistema de aseguramiento de estos insumos.

Un estudio de mercado puede abarcar todos los insumos o algunos, pudiendo ser para este últimos los más críticos, por condiciones especiales o porque se usen en gran cantidad. Por ello, técnicamente deben de identificarse y evaluarse al menos lo siguiente:

- Características técnicas
- Certeza de suministro
- Proveedores
- Cantidades disponibles
- Precios.

Por ejemplo, en estructuras de concreto los principales insumos son el cemento y acero de refuerzo, los cuales se pueden encontrar a través de fabricantes y proveedores en el mercado Nacional, mismos que provocarían incertidumbres en el cumplimiento de las características definidas en el proyecto, la certeza del suministro y cantidad disponible, con precios que estarán en función de la oferta en el mercado.

Sin embargo, en estructuras de acero, será mayor la necesidad y dificultad de encontrar en el mercado nacional, los elementos diseñados en el proyecto, en función de la localización de la obra; los proveedores disponibles presentarán mayor riesgo para garantizar el suministro en cantidad y calidad por el consecuente transporte, pudiendo verse reflejado en los precios de adquisición.

Para el caso de los insumos del proyecto arquitectónico de la obra (acabados, equipo, instalaciones, etc.), tendrán el mismo valor para cualquiera de los dos tipos de estructura; sin embargo, es necesario evaluarlos.

5.3.2. Análisis técnico del diseño (Proyecto)

La construcción de un proyecto de edificación, requiere de la identificación con detalle, de todos los elementos que intervendrán en su desarrollo (características, especificaciones, normatividad, calidad a cumplir, etc.), y análisis de los diferentes criterios en los cuales se basó su diseño, de tal forma que el constructor pueda administrar y asegurar su ejecución de acuerdo con los compromisos contractuales con el propietario.

Desde el punto de vista técnico, se deberá desarrollar un análisis de la calidad, distinguiendo tres aspectos:

- La calidad de la solución propuesta aspectos funcionales y técnicos, estética, costo, y plazo de ejecución, programación de la obra, etc.)
- La calidad de la descripción de la solución (planos, especificaciones)
- La calidad de la justificación de la solución (memorias de cálculo, estudios realizados, explicaciones de criterios, etc.).

El análisis de los principales estudios (mecánica de suelos, diseño de la estructura, etc.), y memorias que sustentan y definen el diseño, es con la finalidad de preparar y aprobar los documentos adecuados y con ello, definir acciones, procedimientos, instrucciones, planos, etc., mismos que coadyuvarán a establecer un aseguramiento de la calidad en el control del diseño; al determinar quién efectuará los trabajos (programación de la obra); y quién los preparará (programación y asignación de recursos) verificará su existencia (control), y a su vez, la generación y conservación de los registros de revisión (flujo de información).

Según las normas NMX-CC-003.1995 IMNC, equivalentes a la ISO-9001 (requisitos del sistema de calidad), indican en términos generales, que el proveedor (en este caso el constructor), deberá establecer y mantener procedimientos documentados para controlar y verificar el diseño del producto (obra), de tal forma que se pueda asegurar el cumplimiento de los requisitos especificados al construir la obra. Derivado de lo anterior, deberá por lo menos considerar:

- El control documental del diseño de la obra que incluye el proyecto arquitectónico, proyecto estructural (subestructura y superestructura), estudio de mecánica de suelos, proyecto de instalaciones, presupuesto base, duración de la obra y autorización del director responsable de la obra (DRO), además de los procesos que se integran en lo que pudiera denominarse el sistema ejecutivo (fig. 5.3.1), durante la fase de construcción, en los cuales se determinan los factores del medio ambiente, entradas, proceso, salidas y control.

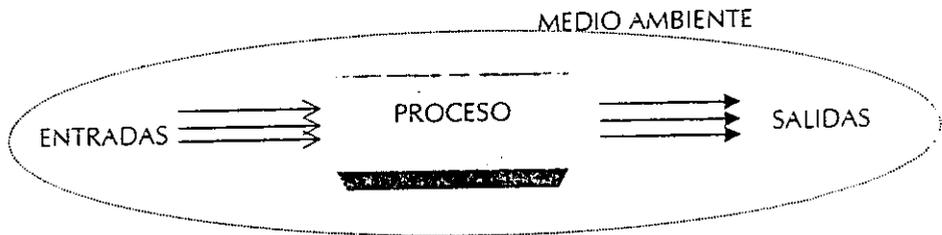


Figura 5.3.1 Sistema ejecutivo

En donde el medio ambiente, corresponde a toda la parte legal y contractual, entre otros factores que estarán influyendo durante la ejecución del proyecto.

Las entradas, corresponden a los recursos (humanos, materiales, equipo, herramienta, etc.), y especificaciones del proyecto.

El proceso, integrará todas las actividades de ingeniería, construcción y operación, durante la obra.

Las salidas, son el resultado de los avances durante la obra (de edificación) o terminación de la misma, con toda la documentación del producto final indicando el resultado físico y económico, con los cambios a que se vio sujeto durante su ejecución.

- El diseño de la obra, deberá de estar adecuadamente planeado, definiendo las responsables de cada actividad; lo anterior mediante la fijación de las metas, estrategia y secuencia de actividades. Para ello, se deberán de revisar los programas de construcción en donde se definen detalladamente, las actividades a desarrollar, tiempos de ejecución, holgura y asignación de recursos (mano de obra, equipo, económicos, etc.), aunque no se acostumbre reflejar en estos programas los materiales, habrá que prever su inclusión
- Las actividades de los trabajos deberán de asignarse a personal competente que cuente con los medios y recursos necesarios para este fin. Es decir, el personal deberá estar plenamente calificado mediante procesos de selección acordes a las necesidades, de tal forma que cumpla con los perfiles de puestos desarrollados para la ejecución del proyecto; además, deberá de dotársele de los recursos para la aplicación de los procedimientos de operación y control (formatos, comunicaciones, herramienta, equipo, etc.)
- La claridad, entendimiento e interpretación de las especificaciones del diseño, deberán de estar aceptados y confirmados con el cliente (definición de los insumos y metas requeridas por este último)
- Verificación de alcances
- Administración del contrato
- Aseguramiento de la calidad.
- Los requisitos del cliente deberán estar con toda claridad, traducidos a documentos, dibuja (planos de construcción), y especificaciones
- Los datos finales del proyecto (diseño), deberán contener los criterios de aceptación, satisfacer los requisitos oficiales, e identificar las características fundamentales para la seguridad y funcionamiento del proyecto (obra)
- La revisión del diseño, deberá ser encomendada a representantes de todas las áreas que intervienen en el proceso de construcción de la obra, los que deberán efectuar las pruebas, cálculos y demostraciones que sean necesarios a este respecto
- Los cambios de diseño deberán estar estrictamente controlados, para evitar la posibilidad de errores

5.4. Control de adquisiciones.

Se deberá establecer y documentar el sistema por medio del cual, se asegurará que los proveedores de bienes y servicios (inclusive los procesados por el contratista a suministrar) estén de acuerdo con los requerimientos especificados en el proyecto.

El sistema con un enfoque de aseguramiento de calidad deberá incluir, al menos, los siguientes elementos:

- Compras
- Especificaciones de los productos
- Evaluación y selección de productos

- Evaluación y selección de proveedores
- Subcontrataciones
- Programa de suministros
- Manejo, almacenamiento y preservación
- Control de suministros
- Entrega.

5.4.1. Compras

En este concepto, se deberán evaluar antes de su utilización, los productos y servicios de especialistas que se van a adquirir, para la integración y elaboración de elementos que conformarán la obra, de tal forma, que se cumplan y controlen con base en procesos de identificación de:

- Variaciones de precios
- Calidad y precio
- Inicio oportuno
- Precios reales-cotizaciones reales
- Evaluación de inflación
- Análisis de mercado, mano de obra, materiales, equipo, herramienta, etc.
- Instalaciones y servicios de apoyo (suministro de agua, drenaje, energía, etc.)
- Contratación de trabajos homogéneos
- Trabajos homogéneos en un solo contrato
- Plazos de licitación realistas
- Contratación por segmentos o especialistas
- Prioridades a conceptos que requieran mayor tiempo
- Políticas y procedimientos de negociación (techos financieros).

5.4.2. Especificaciones de los productos

En la documentación del control del diseño se obtienen de manera precisa, el establecimiento y características que deben de cumplir los productos a utilizar en la construcción de la obra, en las cuales se especifica:

- Cantidades de mano de obra, materiales, maquinaria, equipo, etc.
- Tiempos de entrada, proceso y fin de los productos
- Costo o techos financieros por actividad o producto para sus pagos y/o cobros
- Calidad de los productos.

Las tres primeras especificaciones, se controlarán mediante programas físicos, financieros y balances económicos, mismos que deberán de estar plenamente documentados en sus procesos para control y garantía de calidad, en cuanto a su aplicación.

Con relación a la calidad de los productos, éstos se ven afectados por el medio ambiente, estén o no indicados en la documentación del contrato. No obstante, desde el proyecto se deben especificar los certificados de calidad que deben cumplir los productos y con ello, prever los servicios de unidades de verificación acreditados.

Para el caso de edificaciones, este medio establece, normas obligatorias o no, mismas que deberán de observarse, cumplir y documentarse mediante procedimientos.

Tal es el caso de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización (LFMN), que enmarca las regulaciones de orden obligatorio (Normas Oficiales Mexicanas, NOM), que las dependencias del sector público deben ejercer sobre los materiales, productos, procesos y servicios relacionados con la seguridad, salud, protección al medio y consumidor.

Por lo tanto, se deberá documentar el cumplimiento a la normatividad vigente aplicable a materiales, procesos constructivos y servicios, mismos que de su incumplimiento responsabilizan al director responsable de obra y corresponsables.

Adicionalmente, y de carácter "voluntario" existen Normas Mexicanas (NMX) que son aplicables a productos y procesos (por ejemplo: ISO 9000), que al igual que las NOM, se enmarcan en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

Las principales Normas Oficiales Mexicanas que se relacionan con la edificación, se emiten por las siguientes dependencias:

- Secretaría de Energía, SENER
- Comisión Nacional de Ahorro de Energía, CONAE
- Comisión Federal de Electricidad, CFE
- Secretaría de Desarrollo Social, SEDESOL
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes, SCT
- Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca, SEMARNAP
- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, SECOFI
- Comisión Nacional del Agua, CNA
- Secretaría de Salud, SS
- Secretaría de Trabajo y Previsión Social, STS
- Secretaría de Educación Pública, SEP
- Instituto de Antropología e Historia, INAH
- Instituto Nacional de Bellas Artes, INBA.

Las Normas Mexicanas (NMX), se utilizan como referencia en regulaciones y NOMs (por ejemplo, las Normas Técnicas Complementarias del Distrito Federal, particularmente en lo relativo al concreto hidráulico), se orientan a conocer e identificar características y especificaciones aplicables a los productos, procesos, personas, sistemas de calidad y servicios.

Para la industria de la construcción, se han identificado aproximadamente 80 productos relacionados con este sector que se prevé la certificación en forma.

Entre los principales productos, con sus respectivas normas de métodos de ensaye, podemos mencionar cemento, concreto hidráulico y agregados, paneles, bloques, ladrillos y tabicones, sistemas de losa y entrepiso, varillas, alambres y mallas, impermeabilizantes y recubrimientos pétreos, tubos para conducción de drenaje y agua potable, componentes para instalaciones hidro-sanitarias, revestimientos y protección contra fuego, entre otros.

5.4.3. Evaluación y selección de productos

Los diferentes productos que constituyen la materia prima (equipo, materiales, fuerza de trabajo, maquinaria, métodos y medio ambiente) a utilizar en la obra, son identificados como elementos en la fase antes del proceso.

Deberán de valorarse, conforme a procedimientos con los cuales se califique el cumplimiento de:

- Requisitos de calidad
- Procedimientos de fabricación
- Producto terminado
- Manejo, transporte y almacenamiento
- Componentes de los elementos
- Vida útil
- Cumplimiento de normas
- Característica de presentación.

Evaluados los productos, se deberán seleccionar con base en procedimientos, aquellos que cumplan principalmente con las:

- Características del producto (dimensiones, peso, etc.)
- Tolerancias permitidas
- Oportunidad y condiciones de entrega
- Precio del artículo.

5.4.4. Evaluación y selección de proveedores

Se deberá documentar el sistema por medio del cual, se asegurará que el producto o productos suministrados, estén de acuerdo con los requerimientos del proyecto.

La evaluación y selección de los proveedores, se calificará con base en su habilidad para el cumplimiento de los requisitos del proyecto considerando:

- Evaluación en planta de su calidad operativa
- Evaluación de la calidad del producto
- Evaluación de sus sistemas de aseguramiento de la calidad (ISO 9000), implantación, condiciones del lugar de trabajo, mantenimiento preventivo a maquinaria, determinación de estrategias de mejora, etc.
- Evaluación de su capacidad productiva

- Evaluación del comportamiento del proveedor en proyectos similares.

5.4.5. Subcontrataciones

La contratista, debe mantener relaciones operativas con pocos proveedores de materiales y servicios, previamente evaluados y seleccionados, lo cual implica que el volumen de operaciones a desarrollar con ellos, será mayor en estas circunstancias o en beneficio de ambas partes.

Es importante destacar que los proveedores deben ser considerados, no como una compañía independiente, sino como una extensión de la constructora y como socios operativos.

Para lograr lo anterior, es necesario comentar cuál es la filosofía de la empresa o invitarlos, además, definir cuál es su posición dentro de ella y lo que se espera de ellos.

En función de la magnitud organizativa, se podrán o no contratar servicios de consultoría, proveedores, destajistas y constructores (subcontratistas), como los mencionados en el capítulo 4.1.1 antes visto; al contratarse o subcontratarse un proveedor, deberán de indicarse con toda claridad los requerimientos a cumplir.

En los documentos de compra se deberá especificar:

- Cantidad requerida
- Tipo, clase, modelo del producto de que se trate
- Especificaciones y tolerancias
- Fecha y condiciones de entrega
- Precio unitario y total
- Documentos que acompañan al producto (certificados de calidad, gráficas de control, instructivos, etc.)
- Instrucciones de inspección y operación, con procedimientos de equipo de proceso y calificación de personal
- Certificados de calidad y cumplimiento de normas aplicables al producto
- Derecho del cliente (contratista), para verificar que los productos cumplen con los requisitos establecidos.

5.4.6. Programa de suministros

En la fase de planeación, se especifican los principales programas de asignación de recursos que pudieran denominarse suministros, insumos o entradas para el proceso de construcción de la obra, y estos pueden ser, materiales, equipo, maquinaria y personal, entre otros.

La cadena entre las necesidades funcionales, posibilidades técnicas y económicas están definidas en este programa, volúmenes y canales de distribución.

En este contexto, se deberán documentar y establecer los procesos base en un programa de construcción de la obra. Se deberán de establecer los programas de suministros de:

- Trabajo (actividades)
- Mano de obra
- Materiales

- Maquinaria
- Fletes y acarreos
- Destajos
- Instalaciones
- Subcontratistas (constructoras, especialistas, laboratorios de calidad, etc.).

En tiempo y lugar, cumpliendo con políticas de entrega en almacenes o justo a tiempo a pie de obra, de acuerdo con los diferentes procesos constructivos.

5.4.7. Manejo, almacenamiento y preservación

El constructor debe establecer, documentar y mantener procedimientos, para asegurar un adecuado control y protección física de los productos que elabora o adquiere, tomando en consideración su manejo, almacenamiento y preservación, empaque y embarque.

El manejo de artículos, debe efectuarse utilizando procedimientos que aseguren una adecuada protección física de los mismos.

Para el almacenamiento y preservación, se deben definir y emplear áreas de almacenamiento adecuadas y seguras, para evitar el daño o deterioro de los artículos antes de su uso o entrega. Se establecerán métodos apropiados para la recepción y despacho de los artículos en esas áreas.

Con objeto de detectar oportunamente los daños o deterioros que sufre el producto, debe verificarse su estado en forma sistemática, a intervalos regulares de tiempo (tal es el caso del cemento).

Empaque y embarque. Se deben prever y controlar las condiciones de empaque y embarque, para asegurar que el artículo sea recibido por el cliente (constructor, dueño, etc.) de acuerdo con los requisitos especificados a este respecto. Para que se facilite dar cumplimiento con lo antes expuesto, se habrá de identificar, preservar y segregar todo artículo deteriorado.

Es importante observar que los proveedores con normas de aseguramiento de calidad, garantizan mediante procedimientos el manejo, almacenamiento y preservación de sus productos; sin embargo, hay considerar el control de producción (CP) antes de su recepción (CR).

Para el caso de los insumos para la elaboración de estructuras de concreto, existen normas mexicanas para este control (agregado, cemento, acero de refuerzo, etc.), el cual difiere en gran proporción en las normas existentes para elementos que conforman una estructura de acero.

5.4.8. Control de suministros

Como se indica en el capítulo 4.1.1, el contratista deberá de contar con una gama de procedimientos relacionados con el suministro, de tal forma que se cubren las actividades de evaluación, selección, subcontratación, programación, manejo, distribución y almacenamiento de los productos a suministrar.

En cada una de sus fases (de la construcción), existen controles específicos con el ciclo de vida del producto, el cual representa una analogía a la construcción de una obra.

Lo anterior, trata de indicar que el contratista, deberá elaborar procedimientos de control de suministros de tal forma, que aseguren el cumplimiento de las diferentes fases del producto descritas en el subcapítulo anterior, de tal forma que establezcan los recursos asignados para este fin, su participación acorde a los documentos, verificación de la producción de acuerdo a los documentos, y la generación y conservación de registros de la verificación.

5.4.9. Entrega

El constructor, debe tomar las medidas necesarias para garantizar que el producto proporcionado o adquirido a través de los proveedores o subcontratistas, se entregarán con la calidad establecida en las especificaciones, después de su inspección y pruebas finales.

Generalmente, el contrato o las especificaciones del producto determinan o estipulan las protecciones que deben tomarse durante su empaque, transportación y entrega.

El factor transporte, es una actividad que debe documentar su procedimiento y asegurarse su control de carga, transporte y descarga (entrega) tanto de los productos fabricados en planta como los obtenidos en el sitio de la obra.

El riesgo de no prever este factor, por ejemplo en la utilización de concreto premezclado a través de un fabricante, puede garantizar la calidad del material al salir de la planta; sin embargo, una planeación inadecuada del transporte puede ocasionar que el producto a la hora de entregarlo no cumpla con la calidad especificada y con ello, aplicar medidas correctivas emergentes o en su caso un nuevo producto, reñejando esta situación pérdidas económicas para los involucrados en la obra y retrasos en el programa de ejecución.

Por lo tanto, el proveedor deberá proporcionar la protección de la calidad de los productos durante el embarque y otras fases de entrega, en algunos productos y proyectos, el plazo de entrega es un factor crítico, es recomendable tomar en consideración diferentes formas de entrega y variaciones en las condiciones medio ambientales que puedan encontrarse.

5.5. Control de productos

Generalmente, se concibe un producto como un objeto físico tangible que contiene los atributos que debe cumplir con los requisitos de idoneidad, cuyo destino final es de proporcionar un servicio de consumo. El producto por otra parte, se identifica por sus características físicas, como tamaño, color, dureza, textura, etc.; por sus propiedades químicas como olor, sabor, acidez, y por la marca del fabricante, por ejemplo: APASCO, CRUZ AZUL, etc. Sin embargo, cualquier actividad con procesos para obtener un documento, análisis o construcción de un muro, representa un producto o servicio.

Un factor importante en el control de calidad en la obra, desde sus etapas de factibilidad, diseño, prototipo, muestra, producción, ajuste y entrega, es el establecimiento de mecanismos documentados para la identificación y rastreabilidad del producto, de su inspección, pruebas y por último, un control de productos no conformes.

Con lo anterior, se podrán localizar las causas de los productos defectuosos y la determinación de posibles mejoras en la calidad de sus características; con ello, el proveedor coordinará los esfuerzos y asignación de recursos, mejorará los métodos y determinará la capacidad de los procesos para resolver el problema detectado.

5.5.1. Identificación y seguimiento del producto

Tanto los productos adquiridos (recepción) a través de subcontratistas, proveedores de productos o servicios, y el producto generado por el propio constructor (producción), en sus diferentes fases, deberán estar controlados y debidamente identificados a través de procedimientos de marcado o rotulado. Por ejemplo, en materiales o partes a simple vista iguales, pero con diferentes características funcionales, se pueden marcar con diferentes colores (por ejemplo: tornillos, soldadura, etc.). Para productos a granel o de procesos continuos, la identificación puede limitarse a lotes bien definidos (por ejemplo: agregados, arena, tabique, etc).

El seguimiento o rastreabilidad del producto o servicio, implica la posibilidad de trazar la historia, aplicación y localización de una unidad o actividad; es decir, tener registros a través de procedimientos de identificación que permitan identificar los productos desde su recepción del proveedor, hasta proceso y terminación (producción), almacenamiento y envío al consumidor de que se trate.

Cualquier producto deberá de identificarse plenamente para asegurar el uso adecuado del mismo; lo anterior se logrará con el diseño e implantación de un sistema único de identificación del producto o lote permitiendo con ello su rastreabilidad.

El proveedor o constructor podrá realizar la rastreabilidad de sus productos individualmente (por ejemplo: número de serie, código de fecha, código de costo, etc.) único en el origen de la operación. Identificadores diferentes pueden requerir cambios en el personal operativo, cambios en las materias primas, herramientas nuevas o diferente maquinaria y métodos de proceso.

El sistema de identificación y rastreabilidad deberá ser institucional, es decir, todos los departamentos por donde circule el producto, son responsables de la observación a lo descrito en los procedimientos del sistema de tal forma que los identificadores de la rastreabilidad, deberán de aparecer en los documentos de inspección y almacenaje.

Como resultado de lo anterior y constancia, se deberán efectuar procedimientos de verificación y registro, para identificar materiales, partes y componentes permanentes, equipo y procesos críticos para un proyecto a fin de identificarlos en cualquier etapa de su desarrollo. Pueden existir situaciones donde la rastreabilidad requiera la identificación de personal específico en cada fase de la operación o proceso de entrega del servicio (por ejemplo: firmas, documentos numerados en serie, documentos de facturación, operaciones bancarias, etc.).

5.5.2. Inspección y pruebas

El proveedor y constructor deberán contar con procedimientos de inspección, prueba y evaluación que les permitan asegurar la calidad de los productos y servicios que proporcionan, durante la recepción y producción de los mismos, de tal forma que se cumpla en todo momento, con las especificaciones del proyecto y normatividad del medio ambiente.

PRUEBAS DE INSPECCIÓN EN RECEPCIÓN

El constructor debe elaborar un plan específico de calidad, para el material que ingresa, para verificar que el proveedor o subcontratista cumple con las obligaciones contractuales relacionadas con la calidad, y que las unidades que entren en la obra, cumplen con los requerimientos de calidad especificados.

Lo anterior no implica que forzosamente todo el material o servicio que ingrese tenga que inspeccionarse o probarse (por ejemplo: en la elaboración del acero de refuerzo, tabiques, estructuras metálicas, tornillería, etc. existen Normas Oficiales Mexicanas que regulan el cumplimiento y garantía de calidad); sin embargo, los procedimientos o plan de calidad del contratista, deberán definir los métodos que permitan la verificación de que los productos están conformes con las especificaciones, están completos y correctamente identificados y no están dañados.

Los procedimientos deberán también incluir las disposiciones pertinentes para verificar que las unidades de entrada, materiales o servicios, van acompañadas por la documentación necesaria, eventualmente exigida (informes de pruebas destructivas o no, certificaciones, etc.), especificando también que el encargado de estas actividades de inspección y prueba, tiene todas las facultades (autoridad), para rechazar productos no conformes, de acuerdo con los criterios, políticas y procedimientos preestablecidos.

El plan también debe indicar los procedimientos de autoevaluación de los inspectores encargados de la recepción, aceptación o rechazo de los productos. Para coadyuvar con responsable de adquisiciones en la toma de decisiones, deberá de indicarse en el plan, el procedimiento de control, registro y rastreabilidad de productos liberados para su utilización, antes de terminar las pruebas de inspección, de tal forma que si el producto no cumple se pueda reembolsar.

El punto anterior es de gran importancia, su estudio y cumplimiento deberá estar bien documentado, en virtud de que un producto, como el concreto, se determina su calidad después de los 28 días y si éste no cumple, el único remedio es demolerlo y volverlo a construir.

Cualquier aclaración, aceptación o rechazo de productos, deberán de estar debidamente registrados; con lo anterior, se generarán con base al plan, indicadores de calidad y desempeño para posteriores análisis de revaluación de proveedores o subcontratistas.

Por último, el plan de inspección y pruebas debe de indicar los procedimientos de control, seguimiento y registro de los productos no conformes.

INSPECCIÓN Y PRUEBAS EN EL PROCESO

La inspección y pruebas durante el proceso de construcción o fabricación se aplicará a todas las formas de producto incluyendo los servicios, permitiendo con ello la rápida detección de las no conformidades y la disposición oportuna del proyecto.

Es común en este contexto, la utilización de técnicas de control estadísticas (capítulo 5.1) para identificar la tendencia, tanto del producto como del proceso, antes de que las no conformidades se manifiesten. La rápida identificación, antes de su inspección final, incrementará la eficiencia de las operaciones al no permitir la posible fabricación de productos no conformes.

En conclusión, el contratista deberá elaborar un plan de calidad con procedimientos, que aseguren la objetividad de los resultados de la inspección y pruebas, incluyendo las situaciones donde la inspección durante la fabricación es llevada a cabo por el personal de producción.

INSPECCIÓN Y PRUEBAS FINALES

Las actividades de inspección final incluyen las actividades (inspección, control y prueba) donde depende la puesta a disposición de un producto (incluido servicio) en función de las

características específicas. Los requisitos específicos, son la base de las inspecciones y pruebas finales, incluyéndose todas las características necesarias para su puesta en operación.

REGISTROS DE INSPECCIÓN Y PRUEBAS

Los registros de inspección y pruebas, deberán facilitar la evaluación que permita determinar que se han cumplido los requisitos de calidad.

Tener disponible suficiente información soporte de registros de otras inspecciones y pruebas (materias primas). También deben tomarse en consideración, los requisitos obligatorios y la responsabilidad legal del producto.

5.5.3. Estado de inspección y pruebas

El estado de inspección y prueba, deberá de corresponder a un plan con procesos que permitan identificar el producto, mediante etiquetas, registros, zonas físicas señalizadas o a través de cualquier otro medio que indique su conformidad, proceso o rechazo, con base en las inspecciones y pruebas efectuadas durante la recepción, producción, instalación y puesta en servicio.

La identificación del estado de inspección y prueba, debe ser mantenido a través de todo el proceso operativo, para asegurar que sólo es entregado, usado o instalado un producto que ha pasado satisfactoriamente, los requisitos de inspección y prueba.

En los registros y documentos, se deberá de identificar al responsable de las inspecciones de los productos aceptados de conformidad con los requisitos establecidos.

5.5.4. Control del producto no conforme

Cuando un producto o servicio, durante su proceso o término del mismo, es clasificado (por ejemplo: prueba o inspección de la resistencia máxima del concreto) como no conforme con las especificaciones técnicas, se deberá de evitar que por inadvertencia se instale o utilice.

Para lograr lo anterior, el contratista (constructor), debe de elaborar procedimientos por medio de los cuales se asegure que los productos no conformes con especificaciones, sean identificados y separados del proceso de producción, incluyendo los productos recibidos de los proveedores.

Dentro de los procedimientos se deberán establecer por lo menos, los siguientes fines:

- Determinar qué unidades de productos o lotes están clasificados como no conformes. (por ejemplo: periodos de producción, maquinas de producción, o lotes de productos incluidos/involucrados)
- Identificar y distinguir los productos no conformes de los conformes, inmediatamente después de su inspección
- Documentar la existencia de las no conformidades y aquellos elementos que se derivan y que están incluidos o involucrados
- Evaluación de la naturaleza de la no conformidad, los productos que se encuentren en esta situación pueden ser reprocesados (por ejemplo: acero), previa autorización escrita correspondiente, anotando esta situación en registro que se lleve a este respecto
- Los productos reprocesados deberán de revisarse con base en los procedimientos de inspección que cubrirán este tipo de trabajo

- Considerar alternativas de disposición de productos no conformes, su disposición y registro
- Ejercer controles físicos, de disposición, transporte y almacenaje, de acuerdo con la decisión de disposición
- Notificar a otras áreas funcionales afectadas o involucrados por la no conformidad, incluso cuando sea apropiado, al proveedor.

5.6. Control de procesos

Como en todas las fases del proceso de construcción, la de ejecución de las obras consta, en lo que a control de calidad se refiere, de un control de producción (a cargo del constructor) y de otro de recepción (a cargo de la supervisión, representante del propietario). Cualquiera de ambos puede llevarse a cabo, sea directamente o a través de un laboratorio u organización de control.

En la calidad de la obra construida, se distinguen dos etapas, la de la planificación de la ejecución y la ejecución propiamente dicha.

Así como en la fase de materiales se parte de unas especificaciones que definen cada producto, en la ejecución se parte de unos procedimientos que definen cada uno de los pasos u operaciones de la construcción.

La principal diferencia entre ambos conceptos, radica en que las especificaciones son documentos oficiales, públicos y en general de carácter obligatorio, en tanto que los procedimientos son documentos no oficiales, propios de cada empresa constructora y por consiguiente, de carácter privado. Naturalmente, los procedimientos se confeccionan teniendo a la vista los requisitos que pueda establecer la normatividad al respecto, pero no deben ser confundidos con ella, en general las Normas definen qué debe cumplirse, pero no dicen cómo debe hacerse las cosas para conseguirlo; ese cómo corresponde a cada empresa, es incluso un arma comercial en sus manos y su descripción escrita y formalizada, constituye un procedimiento.

Un procedimiento al menos debe contener lo siguiente:

- Objeto del procedimiento, estableciendo los responsables implicados en el mismo
- Referencias, listado de documentos a los que el procedimiento hace referencia
- Ejecutor, donde se indica la persona responsable de la preparación del procedimiento y de su implantación
- Descripciones donde se define:
 - la persona responsable que llevará a cabo el trabajo
 - método y secuencia con arreglo a los cuales se ejecuta el trabajo (diagramas de Gantt, PERT, etc.)

Los criterios de rechazo o aceptación del resultado del trabajo

- Los puntos y momentos en que deben hacerse chequeos, así como los puntos críticos en los que es fácil la aparición de defectos
- Si procede, ocasiones en las que debe realizarse una inspección y con cargo a quien

- Documentación de control, donde se ofrecen los planos, especificaciones, diagramas de programación, de control, etc., indicando cuáles de ellos deben conservarse de forma permanente, por formar parte del historial de la obra.

Dentro del control de procesos, se distinguen tres grandes rubros, control del proceso constructivo, control de manejo de equipo y control de recursos.

5.6.1. Constructivo

Desde el punto de vista de control, las obras de edificación presentan una mayor complejidad que cualquier otra obra de ingeniería civil, dado el mayor número de materiales y unidades de obra diferentes que ofrecen aquellos respecto a éstos. A grandes rasgos, el control de un edificio puede ser dividido en varias fases: cimentación, estructura, albañilería, acabados e instalaciones, cuyo control requiere en general, grupos diferentes de especialistas.

Es importante hacer notar, que los planes y control de programación de la obra, son fundamentales para controlar los avances y comportamiento físico y económico de la obra; básicamente existen tres aspectos en el control de programas que se refieren al tiempo, inversión y recursos.

En el Capítulo 4.5, se hace una descripción de los procesos constructivos que se deben de ejecutar durante una obra de edificación, ya sea con elementos estructurales de concreto o acero. A continuación se describen de manera breve, las etapas de inspección y control durante las fases de construcción del concreto y acero:

Etapas en el control de calidad del concreto

- Definición de los requisitos de calidad: componentes, procedimientos de fabricación y producto terminado
- Selección de componentes: cemento, agregados, agua y aditivos
- Estudio de proporciones: ACI-211 práctica recomendable para dosificar concreto normal y concreto pesado; diseño de mezclas; requerimientos de concreto fresco y requerimientos de concreto endurecido
- Supervisión y control del proceso de fabricación: verificación de básculas, eficiencia y ajustes de las proporciones
- Comprobación de las características del concreto fresco, consistencia (prueba de revenimiento); masa volumétrica; contenido de aire; sangrado y tiempo de fraguado
- Supervisión en el proceso de transporte, colocación, consolidación, acabado y curado, tipo de equipo; procedimientos y materiales
- Determinación del tiempo para retiro de cimbras. Tiempo de fraguado y resistencia a la compresión
- Verificación de propiedades de concreto endurecido. La calidad del concreto endurecido se verifica mediante pruebas de resistencia a la compresión en cilindros fabricados, curados y probados de acuerdo con las NMX-160-1984 y NMX-C83-1985, en laboratorios confiables
- Análisis de resultados

- Comparación de resultados con especificaciones y retroalimentación para ajuste; cumplimiento con lo dispuesto en el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal.

Etapas en el control de calidad del acero

El control de calidad de estructuras de gran tamaño y avanzada tecnología, presenta una problemática específica que afecta de forma compleja al proceso constructivo habitual.

Se habrán de abordar aspectos relacionados con el control de recepción de la estructura, que exige un previo control de producción por parte del fabricante, montador o constructor, excluyéndose los aspectos relacionados con el control del proyecto que necesariamente habrá de realizarse antes de la contratación de la obra.

El control de recepción de una construcción de estas características, debe incluir el desarrollo de las siguientes actividades:

- Control de materiales

El control de materiales debe realizarse con base en el establecimiento de unos lotes o partes, sujetos a evaluación de una sola vez, de unos criterios o niveles de muestreo normalmente aleatorios, de unos ensayos para comprobar las características del material, y de los criterios de aceptación o rechazo de cada lote, para ello apoyándose en la norma aplicable en cada caso.

Se vigilarán las condiciones de almacenaje y utilización en función de las recomendaciones del fabricante y de los certificados de garantía del material.

- Control de fabricación en taller

Los procedimientos de fabricación, deberán cumplir una serie de requisitos relativos a la organización del trabajo y a la optimización de las operaciones, sin los cuales resultaría casi imposible, obtener el nivel de calidad adecuado. Por ello, el control de recepción tendrá como objetivo primario comprobar que se dan estas características de trabajo en el taller seleccionado, antes de que se inicie la fabricación de las piezas.

El control de fabricación en taller, básicamente deberá de abarcar las siguientes actividades:

- Recepción en taller del material
- Supervisión de los planos de taller, hojas de corte, plantillaje y certificados de homologación de uniones y soldadores
- Control de las operaciones de corte
- Control de ejecución de las unidades soldadas
- Comprobación de uniones atornilladas
- Control de dimensional de elementos terminados
- Control de montaje en obra.

El control de recepción debe planificarse en función de los procedimientos con que vaya a trabajar el montador de la estructura. Se deberán comprobar todos y cada uno de los aspectos de montaje, mediante muestreos, ensayos, inspecciones y pruebas, que establezcan un contraste de los resultados que el montador debe alcanzar en cada una de las operaciones.

5.6.2. Manejo de equipo

El contratista y proveedores, deberán establecer y documentar los procedimientos necesarios para controlar y operar los diferentes equipos que intervendrán en la obra.

En el capítulo 3.5, se especifica cuáles son los factores de selección del equipo de construcción, mismos de los que deben estar controlados y documentados sus principales atributos de operación, apoyados en las especificaciones de los fabricantes en cuanto a manejo, capacidad, limpieza, mantenimiento, perfiles de los operarios, etc. y a los registros históricos y pronósticos de vida útil del equipo.

Como se puede observar, desde el diseño del proyecto se deben tener previstas o presentes las condiciones de construcción o instalación, por lo que respecta a la manipulación del equipo para movilidad, capacidad, carga (manipulación), transporte, izado, descarga de materiales, equipos, personal, etc.

5.6.3. Control de recursos

La construcción de una obra, como actividad económica, no podría realizarse sin contar con los recursos necesarios, los cuales básicamente se identifican tres:

- Recursos financieros
- Recursos humanos
- Recursos materiales.

Control de recursos financieros

El contratista deberá identificar, planear y controlar los procesos de:

- Solicitud de recursos, los cuales generalmente se obtienen por medio de entregas que hace la oficina matriz que a su vez, la obtuvo del propietario
- Utilización del recurso, para pago de compromisos con terceros, como proveedores, destajistas, subcontratistas, sueldos (rayas), impuestos, cuotas, IMSS, entre otros
- Manejo del recurso, a través de cuenta de cheques o fondo fijo de caja
- El adecuado registro y justificación de la asignación de los recursos indispensable para su control y asignación para los siguientes periodos.

Control de los recursos humanos

El contratista deberá identificar, planear y controlar los procesos de:

- Contratación de personal, mediante la investigación, definición de políticas de reclutamiento, evaluación, selección y contratación
- Salarios y prestaciones, con base en niveles y especialidades
- Identificación de personal de confianza y sindicalizados
- Identificación y asignación de jornadas de trabajo, horas extras y séptimo día
- Altas, baja y cambios de personal.

De igual forma, los registros de todos los movimientos y rotación del personal deberán de estar plenamente identificados.

Control de los recursos materiales

Un problema de inventario existe, cuando se hace necesario guardar bienes físicos o mercancías, con el propósito de satisfacer la demanda sobre un horizonte de tiempo especificado; cada obra debe almacenar bienes para asegurar un trabajo uniforme y eficiente en sus operaciones. La demanda puede satisfacerse en dos formas: la primera de ellas consiste en almacenar una vez según todo el horizonte de tiempo, y la segunda en almacenar separadamente cada unidad de tiempo durante el horizonte. En la primera, un subalmacenamiento (con un capital invertido superior por unidad de tiempo), y en la segunda un sobrealmacenamiento (aumento en las ocurrencias de pedidos y falta de mercancía).

El procedimiento de un control de existencias y movimientos en almacén, por lo menos debe cumplir los siguientes objetivos específicos:

- Mantener un kardex, con el control de existencias valuadas
- Identificación y rastreabilidad de los materiales
- Manejo de existencias máximo, mínimo, punto de reorden e índice de rotación
- Generación de relación de inventario
- Generación de pólizas contables de entradas de almacén, vales de consumo o salidas y por ajustes de existencias
- Consolidados de existencias por periodos
- Control de resguardos, traspasos y devoluciones
- Control de consumo de combustibles y lubricantes de equipo.

Áreas de almacenamiento de tubería, agregados, combustibles, explosivos, etc. y bodegas para refacciones, cemento y cuarto de herramienta, entre otros.

Elaboración de catálogos de: materiales y refacciones, resguardos, consumo, herramienta, mobiliario y equipo.

Procedimientos de entradas y salidas de almacén.

Procedimiento de artículos de consignación

Procedimiento de inventarios físicos

Procedimiento de integración de kardex

Procedimiento de control de desperdicios

Procedimiento de contabilización de movimientos de almacén.

5.6.4. Control de equipo de inspección, medición y pruebas

El proveedor (contratista, subcontratista o laboratorio de pruebas), debe establecer y documentar los procedimientos necesarios para controlar, calibrar, verificar y mantener la confiabilidad del equipo de inspección, medición y prueba que utilice con objeto de asegurar la calidad requerida.

En obras de edificación con estructuras de concreto o acero, en su mayoría harán uso de organizaciones que prestan sus servicios de inspección, medición y pruebas de calidad, mismas que mantienen un estricto control de su equipo. Lo anterior siempre y cuando seleccionen organizaciones o laboratorios certificados de acuerdo con la normatividad en vigor, inclusive algunas de ellas con certificación de ISO9000.

El contratista o proveedor deberá mantener adecuadamente todos los equipos que intervendrán en la obra (por ejemplo: equipos topográficos), con información documental detallada de sus procedimientos de utilización y mantenimiento, además de llevar un control actualizado de cada equipo donde se registre:

- Nombre del equipo
- Nombre del fabricante tipo y serie
- Fecha de recepción y puesta en servicio
- Estado, cuando fue incorporado (nuevo, usado o rehabilitado)
- Mantenimientos realizados
- Historial de cualquier daño, mal funcionamiento, modificación o reparación.

El control de los equipos debe garantizar los rangos de precisión de exactitud en sus registros, antes de utilizarse; para ello previo a su puesta en servicio, deberá de poderse identificar en el equipo el responsable técnico que autorizó o dio el visto bueno para su utilización, inclusive con su correspondiente certificado de calibración.

En términos generales, el constructor debe tener procedimientos que le permitan:

- Identificar las mediciones a realizar y definir la exactitud requerida, además de seleccionar los equipos a utilizar
- Calibraciones de equipo a intervalos establecidos, utilizando para ello laboratorios autorizados o el empleo de barras patrón certificadas
- Registrar y controlar los resultados de la calibración de cada prueba
- Establecer y documentar los procedimientos de verificación mencionando la información, localización, frecuencia de verificaciones, métodos de revisión, criterios de aceptación y acciones que habrán de efectuarse cuando los resultados no sean satisfactorios
- Marcado para identificar el estado de calibración de los equipos
- Se deberán de efectuar pruebas de repetibilidad y reproducibilidad
- No aprobación para el uso de equipos que se encuentren fuera de calibración hasta que no se efectúe ésta, para evitar el riesgo de que obtengan medidas inexactas
- Verificación de las inspecciones, calibraciones y pruebas en condiciones ambientales adecuadas
- Cuidado en el manejo y almacenamiento de los equipos para que no se afecte su exactitud.

5.6.5. Control de registros de calidad

El constructor deberá establecer procedimientos para emitir, mantener, identificar, listar y almacenar los documentos y registros de calidad.

Los registros de calidad, deberán contener la evidencia testifical directa o indirecta de que el producto (incluido servicios), reúne los requisitos técnicos y su conformidad a las exigencias legales y contractuales. Si los resultados no han sido satisfactorios, los registros de calidad deberán indicar que se han dado para corregir la situación.

Los registros de calidad estarán preparados, almacenados, seguros, protegidos de accesos no autorizados y mantenidos por el proveedor, los registros de calidad deberán ser accesibles rápidamente cuando y donde sean necesarios. Pueden estar almacenados en cualquier medio adecuado (por ejemplo: documentos escritos o medios informáticos). Cada copia de los registros de calidad, deberá de contener toda la información relevante de los registros de calidad originales.

El proveedor o contratista deberá de ver la forma de convertir las exigencias del contrato en términos de presentación, conservación y puesta a disposición de los registros de calidad.

Existen circunstancias en las que el proveedor, es requerido para almacenar y mantener los registros de calidad específicos para una parte determinada, de la duración de la vida del producto.

El proveedor deberá permitir la entrega de estos documentos al propietario.

Las normas internacionales no especifican un periodo mínimo de tiempo para conservar los registros de calidad. Puede haber circunstancias donde es responsabilidad del proveedor verificar con las autoridades legal, es cuáles son estos requisitos.

Serán tomados en consideración los aspectos de responsabilidad legal del producto, sobre las formas de conservación de los registros.

Si es exigido un periodo de tiempo específico para los archivos, éste deberá de indicarse en el contrato.

5.6.6. Técnicas estadísticas

El proveedor o constructor, debe identificar las necesidades de emplear técnicas estadísticas como herramienta de control y análisis de resultados, con lo cual puede obtener beneficios en un amplio rango de circunstancias, incluyendo la toma de datos, análisis y aplicaciones realizadas.

Estas técnicas ayudan a decidir que datos se deben obtener, y hacer el mejor uso posible de los mismos, con el fin de conocer las exigencias y expectativas del cliente (ver capítulo 5.1).

Las técnicas estadísticas son útiles para el diseño del producto, servicio, diseño, control del proceso, eliminación de no conformidades, análisis de problemas, determinación de riesgos, encontrar las causas fundamentales, establecer las especificaciones (límites) del producto y proceso; previsiones, verificación, medida y evaluación de las características de calidad.

Entre las técnicas que pudieran ser beneficiosas para estos propósitos están:

- Métodos gráficos (histogramas, gráficos de secuencias, dispersión, diagramas de Pareto, diagramas causa y efecto,...), los cuales ayuden a diagnosticar los problemas y sugieren las aproximaciones de cálculo apropiados
- Gráficos de control estadístico para verificar y examinar los procesos de producción y media, para todos los tipos de productos (hardware, software, materiales procesados y servicios

- Diseño de experimentos para determinar que variables tienen una influencia significativa en el rendimiento del proceso y producto y para cuantificar sus efectos
- Análisis de regresión, el cual proporciona un modelo cuantitativo para conocer el comportamiento de un proceso o producto cuando cambien las condiciones de operación del proceso o análisis del producto
- Análisis de varianza (separando la variabilidad total observada en los componentes asociados con diferentes fuentes de variabilidad); destacando las estimaciones de las componentes de la varianza que son útiles para diseñar las estructuras de la muestra para los gráficos de control, y, para la caracterización y puesta en circulación de los productos.

Las magnitudes de los componentes de la varianza, son también básicos para buscar prioridades en los esfuerzos de mejora de calidad.

La documentación generada por la aplicación de las técnicas estadísticas, puede ser una forma efectiva de demostrar la conformidad de los requisitos de calidad y puede ser usada como registro de calidad.

5.6.7. Acciones correctivas

El constructor deberá de establecer y documentar las causas de las no conformidades (detectadas o potenciales), identificándose rápidamente, para desarrollar la acción correctiva y evitar la repetición (o aparición).

Estas causas pueden incluir fallos, disfunciones, no conformidad de los materiales que entran, procesos, herramientas, equipos o instalaciones, cuando los productos son procesados, almacenados, instalados, incluyendo los equipos y sistemas asociados a estas funciones:

- Procedimientos y documentaciones, inexistentes o inadecuados
- Control de proceso inadecuado
- Planificación pobre
- Falta de formación
- Condiciones de trabajo inadecuadas.

Las condiciones resultantes de estas causas, pueden ser relevadas por el análisis de:

- Datos de inspección y ensayos
- Datos de no conformidades
- Seguimiento del proceso
- Observaciones de auditorías
- Quejas del usuario, comprador o de otros servicios
- Las observaciones de carácter reglamentario o de los propietarios
- Las observaciones de los informes de personal
- Los problemas con subcontratistas.

El constructor deberá desarrollar procedimientos para establecer responsabilidades para la toma de acciones correctivas, y cómo ésta acción será llevada a cabo y la verificación y efectividad de la acción correctiva.

Es útil implantar procedimientos que traten con las no conformidades descubiertas en los productos considerados conformes, cuando están listos para el embarque (instalación)

Estos procedimientos deben incluir entre otras:

- Investigaciones para establecer si la no conformidad es un hecho aislado o crónico
- Acciones a realizar en caso necesario.

5.7. Control de documentos y datos

El contratista debe establecer y mantener actualizados, los procedimientos para controlar los documentos e información operativa, con objeto de asegurar que son idóneos y adecuados, por lo que también deberán ser revisados y aprobados por el personal autorizado antes de su emisión y distribución. En el capítulo 4.3, se indican un gran número de documentos que deberán de controlarse.

Aprobación y distribución de los documentos

Los documentos y datos con información pueden ser registrados, transmitidos o recibidos, usando diferentes medios; por lo tanto, el contratista deberá prever en su sistema de control de documentos, en forma clara y precisa, el control de los procedimientos y las responsabilidades para proveer, distribuir y administrar la documentación, incluyendo la eliminación de la documentación modificada. Por ejemplo, la utilización de una lista maestra de documentos, identificando el nivel de aprobación, distribución (localización de copias) y estado de las revisiones.

El control de la documentación deberá incluir aquellos documentos y registros de computadoras (respaldos), relacionados con el diseño, compras, ejecución de trabajos, normas de calidad, inspección de materiales y los procedimientos internos escritos por el contratista (constructor), los cuales describen:

- Cómo se efectuará el control de documentación en áreas funcionales
- Quién es el responsable del control
- Qué es lo que debe ser controlado
- Dónde y cuándo tiene lugar el control.

Todos los documentos estipulados pueden no necesitarse en cada lugar individual de trabajo.

Cambios o modificaciones de los productos

Reconociendo que la documentación del proveedor (y el mismo constructor) puede estar sujeta a revisión y cambio, deben existir controles para la preparación, escritura, distribución y registro de los cambios.

Esto es aplicable, tanto a los documentos internos, como a las actualizaciones de los documentos externos (por ejemplo, Normas Nacionales).

El contratista debe establecer un mecanismo continuo, para controlar los cambios de documentación, el cual por lo menos debe tener las siguientes características:

- Prever el control, sin tener en cuenta el medio
- Seguir los procedimientos documentados
- Asegurarse de la exactitud de la actualización de los documentos

- Prever solamente el uso de documentos autorizados cuando se implanten los cambios
- Evitar la confusión, especialmente cuando existe multiplicidad de fuentes autorizadas para realizar los cambios o publicación de documentos o datos informáticos
- Se deben considerar los efectos que producen los cambios propuestos en otras partes del procedimiento, sistema y productos (incluyendo servicios)
- Se deben tomar acciones antes de que el cambio esté implantado, valorar el efecto en otras partes de la organización y notificarlo a quien sea apropiado.

La circulación planificada de una propuesta de modificación, ayudará a evitar complicaciones entre el personal de las áreas funcionales involucradas.

La fijación de una fecha para la puesta en práctica de una modificación, puede ser importante para coordinar varios cambios en los documentos.

5.8. Capacitación y entrenamiento

La formación del personal en una organización, es esencial para conseguir los objetivos de calidad, tanto una formación específica para realizar tareas asignadas, como formación general para elevar conciencia de calidad y motivarlos a la puesta en práctica.

La formación de personal debe incluir la utilización y justificación de los procedimientos y documentos para cercarse a la gestión de calidad del contratista (o proveedor).

Para que el personal pueda alcanzar y mantener un nivel apropiado de competencia, el suministrador puede periódicamente, realizar un número de medidas:

- Evaluar los conocimientos generales, experiencia y competencia del personal afectado por las actividades a realizar
- Identificar las necesidades individuales de formación para compararlas con aquellas que son necesarias para asegurar un rendimiento satisfactorio
- Planificar, organizar y llevar a cabo los programas apropiados de formación, incluyendo los internos y externos
- Registrar los datos de formación y sus resultados. Estos datos pueden ser actualizados para poder identificar rápidamente las necesidades no cubiertas de formación.

En conclusión, el personal deberá de estar capacitado y calificado con base a su escolaridad, experiencia, capacitación recibida y desempeño en el trabajo.

Es notorio y observado en anteriores capítulos que el personal asignado a tareas de construcción de estructuras de acero, requiere de mayor capacitación y evaluación de sus funciones y habilidades.

5.9. Seguridad e higiene

Durante la ejecución de una obra de edificación, los riesgos que significan las actividades que le son necesarias obliga a tomar precauciones de contingencia, mismas que obligan a instrumentar procedimientos y normas de control en lo que a medidas de seguridad e higiene se refiere, durante todo el proceso constructivo del edificio, dentro y fuera del mismo.

Se deberán elaborar programas internos de respuesta inmediata y ordenada, cumpliendo como mínimo con los Reglamentos Generales de Seguridad e Higiene en el Trabajo, y de Medidas Preventivas de Accidentes de trabajo.

El programa o programas por lo menos, deberán de incluir:

- Capacitación e instrumentación del los trabajadores para realizar sus funciones con eficiencia y con el menor riesgo (por ejemplo: interpretación de símbolos y letreros de actuación en caso de accidentes, incendios, sismos, etc.)
- Detectar y señalizar actividades y zonas de alto peligro; en las segundas, además protegerías.

Reglamento que incluya:

- Protección de zonas (por ejemplo, vigilancia)
- Equipamiento de personal (casco de seguridad, guantes, zapatos especiales, protección contra ruido, protección para los ojos, cinturones de seguridad, protección de equipos manuales, radios de comunicación, arneses de seguridad y líneas de vida)
- Descripción de actividades riesgosas (por ejemplo: montaje de estructuras de acero, en donde aún no existen las losas de los entresijos)
- Penalizaciones e incentivos.

En el Capítulo II, SEGURIDAD E HIGIENE EN LAS OBRAS, del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, se hace referencia a las obligaciones y consideraciones que deberán tomarse, al ejecutar una construcción, de los cuales podemos citar los siguientes:

- Prevención y extinción de incendios
- Redes de seguridad
- Utilización de equipo personal de seguridad.

Un factor importante en las instalaciones, son servicios que se deben proveer para la higiene del personal dentro de la obra (el Reglamento de Construcciones indica que se deberá de proveer a los trabajadores de servicios provisionales de agua potable y sanitarios, excusado o letrina para un promedio de 25 trabajadores), además de botiquín con medicamentos e instrumentos de curación para proporcionar primeros auxilios.

La planeación adecuada de protecciones a la vía pública, aparte de cumplir con el reglamento, coadyuvan a prevenir y brindar máxima seguridad a los transeúntes y trabajadores internos; lo anterior se logrará con la instalación de:

- Andamios y tapias en las banquetas
- Señalizaciones de zonas peatonales en calles y avenidas cercanas al predio
- Personal complementario de apoyo (debidamente equipado) en las zonas peatonales
- Señalización para circulación vehicular
- Circulares y letreros informativos de los trabajos que se efectúan y libramientos necesarios para su mejor fluidez
- Redes de protección del edificio evitando la caída de materiales y proyectiles hacia las calles o avenidas

- Estrategia para la comunicación, llamado, traslado o acceso de los servicios de emergencia en caso de accidentes que requieran de atención especializada (Cruz Roja, particulares, etc.).

Dentro de los programas de higiene, se deberá prever el aseo de vialidades; lo anterior provocado por el material utilizado, su desperdicio y transporte, además del producto que dejan los vehículos al circular por las calles (por ejemplo: el material que adhiere a las llantas).

CONCLUSIONES

La evaluación de las ventajas o desventajas de un tipo de estructura de concreto o una estructura de acero para la realización de un proyecto de ingeniería, forma parte de un proceso complejo que se describe a lo largo de la tesis, y que la conveniencia de elegir un determinado tipo de estructura es el resultado de haber sopesado los factores que intervienen en el desarrollo del proyecto.

Para la satisfacción de una necesidad, un director de proyecto realiza una serie de actividades en las que intervienen profesionales en diversas especialidades, quienes interactúan para definir los caminos alternativos que presenten las mayores ventajas desde el punto de vista técnico, legal, financiero, de construcción, de operación, de mantenimiento y de servicio, atento siempre a las normas y especificaciones del producto final, de acuerdo a las nuevas tendencias internacionales para el aseguramiento de la calidad.

Los estudios de mercado, técnicos, económicos, de financiamiento y legales, recorren un camino de aproximaciones sucesivas, desde la concepción del proyecto en las etapas de gran visión, para mejorar las especificaciones de las alternativas de acción en las etapas de prefactibilidad o anteproyecto hasta la realización del proyecto definitivo, en la medida que los diferentes estudios aportan información sobre las posibilidades reales para concretar las obras.

Los estudios de mercado arrojan información sobre las posibilidades de contar con los insumos requeridos en el sitio de su demanda; la existencia de otros competidores que ofertan los mismos productos; los caminos para la proveeduría de los insumos, y sus limitantes; y desde luego información sobre los posibles consumidores del producto que será ofertado.

Los estudios técnicos aportan información sobre la viabilidad de ejecutar los trabajos en tiempo y especificaciones. Es en este cuerpo de estudios en donde encaja el desarrollo del presente trabajo de tesis, y en donde cobran especial relevancia las técnicas de planeación, de diseño, de presupuestación, de programación y de ejecución de obras, enmarcadas todas en las normas para el aseguramiento de la calidad.

Los estudios económicos, de financiamiento y legales, aportan información sobre las posibilidades de realizar los trabajos contando con los recursos suficientes, con los apoyos financieros de diversas fuentes y sin impedimentos de carácter legal.

Puede concluirse que los estudios técnicos aportan una parte importante sobre la factibilidad del proyecto. Para la realización de estas actividades en las etapas de gran visión debe contarse con la información de la disponibilidad de materiales, de equipos, de herramientas especializadas, de mano de obra calificada, y en ocasiones certificada, y de la disponibilidad de subcontratistas para la ejecución de trabajos especializados.

En las etapas de planeación se proponen sistemas de estructuración, que los especialistas en el diseño definen como parámetros para las soluciones preliminares, desarrollando sus propuestas con la participación activa del área encargada de la construcción de las obras. En esta etapa es en donde se consideran las ventajas y desventajas de los procesos constructivos basados en concreto o en acero, y en donde pueden desprenderse las siguientes conclusiones de carácter general de acuerdo a cada característica de cada uno de ellos:

- **Trabajabilidad.** El acero es más trabajable que el concreto, por su facilidad de transporte, manejo, izado y colocación
- **Atura de construcción.** Las estructuras de acero presentan una mejor relación resistencia – peso que las estructuras de concreto.
- **Peso de la estructura.** Las estructuras de acero son en general 50% más ligeras que las de concreto
- **Seguridad estructura.** Se define como la relación de la resistencia de un miembro al máximo esfuerzo permisible. Las estructuras de acero son más flexibles que las de concreto que son más rígidas. Las estructuras de acero son más vulnerables a los incendios que las de concreto
- **Requisitos de servicio y mantenimiento.** Tanto las estructuras de acero como de concreto pueden cumplir con las especificaciones de servicio y de mantenimiento solicitadas por el proyecto.
- **Relación tiempo – costo.** Las estructuras de acero son más rápidas de ejecutar que las de concreto, pero más costosas
- **Facilidad de instalación.** Las estructuras de acero son más fáciles de instalar que las de concreto
- **Equipos utilizados.** Las estructuras de acero requieren de menos equipo para la transportación, izado y colocación en su lugar definitivo
- **Mano de obra.** Las estructuras de acero aunque requieren de poca mano de obra (recursos humanos) ésta debe ser calificada, sin embargo, en las estructuras de concreto la mano de obra no es tan calificada y se requiere en grandes cantidades
- **Controles de calidad.** Las estructuras de acero son regularmente más fáciles de controlar en cuanto a calidad de materiales y procesos que las obras de concreto.

El equipo integrado por los departamentos de planeación, diseño y construcción, deben sopesar los factores que inciden en la conveniencia de un proceso constructivo, y deben recomendar al director del proyecto el más ventajoso de acuerdo al estudio de una mezcla determinada de factores.

Teniendo a la mano las alternativas de solución se procede a planificar al detalle los procedimientos constructivos, a programar y presupuestar la ejecución de obras, y a determinar el programa de demanda de recursos en especie o líquidos. En base a estas consideraciones puede determinarse, al detalle, el importe de la demanda de recursos en el tiempo, y el departamento de finanzas junto con legal, pueden establecer negociaciones para obtener fondos, materiales o tecnologías para ejecutar los trabajos.

De requerirse, se operarán los ajustes necesarios, desde rechazar una propuesta completa, hasta operar mejoras menores en los diseños. En esta etapa la viabilidad del proyecto se ha determinado a buen nivel de detalle, se ha establecido el proceso constructivo más conveniente para los fines del proyecto, por lo que la actividad más importante a realizar es la ejecución de los trabajos.

La realización de las obras contempla dos grupos de actividades: uno de carácter general independiente del tipo de estructura elegido, y otro acorde a los sistemas estructurales aprobados. Las actividades de organización, instalación de la residencia, contratación del

personal, administración de sistemas de control y protocolos para recibir los trabajos como debidamente terminados, son iguales para una obra de concreto para una obra de acero estructural.

De acuerdo a los procesos constructivos, las estructuras de acero siguen un programa de obra más acelerado, lo cual puede reflejarse en impactos financieros, pero a su vez, debido a la especialización del proceso requiere de una especial atención a la logística en el suministro de los insumos, y a la capacidad técnica de los operarios, quienes deben contar con experiencia suficiente y equipos adecuados.

Las obras en concreto pueden ser de un proceso de ejecución más lento, pero los materiales son de fácil suministro prácticamente en todo el país, y los operarios no requieren de una certificación técnica tan exigente como los soldadores certificados.

Existe una gama de normas que deben cumplirse manera obligatoria y otras no, además de procedimientos que coadyuvan a la construcción de edificaciones con estructuras de concreto o acero, mismas que van dirigidas al proceso de elaboración y montaje de los diferentes elementos que las conforman, de tal forma que cumplan con los requerimientos de calidad. En algunos, como es el caso de estructuras de concreto, se evalúa y certifica a través de pruebas destructivas y no destructivas, en las cuales el factor tiempo es directamente proporcional a su calidad, en donde cualquier rechazo involucra pérdidas económicas y reinicio de actividades, pudiendo resultar de mayor costo que si se utilizan elementos de acero. En este último, se tiene un proceso de fabricación más controlado y de no cumplir con las normas obligatorias de calidad y especificaciones del proyecto, existe la posibilidad de reutilizar los elementos para otros usos.

Diversos autores en materia de calidad han determinado que la calidad de un proyecto en todas sus fases, puede dar como resultado una deficiencia y pérdidas económicas en la construcción de cualquier obra ya sea de edificación o de otra índole, si en ésta no se asegura la calidad en cada una de las fases del ciclo de vida del proyecto, es decir si desde el inicio del proyecto en sus fases de evaluación y planeación no se garantiza la calidad de éste, dará como resultado un producto deficiente o diferente al originalmente previsto.

Podemos observar y determinar que dentro del ciclo de vida del proyecto de edificación con estructuras de concreto o acero su garantía de calidad no solo se debe dar al construir la obra, sino que desde su concepción debe contemplar todo un proceso en el cual se establezca la metodología para generar productos con calidad en donde se involucren todas las actividades y disciplinas que conforman el proyecto, es decir tener control de producción, el cual al recibir este producto la parte receptora con base a procesos también ejerza un control de recepción de productos, este ciclo de producción y recepción se puede sistematizar apoyándose en lo que establecen las normas ISO-9000.

En general puede concluirse que la evaluación de una estructura de acero o de concreto es el resultado de considerar un número importante de factores, cuya combinación arroja la solución más conveniente para los fines de un proyecto, y que no puede definirse de manera anticipada que una estructura de concreto es mejor que otra de acero o viceversa.

Índice de Figuras

CAPÍTULO 1

	Página
Figura 1.1.1 Estructura general de la metodología de la evaluación de proyectos	2
Figura 1.1.2 Los pasos en la generación de un proyecto	6
Figura 1.4.1 Efectividad del diseño durante el costeo de ciclo de vida	28
Figura 1.4.2 Método sistemático para un ejercicio de costo del ciclo de vida	29
Figura 1.5.1 Clasificación de las inversiones	40

CAPÍTULO 2

Figura 2.1.1 Proceso para el desarrollo de un proyecto	42
Figura 2.2.1 Ejemplo de notación para redes de actividades	48
Figura 2.2.2 Ejemplo de notación para tiempos tempranos y tardíos	49
Figura 2.2.3 Relación entre el tiempo del evento y los tiempos de la actividad	50
Figura 2.2.4 Holgura inicial - final	51
Figura 2.2.5 Holgura total	51
Figura 2.2.6 Ejemplo de diagrama de Gantt	55
Figura 2.3.1 Relación del proyecto con la organización propia de la empresa	59
Figura 2.3.2 Tipos de organización	60
Figura 2.3.3 Organización por coordinación	60
Figura 2.3.4 Ejemplo de una organización funcional pura	62
Figura 2.3.5 Ejemplo de una organización matricial	63
Figura 2.3.6 Fuentes y destino final de los recursos humanos	64
Figura 2.3.7 Ejemplo de estructura de división del trabajo (wbs) para un edificio pequeño	66
Figura 2.3.8 Ejemplo de tabla de organización para un proyecto de edificación	66
Figura 2.3.9 Organización de la construcción	67
Figura 2.5.1 Modelo de la administración financiera de un proyecto	79
Figura 2.5.2 Ejemplo de calendario de flujo de efectivo y curva S	80
Figura 2.5.3 Perfiles de ingresos y egresos	81
Figura 2.5.4 Influencia del pago de anticipos en los perfiles de ingresos y egresos	82
Figura 2.6.1 Ciclo de control de costos	85
Figura 2.6.2 Relación de la contabilidad financiera y la contabilidad de costos	87
Figura 2.6.3 Gráfica de tendencia de la fecha de terminación	90
Figura 2.6.4 Gráfica de tendencia del costo del proyecto	91

CAPÍTULO 3

Figura 3.2.1 Diagrama esfuerzo - deformación para acero estructural	96
Figura 3.2.2 Diagrama típico esfuerzo - deformación de un acero frágil	97
Figura 3.2.3 Unión con tornillos de una trabe con una columna de acero estructural	101
Figura 3.2.4 Armado de un sistema de piso de concreto reforzado	102
Figura 3.2.5 Vigas de alma abierta	103
Figura 3.2.6 Losa reforzada en una dirección	104
Figura 3.2.7 a) Viga de acero ahogada en concreto	104
Figura 3.2.7 b) Viga de acero unida a la losa de concreto	104
Figura 3.2.8 Piso de losa reticular	104
Figura 3.2.9 Losa de alma hueca, losas de canal, y sistemas de bloque de concreto	105

Figura 3.2.10	Interrelaciones de los factores que influyen en la resistencia del concreto	107
Figura 3.2.11	Elementos de concreto reforzado y presforzado.	110
Figura 3.2.12	Postensado	110
Figura 3.2.13	Carga aproximada tomada por las vigas de apoyo en una losa armada en dos dimensiones	113
Figura 3.2.14	a) Losa a partir de bloques huecos	113
Figura 3.2.14	b) losa con viguetas de concreto	113
Figura 3.2.15	Colocación de pisos prefabricados	114
Figura 3.6.1	Descarga de elementos de acero estructural	137
Figura 3.6.2	Grúa telescópica	139
Figura 3.6.3	Fuerzas que actúan sobre las grúas	139
Figura 3.6.4	Diagrama carga – radio de una grúa	140
Figura 3.7.1	Vibrador de aguja	145
Figura 3.7.2	Mezcladora de tiro vertical y tambor basculante	146
Figura 3.7.3	Mezcladora de tambor reversible	147
Figura 3.7.4	Botes para concreto	148
Figura 3.7.5	Camión con tambor giratorio	149
Figura 3.7.6	Camión con tambor giratorio, descargando directo a bomba de concreto	149
Figura 3.7.7	Carro bomba	150
Figura 3.7.8	Colocación de carro bomba	151
 CAPÍTULO 4		
Figura 4.1.1	Edificio Alcoa, San Francisco, USA.	155
Figura 4.1.2	Organigrama para obra de concreto	157
Figura 4.1.3	Organigrama para obra de acero	157
Figura 4.1.4	Organigrama para obras de concreto	158
Figura 4.1.5	Procedimiento para la integración y pago de estimaciones de obra	161
Figura 4.2.1	Edificio First Indiana Plaza, USA, construido en acero	163
Figura 4.2.2	Obras provisionales de protección para peatones	164
Figura 4.2.3	Barda de confinamiento provisional en obras urbanas en México	165
Figura 4.2.4	Escalera provisional adosada a edificio en proceso de obra	166
Figura 4.2.5	Residencia y bodega de obra	167
Figura 4.2.6	Prensa para pruebas de compresión de muestras de concreto	171
Figura 4.4.1	Montaje de estructura metálica	174
Figura 4.5.1	Edificio John Hancock Center, Chicago, Ill., EUA	183
Figura 4.5.2	Los pozos de extracción abaten el nivel freático hasta que se construye el desplante de la cimentación	185
Figura 4.5.3	Proceso de subexcavación en cimentaciones de edificios colindantes	187
Figura 4.5.4	Tablaestacas metálicas	188
Figura 4.5.5	Tablaestacado hasta el límite del material en reposo	188
Figura 4.5.6	Construcción de pilas de concreto	189
Figura 4.5.7	Hincado de pilotes	190
Figura 4.5.8	Cabezales sobre un grupo de pilotes	190
Figura 4.5.9	Cimbra para muros de cimentación	190
Figura 4.5.10	Identificación y estiba de miembros de acero estructural	192
Figura 4.5.11	Estructura de acero en condiciones de integridad estructural	193
Figura 4.5.12	Izado y colocación de trabe de acero	194
Figura 4.5.13	Estructura metálica en proceso de erección	194

Figura 4.5.14	Nivelación y plomeo de estructura de acero con tirantes	195
Figura 4.5.15	Operarios realizando conexiones de elementos estructurales	195
Figura 4.5.16	Pernos de alta resistencia	196
Figura 4.5.17	Proceso de instalación de pernos de alta resistencia	197
Figura 4.5.18	Soldadura en elementos estructurales	198
Figura 4.5.19	Obra de concreto armado en proceso	199
Figura 4.5.20	Colocación de concreto con bomba	200
Figura 4.5.21	Colocación de concreto con tolva movida por grúa.	200
Figura 4.5.22	Métodos correcto e incorrecto para colocar concreto en cimbras	201
Figura 4.5.23	Cimbra para concreto típica	203
Figura 4.5.24	Atiesadores para moldes de concreto	204
Figura 4.5.25	Cimbra típica para columna	205
Figura 4.5.26	Cimbra típica para entepiso	207
Figura 4.5.27	Cimbra para entepiso aligerado con casetones	208
Figura 4.5.28	Arrastres para puntales	208
Figura 4.5.29	Marcas estandar en varillas de acero corrugado	210
Figura 4.5.30	Prueba de revenimiento en concreto	211
Figura 4.5.31	Secuencia para la asignación de saldos iniciales a partidas de gasto	214

CAPÍTULO 5

Figura 5.1.1	Ciclo de vida del proyecto	229
Figura 5.1.2	Garantía de calidad del proyecto	230
Figura 5.1.3	Planeación del proyecto	232
Figura 5.1.4	Planeación de calidad	233
Figura 5.1.5	Estructura organizacional para la construcción de edificios	234
Figura 5.1.6	Control de producción y recepción	235
Figura 5.1.7	Sistema de calidad	240
Figura 5.1.8	Fases del control de la calidad	242
Figura 5.2.1	Ciclo de vida del proyecto (II)	244
Figura 5.3.1	Sistema ejecutivo	250

Índice de Tablas

CAPÍTULO 2		
Tabla 2.4.1	Elementos de costo en estructuras de acero y estructuras de concreto	70
Tabla 2.5.1	Cálculo del sobregiro	83
Tabla 2.6.1	El ciclo de control de costos	88
CAPÍTULO 3		
Tabla 3.6.1	a)Carga de trabajo para grúas de pluma convencional sobre orugas de 35 ton	141
Tabla 3.6.1	b)Carga de trabajo para grúas sobre neumáticos de 32 ton	141
Tabla 3.6.2	Rendimiento de cuadrillas para estructuras de acero	142
Tabla 3.7.1	Factores de rendimiento de trabajo en función de las condiciones de obra y de la calidad de administración	153
CAPÍTULO 4		
Tabla 4.5.1	Tolerancias para miembros de acero estructural	191
Tabla 4.5.2	Especificaciones de varillas corrugadas de acero	209

BIBLIOGRAFÍA

- Suárez Salazar, Carlos, ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS CONSTRUCTORAS, Limusa, México, 1998.
- Corzo, Miguel Angel, INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA DE PROYECTOS, Limusa, México, 1981.
- Halpin, Daniel W., CONCEPTOS FINANCIEROS Y DE COSTOS EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN, Limusa, México, 1997.
- Briceño L. Pedro, ADMINISTRACIÓN Y DIRECCIÓN DE PROYECTOS, McGraw Hill/Interamericana de Chile, Chile, 1996.
- Ahuja, Hira N., Walsh, Michael A., INGENIERÍA DE COSTOS Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS, Alfaomega, México, 1995.
- McCormac, Jack C., DISEÑO DE ESTRUCTURAS METÁLICAS, Alfaomega, México, 1991.
- NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS DEL REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES PARA EL DISTRITO FEDERAL, DDF, México.
- Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto A.C., CONSTRUCCIÓN Y TECNOLOGÍA, IMCYC, México, Vol. IX, núm. 129, noviembre de 1998.
- Instituto Mexicano de la Construcción en Acero, MANUAL DE CONSTRUCCIÓN EN ACERO, Limusa, México, 1997.
- Facultad de Ingeniería, UNAM, DIPLOMADO EN PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS, UNAM, México, Apuntes del curso.
- Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto A.C., CONCRETO, ESTRUCTURA, PROPIEDADES Y MATERIALES, IMCYC, México.
- Instituto Mexicano del Seguro Social, ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCIÓN, IMSS, México, 1990.
- Peurifoy, R.L., MÉTODOS, PLANEACIÓN Y EQUIPOS DE CONSTRUCCIÓN, Diana, México, 1976.
- Linger, Jean, LA OBRA, Editores Técnicos Asociados, España.
- Suárez Salazar, Carlos, COSTO Y TIEMPO EN EDIFICACIÓN. Limusa, México.
- Olin, Harold B. Schmidt, John L. Lewis, Walter H. CONSTRUCTION PRINCIPLES, MATERIALS, AND METHODS, Van Nostrand Reinhold, EUA, 1994.
- Coss Bu, Raúl, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN, Limusa, México, 1998.
- Télez García, José Ramiro, EVALUACIÓN FINANCIERO ECONOMICA DE PROYECTOS, Tesis Facultad de Ingeniería UNAM, México.
- Baca Urbina, Gabriel, EVALUACIÓN DE PROYECTOS, McGraw Hill, Colombia, 1997.
- Sapag Chain, Nassir. Sapag Chain, Reinaldo, PREPARACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS, McGraw Hill, Colombia, 1997.

- Erosa Marín, Victoria E., PROYECTOS DE INVERSIÓN EN INGENIERÍA. SU METODOLOGÍA, Limusa, México, 1997.
- Fundación de la Industria de la Construcción, BLUEPRINT, UN PROCESO PARA EVALUAR LA CALIDAD DEL PROYECTO, IMIC, México, 1996.
- Fundación de la Industria de la Construcción, ORGANIZACIONES TÉCNICAS DE CONTROL DE CALIDAD, IMIC, México, 1996.
- Instituto Politécnico Nacional, AUDITORÍAS DE CALIDAD I Y II PARA LA CERTIFICACIÓN DE ISO9000, IPN, México, 1997.
- Díaz Infante, Luis Armando, CURSO DE EDIFICACIÓN, Trillas, México, 1995.
- Instituto Mexicano de Contadores Públicos A.C., MANUAL PRÁCTICO DE CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD A NIVEL INTERNACIONAL, IMCP, México, 1997
- Cánovas Cánovas Corral, Francisco. et al., ADMINISTRACIÓN EN INGENIERÍA, Fundación para la Enseñanza de la Construcción A.C. UNAM, México, 1991.
- Borquez Sada, José Ramón, EL MÍNIMO CONTROL INTERNO EN LA ORGANIZACIÓN DE UNA CONSTRUCTORA, Tesis de Licenciatura para Ingeniero Civil, UNAM, México, 1994.
- Nee Paul A., ISO 9000 IN CONSTRUCCIÓN, John Wiley & Sons, Inc. EUA, 1996.
- Laudoyer Guy, LA CERTIFICACIÓN ISO 9000, UN MOTOR PARA LA CALIDAD, CECSA, México, 1996.
- Merchan Gavaldón, Faustino, MANUAL DE CONTROL DE CALIDAD TOTAL EN LA CONSTRUCCIÓN, CIE-DOSSAT 2000, España, 1997.
- Baud G., TECNOLOGÍAS DE LA CONSTRUCCIÓN, Blume, España, 1970.
- Mittag, Martin, TEORÍA Y PRÁCTICA DE LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS, Alhambra, México, 1968.
- Reinhold, Lawrence E., METHODS AND MATERIALS OF CONSTRUCCIÓN, John Wiley & Sons, Inc., EUA, 1995.