



---

---

# **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

ARAGON

**“PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA NAVE INDUSTRIAL UBICADA EN  
NECAXA 165 BIS COLONIA PORTALES “**

**T E S I S**

PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTAN

**ISIDRO BORJA QUINTERO**

**JOAQUIN BORJA QUINTERO**



ASESOR: M. en I. MARIO SOSA RODRIGUEZ

MEXICO, 2012



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



## Dedicatorias & Agradecimientos

Dedico el esfuerzo de terminar la licenciatura, resumiéndolo en este trabajo de tesis;

Gracias por el apoyo a todas aquellas personas que lo hacen sin pedir nada a cambio:

A mis padres, hermanos, amigos y familia. Gracias Dios por permitir el compartir

Mis conocimientos, espero ser ejemplo para mis hijos (Ángel & Dante) y a ti Lucí que

estás siempre conmigo y más en estos casos especiales.

**J.B.Q.**

La conclusión de este trabajo es sin duda un esfuerzo que comparto con toda la gente que me rodea, agradeciendo a cada uno de mis profesores desde la primer aula a la que Asistí, a mis compañeros y amigos, en especial a mis padres, hermanos y toda mi familia por el apoyo incondicional, y a ti Liz por darme tu apoyo y además por darme la alegría más grande de mi vida.

A Dios, agradezco por permitirme concluir este trabajo teniendo salud y amor a mí alrededor.

**I.B.Q.**

Mención especial en este proyecto es la de nuestro asesor de tesis, por el tiempo y apoyo dedicado a este trabajo.

M. en I. Mario Sosa Rodríguez



## INDICE

<b>INTRODUCCION</b>	VII
<b>Capítulo I</b>	
<b>Aspectos Generales</b>	1
I.1 Arquitectura tradicional aplicada a la industria	1
I.2 El nacimiento de la arquitectura industrial	2
I.3 El Concreto armado	2
I.4 La edificación industrial en la actualidad	3
<b>Capítulo II</b>	
<b>Análisis y diseño estructural</b>	4
II.1 Tipos de estructura	9
II.2 Idealización de las estructuras	11
II.3 Análisis estático y análisis dinámico	13
II.4 Convención de signos	14
<b>Capítulo III</b>	
<b>Construcción de estructuras</b>	15
III.1 Materiales para la elaboración de concreto	16
III.1.1 Concreto	16
III.1.2 Agregados	17



III.1.3	Cemento	18
III.1.4	Agua	19
III.1.5	Aditivos	20
III.2	Recomendaciones para un mejor concreto	20
III.2.1	Almacenamiento de los agregados y del cemento	20
III.2.2	Cálculo de proporciones, mezclado transporte	20
III.2.3	Colocación y consolidación	21
III.2.4	Curado	23
III.2.5	Curado con vapor	24
III.2.6	Compactación	26

## Capítulo IV

<b>Control Administrativo</b>	28	
IV.1	Diagrama de balance de una obra	29
IV.2	Integración de costo en la construcción	29
IV.3	Organización de una constructora	32
IV.4	Aspectos generales de la construcción	39
IV.5	El proceso y el sistema productivo en la construcción	39
IV.6	Administración de los materiales de obra	42
IV.7	Planificación de los materiales	44
IV.8	El proceso de adquisición de materiales	47
IV.9	Propiedades de los sistemas de inventario	51



## Capítulo V

### Caso práctico: Procedimiento Constructivo de la Nave Industrial Ubicada

#### En Necaxa 165 Bis Colonia Portales

	52
V.1 Demolición de construcción existente	58
V.1.1 Trámites administrativos	58
V.1.2 Proceso de la demolición	59
V.2 Proyecto ejecutivo	61
V2.1 Trámites administrativos	62
V.2.2 Proyecto arquitectónico	63
V.2.3 Proyecto estructural	63
V.2.4 Proyecto de instalaciones eléctricas	64
V.2.5 Proyecto de instalaciones hidrosanitarias	65
V.2.6 Proceso constructivo	65
CONCLUSIONES	75
BIBLIOGRAFIA	76
ANEXOS	



## **Introducción**

El desarrollo y Elaboración de cualquier proyecto de ingeniería requiere de mucho esfuerzo y dedicación por pequeño que este parezca ya sea un proyecto de edificación, vivienda, vialidad, etc.

Cuando cualquier empresa que comienza con un crecimiento importante y deja de ser un pequeño taller, surge la necesidad de tener un lugar donde proyectar, producir, y almacenar sus productos terminados, con mayor espacio y una mejor distribución, tal es el caso de esta empresa la cual requiere de la construcción de una nave industrial.

Se entiende por nave industrial, la edificación de uso industrial en la cual se pueden producir algún objeto o material y almacenamiento de bienes.

La nave industrial de la que se habla en el presente trabajo de titulación se encuentra ubicada en la ciudad de México, en suelo tipo II, según el plano correspondiente a los tipos de suelo de esta ciudad. En la Calle de Necaxa, en la Colonia Portales Delegación Benito Juárez.

El predio cuenta con una superficie total de 301 M<sup>2</sup>, y una construcción de 550 M<sup>2</sup> de construcción total en dos plantas, su principal actividad Industrial es la de taller de impresión gráfica, así como habilitado y empaquetados de exhibidores. Al estar ubicada en una zona de uso habitacional el mayor reto fue la integración de la fachada con las casas adyacentes para no romper la armonía de las mismas.

En el presente trabajo nos dedicaremos a desarrollar el procedimiento constructivo de esta nave, la cual su principal estructura está compuesta de concreto armado, desde su cimentación hasta sus muros perimetrales que reciben el sistema de cubierta en arco techo.

### **Objetivo**

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo general presentar paso a paso el procedimiento constructivo del proyecto, sin duda de este depende el éxito para una optimización de los recursos tanto materiales como humanos, para terminar en tiempo y costo este proyecto.

### **Utilidad del trabajo**

El trabajo de titulación está enfocado a los alumnos de la carrera de Ingeniería Civil, que cursen los diferentes semestres en las asignaturas de edificación, construcción de estructuras, análisis y diseño estructural.



Así en el **capítulo I** se describe los aspectos generales de las naves industriales, un poco de su historia, el tipo de estas y sus diferentes estructuras.

En el **capítulo II** nos enfocamos a la definición y conceptos más importantes para el diseño de estructuras, en sus diferentes materiales y tipos. Así como el procedimiento para la elección del diseño.

El **capítulo III** presentamos los diferentes materiales para las diferentes estructuras, enfocándonos en el comportamiento del concreto sus usos y sus deficiencias para la construcción de estructuras de concreto, así como recomendaciones para un mejor aprovechamiento del concreto.

En el **capítulo IV** abordamos los diferentes aspectos de la administración de los proyectos de ingeniería civil, enfocándonos a una pequeña empresa como es el caso del presente trabajo, tratando temas como el aprovechamiento de los recursos humanos y materiales para un mejor balance económico de los proyectos.

En el **capítulo V** y último, presentamos de manera detallada el procedimiento constructivo de la nave industrial desde el proceso de demolición de la construcción existente hasta el uso y ocupación de la nave, atendiendo la normatividad para proyectos en el distrito federal.

Finalmente emitimos las conclusiones que consideramos más importantes después de realizar el presente trabajo de titulación conjunta.



---

## Capítulo I

### Aspectos generales

Una nave industrial, es un edificio de uso industrial que alberga la producción y/o almacena los bienes industriales, junto con los obreros, las máquinas que los generan, el transporte interno, la salida y entrada de mercancías, etcétera. Los requerimientos y tipos de construcción que debe poseer la nave varían en función de las innumerables actividades económicas que se pueden desarrollar en su interior, lo que ha conducido al desarrollo de un gran número de soluciones constructivas. Por ejemplo, en las naves que albergan cadenas de producción la longitud suele ser la dimensión predominante de la construcción.

Los primeros edificios industriales surgieron en torno a las ciudades en los siglos XVIII y XIX, debido a la revolución industrial producida a partir de la invención de la máquina de vapor. Las chimeneas altas de las calderas de estas máquinas cambiaron el paisaje urbano y trajeron consigo una nueva forma de vida que con el tiempo transformó por completo la sociedad.

Antes de la revolución industrial la economía estaba basada en el trabajo artesanal organizado en gremios. Luego de la misma comenzó la producción en edificios que alojaban las máquinas, la mano de obra y las materias primas, además de las fuentes de energía (carbón, agua). Estas primeras fábricas podían incluso servir de viviendas para los obreros que trabajaban en ellas. Con el avance de la industrialización, también se realizó en las naves la producción en serie.

#### 1.1 Arquitectura tradicional aplicada a la industria

Las primeras naves industriales se basaron en la arquitectura civil de la época, utilizándose estructuras y materiales como vigas y cerchas de madera sobre muros de carga. También se utilizaron las bóvedas (de piedra natural o ladrillo) y las bóvedas tabicadas.

El uso de vigas de madera limitaba la distancia de separación de los puntos de apoyo a 6 metros como máximo. Esta limitación fue superada al construir con cuchillos de madera, que son una forma primitiva de cerchas. Los muros de carga se levantaban con ladrillos o mampostería, sufriendo a veces modificaciones como la inclusión de pilastras que fortalecían la estabilidad lateral del muro.

Las bóvedas también impedían el desarrollo de grandes luces. Debido a esto los edificios industriales que se construían con las estructuras mencionadas estaban limitados a una planta estrecha y alargada, sin contar con una estructura tal como se la concibe en la actualidad (un esqueleto que recoge el peso y lo transmite hasta la cimentación). El soporte de la edificación se lograba apoyando la cubierta de forma continua a lo largo de los muros, que ejercían una doble función: por un lado, eran elementos de cerramiento que delimitaban



el espacio interior del exterior a la nave, y de otro lado, eran elementos estructurales que debían resistir las cargas.

También eran característicos de la época los edificios altos divididos en plantas similares a bloques de viviendas. Los componentes pesados como máquinas y sistemas de producción de energía se ubicaban en la planta baja, mientras que en las plantas superiores los trabajadores desarrollaban las labores de manufactura o poco mecanizados, ayudándose por herramientas y maquinaria ligera.

Una característica común de las naves industriales era la escasa existencia de aberturas para ventilación e iluminación en el interior.

## **1.2 El nacimiento de la arquitectura industrial**

Las soluciones arquitectónicas tradicionales no podían satisfacer las crecientes necesidades de la incipiente industria: diafanidad, grandes espacios productivos, mayor iluminación, funcionalidad, etc. Es por eso que surge la arquitectura industrial aportando nuevos tipos estructurales utilizando los avances en siderurgia y técnicas de unión.

El acero como material estructural, permitió crear un abanico de combinaciones. Pueden mantenerse los tradicionales muros de carga introduciendo el acero en las cubiertas, pueden emplearse columnas de fundición, pueden combinarse los muros de carga con los soportes (pilares) metálicos, o finalmente, hacer una nave completamente metálica, utilizando profusamente las cerchas metálicas. Estos elementos se elaboran de perfiles de acero triangulados con uniones remachadas, que permiten alcanzar grandes luces. Además, las columnas de fundición con cercha metálica permiten que el apoyo del edificio no se realice sobre elementos continuos como un muro de carga, sino sobre elementos lineales como las columnas o pilares.

Para mejorar las estructuras de acero se debieron mejorar las técnicas de unión, principalmente, la soldadura y el roblonado. Fue muy importante en este aspecto el desarrollo de los fundamentos de la elasticidad y la resistencia de materiales, que dotaron al campo de la construcción de herramientas que permitían calcular los esfuerzos en estructuras complejas (hiperestáticas) y comprender la forma en que los materiales resisten las cargas (distribución de tensiones en el seno del material).

## **1.3 El concreto armado**

También fue importante la invención del concreto armado, cuya invención fue por las mismas fechas tanto en Francia y Estados Unidos. Hasta inicios del siglo XX, el desarrollo del concreto armado se basó en el sistema de patentes. En U.S.A. y comenzó utilizando este material para la construcción de depósitos, silos y estructuras similares, mientras que



los avances en nuevos tipos estructurales para estructuras de edificación basados en la utilización del concreto armado se patentaban.

El concreto es un material resistente a la compresión pero que no soporta tensión. Es durable y resistente al fuego, siempre que los recubrimientos de las armaduras sean

Suficientes. Además, se distingue entre el concreto en sitio, que es aquél vertido directamente en obra, y el concreto prefabricado, que es aquél que ha sido vertido, ha fraguado y ha endurecido en una central de concreto. Las estructuras de concreto prefabricado son relativamente contemporáneas, y uno de sus usos más extendidos está en las naves industriales, especialmente las basadas en pórticos y cerchas, aunque la cimentación suele hacerse siempre en sitio.

#### **1.4 La edificación industrial en la actualidad.**

Desde finales de la década de 1990 existe un crecimiento de las naves industriales de concreto prefabricado. Sean metálicas o de concreto, las naves industriales se sitúan en terrenos especialmente autorizados y conocidos como polígonos industriales, habilitados con suelos de uso industrial por los planeamientos de ayuntamientos y administraciones autonómicas. Ejemplo de nave industria fig. 1.4.1

Los polígonos industriales cuentan con servicios comunes, como abastecimiento de energía eléctrica, abastecimiento de agua potable, red telefónica, así como buena comunicación con carreteras, ferrocarriles, puertos marítimos o aeropuertos.

El proyecto que vamos a desarrollar en este trabajo de titulación está construido de concreto armado.



Fig. 1.4.1 Nave industrial en construcción con estructura metálica



---

## CAPITULO II

### Análisis y diseño estructural

Una estructura puede concebirse como un conjunto de partes o componentes que se combinan en forma ordenada para cumplir una función dada.

Ésta puede ser:

- Salvar un claro, como en los puentes.
- Encerrar un espacio, como sucede en los distintos tipos de edificios, ó contener un empuje, como en los muros de contención, tanques o silos. La estructura debe cumplir la función a que está destinada como un grado de seguridad razonable y de manera que tenga un comportamiento adecuado en las condiciones normales de servicio. Además, deben satisfacerse otros requisitos, tales como mantener el costo dentro de límites económicos y satisfacer determinadas exigencias estéticas.

Un examen de las condiciones anteriores hace patente la complejidad del diseño de sistemas estructurales.

¿Qué puede considerarse como seguridad razonable?

¿Qué requisitos debe satisfacer una estructura para considerar que su comportamiento sea satisfactorio en condiciones de servicio?

¿Qué es un costo aceptable?

¿Qué vida útil debe preverse?

¿Es estéticamente aceptable la estructura?

Estas son algunas de las preguntas que el proyectista tiene en mente al diseñar una estructura, el problema no es sencillo y en su solución usa su intuición y experiencia, basándose en el análisis y la experimentación, si los problemas de diseño se contemplan en toda su complejidad, puede afirmarse que no suelen tener solución única, sino solución razonable.



El procedimiento general que se sigue para el diseño y construcción de una obra se puede representar esquemáticamente como se muestra en la figura “2.1.1”

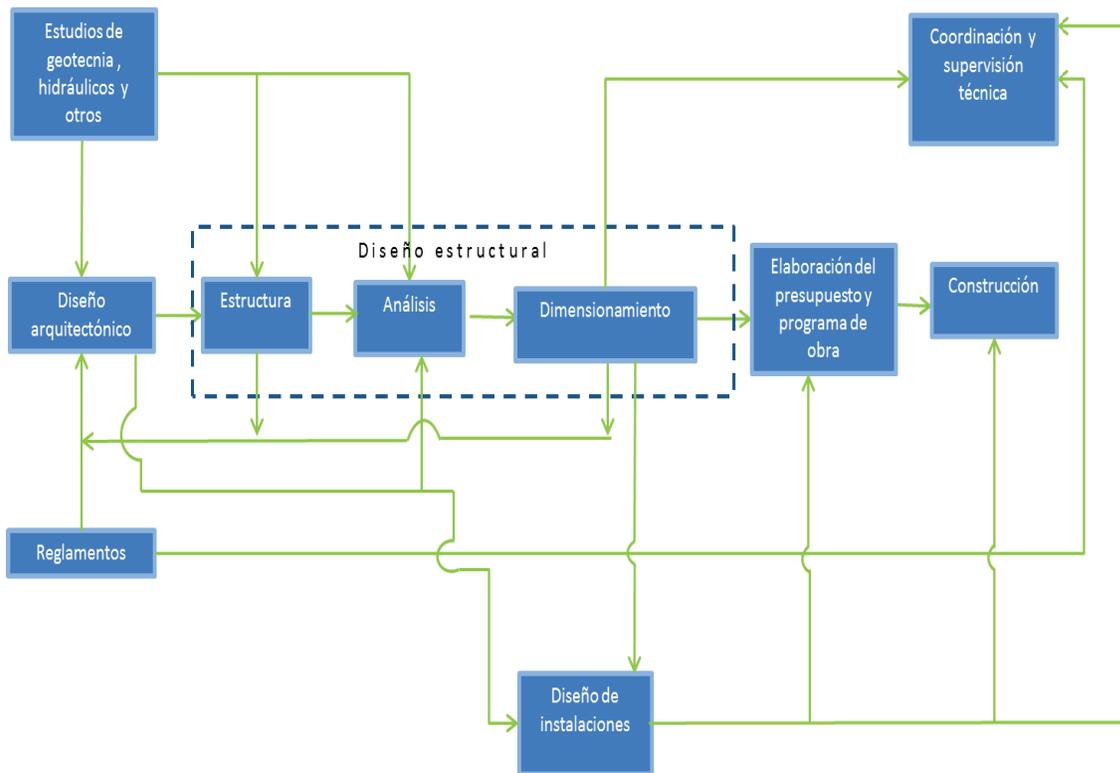


Figura 2.1.1, procedimiento general para el diseño y construcción de obras



---

Después del planeamiento de una necesidad por satisfacer, se hacen estudios de geotecnia para conocer el tipo de terreno en el que se construirá la obra y se realiza un proyecto arquitectónico, la importancia

de cada uno de estos trabajos depende del tipo de obra. Por ejemplo si se trata de un puente los estudios de geotecnia son muy importantes y preferentemente se deben complementar con estudios hidráulicos

para conocer los niveles máximos que puede alcanzar el agua, en este caso el diseño arquitectónico puede no ser tan importante.

Existen otras construcciones como edificios urbanos donde el diseño arquitectónico resulta muy importante para determinar el tipo de estructura, sin embargo es importante que desde las primeras etapas haya una coordinación adecuada entre el proyecto arquitectónico y el diseño estructural y el de las instalaciones, los estudios antes mencionados y el diseño arquitectónico se llevan a cabo siguiendo las disposiciones de los reglamentos de construcción aplicables en cada estado y/o ciudad.

Para una mejor coordinación de los proyectos se sugiere que el diseño estructural se divida en las siguientes tres etapas:

- Estructuración
- Análisis
- Dimensionamiento

En la estructuración se establece la geometría general de la obra, respetando el diseño arquitectónico, se fijan los claros de las vigas, las separaciones y altura de las columnas, se seleccionan los materiales a emplear, se eligen los sistemas de piso entre otras cosas más.

La etapa de la estructuración también se le conoce como concepción de la estructura ó configuración estructural. Es la parte más subjetiva del diseño estructural y aquella en que la experiencia, el buen juicio y la intuición del ingeniero juegan un papel muy importante.

Una estructura mal concebida presentará problemas independientemente de que tan bien o de con qué tanta precisión se hagan las etapas del análisis y dimensionamiento.



Durante la etapa del dimensionamiento es necesario hacer algunas estimaciones preliminares del tamaño de los miembros estructurales tanto para estimar su peso propio que forma parte de las cargas actuales, como para calcular sus rigideces relativas las cuales se requieren en la parte del análisis, estas estimaciones pueden hacerse utilizando procedimientos simplificados de análisis y dimensionamiento ó únicamente con base en la experiencia del proyectista.

En la etapa del análisis de la estructura, se puede entender la palabra análisis de acuerdo al diccionario de la lengua española como: La distinción y separación de la partes de un todo hasta llegar a conocer sus principios o elementos. Por lo anterior y llevando este término a la estructura se entiende que el *análisis estructural* es la separación de la estructura en sus elementos constitutivos y la determinación del efecto

de las cargas aplicadas a la estructura en cada elemento, cualquier estructura es un todo continuo, pero para fines de análisis se puede dividir en distintos miembros como: las barras en una armadura ó las vigas , columnas y losas en una estructura de edificio, o las pilas , estribos, sistemas de piso y cables, en un puente colgante, una vez dividida la estructura en sus distintos miembros, la determinación del efecto de las cargas en cada miembro se lleva a cabo calculando las acciones internas producidas por esas cargas, o lo que es lo mismo las fuerzas axiales, las fuerzas cortantes, los momentos flexionantes y los momentos torsionantes en cada miembro, así como las deformaciones de cada elemento y de la estructura completa, este cálculo es la esencia del análisis estructural.

El proceso completo de diseño estructural es subjetivo ya que no tiene soluciones únicas, la parte del análisis estructural es completamente rigurosa y conduce a soluciones únicas, una vez planteada una estructura, las cargas que sobre ella actúan y los elementos estructurales en los que se ha dividido, las acciones internas en cada miembro tienen un valor correcto único, las fuerzas axiales, las fuerzas cortantes, los momento flexionantes y los momentos torsionantes en cada miembro deben ser los mismos, indistintamente del método empleado para calcularlos, si se usan métodos aproximados de análisis, se obtendrán acciones internas parecidas a las de la soluciones completas, que pueden aceptarse según su grado de aproximación, sin embargo, el que las soluciones teóricas sean únicas, no significa que en la estructura real se tengan acciones exactamente iguales a las calculadas, ya que de todas maneras se hacen hipótesis sobre la forma ideal de la estructura del comportamiento de los



---

materiales, de la distribución de las cargas y de otros factores similares que implican trabajar sobre una representación de la estructura que no coincide totalmente con la estructura real, por esta razón no se justifica realizar cálculos con la precisión excesiva, aunque la solución teórica sea única,

La tercera parte de la etapa del diseño estructural se refiere al dimensionamiento de los miembros estructurales a partir de las acciones internas calculadas en el análisis estructural, se dimensionan miembros que puedan resistir dichas acciones dentro de condiciones de servicio aceptables, por nombrar un ejemplo, podemos hablar de una estructura de concreto, será necesario determinar el tamaño de los elementos estructurales, el acero longitudinal y transversa, detallar anclajes y traslapes, revisar deflexiones y agrietamientos, entre otros elementos más, en esta parte se recurre más que en la anterior a formular empíricas y a disposiciones reglamentarias, el proyectista tiene más libertad de acción y las soluciones correctas pueden variar según su criterio o los reglamentos que use.

Un ejemplo de lo anterior es, si se está dimensionando una viga de acero, se pueden encontrar diversos perfiles que resistan el momento flexionante calculado en el análisis de la estructura, o si la viga es de concreto, puede usar distintas relaciones entre su altura y su ancho, por estos puntos sugieren los expertos tomar cursos de dimensionamiento de distintos materiales como: concreto, acero ó madera, posteriores a los cursos de análisis estructural para seguir la secuencia del proceso de diseño.

Puede suceder que una vez terminada la parte de dimensionamiento, los miembros de la estructura resulten de un tamaño diferente al supuesto en la parte de estructuración, esto suele pasar cuando no se

tiene mucha experiencia, por esta razón si se presenta esta situación, se hace necesario hacer un nuevo ciclo de la etapa de diseño estructural, ya que las cargas muertas y las rigideces relativas de los miembros estructurales han cambiado, la decisión de hacer un nuevo ciclo o los que sean necesarios, dependerá de las diferencias entre los resultados del dimensionamiento y los valores supuestos y de algunos otros factores.

Para ejemplificar lo anterior, si las cargas vivas son mucho mayores que las muertas, el peso propio tendrá una menor importancia en la carga total, si se subestimaron los tamaños de los miembros, sus rigideces relativas que son las que importan en el análisis cambiarán poco aunque si cambian las rigideces absolutas, el buen juicio del proyectista, nuevamente jugará un papel determinante en la decisión correspondientes.



En la figura 2.1.1 se incluyen otra etapas del procedimiento general de diseño y construcción, simultáneamente con el diseño estructural se puede realizar el diseño de las instalaciones, cuya importancia varía según el tipo de obra, aunque ambos diseños se hagan simultáneamente, no deben hacerse independientemente ya que la ubicación de las instalaciones puede afectar el diseño estructural.

Por ejemplo pueden requerirse ductos que obliguen a detalles estructurales especiales para no debilitar la estructura, una vez realizados el dimensionamiento y el diseño de las instalaciones y plasmados sus resultados en planos ejecutivos y especificaciones de construcción se elabora el presupuesto de obra y el programa de construcción, después se ejecuta la obra con una coordinación y supervisión técnica adecuada.

## II.1 Tipos de estructura

En la práctica de la ingeniería se pueden encontrar muchos tipos de estructuras, por ejemplo existen puentes de distintos tipos como apoyados sobre vigas longitudinales, sobre retícula de vigas colgantes atirantado, con armaduras, entre otros.

Existen bóvedas de diversas características, cilíndricas con anillo central de compresión con tirantes, cascarones cilíndricos o en forma de paraboloides, arcos de distintas formas, vigas de un claro o continuas, marcos rígidos, muros con cargas normales a su plano, como los de contención o muros con cargas en su plano como los utilizados en edificios altos estructuras a base de cables colgantes a veces se combinan dos o más de estos diversos tipos como en edificios altos con marcos rígidos y muros.

En este trabajo se habla sólo de los siguientes tres tipos de estructuras:

1. Vigas de un sólo claro o de varios claros
2. Armaduras
3. Marcos rígidos.



Puede parecer que es un número muy limitado de casos en comparación con la gran variedad existente en la realidad. Sin embargo, para mostrar los principios fundamentales del análisis estructural. Esto puede ser a partir de estos tres casos.

Prácticamente todas las estructuras reales son tridimensionales, algunas lo son claramente, como una bóveda o un cascaron, otras parecen planas, pero están ligadas a otras estructuras o a otros miembros perpendiculares a ellas, de tal manera que trabajan en realidad en forma tridimensional, por ejemplo, los edificios suelen tener dos sistemas de marcos rígidos perpendiculares entre sí, ligados por el sistema de piso, sin embargo, en muchas ocasiones las estructuras pueden dividirse, para fines de análisis en estructuras más sencillas que pueden considerarse contenidas en un plano, ósea, estructuras planas, por ejemplo. Los distintos marcos que constituyen un edificio, pueden separarse y analizar cada uno por separado lo cual resulta más sencillo, las herramientas de computo disponibles en la actualidad permiten analizar muchas estructuras en forma tridimensional, también se ha considerado que los principios fundamentales del análisis estructural se pueden enseñar mejor en estructuras planas.

Con estas limitaciones en el tipo de estructuras incluidas y con el acotamiento a estructuras planas únicamente, los tres casos que se tratan son los que aparecen en la fig. 2.1.1

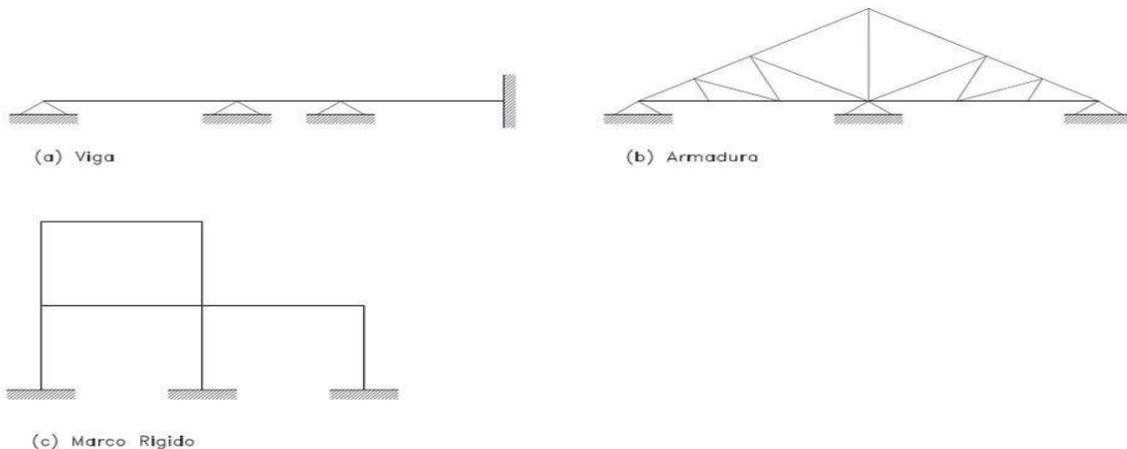


Figura 2.1.1 Tipos de estructuras incluidas para el análisis



## II.2 Idealización de las estructuras

Además de la transformación de las estructuras reales tridimensionales en estructuras planas, se hacen otras idealizaciones para fines de su análisis, una de ellas es la ilustrada en la figura 2.2.1, un marco cuyas vigas y columnas tienen dos dimensiones después de haberlo transformado en plano, se representa por líneas unidimensionales normalmente coincidentes con los ejes geométricos de los miembros, los claros de las vigas y las alturas de las columnas son las distancias entre los cruces de las líneas que representan a los miembros, idealizaciones semejantes se hacen en los casos de vigas y armaduras. Por lo tanto las representadas en la fig. 2.1.1 ya son idealizaciones de estructuras planas.

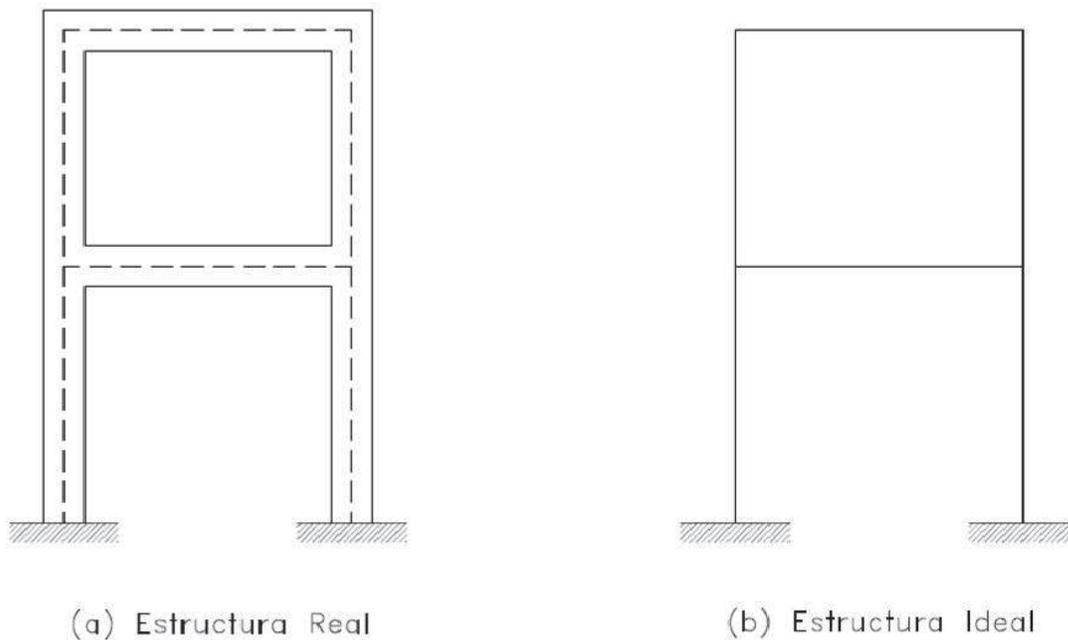


Figura 2.2.1 Idealización de una estructura



Otra idealización importante se refiere al material de las estructuras, los miembros de concreto reforzado y de acero estructural los materiales más usados en estructuras tienen gráficas carga-deflexión como las de la figura 2.2.3 a y b, respectivamente, ambas tienen una zona aproximadamente lineal al inicio de la gráfica y después una amplia zona de comportamiento no lineal, en los métodos de análisis estructural, se supone que los miembros estructurales, tienen un comportamiento lineal y elástico ósea que su gráfica carga deflexión es como la mostrada en la figura 2.2.3 c, existen métodos de análisis estructural en los que no es necesaria esta idealización o suposición, se llaman métodos no lineales de análisis, esta suposición conduce a que las acciones internas calculadas con los métodos aquí presentados, se aproximen a las que ocurrirían en la estructura real bajo el efecto de cargas relativamente bajas ósea no cercanas a las que produciría el colapso de la estructura sino a las que producen esfuerzos dentro de la zona de comportamiento lineal de los materiales o de los miembros estructurales.

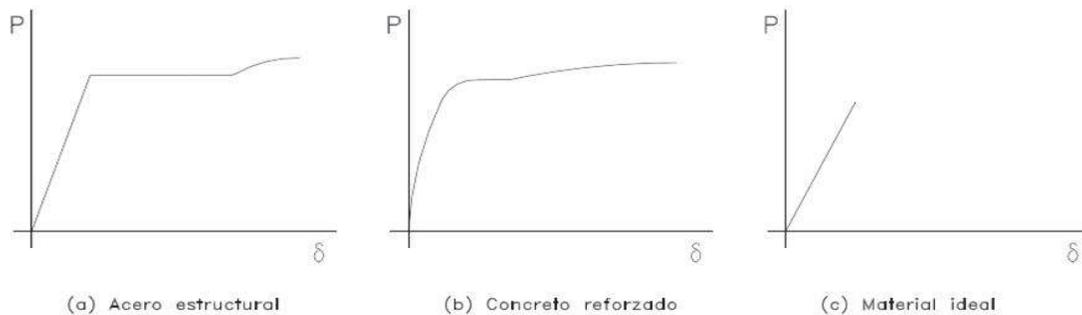


Figura 2.2.2 Gráficas carga-deflexión ( - ) de miembros estructurales con distintos materiales



Estas cargas son las llamadas cargas de servicio y por lo tanto el análisis se debe llevar a cabo con ellas si la tercera parte de la etapa de diseño estructural el dimensionamiento, se hace con criterios de resistencia última, las acciones obtenidas en el análisis deben multiplicarse por los factores de carga especificados en el reglamento de construcción aplicable, el mismo resultado se obtiene efectuando el análisis con las cargas de servicio multiplicadas previamente por los factores de carga.

La suposición de que el material de las estructuras es lineal y elástico permite efectuar simplificaciones importantes en el análisis, todos los efectos de las cargas aplicadas varían linealmente, por ejemplo, si se duplican las cargas se duplican todas las acciones internas, si el módulo de elasticidad se reduce a la mitad, todas las deformaciones se duplican ya que son inversamente proporcionales al módulo, un principio muy importante llamado de superposición de causas y efecto, sólo es aplicable si el materia es lineal y elástico.

Una tercera idealización se refiere al tamaño y comportamiento de los apoyos de las estructuras y de las intersecciones de sus miembros, los apoyos ideales representan puntos en los que no hay fricciones que restrinjan el desplazamiento o la rotaciones de los miembros, o bien que les proporcionen un empotramiento perfecto, en los apoyos reales no se presenta esta situación ideal, tienen dimensiones apreciables y siempre hay fricciones o empotramientos que no son perfectos, lo mismo sucede con las intersecciones de miembros estructurales, tienen dimensiones considerables y deformaciones dentro de la intersección que no se consideran normalmente en el análisis estructural. Es frecuente considerar que los marcos están empotrados en sus bases. En la realidad están ligados a las cimentaciones, que les proporcionan un empotramiento parcial, que depende del tipo de cimentación y de terreno, esta es otra idealización importante.

### **II.3 Análisis estático y análisis dinámico**

Algunas de la cargas que actúan sobre las estructuras tienen un valor que no cambia con el tiempo, el peso propio de los miembros estructurales o el peso de los muros divisorios en un edificio de oficinas son ejemplos de este tipo de cargas, otras cargas como las cargas vivas, aunque cambian con el tiempo, lo hacen en periodos largos y pueden considerarse como constantes, con un valor parecido al máximo que alcancen para fines de análisis, cuando el análisis estructural se efectúa con cargas permanentes como las anteriores, se denomina análisis estático.

Las estructuras pueden estar sujetas a acciones externas cuya magnitud varía rápidamente con el tiempo, como los sismos o el viento. Los efectos de estas acciones se estudian en los



---

cursos de dinámica estructural, sin embargo, los métodos de la dinámica estructural permiten calcular cargas que se aplican a las estructuras, las cuales se analizan para encontrar las acciones internas o sea los momentos flexionantes, torsionantes, las fuerzas axiales y cortantes.

Otro tipo de acciones externas es el debido a vehículos en movimiento, como trenes o camiones que circulen sobre puentes, en este caso el efecto del movimiento se toma en cuenta multiplicando la carga estática por un factor de impacto que suele ser del orden de 1.30, ósea, se incrementa la carga en 30%, la estructura se analiza con esta carga incrementada con los métodos de análisis estático.

Puede verse a partir de lo anterior, que cualquiera que sea el tipo de carga, los métodos de análisis estático terminan usándose para calcular las acciones internas en los miembros de las estructuras.

## II. 4 Convención de signos

Cuando sólo se trata de estructuras planas, se usa en el texto un sistema de coordenadas  $x$ ,  $y$ . El eje  $x$  coincide con el eje longitudinal de los miembros, y eje  $y$ , con el transversal. Las convenciones de signos para cada una de las acciones internas, para las deflexiones y para las rotaciones se presenta al introducir cada tema, también es posible que al usar programas de computo para análisis estructural se encuentren convenciones de signos diferentes, esto sucede con frecuencia en los programas tridimensionales, en los cuales se emplea el llamado sistema coordenado derecho, cuando se tiene una comprensión clara de los conceptos fundamentales del análisis estructural el cambio en la convención de signos no debe acarrear problemas mayores.

La teoría del análisis estructural es uno de los pilares fundamentales de la ingeniería civil, el conocimiento de los efectos producidos por las cargas en los miembros que componen una estructura es fundamental para su diseño y para comprender su comportamiento, así que el dominio de esta teoría resulta un elemento indispensable en la practica de la profesión, además el manejo de los conceptos abstractos que forman parte del análisis estructural constituye uno de los elementos formativos más importantes de la carrera.



---

## Capítulo III

### Construcción de estructuras

La ingeniería de la construcción es el arte de aplicar técnicas de ingeniería a las operaciones constructivas como planificación, programación y control.

Planificación: comienza con un análisis del trabajo que se va a efectuar, una selección de métodos y técnicas, un plan de operaciones y la asignación de equipo y mano de obra, la programación estudia la interrelación que hay con las demás operaciones en el lugar de la obra, así como aspectos externos como el clima, inundaciones, temperatura del aire y requisitos del contrato, el control abarca la supervisión e inspección, el establecimiento de procedimientos detallados, la provisión de una inspección adecuada y el control de costos.

Un análisis de ingeniería de la construcción, aplicado adecuadamente, dará como resultado probable más instrucciones, gráficas, programas, etc. Que las que se emplean generalmente en la actualidad, pero éstas no deben ser voluminosas ni complicadas, lo importante es que su objetivo sea totalmente práctico, planear, programar y controlar el trabajo para que cada hombre contribuya a su realización con un mínimo de desperdicio e interferencia, las gráficas e instrucciones deben ser claras, concisas, definidas y presentadas de manera que las personas comprendan el trabajo que están haciendo, no es necesario explicar también todas las consideraciones que fundamentan ciertas instrucciones.

Por ello el constructor debe entender lo suficiente acerca de las consideraciones de diseño, para poder seleccionar el sistema más eficiente y económico, este conocimiento puede serle de gran ayuda para competir ventajosamente en los concursos.

Finalmente en muchos aspectos de la construcción, el contratista y el ingeniero trabajan unidos, ya que los proyectos industriales y los desarrollos comerciales se realizan frecuentemente mediante una combinación de ambos, ya sea reunidos en una compañía o en un esfuerzo común de cooperación, esto mismo se aplica a muchos contratos fuera del país de origen, en los que el propietario y su ingeniero establecen solamente los requisitos y criterios básicos, dejando el diseño final al contratista, en algunos proyectos de cimentaciones se someten a concurso sólo con base en las especificaciones de ejecución, o bien permitiendo alternativas, en muchas áreas nuevas de la construcción, como en el caso de plantas de energía con reactores nucleares, estructuras marinas, el contratista debe concursar sobre bases de diseño y construcción o de cotizaciones.



Por consiguiente para el ingeniero constructor emprendedor los conocimientos básicos sobre diseño son esenciales, aunque él no realice directamente la labor de diseño, debe entender el fenómeno, la razones que respaldan los requisitos técnicos y las limitaciones del presfuerzo.

En todos los demás aspectos de la construcción, se deben integrar el diseño y la construcción para obtener los resultados más efectivos, la separación histórica de las dos disciplinas, el diseño y la construcción, es artificial, pues significa una división de trabajo con el objeto de permitir la concentración de habilidades, la tarea más importante es construir una estructura que sirva para un propósito específico, por consiguiente el diseñador y el constructor son miembros de un mismo equipo y tienen una meta común.

### **III.1 Materiales para la elaboración del concreto**

#### **III.1.1 Concreto**

El concreto es un material heterogéneo, compuesto de agregados aglutinados en una pasta o matriz; por lo general, los agregados son arenas, gravas naturales ó piedra triturada y la pasta es de cemento portland hidratado por medio de agua, se recomienda considerar atentamente la definición anterior, porque actualmente debido al rápido avance de la tecnología se están explorando e incluso se explotan ya comercialmente todas las variaciones posibles para obtener determinadas propiedades; de ahí que los agregados artificiales como la arcilla expandida y los cementos puzolanicos y orgánicos se utilicen bastante en las construcciones.

El concreto convencional, que está compuesto de agregados gruesos de piedra arena, cemento portland, agua y aditivos, esta mezcla produce un concreto que pesa de 2240 a 2560 kg/m<sup>3</sup> (140 a 160 lb/pie<sup>3</sup>) y que cuando es cuidadosamente seleccionado proporcionado, mezclado, colocado y curado, puede alcanzar resistencia hasta de 570 kg/cm<sup>2</sup> (8000lb/pulg<sup>2</sup>) , en 28 días.

Generalmente el concreto utilizado para presfuerzo tiene una resistencia de 250 a 500 kg/cm<sup>2</sup> (3500 a 7000lb/plg<sup>2</sup>) este tipo de concreto se puede producir económicamente en la mayor parte del mundo, siempre que se tenga cuidado suficiente en todas las operaciones, el hecho de que algunas industrias productoras de concreto con tecnología avanzada se



establecen en áreas metropolitanas no debe inducir a la negligencia o al descuido, ya que la buena calidad que se obtiene fácilmente en este tipo de industria sólo se pudo lograr después de muchos años de intenso esfuerzo y de gran número de pruebas y errores que han eliminado los procedimientos inútiles, así pues cuando se inicien las operaciones en nuevas áreas, es necesario revisar y aplicar consideraciones fundamentales, existen especificaciones adecuadas y detalladas para la selección y evaluación de los materiales para el concreto, como las de la Asociación Americana para pruebas de materiales (American Society for Testing Materials, A.S.T.M.).

### III.1.2 Agregados

Dado que se quiere obtener concreto de alta resistencia, el tamaño máximo del agregado grueso se debe limitar; en la mayoría de los casos, el tamaño máximo óptimo es de 1.9 cm (3/4 plg.).

Los agregados gruesos no deben contener vetas de arcilla que puedan producir cambios excesivos de volumen, como en los casos de flujo plástico y contracción, para concreto normal de alta resistencia, se utilizan con éxito tanto la grava como la roca triturada, pero con la grava se obtiene mejor manejabilidad y compactación, con relaciones bajas de agua-cemento; para concreto de muy alta resistencia, es mejor utilizar la roca triturada de angularidad adecuada, pero se requiere un vibrado intenso para obtener una buena compactación.

En ambientes con agua salada, los agregados deben ser sanos y no atacables por los sulfatos. En Sudamérica un muelle importante para carga de mineral de hierro, con cimentación a base de pilotes presforzados, ha sufrido deterioros catastróficos, aparentemente debido a la falta de solidez de los agregados, los agregados no deben reaccionar con las sustancias alcalinas del cemento; los agregados de sílice son más propensos a hacerlo que los de arcilla, pero se ha informado de algunos casos raros respecto a estos últimos. Se tienen informes de que un puente grande en Alemania se está desintegrando debido a los agregados reactivos usados en su construcción.

El tamaño de los agregados finos puede ser mayor que en el concreto común y corriente, ya que con los altos factores de cemento que se utilizan en el concreto presforzado no se necesita una graduación perfecta, e inclusive puede no convenir; se puede aplicar una graduación suficiente para rellenar todos los huecos, para reducir la contracción y mejorar la resistencia y el módulo de elasticidad, los agregados deben estar limpios, ya que hasta un pequeño porcentaje de polvo o tierra puede hacer que las mezclas secas para el concreto presforzado sean excesivamente pegajosas y difíciles de colocar. La tierra o polvo ocasionan a menudo un fraguado demasiado rápido y reducen la resistencia, aumentando la



contracción; generalmente se pueden eliminar mediante un lavado, con buenos resultados. Los agregados no deben contener sal, la cual puede depositarse en ellos, especialmente en los finos, después de sumergirlos en agua salada, o a causa de nieblas salinas en países desérticos como Kuwait. Aun en porcentajes pequeños, la sal reduce el valor del cemento para frenar la corrosión y puede contribuir a que se inicie la corrosión electroquímica; esto es particularmente peligroso cuando se utiliza el curado con vapor.

La temperatura de los agregados se debe adecuar a la de la mezcla; como éstos son el mayor componente de la misma, a menudo es más efectivo y económico enfriar el agregado por medio de evaporación de agua, en verano, o calentarlo en invierno. Para evitar el polvo y enfriar el agregado por evaporación se pueden utilizar "remojadores" de agua, que rieguen continuamente las pilas de agregados.

### III.1.3 Cemento

Comúnmente en el concreto presforzado se emplea cemento Portland, del cual se tienen cinco tipos, de acuerdo a la especificación ASTM CISO; el tipo:

- I es el estándar.
- El tipo II tiene un contenido moderadamente bajo de sustancias alcalinas.
- El tipo III es de alta resistencia rápida.
- El tipo IV de bajo calor.
- El tipo V resistente a los sulfatos.

Los más utilizados en concreto presforzado son los tipos I, II y III o una modificación de éstos; el cemento se escoge sobre las bases de su alta resistencia rápida, contracción mínima, durabilidad y economía, debiendo evitarse un fraguado demasiado rápido.

El tipo I es adecuado para la mayoría de trabajos en edificios, pero el tipo II es preferible para ambientes costeros y marinos; las neblinas o partículas de sal pueden llegar hasta 80 kilómetros o más tierra adentro y el cemento tipo II proporciona al concreto una mayor durabilidad debido a sus buenas propiedades para frenar la corrosión en el acero.

Algunos cementos tipo III tienden a ocasionar un fraguado acelerado o bien una contracción excesiva durante el curado con vapor, recientemente, en un esfuerzo para obtener el balance óptimo de propiedades, se han desarrollado cementos tipo II modificados. Estos tienen molido más fino que el tipo II convencional, por ejemplo, una finura Blaine de 4000 a 4200.

Estos se han obtenido específicamente para satisfacer las necesidades de la industria del presfuerzo y se marcan a menudo como "cementos para presfuerzo". El cemento tipo V (resistente a los sulfatos) no es realmente tan adecuado como el tipo II para la mayor parte de las aplicaciones en presforzado; el tipo V tiene un contenido bajo de C3 A, el cual



proporciona al concreto mayor durabilidad bajo ataques del agua de mar y de sulfatos, pero desafortunadamente, reduce la protección contra la corrosión del acero.

### III.1.4 Agua

Hasta últimas fechas, el único requisito estándar para el agua era que fuese potable; sin embargo, el agua que se utiliza en trabajos de presforzado debe tener restricciones mayores en cuanto a su contenido de sal, polvos y materias orgánicas; las limitaciones son las siguientes:

- a) No contener impurezas que modifiquen en más de un 25% el tiempo de fraguado, ni una reducción en la resistencia a los 14 días, mayor de un 5%; ambos porcentajes provienen de la comparación con los resultados obtenibles con agua destilada.
- b) Menos de 650 partes por millón de iones de cloruro (algunas autoridades permiten hasta 1000 ppm).
- c) Menos de 1300 partes por millón de iones de sulfato (algunas autoridades limitan esto a 1000 p.p.).
- d) El agua no debe contener aceite.

El agua se puede agregar a la mezcla en forma de hielo, para reducir la temperatura ambiente del concreto fresco, o en forma de vapor, cuando se desea elevar dicha temperatura.

### III.1.5 Aditivos

Los aditivos son muy útiles en el concreto presforzado, pues permiten el uso de una relación de agua-cemento más baja, conservando la manejabilidad; algunos reducen también la contracción y otros son retardantes a temperaturas normales, pero ocasionan aceleración en el incremento de resistencia bajo el curado con vapor.

Muchos aditivos utilizados en colados de concreto convencional contienen CaC12; esto debe prohibirse absolutamente en trabajos de presfuerzo, pues hay pruebas suficientes para asegurar que causa corrosión, especialmente cuando se emplea el curado con vapor. Aun usando el curado normal a base de agua, el CaC12 reduce las propiedades del cemento y puede ocasionar corrosión.

Por lo tanto, para trabajos de presfuerzo, la mezcla no debe contener más que rastros de cloruro de calcio; la mayor parte de los aditivos adecuados son subproductos orgánicos de la industria de la pulpa.



La inclusión de aire beneficia al concreto a base de agregados ligeros, mejorando su durabilidad contra la congelación y el deshielo y facilitando su colocación; dicha inclusión reduce ligeramente la resistencia de mezclas ricas, como las que se emplean en el concreto presforzado, por lo cual es necesario utilizar cuidadosamente los aditivos inclusores de aire.

## **III.2 Recomendaciones para un mejor concreto**

### **III.2.1 Almacenamiento de los agregados y del cemento**

Un almacenamiento inadecuado puede ocasionar la contaminación y deterioro de las cualidades de los agregados; si se almacenan en el terreno o en una losa con pendiente, se pueden contaminar en polvo, hielo y pequeñas partículas; cuando se almacenan en silos están mejor protegidos, excepto contra la nieve y el hielo, en cualquier caso, se puede juntar una cantidad considerable de polvo y partículas pequeñas en el fondo del silo; la única solución para eliminar positivamente el problema es cernir nuevamente los agregados antes de mezclarlos el que esto sea necesario depende del tipo de roca, de la abrasión ocasionada por el transporte y el manejo y de la calidad de concreto que se desee obtener.

Los agregados expuestos al sol de verano pueden sobrecalentarse; para evitarlo se les resguarda con una cubierta de lámina galvanizada o de aluminio. Otra alternativa para enfriarlos eficazmente por evaporación, es remojar o rociar con agua la pila de agregados; una de las técnicas más nuevas es el enfriado por vacío, el cemento se debe almacenar y utilizar de modo que no se deje envejecer, obviamente, debe estar protegido contra la humedad. Una atmósfera tropical o húmeda puede presentar dificultades; en el caso del cemento en costales puede requerirse la deshumidificación del almacenamiento.

### **III.2.2 Cálculo de proporciones, mezclado transporte**

En la especificación ACI 614 se establecen los procedimientos aprobados, la exactitud en las proporciones es esencial para producir concreto de alta calidad; por consiguiente, el cálculo de las proporciones se debe hacer por peso y automáticamente, en vez de usar controles manuales. Debido al agua que contienen los agregados, es necesario hacer correcciones continuas.

El mezclado debe ser completo especialmente para mezclas de bajo revenimiento o asentamiento; las mezcladoras de turbina se adaptan especialmente para estas necesidades. Las mezcladoras montadas sobre un camión, construidas recientemente, se han mejorado para manejar una mezcla de revenimiento bajo, pero es necesario conservar en buen estado las cuchillas. Por consiguiente, la mezcladora horizontal de turbina es preferible



definitivamente, para las mezclas de alta calidad. Un tiempo adecuado de mezclado mejora la uniformidad, resistencia e impermeabilidad del concreto. Las hojas de la mezcladora no deben girar demasiado rápido, hay distintos procedimientos para realizar el transporte con éxito; por ejemplo, por medio de mezcladoras montadas sobre un camión, agregando el agua unos pocos minutos antes de la descarga; también pueden transportarse las mezclas secas (cálculo de proporciones en seco), agregando el agua en el lugar de la obra por medio de una mezcladora o una pavimentadora, las mezclas húmedas se pueden transportar en camiones o vagonetas (cangilones para concreto, vagonetas montadas sobre rieles o transportadores); en estos casos, se deben tomar precauciones para evitar la segregación y el fraguado prematuro durante el transporte, lo cual se logra con una relación agua-cemento baja y un aditivo retardante del fraguado.

El mezclado y vibrado durante el transporte también son importantes para evitarlo.

### **III.2.3 Colocación y consolidación**

Este concepto se establece detalladamente en el manual del ACI para Prácticas en concreto, a causa de las mezclas generalmente secas que se emplean en el concreto, es necesario un vibrado intenso para consolidarlo a fondo y asegurarse de que no haya huecos, especialmente en áreas congestionadas; comúnmente, el vibrado interno es el método más efectivo, ya que es útil para asegurar la compactación alrededor de los tendones, del acero ahogado, los anclajes etc. Por lo general se emplean frecuencias de 9000 rpm.

En elementos delgados se puede utilizar eficientemente el vibrado exterior, particularmente en el caso de elementos precolados en cimbras pesadas de acero; este tipo de vibrado ayuda definitivamente a la colocación y produce superficies excelentes por la cara que se vibró. Los vibradores colocados uno

frente a otro tienden a eliminar, sus buenos efectos, por lo que es mejor intercalar su localización, es muy satisfactoria con frecuencia la combinación del vibrado externo con el interno, al colocar en las cimbras el concreto de bajo revenimiento o sin revenimiento, es mejor vaciarlo en el lado de avance del colado, donde recibirá los efectos totales del vibrado; esto acelerará el colado y se obtendrá mejor consolidación.

El vibrado externo ocasiona esfuerzos altos en las cimbras y se puede alcanzar el rango de fatiga de las conexiones, por lo que se deben diseñar especialmente cuando se piense emplear este tipo de vibrado, en las mezclas secas existe una tendencia definitiva a formar huecos, o bolsas de agua y aire, en las superficies verticales y en voladizos, ya que debido al vibrado el aire y el exceso de agua tienden a escapar de la mezcla, quedando atrapados bajo el voladizo y, hasta cierto punto, en la cara vertical, parece que no existe ninguna



técnica eficaz para eliminar completamente los huecos ocasionados por mezclas secas, pero sí se pueden reducir al mínimos siguiendo estos pasos:

- Seleccionar algún tipo de aceite adecuado a la superficie de las cimbras, para reducir la acción capilar.
- Vibrado interno completo.
- El vibrado externo (vibrado de la cimbra) es muy importante si se lleva a cabo después de terminar el vibrado interno.
- Utilizar un aditivo que evite el escurrimiento y mejore la manejabilidad (la inclusión de aire puede ser benéfica ya que no es lo mismo aire incluido que aire atrapado).
- Picado a lo largo de los lados de la cimbra, en los lugares accesibles, después del vibrado.

Los serpentines de absorción en las cimbras eliminan el exceso de aire y agua en la superficie, pero todavía pueden localizarse huecos a pocos centímetros debajo de ésta.

Es extraño que este problema no sea tan evidente en las mezclas húmedas, ya que los huecos y bolsas se distribuyen en la mezcla en forma de porosidades; por supuesto, lo anterior de ningún modo es una solución satisfactoria, pues se obtienen bajas resistencias y baja durabilidad, un proceso de vacío eliminaría el aire atrapado y el exceso de agua hasta la profundidad en que dicho vacío sea efectivo, pero por lo general es antieconómico.

La experiencia ha demostrado que las técnicas de colocación y consolidación citadas anteriormente producirán el concreto de mayor resistencia y durabilidad, aunque persistan pequeños defectos en la superficie. Las superficies expuestas, se pueden pulir y así obtener la uniformidad deseada; cuando se hace adecuadamente, la superficie será durable tanto desde el punto de vista arquitectónico como estructural.

En el concreto expuesto a la zona de salpicaduras (por agua de mar) u otra región atacada por el agua, si los agujeros de "escurrimiento" se hacen más profundos que una dimensión nominal (1 cm) debe

rellenarse; la profundidad puede determinarse con un alambre y el relleno se hace con lechada de cemento, relleno seco o mortero epóxico.

La mejor calidad de las mezclas de concreto se obtiene cuando, al colocarlas, su temperatura es cercana a los 16°C (60°F); la temperatura ambiente por encima de los 32°C



(900 p) ocasionarán pérdidas de resistencia, el concreto se puede compactar también a una mayor densidad usando presión y esto es más eficiente cuando se combina con un vibrado intenso. Existe un método de compactación en el que se utilizan bolas de acero dentro de un tubo de concreto que gira; la acción centrífuga de éste produce la compactación, en la Unión Soviética se compactan losas por medio de vacío y presión aplicada contra ellas.

En un proceso desarrollado recientemente, se inyecta vapor "vivo" en el concreto durante la fase de mezclado, elevando su temperatura a 65°C y 75°C; inmediatamente después (dentro de los diez minutos siguientes) el concreto se coloca y se mantiene a 600e por un lapso de tres horas, al final del cual se han reportado resistencias hasta del 60% de la resistencia obtenida a los 28 días. Aún se requieren más investigaciones para constatar los efectos a largo plazo que tienen estos procedimientos.

### III.2.4 Curado

Inmediatamente después del colado, la superficie fresca del concreto, expuesta al sol o al viento, puede perder tal cantidad de agua que ocasione su fraguado y contracción, aun cuando el cuerpo del concreto esté todavía en estado plástico; esto puede evitarse utilizando alguno de los siguientes medios:

- a) Rociando la superficie con niebla de vapor de agua; esta solución se adapta especialmente a superficies grandes y planas.
- b) Cubriéndola con yute o polietileno; algunos constructores prefieren este último porque debido al calor del sol genera vapor dentro de la cubierta, y esto mejora el curado.
- e) Cubriendo la superficie e inyectando vapor a baja temperatura y baja presión.

El curado debe suministrar suficientemente humedad para permitir la terminación de las reacciones químicas que producen un concreto resistente Y durable; algunas de estas reacciones se realizan en poco tiempo y otras requieren de un periodo más largo, el tiempo exacto requerido depende en gran parte de la temperatura, teniendo en cuenta que distintas reacciones responden a ésta de diferente manera, es esencial continuar el curado por un periodo suficientemente largo para permitir la conclusión de todas las reacciones deseadas y no solamente hasta que el concreto alcance una resistencia mínima.

En el concreto, especialmente en el más denso, el curado continuará internamente, debido al exceso de agua en la mezcla; la humedad se debe suministrar o conservar en la superficie.

La humedad puede conservarse mediante un compuesto sellador, una envoltura de polietileno o dentro de una cubierta con vapor, también puede agregarse humedad rociando



la superficie con agua o cubriéndola con trapos húmedos, el calor acelera el curado. Los medios prácticos para suministrarlo son

el vapor a baja y alta presión, el calor radiante del agua caliente o de tuberías con aceite a temperaturas elevadas y el calentamiento a base de resistencia eléctrica.

### **III.2.5 Curado con vapor**

El curado con vapor, a la presión atmosférica, se utiliza ampliamente en la producción del concreto precolado y presforzado. Se ha estudiado mucho el efecto de este curado acelerado sobre las características a largo plazo, como la resistencia a la compresión, la durabilidad, la contracción y el flujo plástico, la pérdida de presfuerzo, etc.; también se han hecho otros estudios sobre la determinación del ciclo óptimo para el proceso de curado con vapor. Finalmente, deben considerarse las cuestiones de enfriamiento, liberación del presfuerzo y los efectos técnicos, aunque en estos casos la mayor parte de la información y de los procedimientos ha sido proporcionada por las plantas de precolado, en esta fase la investigación realizada en el laboratorio es comparativamente baja.

En general, puede decirse que el curado COII vapor a baja presión, aplicado adecuadamente, mejora la calidad de los productos de concreto, en los estudios de laboratorio mencionados se han medido las diferentes propiedades del concreto curado con vapor, comparándolas con un curado a 25°C (77°F) en una cámara de niebla de vapor de agua. En primer lugar, se le ha restado importancia al hecho de que no es lo mismo curar el concreto con agua, yute húmedo o compuestos selladores, que curarlo en laboratorio con la cámara de niebla; por consiguiente, en muchos informes se han comparado "manzanas con naranjas". El curado con vapor es un método mejor para el curado práctico en planta.

A pesar de que se han tomado en cuenta propiedades tales como la resistencia última a la compresión a largo plazo, son irrelevantes las comparaciones hechas entre concretos similares curados unos en la cámara de niebla y otros con vapor, si se considera que el concreto curado con vapor está siempre por encima de los valores requeridos, por último, mencionaremos que el curado con vapor ha sido una de las técnicas que han hecho posible la producción de elementos de concreto presforzado en forma económica permitiendo la utilización diaria de las cimbras; también ha hecho factible acortar el tiempo entre la fabricación y el montaje, eliminando en gran parte la necesidad de grandes almacenamientos o inventarios.

Se han hincado con éxito pilotes de concreto presforzado, curados con vapor, después de sólo un día de fabricados, en muchos casos, el curado con vapor reduce la contracción.

Es esencial adoptar un ciclo adecuado para el curado con vapor; el ciclo óptimo generalmente aceptado



- Un periodo de demora de tres a cuatro horas, hasta que el concreto llegue a su fraguado inicial; durante este periodo el concreto se debe proteger para evitar su secado.
- Un periodo de calentamiento, con una elevación de temperatura de 22 a 33°C (40 a 60°F) por hora, hasta una temperatura de 63 a 70°C (145 a 160°F).
- Un periodo de vaporizado de seis horas, de 63 a 70°C
- Un periodo de enfriamiento (con el concreto todavía cubierto); durante este periodo, las partes expuestas del refuerzo se enfrían más rápido que el concreto, estirándolo. También, las cimbras de acero se enfrían más rápido, así como las porciones exteriores del concreto, induciendo esfuerzos de tensión en el elemento de concreto. Por esta razón en muchos productos, especialmente en los pesados, el núcleo interior puede conservar su calor por un lapso considerable, es necesario inducir el presfuerzo durante el periodo de enfriamiento, cubriendo nuevamente las unidades para permitir una relación de enfriamiento más lenta y uniforme.
- Un periodo de exposición a la intemperie (eliminando las cubiertas para la vaporización). Este puede ser un periodo crítico en cuanto a la contratación en la superficie, los agrietamientos y la durabilidad, ya que el concreto está tibio y húmedo. En invierno la superficie del concreto puede estar sujeta a diferencias considerables de temperatura y a vientos que pueden secarla mucho, aunque el núcleo interior esté todavía tibio; Una combinación de contracciones térmicas y de secado puede ocasionar agrietamientos en opinión del autor, el término un poco misterioso de "choque térmico" se deriva principalmente de lo anterior. En verano pueden presentarse vientos cálidos que sequen el concreto, ocasionando nuevamente la contracción por secado en la superficie; además, el calor interno del concreto tiende a acelerar la evaporación del agua de la superficie por lo tanto, a temperaturas por arriba del punto de congelación, puede ser conveniente aplicar el curado con agua a algunos productos, inmediatamente después de exponerlos a la intemperie; las primeras horas son las más críticas.

### III.2.6 Compactación

Actualmente con las frecuencias utilizadas en el vibrado se compacta sólo el agregado grueso; para compactar la arena y aun las partículas de cemento, pueden utilizarse frecuencias ultrasónicas. En la práctica, el problema ha sido el desarrollo de vibradores de este tipo con suficiente potencia; sin embargo existen y se pueden explotar desde el punto de vista comercial; sin duda, estos vibradores desarrollarán grandes presiones dentro de las cimbras, por lo que será necesario contar con cimbras más rígidas, así como con un diseño cuidadoso de sus detalles para evitar las fallas por fatiga. En trabajos experimentales se han usado con efectividad frecuencias de 5000 a la 000 cps para obtener compactación y alta



resistencia; comercialmente existen vibradores disponibles con frecuencias hasta de 3 000 cps y fuerza bastante alta.

En experimentos realizados en la universidad estatal de Ohio (U.S.A.), se han obtenido resultados prometedores al combinar vibradores de muy alta frecuencia con el vibrado convencional de baja frecuencia y alta potencia.

Una mayor compactación y activación del cemento puede obtenerse utilizando el método de impulsos electro-hidráulicos; consiste en la aplicación de descargas eléctricas intermitentes de alta intensidad, las cuales crean una esfera de plasma dentro de la lechada, cuyo rompimiento ocasiona una desintegración de las partículas de cemento, formación de películas de agua en la superficie de los granos y la ionización de la lechada, aumentando la formación de materia gelatinosa. La lechada así resultante es más fuerte y densa, algunos agentes químicos

humedece dores (aditivos) también pueden ser efectivos para aumentar la activación del cemento y la resistencia de la pasta.

El revibrado de la mezcla de concreto ha resultado muy efectivo para obtener mayor compactación y resistencia en algunas mezclas; usando un aditivo retardante dicho revibrado es aún más eficaz. En trabajos recientes realizados en Francia, se han demostrado las ventajas del vibrado previo de la mezcla, seguido del vibrado y la aplicación de presión después de colocarla en las cimbras.

La compactación puede aumentarse también por medio de presión, método aplicado en Francia durante muchos años para la fabricación de postes presforzados; la combinación de la presión y el vibrado parece muy efectivo, el curado en autoclave o con vapor a baja presión parece favorecer los efectos de la presión:

La presión puede aplicarse mediante los siguientes métodos:

- Girado (centrifugado).
- Usando una cimbra fuerte, totalmente cerrada, con un tubo inflable de hule que se expande dentro de ella.
- En Rusia, se coloca una placa de acero, con una bolsa inflable de hule, sobre una losa, fijándola al piso; para ejercer la presión se emplea aire o vacío.



- Golpeteo. el cual puede llevarse a cabo soltando bruscamente las cimbras (como en el proceso Schokbeton), o mediante golpeo mecánico; en el proceso de girado puede usarse una bola para aumentar la compactación.

Se han alcanzado resistencias hasta de 1 400 kg/cm' (20000 lb/plg') y aun de 2 500 kg/cm' (35000 lb/ plg'), combinando presiones de cuatro atmósferas con el vibrado; dichas resistencias llevan consigo valores de E de 600000 a 52 Materiales y técnicas para concreto presforzado 700000 kg/cm' (8500 a 10000 lb/plg') Y gravedades específicas de 2900 kg/cm<sup>3</sup> (180 lb/pie<sup>3</sup> ). La relación de Poisson fue de 0.28.

Por último, la compactación puede mejorarse modificando el diseño de la mezcla. En algunos casos se ha adoptado una dosificación cuidadosa para asegurar el contenido máximo de agregados con el mínimo de pasta de cemento; paradójicamente, en lo que parece un enfoque opuesto, se han logrado altas resistencias con mezclas en las que se usan agregados gruesos de tamaños pequeños (aprox. 1 cm), sin ningún agregado fino y con alto contenido de cemento.



---

## Capítulo IV

### Control Administrativo

Toda obra realizada por el hombre es motivada por una necesidad, ya sea estética, de abrigo, de alimento o de supervivencia y para satisfacerla, se hace a nuestro juicio necesaria, una técnica para planearla, un tiempo para construirla y los recursos necesarios para llevarla a cabo, respecto a la técnica podemos decir que actualmente no existe obra imaginada por el hombre que no sea posible de realizar ya que tanto la propia tecnología como el desarrollo de procesos constructivos, han alcanzado horizontes no imaginados.

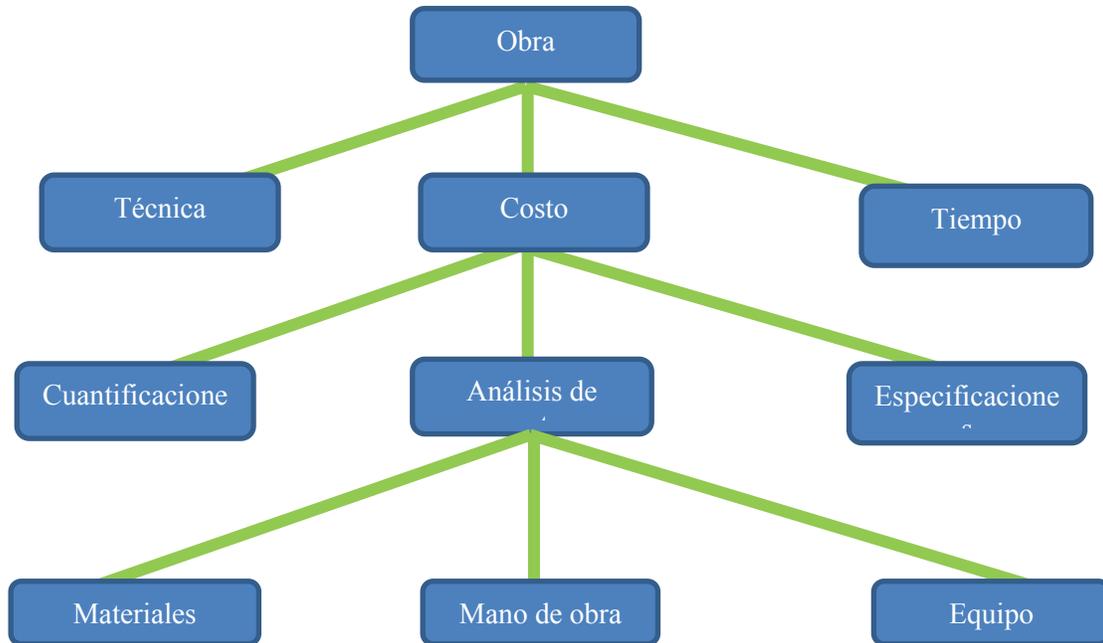
En relación al tiempo, también podemos afirmar que las nuevas disciplinas de programación proporcionan al hombre moderno la posibilidad de realizar cualquier obra en condiciones de tiempo que anteriormente se podrían considerar imposibles, pero en referencia al costo (recursos) si bien aceptamos que esta intrínsecamente ligado con los anteriores elementos de base tiene también un valor sustancial hasta cierto punto inmovible, es decir creemos que los dos factores anteriores están en palabra incosteable que la palabra irrealizable o inacabable y en última instancia podemos decir que si el elemento costo de una obra cualquiera está dentro de los rango lógicos acostumbrados para ese momento o época histórica es posible realizar la misma reduciendo los tiempos de ejecución y aun sufriendo en muchos casos las carencias técnicas.

En forma aislada el costo también requiere de un correcto balance entre sus bases especificaciones, cuantificaciones y análisis, es decir el QUE, el CUANTO y el COMO, por lo que un costo balanceado sería aquel, cuya especificaciones tanto gráfica como escritas definirían sin lugar a duda que es lo que se desea construir y que dichas especificaciones permitan cuantificar, lo más exactamente posible los volúmenes de conceptos que se pretenden hacer intervenir así como sus características detalladas y finalmente conocidos el QUE y el CUANTO se puede proceder a analizar el procedimiento constructivo y obtener el costo parcial de cada uno de dichos procesos.

Desglosando el concepto análisis de costo en sus integrantes, podemos también, señalar la importancia del balance del material, la mano de obra y el equipo a emplearse para lograr su congruente y óptimo aprovechamiento e integrar el diagrama general de balance de una obra.



#### IV.1 Diagrama de balance de una obra



#### IV.2 Integración de Costo en la Construcción

Características de los costos

Dado que el análisis de un costo es en forma genérica la evaluación de un proceso determinado sus características serán:

*Análisis de costo aproximado:* El no existir dos procesos constructivos iguales, el intervenir la habilidad personal del operario y el basarse en condiciones promedio de consumos, insumos y desperdicios permite asegurar que la evaluación monetaria del costo no puede ser matemáticamente exacta.



---

*Análisis de costo específico:* Por consecuencia si cada proceso constructivo se integra en base a sus condiciones periféricas de tiempo lugar y secuencia de eventos, el costo no puede ser genérico

*Análisis de costo dinámico:* El mejoramiento constante de materiales, equipo, proceso constructivo, técnicas de planeación, organización, dirección, control, incrementos de costos de adquisiciones, perfeccionamiento de sistemas impositivos de presentación social, etc. nos permite recomendar la necesidad de una actualización constante de los análisis de costos.

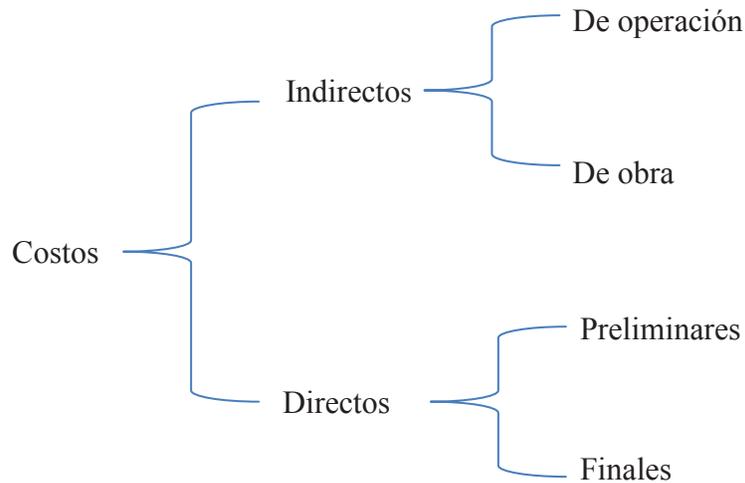
*Análisis de costo inductivo o deductivamente:* Si la integración de un costo, se inicia por sus partes conocidas, si de los hechos inferimos el resultado, estaremos analizando nuestro costo inductivamente, si a través del razonamiento partimos del todo conocido, para llegar a las partes desconocidas estaremos analizando nuestro costo deductivamente.

*Análisis de costo precedido de costos anteriores y este a su vez es integrante de costos posteriores:* En la cadena de procesos que definen la productividad de un país, el costo de un concreto hidráulico por ejemplo, lo constituyen los costos de los agregados pétreos, el aglutinante, el agua para su hidratación el equipo para su mezclado. Este agregado a su vez se integra de costos de extracción de costos de explosivos, de costos de equipo y nuestro concreto hidráulico puede a su vez ser parte del costo de una columna y esta de una estructura y esta de un conjunto de edificios y este de un plan de vivienda por mencionar un caso.

Por lo anterior nuestro interés en la justa evaluación del proceso productivo, para que en la medida de nuestra intervención hagamos comparativos a nivel nacional o internacional de nuestro producto, conscientes de nuestra responsabilidad como eslabones de esa cadena que sin mengua de su calidad, debe producir beneficios justos y por tanto, sanos desarrollos a nivel personal, familia, empresa y país.



## Integración de costos en la construcción



*Costo indirecto:* Es la suma de gastos técnico-administrativos necesarios para la correcta realización de cualquier proceso productivo.

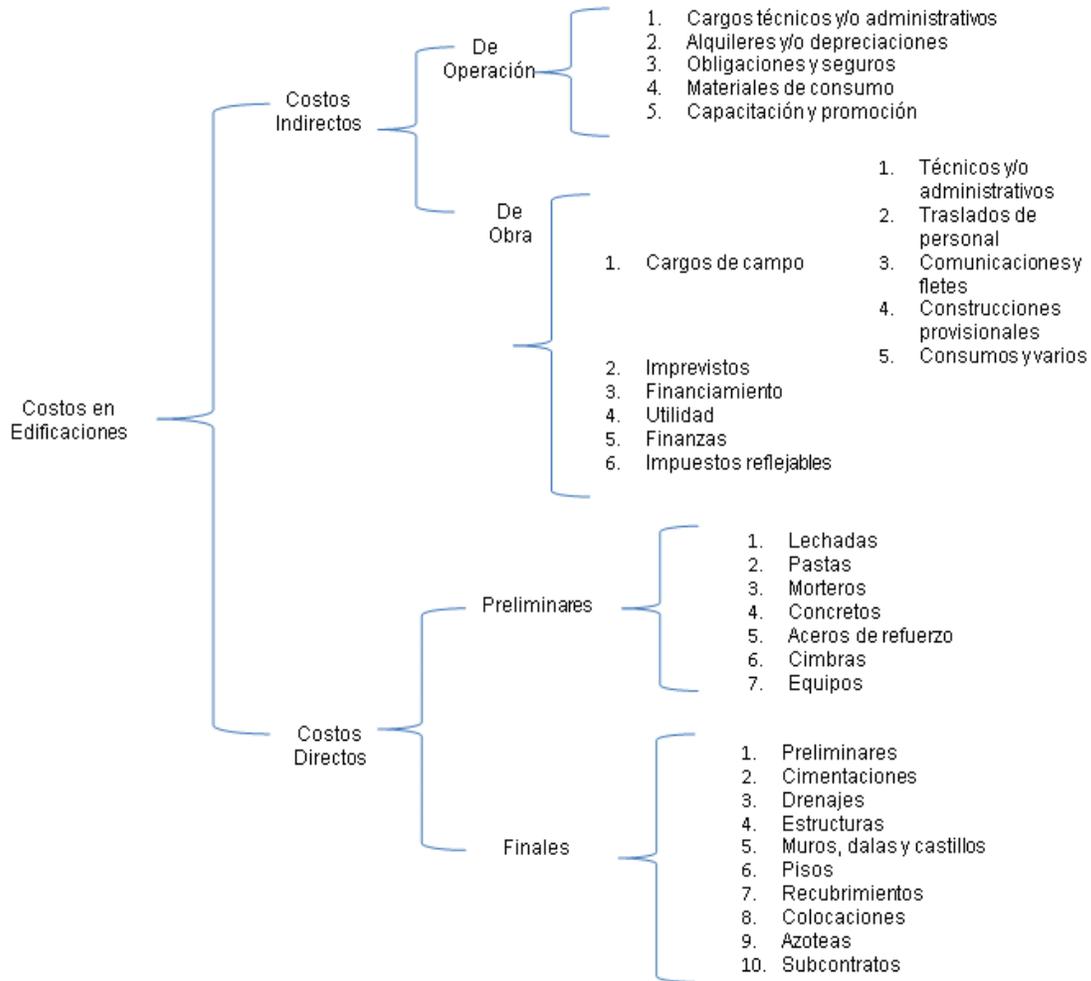
*Costo indirecto de operación:* Es la suma de gastos que por su naturaleza intrínseca, son de aplicación a todas las obras efectuadas en un tiempo determinado (año fiscal, año calendario, ejercicio)

*Costo indirecto de Obra:* Es la suma de todos los gastos que por su naturaleza intrínseca, son aplicables a todos los conceptos de una obra en especial.

*Costo directo:* Es la suma de material, mano de obra y equipo necesarios para la realización de un proceso productivo.

*Costo directo preliminar:* Es la suma de gastos de material, mano de obra y equipo necesarios para la realización de un sub-producto.

*Costo directo final:* Es la suma de gastos de material, mano de obra, equipo y subproductos para la realización de un producto.



### IV.3 Organización de una constructora

#### La organización central

Si la organización central de una empresa constructora nos proporcionan el soporte técnico necesario para ejecutar obras de índole diversa, en forma eficiente estas deberán absorber un cargo por este concepto, sugiriendo el realizarlo en forma porcentual, con base a tiempo y costo, es decir obtener el costo de nuestra organización central para un periodo de tiempo y para este mismo periodo estimamos el probable volumen de ventas a costo directo que en



forma realista pueda contratar nuestra empresa para que con estos argumentos determinemos de cada peso contratado a costo directo cuanto debe incrementarse para cubrir los gastos de la oficina central.

Como expresión debemos mencionar la existencia de obras que por su importancia y localización hacen necesaria la concentración de todo el personal y recursos de la empresa en la obra misma, anulando por tanto el cargo de oficinas centrales y reduciéndolo al de la obra.

La estructura organizacional de una empresa constructora varía dependiendo de su localización, volumen, tipo, y continuidad de ventas, sin embargo existen factores básicos como:

*Área de producción:* Aquella que realiza las obras.

*Área de control de producción:* Aquella que controla resultados y cumple requerimientos legales.

*Área de producción futura:* Aquella que genera ventas y extrapola resultados.

Cabe señalar que dada la demanda cíclica de los servicios de una empresa constructora se hace recomendable que la organización contemple la posibilidad de ser colapsible es decir crecer al crecer la demanda y disminuir cuando esta disminuya hasta un límite mínimo de eficiencia.

Si la estructura de una organización central debe estar acorde con su volumen de ventas consideramos como probables los siguientes organigramas de la empresa chica, mediana y grande para con esta suposición, iniciar el análisis de su costo y su reflejo a las obras por realizar.

#### *Costo de la oficina central*

Para la valuación del costo de una organización central, pensamos que independientemente de su organigrama sus gastos se pueden agrupar en cinco rubros principales, que en forma enunciativa y no limitada pueden ser:

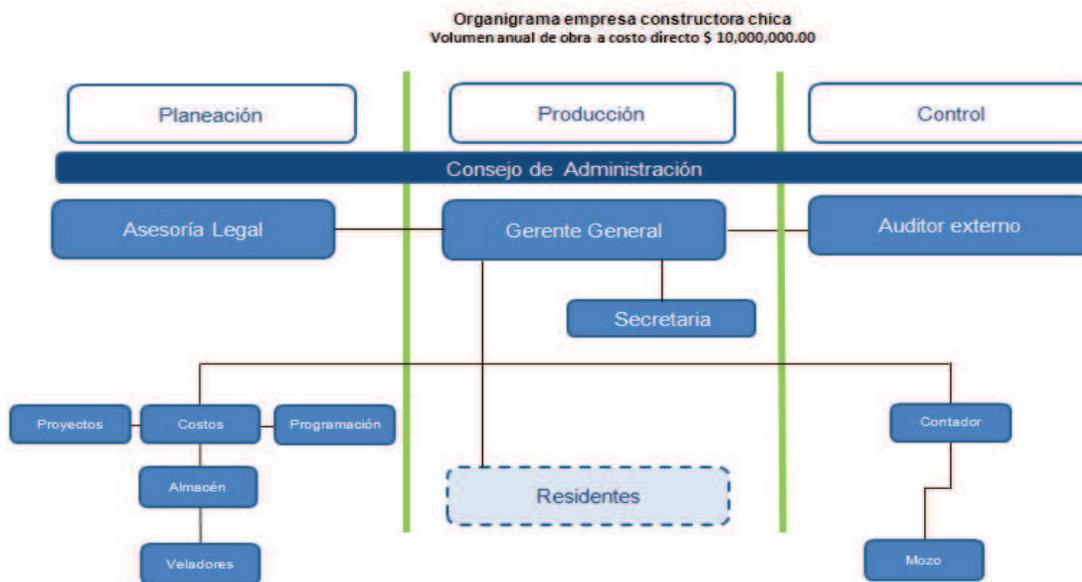
*Gastos técnicos y administrativos.* Son aquellos que representan la estructura ejecutiva, técnica administrativa y de staff de una empresa tales como:



Honorario o sueldos de ejecutivos, consultores, auditores, contadores, técnicos secretarias, recepcionistas, jefes de compras, almacenistas, choferes, mecánicos, veladores, dibujantes, ayudantes, mozos para limpieza y envíos, iguales por asunto jurídicos, fiscales etc.

*Alquileres y/o depreciaciones.* Son aquellos gastos por concepto de bienes, inmuebles, muebles y servicios necesarios para el buen desempeño de las funciones ejecutivas, técnicas administrativas y de staff de una empresa tales como:

Renta de oficinas y almacenes, servicios de teléfonos, luz eléctrica, gastos de mantenimiento, equipos de almacén, de oficinas y de vehículos asignados a la oficina central, así como también depreciaciones que deberán apartarse para la reposición oportuna de los equipos antes mencionados, al igual que la absorción de gastos efectuados por anticipado tales como: gastos de organización y gastos de instalación.



*Obligaciones y seguros.* Son aquellos gastos obligatorios para la operación de la empresa y convenientes para la dilución de riesgos a través de seguros que impidan una súbita descapitalización por siniestros como:

Inscripción a la cámara nacional de la industria de la construcción, registro ante la secretaria del patrimonio nacional y cuotas de colegios y asociaciones profesionales seguros de vida de accidentes, automóvil, camionetas, de robo, de incendios.



Algunas empresas de construcción, consideran en el capítulo de gastos técnicos y administrativos, sueldos sin incluir obligaciones prestaciones ni derechos y por tanto en este rubro incluyen para su mejor control las cuotas patronales del seguro social, infonavit, guarderías entre otras, del personal de oficina central, teniendo presente que los sueldos consignados en los gastos técnicos y administrativos incluyen prima vacacional, aguinaldo, cuota patronal al instituto mexicano del seguro social entre otras obligaciones y/o prestaciones.

Materiales de consumo. Son aquellos gastos en artículos de consumo, necesarios para el funcionamiento de la empresa tales como:

Combustibles, lubricantes de automóviles y camionetas al servicio de la oficina central, gastos de papelería impresa, artículos de oficina, copias heliográficas y xerográficas, artículos de limpieza, pasajes, azúcar, café y gastos del personal técnico administrativo, que para trabajos urgentes sacrifica el tiempo de comida con su familia y recurre a enviar por alimentos o bien usar un restaurante cercano para satisfacer esa necesidad.

El gasto anterior no es de ninguna manera *gasto de representación* dado que este se define como asignación suplementaria anexa a ciertos cargos del estado para su más decoroso desempeño

#### *Capacitación y promoción*

Es el derecho de todo colaborador la capacitación, y pensamos que en tanto éste lo haga, en esa misma medida o mayor aún la empresa mejorará su productividad.

En la empresa constructora media y pequeña que aceptamos sea la que más requiere de capacitación, su personal aunque parezca mínimo, tiene una carga de trabajo múltiple y es de difícil sustitución por tanto esta capacitación debe buscarse aun invirtiendo tiempo de descanso del capacitado.

Por otra parte en la empresa constructora el capítulo promoción no es a semejable al de otras empresas y sólo a través de una continua seriedad en compromisos de tiempo, costo y calidad pactados, podrán incrementarse la venta de los servicios de la empresa, por tanto el capítulo propaganda y relaciones

debiera ser en primera instancia con los obreros y empleados y ejecutivos de la misma, dado que estos son la base de las ventas.



Otro gasto promocional importante es el de concursos que en un porcentaje muy alto no son ganados por la empresa ponente a más de los gastos de proyectos que después de fuertes erogaciones no se realizan

*Entre los gastos de capacitación y promoción podemos enlistar:*

- Cursos a obreros y empleados
- Cursos y gastos de congresos a funcionarios
- Gastos de actividades deportivas
- Celebraciones de oficinas
- Honorarios extraordinarios con base a la productividad
- Regalos anuales a clientes y empleados
- Atenciones a clientes
- Gastos de concursos no obtenidos
- Gastos de proyectos no realizados.

*Organización de obra.* Contando con el soporte técnico de la oficina central, el cual gravará a todas las obras de la empresa en un período determinado y considerando que cada obra tiene diferentes importes, tiempos de ejecución, localización, accesos, riesgos, personal técnico, personal administrativo, comunicaciones, fletes, oficinas de campo, almacenes, consumos, etc. A más de otros conceptos fuera del control de la empresa constructora y también variable tales como:

- Gastos financieros por retrasos en la tramitación y cobro de las estimaciones
- Escasez de materiales primas imposibles de almacenar
- Retrasos por mal tiempo



Por lo anterior, no es factible proponer condiciones promedio para todas las obras, por tanto sugerimos analizar cada obra a la luz de sus particulares condiciones, para reflejar también en cada caso los importes que dichas condiciones generen.

Siendo la organización de obra semejante en su función a la organización central, sólo que orientada hacia una obra específica, proponemos realizar su evaluación de forma porcentual con base a tiempo y costo, es decir obtengamos el costo de nuestra organización de obra durante el tiempo de ejecución planeado, el cual dividido entre el costo directo de la misma, determinará de cada peso erogado en la obra, cuanto debe de incrementarse para cubrir los gastos de la oficina de campo.

La estructura organizacional de la obra, también es variable por ello es importante en cualquier caso distinguir su área de producción y su área de control.

Ejemplos de organigramas para obras chicas, medianas y grandes





*Costo de la oficina de obra.* Para la valuación del costo de una organización de obra, pensamos que independientemente también de su organigrama, sus gastos se pueden agrupar en cinco rubros principales que en forma enunciativa y no limitativa pueden ser:

- *Gastos técnicos y/o administrativos:* Son aquellos que representan la estructura ejecutiva, administrativa y de staff de una obra tales como:

Honorarios, sueldos, viáticos de jefes de obra, residente, ayudantes residentes, topógrafos, cadeneros, estadaleros, laboratoristas y ayudantes, jefes administrativos, contadores,

almacenistas mecánicos, electricistas, mozos, veladores, secretarias, personal de limpieza, choferes entre otros.

- *Traslado de personal:* Son aquellos gastos para obras foráneas por concepto de traslados de personal técnico y administrativo de su lugar de residencia permanente a la obra y viceversa, a más de los realizados en forma periódica o en fechas conmemorativas como: pasajes de transporte aéreos, terrestres o marítimos, pago de mudanzas, peajes, gasolinas, lubricantes, servicio, etc..
- *Comunicaciones y fletes:* Son aquellos gastos que tienen por objeto establecer un vínculo constante entre la oficina central y la obra, así como también el abasto de equipo idóneo de la bodega central a la obra y viceversa incluyendo mantenimiento y depreciaciones de vehículos de uso exclusivo de la obra, entre estos gastos podemos mencionar: Gastos de teléfono local, larga distancia, radio, situaciones bancarias, exprés, transporte de equipo mayor, menor, mantenimiento combustibles, lubricantes, depreciaciones de automóviles, camionetas y camiones.
- *Construcciones provisionales:* Para proteger los intereses del cliente y de la empresa constructora, así como también para mejorar la productividad de la obra, se hacen necesarios gastos de instalaciones provisionales tales como: cerca perimetral y puertas, caseta de veladores, oficinas, bodegas cubiertas y descubiertas, dormitorios, sanitarios, comedores, cocinas, instalaciones hidráulico-sanitarias, eléctricas, camiones de acceso, etc.
- *Consumos diarios:* En la etapa constructiva, se requieren mayor o menor escala de energéticos, equipos especiales y requerimientos locales que en forma indispensable necesita una obra tales como: Consumos eléctricos, de agua, de fotografía, de



- papelería, copias, etc. rentas o depreciaciones de transformadores provisionales, equipo de laboratorio, oficina, campamento, cuotas sindicales, señalizaciones, entre otros.

#### **IV.4 Aspectos generales de la construcción**

Existen diferentes tipos de proyectos de construcción, de variadas magnitudes, con la característica común de ser complejos en la administración de su ejecución debido a la gran cantidad de agentes participantes en ellos, los proyectos se clasifican básicamente como sigue:

*Proyectos de edificación:* Proyectos típicos que caen en esta categoría son: la construcción con fines habitacionales, educacionales, comerciales, sociales, recreación, y salud.

*Proyectos de obra civil:* Se caracterizan por la utilización de maquinaria y equipo pesado y son generalmente de una envergadura importante, se incluyen en esta clasificación, las centrales hidroeléctricas, los túneles, puertos aeropuertos.

*Proyectos de construcción de caminos:* Constituyen una categoría particular de los proyectos de obras civiles, están básicamente orientado a dar un servicio público, siendo el estado el principal demandante, estos proyectos requieren generalmente de la ejecución de excavaciones, rellenos pavimento, obras de arte y puentes.

*Proyectos de construcción industrial:* Corresponden a los que tienen un alto contenido de obras civiles y de montaje de instalaciones para la producción industrial, se incluyen los proyectos de refinerías de petróleo, los de planta químicas, los de instalaciones industriales, entre otros.

#### **IV.5 El proceso y el sistema productivo en la construcción**

La construcción de una obra es básicamente un proceso productivo y como tal debe ser administrado, esto significa planificar, organizar, dirigir, coordinar y controlar todas las actividades del sistema y del proceso productivo a fin de convertir los inputs del sistema en un producto terminado que en este caso corresponde a una obra, en la administración de este proceso y sistema se identifican varios niveles:



- 
- Gerencia general de la empresa
  - Ejecutivos generales de la empresa
  - Administrador del proyecto
  - Administrador de la obra
  - Jefe de obra
  - Capataces.

### *Rol del ingeniero civil en la administración de las operaciones de construcción*

Un ingeniero a cargo del proceso productivo correspondiente a la construcción de una obra debe principalmente administrar todas las actividades del sistema productivo a través del cual se transforman los recursos en obra tangibles, es decir el ingeniero administra la función de operaciones.

Un administrador de operaciones se define como el responsable de la producción de los bienes o servicios de una organización, los administradores de operaciones toman decisiones que se relacionan con la función de operaciones y los sistemas de transformación que se utilizan, por lo tanto, la administración de operaciones es el estudio de la toma de decisiones en la función de operaciones.

En la construcción, estas decisiones pueden clasificarse en dos categorías generales:

*Decisiones críticas que tienen un impacto importante en el éxito de la construcción de la obra:*

- Decisiones sobre la metodología a usar
- Decisiones sobre el diseño del proceso y el sistema productivo para la construcción
- Decisiones sobre modificaciones del diseño de la obra
- Decisiones sobre asignación de recursos importantes.



*Decisiones día a día, con relación a la operación del sistema productivo para la construcción:*

- Decisiones sobre la asignación de personal a las operaciones
- Decisiones sobre las operaciones a realizar
- Decisiones técnicas para la solución de problemas específicos
- Decisiones de mantención de maquinarias
- Decisiones sobre horas extras

Otra forma de clasificar las decisiones es adaptando a la construcción la modalidad decisional que utiliza sobre la base de cinco áreas importantes:

*Proceso:* Determina el proceso físico o instalación que se utiliza para crear el producto o servicio y se relaciona con la maquinaria y tecnología, el flujo del proceso, la distribución de las instalaciones de faena.

*Capacidad:* Se concentra en la provisión de la capacidad necesaria para satisfacer las demandas del proyecto en términos de los plazos establecidos para completarlo e incluye la planificación de los niveles de disponibilidad de los recursos de maquinaria, materiales, mano de obra, espacio, etc. Requeridos a lo largo de la ejecución del proyecto.

*Inventarios:* Se relaciona con la administración de los inventarios de materiales, en cuanto a la oportunidad de obtención, especificación de ellos y la cantidad requerida en obra y para cada pedido.

*Fuerza de trabajo:* Incluye la selección, contratación, despido, capacitación supervisión, y compensación del personal, administración del recurso humano en la construcción es el área más importante en la administración de operaciones, ya que es a través de este recurso que se realizan los trabajos.

*Calidad:* Es preocupación de la administración de operaciones el asegurar y controlar la calidad de las obras que se producen, esto implica decir sobre sistemas de gestión de calidad, procedimientos, instrucciones de trabajo, documentación de calidad y otros aspectos relevantes.

*De acuerdo con el tipo de decisión y a sus características, se pueden usar distintos niveles de análisis de la misma, entre las posibilidades de análisis, se encuentran las siguientes:*



---

*Intuición:* No existe un análisis sistemático de la decisión, sino que se usa la experiencia, los sentimientos (corazonadas) entre otras, este esquema es utilizado comúnmente en la construcción.

*Simplificación:* Se deja a un lado la incertidumbre y se eliminan factores que parecen no ser relevantes, se lleva a cabo un análisis sucinto de las variables más críticas, asumiendo relaciones simples entre ellas.

*Análisis y modelación matemática:* Se construyen modelos matemáticos y se hacen análisis de sensibilidad de modelo en relación con las distintas variables, en este esquema es común el uso de simulaciones y otras técnicas de modelación.

*Asignar grupos o fuerzas de tarea para el estudio sistemático de la decisión.*

Tal como se dijo anteriormente, la cuestión de cuándo usar cada tipo de análisis depende, de las características de cada decisión, en la construcción, a nivel operacional, normalmente se cuenta con un tiempo reducido para un análisis detallado de las decisiones, lo que se traduce en una priorización de la aplicación de experiencias o intuición, cuyos resultados no siempre son altamente efectivos, por esta razón la toma anticipada de decisiones juega un papel vital, ya que libera al administrador de una gran cantidad de decisiones posteriores durante la ejecución de la obra, esta toma anticipada de decisiones es, justamente la planificación operaciones.

Para poder tomar decisiones es necesario contar con datos confiables de control y de análisis, para lo cual la planificación es la marco de referencia básico, en la obras se debe contar con un sistema de información que entregue este tipo de datos al personal directivo en la cantidad, formato y momento oportuno.

#### **IV.6 Administración de los materiales de obra**

La administración de materiales se entiende como el proceso de minimizar el inventario, junto con el proveedor los materiales requeridos al mejor precio y en el momento oportuno, con el objeto de mantener el nivel de servicio deseado a un mínimo costo, la administración de materiales incluye la responsabilidad de planificar, adquirir , almacenar, administrar y controlar los materiales, junto con la utilización óptima del personal, instalaciones y capital para proveer un servicio oportuno y de acuerdo con los objetivo organizacionales.



La administración de materiales es un proceso permanente a lo largo de todas las etapas de un proyecto de construcción, el grado de éxito de cualquier proyecto es en gran medida dependiente del aprovisionamiento de equipo, materiales y otros elementos apropiados y que cumplan con la calidad especificada para la obra, por otro lado, tal como se indicó en capítulos anteriores, un manejo y control apropiados de los materiales y su disponibilidad para la ejecución de los trabajo tiene un impacto positivo sobre la productividad de obra.

Las principales razones de la importancia de la administración de materiales son:

- Normalmente los materiales comprenden la mayor proporción del costo de un proyecto de construcción.
- La inversión en materiales y repuestos es considerable y la administración eficiente de los inventarios pueden contribuir significativamente a las utilidades de una empresa.
- La adquisición de los materiales puede afectar en forma importante el programa de un proyecto, toda vez que si un material no llega a tiempo puede significar parar la obra o parte de ella.
- El gasto en materiales debe planificarse de modo de optimización el uso de los fondos, evitando gastos financieros innecesarios.

La administración eficiente de los materiales requiere la cooperación de mucha gente que participa en un proyecto de construcción, para que el avance de la obra sea sostenido, todas las funciones y actividades de la administración de materiales deben establecerse y asignarse en forma precisa, en general, el planificador del proyecto y el ingeniero administrado de la obra tienen importantes responsabilidades en la administración de los materiales en obras pequeñas y alguna veces de mediana envergadura, estos dos roles son desempeñados por una sola persona. Los materiales requeridos para una obra pueden ser divididos en:

- Materias primas (madera, acero, ladrillos, áridos, cemento, etc)
- Componentes (tornillos, cables, etc.)
- Materiales en proceso (moldajes, prefabricados de elementos de concreto , etc)
- Productos terminados (tuberías, perfiles de acero, equipos, etc)
- Insumos (combustibles, brocas, etc)



#### **IV.7 Planificación de los materiales**

La planificación de los materiales requiere una cantidad apreciable de información necesaria para una correcta ejecución de esta función, entre los ítems de información necesarios se encuentran:

##### *A. Definición del proyecto*

- Obras a construir
- Ubicación del proyecto
- Obras/instalaciones existentes

##### *B. Responsabilidades*

- Rol del dueño
- División de las responsabilidades
- Organizaciones

##### *C. Consideraciones generales*

- Objetivos de plazos
- Restricciones financieras
- Restricciones de adquisición de materiales

##### *D. Consideraciones de prefabricación*

- Costos de mano de obra en terreno
- Ubicación y acceso del sitio
- Restricciones de mano de obra
- Restricciones o limitaciones de espacio
- Restricciones climáticas
- Restricciones de seguridad



#### E. *Consideraciones de costos y programas*

- Programas de ingeniería
- Eventos críticos
- Programas de construcción

*La planificación de los materiales es realizada normalmente en tres etapas:*

- Etapas previa a la propuesta y/o de factibilidad
- Etapa posterior a la adjudicación y/o de planificación
- Etapa de construcción

Las dos primeras etapas son responsabilidad de la oficina central y en algunos casos tienden a fundirse en una sola cuando el mandante y el constructor son uno mismo, la tercera etapa forma parte del proceso productivo de la obra y es por lo tanto, manejada por el administrador de dicho proceso.

Durante la etapa previa a la propuesta, se desarrollan las siguientes actividades relacionadas con la administración de materiales:

- División del proyecto en actividades
- Lista general de materiales, indicando el tipo, cantidad y calidad de acuerdo a los planos y especificaciones preliminares.
- Estimar las fechas requeridas de despacho de los materiales, y en especial de aquellos que necesitan de un tiempo considerable de anticipación del periodo.
- Preparar programas preliminares de la adquisición de materiales, con la información disponible a estas alturas.

En esta etapa es importante definir ciertos elementos que también tienen una incidencia en los recursos requeridos y en los costos involucrados, tales como:

Instalaciones físicas: Área de almacenamiento, bodegas, etc.

Materiales a movilizar: peso tamaño y cantidades.



Secuencia de las operaciones de movilización de los materiales y flujo en la obra

Métodos y medios de movilización: Uso de equipos e instalaciones.

Durante los estudios de factibilidad y/o precios de un proyecto es necesario analizar varias alternativas lo más exactamente posible, esto incluye un análisis del tipo de material a usar, su disponibilidad en el mercado nacional o local, sus costo y otras características que sean relevantes, además, se deberán considerar aspectos tales como problemas que se puedan presentar en el despacho y transporte de los materiales.

Una vez que el proyecto ha sido adjudicado, es necesario preocuparse de un conjunto de actividades relacionadas con la administración de materiales:

- Actualizar el programa preliminar de adquisiciones y detallarlo convenientemente.
- Proceder a adquirir aquellos elementos que requieren de un período largo para su arribo a la obra (importaciones, fabricación, etc.)
- Coordinar y programar los contratos para prefabricados en caso de que los haya.
- Ubicar y determinar el tamaño de las áreas de acopio de materiales y de bodegaje.
- Establecer los procedimientos para el proceso de adquisición de materiales en caso de que no existan en la empresa o que los existentes no sean apropiados para el proyecto en cuestión.

Finalmente, ya comenzada la construcción, y al nivel de la administración de la obra, es necesario cumplir varias funciones de administración de los materiales. A continuación se entrega una lista general de las actividades de un proyecto de gran envergadura, a partir de la cual, y simplificando es posible derivar las tareas que debieran cumplirse para proyectos medianos y pequeños. La lista de actividades se divide en tres categorías, como sigue:

#### *A. Planificación de materiales*

- Aprobación del programa de despacho de materiales a la obra y ajustes según el avance actual de la obra.
- Confección de listas de materiales y programas de despacho a la obra de los materiales producto de modificaciones o aumentos de obra.
- Revisión de la distribución de la instalación de faenas para reducir el movimiento de los materiales.
- Coordinación de la operación de los equipos de manejo de materiales para optimizar su utilización.



### *B. Control de calidad de los materiales*

- Aprobación técnica de los materiales recibidos.
  - Inspección de la calidad de los materiales recibidos.
  - Verificar el cumplimiento de condiciones especiales de almacenamiento para ciertos materiales.
  - Proponer materiales alternativos en caso de que se acaben los materiales requeridos.
  - Introducir materiales que ofrezcan una mejor utilización, costo o facilidad de colocación, y que satisfagan las especificaciones.
- 
- Cumplir con las especificaciones y manuales de uso de los materiales.

### *C. Coordinación con la oficina central*

- Realizar un seguimiento y control de los elementos que requieren un tiempo considerable, desde su pedido, para llegar a la obra.
- Revisar las políticas de inventario de los materiales de las actividades que están en el camino crítico del proyecto.
- Revisar las prioridades de adquisición y despacho de los materiales, de acuerdo a las modificaciones en el programa de construcción.
- Tener los pedidos de materiales hechos, con la suficiente anticipación al comienzo de las operaciones que los ocupan.
- Desarrollar una comunicación efectiva entre la obra y la administración de materiales en la oficina central.

Hasta ahora se ha mencionado una serie de conceptos sobre la administración de los materiales y las funciones que involucra, en forma resumida, el proceso de adquisiciones, es una de las actividades más importantes de la administración de materiales.

## **IV.8 El proceso de adquisición de materiales**

Lo primero que se debe conocer para llevar a cabo este proceso corresponde a lo que se debe adquirir, para ello es necesario cubicar y confeccionar una lista de todos los materiales necesarios para la obra, la lista o archivo de materiales debe indicar el código de cada material, una descripción de cada uno, su especificación y la unidad de medida, todo el proceso de cubicación y creación del archivo o listado de materiales debe actualizarse permanentemente para introducir las modificaciones que se hagan a la obra. Los materiales pueden clasificarse de acuerdo con los siguientes criterios generales:



- Por partes de obra.
- Por almacenamiento.
- Por si son fungibles o no
- Por tipo de material

*El proceso de adquisiciones generalmente incluye las siguientes actividades:*

Emisión de la orden de pedido de materiales por parte de la obra, la que debe incluir al menos la siguiente información:

- Identificación del material requerido
- Descripción del material requerido
- Cantidad requerida.
- Calidad especificada.
- Fecha en que debe estar en la obra y lugar de entrega.
  
- Código del material
  
- Planos y especificación de referencia.

Solicitar ofertas o llamar a propuesta: En general se hace por invitación directa a proveedores previamente certificados y aprobados por la empresa, la información que se debe adjuntar en la solicitud de ofertas (cotizaciones) o llamados a propuesta, puede incluir algunos (o todos) de los siguientes documentos:

- Especificaciones del material.
- Planos en los casos de productos terminados y otros elementos fabricados.
- Términos y condiciones de la adquisición.
- Instrucciones de embalaje y transporte.
- Programa de entregas.
- Requerimientos de seguros.
- Requerimientos especiales.
- Noticias a los proponentes.

Recepción y evaluación de las ofertas, se debe hacer una comparación entre las distintas ofertas, considerando, entre otros, los siguientes aspectos:

- Nombre y prestigio del oferente.
- Precios unitarios de validez de la oferta.
- Descuentos aplicables.



- 
- Calidad de embalaje y costos de despacho y transporte a destino.
  - Lugares de entrega (FOB) para compras en el extranjero.
  - Condiciones de pago
  - Fecha prometida de despacho.
  - Otros factores.

Emisión de la orden de compra, una vez elegido o seleccionado el proveedor, debe emitirse una orden de compra, la que debe contener antecedentes tales como:

- Nombre y dirección del comprador y vendedor.
- Fecha y número de la orden de compra.
- Nombre del proyecto y lugar de entrega.
- Descripción y cantidades de los elementos ordenados.
- Precios unitarios, totales y descuentos.
- Observaciones, referencias a especificaciones, planos, etc.
- Aprobación por parte del comprador.
- Número de pedido de materiales que originó la orden de compra.
- Fecha de entrega.
- Otros antecedentes: fecha de pago, facturación, etc.

Seguimiento y tramitación de la compra: Inmediatamente después de emitida la orden de compra, se debe comenzar un proceso de seguimiento y tramitación del pedido, dirigido a asegurar que se cumpla

con los plazos, cantidades y calidades establecidas en la orden de compra, la información necesaria para controlar el cumplimiento de un pedido, incluye aspectos tales como:

- Fecha prometida de entrega.
- Fecha en el que se necesita el proyecto.
- Fechas programadas de fabricación.
- Cambio en las fechas programadas de fabricación y del programa de ejecución del proyecto.
- Información de ingeniería de proyecto.
- Planos certificados en caso necesario.

Con esta información, periódicamente debe confeccionarse un informe del estado del pedido, en que se indiquen los datos consignados previamente, junto con los problemas existentes, como resultado, debe señalarse la fecha estimada de llegada del pedido al



---

proyecto, de acuerdo a las condiciones actuales, y en caso de atraso más allá de la fecha requerida por el proyecto, proponer soluciones alternativas en caso de que las haya.

Embalaje, carga y transporte: Los materiales deben ser embalados convenientemente, cargados en el medio de transporte elegido y trasladados a la obra.

Generalmente esta actividad es realizada por el proveedor, pero existen muchos casos en que el transporte es compartido por el proveedor y el comprador, o es totalmente responsable de este cargo el comprador, cualquiera que sea el caso, la oficina de adquisiciones debe velar porque no haya problemas durante esta etapa.

Recepción en obra: Cuando los materiales llegan a la obra, deben ser inspeccionados para verificar que lo recibido esté conforme con lo solicitado, la recepción deberá oficializarse mediante una nota de recepción y en el supuesto de que haya diferencias, se deberá dejar constancia de ello tanto en la guía de despacho del proveedor como en dicha nota. En ésta se incluye la siguiente información básica:

- Fecha de recepción.
- Proveedor
- Número de notas de recepción.
- Número de la Orden de compra.
- Número de la orden de pedido de materiales.
- Número de la guía del despacho.
- Lugar de recepción
- Identificación del receptor.
- Observaciones

Por su importancia, el proceso de adquisición de materiales debe ser permanentemente controlado en todas sus etapas, muchas veces sucede que el atraso de un material se debe exclusivamente a que un documento (pedido de materiales, orden de compra, etc.) queda traspapelado o se extravía durante el proceso.

También es conveniente incorporar el plan de adquisición de materiales al programa del proyecto, de modo que, además de las restricciones tecnológicas estrictas de secuencia se incorporen las restricciones debidas a la necesidad de contar con un cierto recurso para poder ejecutar una actividad, de esta manera, los administradores de obras deberán preocuparse de que dichas restricciones (actividades de adquisición) sean llevadas a cabo convenientemente, como cualquier otra actividad necesaria para la ejecución del proyecto a su cargo.



Un buen control de los inventarios requiere una clara comprensión de por qué son necesarios, de cómo funcionan y de por qué pueden convertirse en un factor de pérdida para una empresa.

Los inventarios son un factor de seguridad ante problemas en el abastecimiento de materiales, y ante demoras e interrupciones en la producción de ciertos materiales en obra o fuera de ellas, etc. Los principales problemas, con los inventarios, se producen como resultado de acciones tales como:

- Hace pedidos demasiado grandes
- Materiales que llegan a la obra y son innecesarios durante un largo periodo de tiempo.
- Tiempos incorrectos de anticipación de los pedidos, que no han tomado en cuenta el inventario resultante.
- Cambios de las condiciones y programas de construcción.

Una administración eficiente de los inventarios de materiales implica contar con un nivel de inventario apropiado, por medio de:

- Comprar la cantidad precisa (cuánto).
- Comprar el momento oportuno (cuándo).
- Mantener la inversión total en inventarios balanceada con los niveles esperados de uso.

Los administradores de obras tienen varias herramientas que pueden usar para cumplir con lo anterior:

- Respuesta rápida a los cambios que afecten al nivel de servicio deseado.
- Controlar las variadas entradas y salidas de materiales, actuando sobre aquéllas
- Incorrectas.
- Utilizar el programa de construcción como un antecedente básico para la administración de los materiales y sus inventarios.
- Manejar adecuadamente los tiempos de anticipación de los pedidos.

#### **IV.9 Propiedades de los sistemas de inventario**

Un sistema de inventario presenta normalmente cuatro componentes:

- Demandas: lo que sale de un inventario.
- Reabastecimiento: lo que se ingresa.
- Costos asociados para mantener el inventario y con el aumento del nivel de inventarios.
- Restricciones de varios tipos: administrativas, de espacio, etc.



### El sistema de clasificación ABC

Una herramienta de gran aplicación práctica para el control de los materiales, es el sistema de clasificación «ABC». Este sistema permite clasificar los materiales de acuerdo a su valor de manera de aplicar un esfuerzo de administración y control consecuente con este ordenamiento.

En general, para cualquier inventario de un grupo de materiales distintos, un pequeño número de Ítems contabiliza la mayor parte del valor total de los materiales, el sistema «ABC», .permite clasificar los materiales en las siguientes categorías:

- *Categoría A:* Materiales de alto valor, que corresponden a un 75-80% del valor total del inventario, y que son entre un 15-20% del total de ítems.
- *Categoría B:* Aquellos materiales de valor medio, que equivalen a un 15-20% del valor total, y a un 30-40% de todos los ítems.
- *Categoría C:* Los materiales de menor valor: 5-10% del total, y que son la mayor cantidad de ítems: 40-50% del total.

La subdivisión en las categorías A, B o C, se hace en forma totalmente arbitraria. La curva que representa esta distribución se ilustra en la Figura 4.1 en la que se indican los sectores correspondientes a cada tipo de categoría, el valor de los materiales se expresa normalmente en unidades monetarias, de acuerdo a su precio de adquisición o al costo total producto de todos los costos asociados a un inventario, incluyendo el costo de no tener el material, cuando se necesita.

### Gráfica de los costos

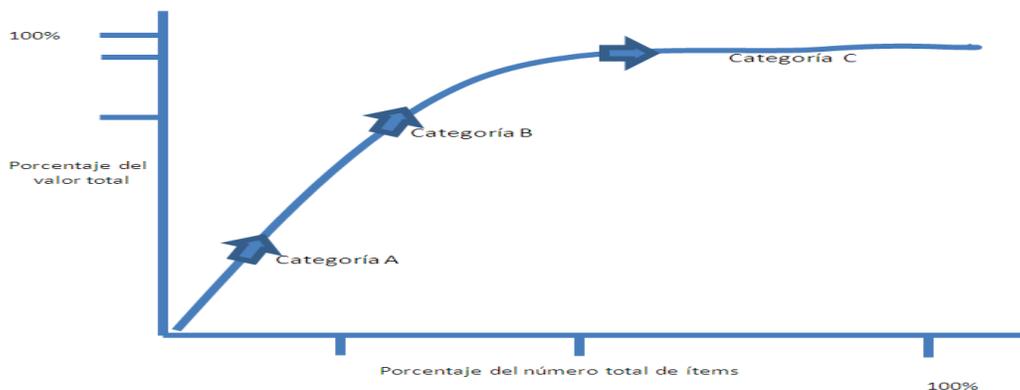


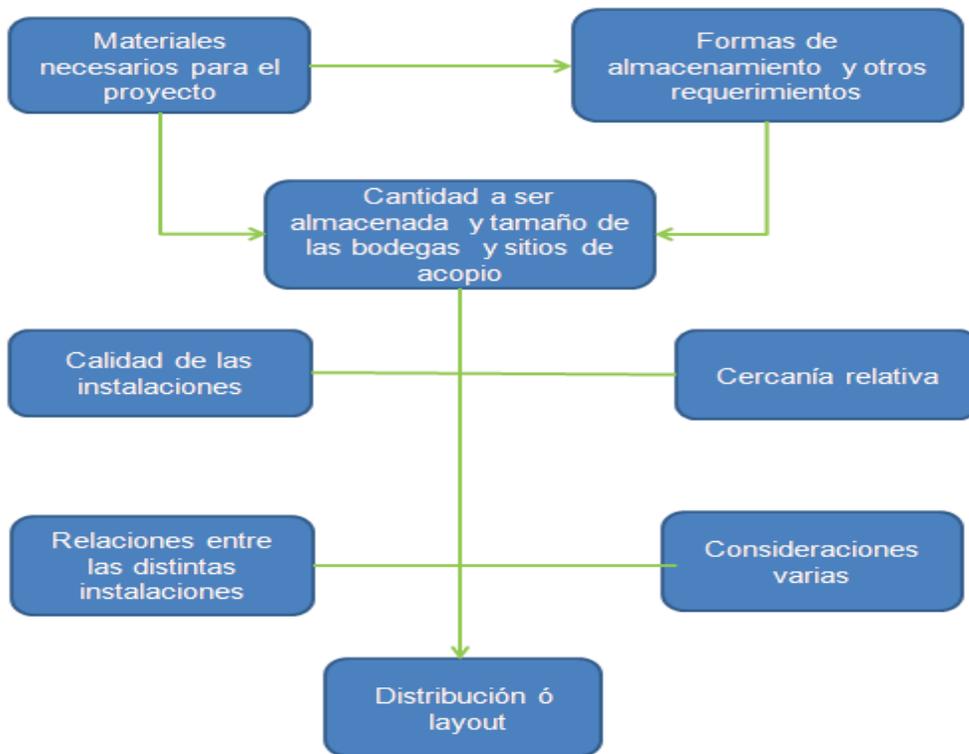
Fig. 4.1



### *Almacenamiento de los materiales*

Los materiales que llegan a una obra deben ser correctamente almacenados y protegidos para evitar los daños, pérdidas y robos que se puedan producir, es bastante normal que en una obra, debido a las causas mencionadas, se produzcan pérdidas de materiales que alcanzan de un 10 a 20% del total de los materiales adquiridos.

Un elemento esencial para lograr un buen almacenamiento y protección de los materiales es su distribución dentro de la obra, el diseño y planificación de esta distribución o layout incluye las actividades que se indican en el siguiente diagrama.



*Diseño de la distribución en los materiales.*



---

A continuación se analiza cada uno de los elementos indicados en el diagrama de flujo:

*Materiales necesarios para el proyecto:* La naturaleza de los materiales influye en los requerimientos de espacio para almacenamiento, dado que materiales diferentes necesitarán bodegas e instalaciones diferentes. Por lo tanto, el primer antecedente que se debe conocer en el proceso de determinación de la distribución y almacenamiento de materiales, son los tipos de materiales existentes.

*Formas de almacenamiento y otros requerimientos:* El almacenamiento de materiales consiste en varias operaciones, entre las que se incluye:

Envío de los materiales a la obra.

- Descarga en la obra
  - Ordenamiento
  - Proveer protecciones anti deterioro y pérdidas.
  - Identificar para referencia futura
  - Despacho de los materiales a los obreros.
  - Cargar para envío a las áreas de construcción.
- 
- Movimiento de bienes y materiales en general

Esto implica que cualquier tipo de almacenamiento que se elija debe cumplir eficientemente las operaciones indicadas.

*En general, se usan tres tipos de almacenamiento en obra:*

*Áreas de almacenamiento temporal:* Son áreas donde los materiales e insumos se almacenan cerca del área de trabajo y por cortos periodos de tiempo. La principal consideración en este caso es minimizar las distancias y el tiempo ocupado en el traslado de materiales por los operarios. Con una buena planificación inicial, los materiales requeridos para una funcional jornada de trabajo, pueden ser almacenados alrededor de ésta tan pronto lleguen a la obra.

*Áreas de acopio de materiales:* Son instalaciones o áreas reservadas para almacenamiento externo, de materiales de grandes dimensiones y materiales en masa, que no son mayormente afectados por las condiciones ambientales. Los principales factores en la selección de las áreas de acopio son:

- Restricciones en el espacio disponible
- Los límites existentes de la obra
- La disponibilidad de materiales.
- El tamaño del contrato o proyecto



*Bodegas se pueden producir dos posibilidades:*

- Bodegas para dar un servicio a los requerimientos del programa de construcción.
- Bodegas que deben proveer ciertas condiciones ambientales a ciertos tipos de materiales

A demás de estas formas de almacenamiento, existen otras instalaciones que también cumplen esta tarea en forma parcial, como son los talleres de fabricación de materiales tales como: taller de enfierradura, de moldaje, de prefabricados:

*Cantidad a almacenar y tamaño de la instalación:* Una vez determinados los materiales según tipo, y las formas de almacenamiento a usar, el siguiente paso es determinar la cantidad de materiales que deberá almacenarse con lo cual es posible determinar el tamaño requerido para las instalaciones.

En general, la cantidad de materiales se obtiene a partir del estudio de planos y especificaciones. Sin embargo, no todos los materiales se requieren en obra al mismo tiempo y, por lo tanto, las cantidades estimadas deben reflejar el programa de construcción de la obra. Usando los conceptos de la teoría de control de inventarios y la técnica de clasificación de materiales ABC, es posible calcular las cantidades

necesarias en el inventario para tener una ejecución de los trabajos libre de tropiezos, de esta forma, el tamaño de las instalaciones de almacenamiento de materiales está afectado por:

- El tamaño y tipo de proyecto
- El programa de construcción.
- El inventario de seguridad requerido para garantizar continuidad del proyecto.
- La disponibilidad de materiales en el mercado.
- Programas de adquisiciones y despacho de materiales.
- Cantidad de producción en la obra.
- Condiciones ambientales.
- Distancia de los proveedores.
- El tamaño y facilidad de movilización de los materiales almacenados.

*Calidad de las instalaciones:* Las determinación de la calidad es una importante consideración económica, la calidad involucra el costo, durabilidad y funcionalidad y se basa en los siguientes factores.



- Tipo y duración del proyecto.
- Clima.
- Protecciones requeridas contra fuego.
- Disponibilidad de los materiales.
- Reutilización de la instalación.
- Protección de los materiales.
- Requerimientos del mandante.

*Cercanía relativa:* Corresponde a la ubicación de las instalaciones o áreas de almacenamiento con relación a los frentes de trabajo y a la facilidad para recibir los materiales que llegan a la obra.

*Relaciones entre áreas de almacenamiento:* Muchas instalaciones o áreas de almacenamiento de materiales forman parte de un proceso productivo común, el que debe optimizarse minimizando el movimiento de los trabajadores, materiales y equipos entre ellas.

*Consideraciones varias:* Algunos factores importantes de considerar al respecto, son los siguientes:

- Planificación: El diseño de las instalaciones y su distribución deben ser flexibles para poder manejar variaciones en el programa de ejecución de la obra.
- Seguridad ante robos.

#### *Control de las pérdidas de materiales*

Debido a la importancia de la inversión en los materiales de un proyecto, es necesario controlar el nivel de pérdidas que, como se dijo previamente, puede alcanzar hasta un 20% del total, reduciendo las utilidades del contratista y normalmente aumentando los costos para el mandante.

#### *Tipos de pérdidas de materiales*

Existen dos tipos principales de pérdidas de materiales, que se producen en obra:

*Pérdidas directas:* pérdidas completas de materiales.

*Pérdidas indirectas:* éstas pueden ocurrir en tres formas:



- 
- *Sustitución*: Cuando algunos materiales se usan para propósitos distintos de aquéllos por lo que fueron adquiridos.
  - *Uso en producción*: Uso excesivo de materiales en la ejecución de una actividad.
  - *Negligencia*: cuando se requieren materiales extras debido a desviaciones en el cumplimiento del diseño, por errores del contratista.

Normalmente existe algún grado de control sobre las pérdidas directas, las que quedan registradas en los sistemas de control tradicionales. Sin embargo, también es importante identificar y calcular las pérdidas indirectas de materiales. Estas últimas sólo pueden reconocerse durante la ejecución del trabajo, ya que una vez completada la obra resulta más difícil detectar



---

## CAPITULO V

### CASO PRÁCTICO:

#### “PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA NAVE INDUSTRIAL UBICADA EN NECAXA 165 BIS COLONIA PORTALES”

##### V.1 Demolición de construcción existente.

Es importante tomar en cuenta la construcción existente tanto la que se encuentra dentro del predio como las que están en su colindancia. Para este proyecto se realizó un análisis estructural para determinar los elementos que pudieran ser tomados en cuenta para el proyecto y se determinó que los muros de colindancia no se demolieran; esto nos ayuda en costo y tiempo.

##### V.1.1 Trámites administrativos

Antes de iniciar los trabajos de la demolición se realiza el trámite correspondiente ante la delegación a la que pertenece el predio en este caso es Benito Juárez. Esto es a través del llenando del formato de licencia de construcción especial, cumpliendo con los siguientes requisitos.

- Acreditar la propiedad.
- Levantamiento de estado actual de la construcción.
- Trámite de adeudo de agua ante *Sistemas de aguas de la ciudad de México*
- Trámite de adeudo de predial ante la tesorería del D.F.
- Actualización de alineamiento y número oficial.
- Actualización de uso de suelo.
- Trámite de póliza de seguros a daños a terceros
- Protecciones a colindancias.
- Programa de obra
- Memoria descriptiva de proceso de la demolición



- D.R.O.
- Pago de derechos por la construcción a demoler.
- Aviso ante la secretaria de medio ambiente

### V.1.2 Proceso de la demolición

Antes de realizar la demolición se debe hacer una inspección física de la construcción a demoler; es necesario para conocer cada uno de los espacios de la construcción.

Las construcciones que existen en sus colindancias se deberán tener un cuidado especial en cada proceso de la demolición para no tener afectaciones.





### **Calas de construcción existente.**

Se realizan calas del estado físico principalmente de los elementos estructurales como son desde la cimentación, dalas, castillos, traveses y losas. En el caso de la cimentación se toma en una forma especial para ver los desplantes de la construcción a demoler como las de las colindancias, es dato que se entrega al Ingeniero en cálculo estructural; el resto de los elementos se toman en cuenta para ver las condiciones físicas y así ver el proceso de la demolición.



Figura V.1.2.2 Calas en muro de colindancia en construcción existente

### ***Demolición construcción existente.***

Es de suma importancia apuntalar las áreas críticas para controlar el proceso de los trabajos. En este caso práctico se decidió retirar el concreto de los elementos estructurales a mano con marro y cuña para poder separar el acero y así llevarlo a un proceso de reciclaje.



### *Retiro y limpieza de materiales producto de la demolición.*

Posteriormente se lleva a cabo el retiro de los materiales fuera del área de trabajo a un tiradero autorizado por las autoridades correspondientes. También se utilizó maquinaria pesada para el llenado de cada uno de los camiones, esto nos ayuda a cortar tiempos y en su caso, costo de obra.

La maquinaria se utilizó hasta concluir la limpieza total del terreno, retiro de registros y red sanitaria existente, el cual se componía de tubo albañal de 4" y 6



Figura V.1.2.3 Retiro de escombros producto de la demolición de la construcción existente

## **V.2 Proyecto ejecutivo.**

En el proyecto debemos considerar los alcances necesarios a desarrollar, para cumplir con las necesidades del propietario.



## V.2.1 Trámites administrativos

Al iniciar los trabajos de construcción al igual que la de demolición se requiere el trámite correspondiente ante la delegación a la que pertenece el predio. Esto es a través de llenar el formato correspondiente para manifestación de construcción, cumpliendo con los siguientes requisitos.

- Acreditar la propiedad.
- Levantamiento de estado actual del predio.
- Actualización de Alineamiento y Numero Oficial.
- Actualización de uso de suelo
- Planos arquitectónicos
- Planos estructurales
- Planos de instalaciones hidrosanitarias
- Plano de instalaciones eléctricas
- Pago por derechos correspondientes, por m<sup>2</sup> a construir
- Programa de obra
- Revisión y Firma de Director Responsable de Obra.(DRO)



## V.2.2 Proyecto Arquitectónico

Al iniciar el diseño arquitectónico se debe tener conocimiento del reglamento de construcciones y sus normas complementarias del Distrito Federal de la Ciudad de México. Esto es para cumplir con los requerimientos necesarios del propietario y su operación. A su vez para cumplir con los lineamientos el proyecto se revisará por profesionales en el ramo que destina la delegación correspondiente (esto es en el área de subdirección y desarrollo).

- *Necesidades del propietario.*

Se requiere una nave que sea fresca, sólida y elementos esbeltos para ocupar los espacios al máximo en el interior de la nave; libre acceso de transporte en acceso principal e instalaciones eléctricas adecuadas para tener un bajo consumo y a su vez ahorro en gasto y energía. Se requiere de un solo nivel a doble altura.

A partir de tomar las condiciones técnicas y de operación el diseño se realiza para ser ingresado a la delegación correspondiente.

- *El sistema de diseño se realiza de la siguiente manera:*

- 1.- Cimentación de zapatas de concreto.
- 2.- Estructura de concreto.
- 3.- Muros de tabique
- 4.- Cubierta con sistema cubierta auto soportable (arco techó)

La cubierta se resuelve con este sistema principalmente por diseño arquitectónico

- 5.- Firmes de concretos.

El tráfico de la planta será con patines y montacargas se decidió por firme acabado pulido.

- 6.- Aplanados en muros, acabado fino.

Parte del diseño arquitectónico es tomar en cuenta el costo que representa el aplanado con acabado pulido.



7.- Elementos de herrería.

Los accesos y protecciones se consideran con este sistema

8.- Jardinería en fachada.

Complementado el diseño

Ver anexo 1

### **Planos y memoria arquitectónica**

#### **V.2.3 Proyecto estructural**

En el análisis y diseño estructural se considera zapatas aisladas con trabe de liga, y zapata corrida solo en el caso del eje de acceso principal.

Se decide que la estructura sea de concreto ya que los muros de colindancia no se demuelen y se mantienen en el diseño y propuesta arquitectónica.

Los muros complementarios del proyecto se fabrican con tabique rojo recosido

#### **Planos y memoria estructurales**

Ver anexo 2

#### **V.2.4 Proyecto de instalaciones eléctricas**

Para realizar el cálculo deben corresponder con la norma NOM-001-SEDE y las normas y especificaciones de luz y fuerza (ahora CFE), suministradora de la energía eléctrica y apoyada con el NATIONAL ELECTRIC CODE ( MEC- 93) NATINAL FIRE PROTECTION ASSUTIATION, se ha diseñado un sistema en el que se considera sana economía para tener una instalación adecuada a las necesidades del estacionamiento.

#### **Planos eléctricos**

Ver anexo 3



### **V.2.5 Proyecto de instalaciones hidrosanitarias.**

Las instalaciones hidráulica se contemplan con cobre tipo M, y la instalación sanitaria en PVC serie pesada

#### *Drenaje pluvial:*

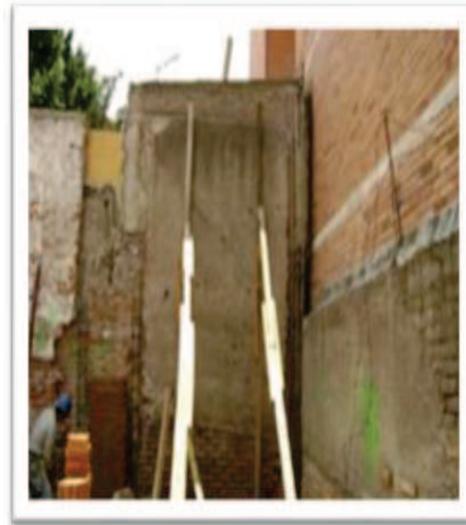
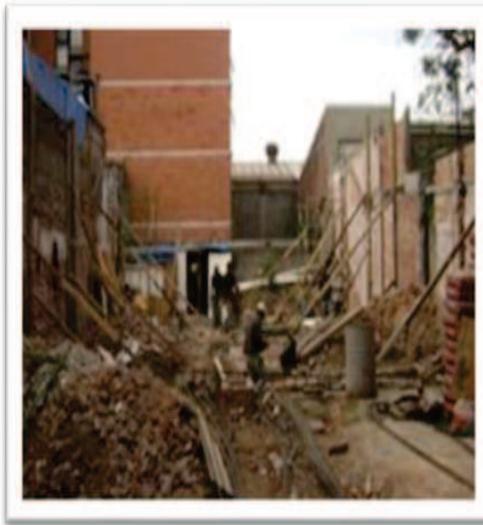
Las azoteas de la (s) Nave (s) serán desaguadas con coladeras del tipo indicado en los planos, de esta será recibidas por las bajadas pluviales, hasta conectarse con la línea principal dirigidas hasta el colector principal.

### **Planos de instalaciones hidrosanitarias**

Ver anexo 4

### **V.2.6 Proceso constructivo.**

A partir de la demolición de la construcción existente y teniendo el terreno, se inician los trabajos de excavación para la cimentación. Antes de iniciar la excavación se llevó a cabo el apuntalamiento de los muros de colindancia existentes. Para no caer en algún error de ejecución.



V.2.6 .1Apuntalamiento de muros existentes en el proceso de la cimentación



Como protección se realiza la instalación de un tapial de madera en las zonas expuestas ajenas a la construcción de la nave como puede ser en las colindancias y la vista hacia la calle.

Posteriormente se lleva a cabo el armado de una bodega para el resguardo de la herramienta y equipo de trabajo, evitando trasportarla al término de cada jornada a un lugar seguro.

También la instalación provisional de una instalación eléctrica para alumbrado y contactos de servicios así como un baño provisional para uso en el transcurso de la construcción (en ocasiones se rentan baños móviles según convenga el caso).

Para iniciar los trabajos tenemos que realizar el trazo y nivelación, esto nos ayuda para tener un trazo de referencia con ejes principales y la nivelación para tener una referencia específica a todas las partidas que participen en la construcción de la nave.

Teniendo nuestras referencias se realiza el trazo de las cepas de la cimentación para empezar a excavar (esto se lleva según planos estructurales). para este caso la excavación se realizó a mano con sapa pico y pala hasta una profundidad de 0.90 m.

Cuando se realizó la demolición de la construcción existente se aprovecho para realizar calas en diferentes puntos principalmente en la cimentación de las construcciones con las que se colinda.

Esto nos sirvió en este caso en particular, para verificar que el desplante de la cimentación de las construcciones de colindancia está por arriba del desplante de la cimentación a construir (ver detalle). El ingeniero en cálculo estructural al realizar el análisis de memoria y planos pide que la cimentación de las construcciones de colindancia se compense en el área tributaria del nuevo desplante esto es para que no tenga una descompensación. (hundimiento diferencial)

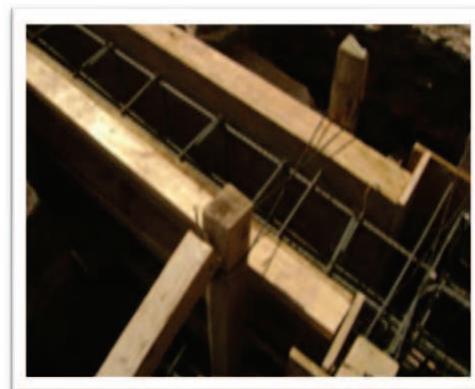
La cimentación que se encontró en las construcciones de colindancia es a base de piedra braza y se compenso con la misma.



#### V.2.6.2 Excavación de cepas para cimentación

Al terminar la excavación se realiza la fabricación de la plantilla a base de cemento -arena  $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ . La función de la plantilla es el separar el terreno natural con la fabricación de la cimentación, si no se fabrica el concreto y acero se contaminarían de excedentes del terreno y no es lo correcto.

Al término de la fabricación de la plantilla, el trazo de los ejes principales se vuelve a rectificar, se lleva a cabo el habilitado y armado de acero para la cimentación (según plano estructural), y terminado el armado se realiza la fabricación e instalación de cimbra para llevar a cabo el vaciado de concreto hecho en obra  $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$ , para este caso se toma el vibrado del concreto ya que su función es el retirar el aire acumulado y su resistencia sea la óptima, a partir del siguiente día se realiza el curado dentro de los primeros siete días para que llegue al alcance de su primera resistencia hasta llegar a los 28 días que cuando llega a un 100%.



#### V.2.6.3 Excavación. armado v cimbrado de



Tanto el proceso de excavación, plantillas, cimbrado, armado vaciado de concreto y curado se realizó con el mismo sistema en toda la cimentación.

En el proceso del término de la cimentación se relleno el complemento de las cepas esto es para tener los espacios sin causar daños a accidentes y posteriormente la fabricación del firme.



V.2.6.4 Armado y cimbra de dados de concreto

El relleno y compactación se llevó a cabo con tepetate y un equipo mecánico como lo es una bailarina de dos tiempos para llegar a una compactación tipo proctor (esto es llegar a un 95% de compactación).

Acompañado en el proceso de la cimentación se realiza la fabricación de la red sanitaria y pluvial, construyendo registros con tabique rojo recosido, aplanado al interior acabado fino, arenoso de 20cm de profundidad promedio y su función es hacer una retención inicial de residuos ocasionados principalmente por las lluvias, y el uso y operación de la nave.



V.2.6.5 Fabricación de registros sanitarios



En la parte de los muros se determino conservar los muros de colindancia elaborados con tabique rojo recosido, llevando el mismo sistema se complementaron los muros asentado con mortero cemento arena 1.4 con columnas de concreto  $f'c= 200\text{kg}/\text{cm}^2$  colándose simultáneamente con los muros para tener un resultado monolítico.



V.2.6.7 Fabricación de muros de tabique rojo recosido



V.2.6.6 Armado y columna de concreto sobre muros existentes



Para la red sanitaria se usó PVC. plástico que se obtiene por polimerización de un compuesto orgánico (Cloruro de Vinilo) de 6" tomando en cuenta las pendientes correspondientes. Cuando se concluye la instalación de esta red se tiene que realizar una limpieza de la red para cerciorarse que no queden residuos ocasionados por la construcción. (Esto se tomo del cálculo de los planos hidrosanitarios).

El sistema hidráulico se considero con tubo de cobre de tipo m de marca nacobre, en esta caso fue solo para la toma domiciliaría.

Continuamos con la fabricación de muros de tabique con aplanado acabado pulido y columnas de concreto acabado aparente (según calculo estructural), hasta llegar a la altura necesaria, y así construir el sistema de trabe canalón.

Posteriormente se procede a la nivelación del terreno para la fabricación de firme de concreto  $f^c=200\text{kg/cm}^2$  con un espesor de 12 cm hecho en obra acabado pulido.



V.2.6.8 Fabricación de firme de concreto



V.2.6.9 Fabricación de firme de concreto

Para el sistema de cubierta se fabricó un canalón de concreto  $f'c= 200\text{kg}/\text{cm}^2$  (ver detalle en plano estructural).



V.2.6.10 Cimbrado de trabe canalón



V.2.6.11 Aplanado en muros de construcción colindantes



Paralelo se llevó a cabo la fabricación del sistema de la cubierta, que para este caso se usó el sistema de arco techo principalmente por estética ( ver anexo 6).

El proceso del sistema de arco techo se inició con el rolado de lámina pintro calibre 24 con una distancia de 22.00 m con una flecha mínima del 20%, conforme se fabricaban las laminas se elevaron para continuar con la instalación en sitio, se consideró un 20% de instalación con laminas traslucidas para el paso de la luz natural.

Este sistema se puede habilitar y fabricar en bodega o en campo. En este caso se decidió que los trabajos de rolado se efectuarán directamente en la obra, debido a la flexibilidad que tienen las maniobras de transporte de este material.



V.2.6.12 Lámina en rollo para fabricación de sistema de arco techo en sitio



V.2.6.13 Instalación de sistemas de arco techo en cubierta



#### V.2.6.14 Instalación de sistemas de arco techo en cubierta

El proceso termina con la aplicación de acabados en muro, aplicando pintura vinílica, limpieza fina del área.

En el proyecto se contemplo jardineras con bases metálicas con placa de  $\frac{1}{4}$  impermeabilizándolas con vaportite a dos manos para evitar lo corrosión.



#### V.2.6.15 Nave terminada, con área permeable



V.2.6.16 Fabricación e instalación de portón de acceso



V.2.6.17 Fachada terminada de nave industrial



---

## CONCLUSIONES

**Primera.** Esta obra fue entregada en tiempo y forma, logrando la satisfacción del cliente final, con una inversión económica adecuada y un tiempo de construcción de 12 semanas, los mayores retos que presentaron fueron; La integración de los muros perimetrales, los cuales ya existían con un trazo irregular y con desplomes.

**Segunda.** Es necesario comprometernos a garantizar que las construcciones nuevas estén diseñadas, supervisadas y construidas con los estándares más modernos y reducir al máximo el riesgo ante cualquier desastre.

**Tercera.** El ingeniero civil actual, se destaca por su esfuerzo, entrega y compromiso social, por ello debe tener la capacidad para resolver problemas y una visión integral que le permita atender las desviaciones que se presenten antes, durante y después de concluido el proyecto.

**Cuarta.** Por otra parte es importante que el ingeniero civil no sólo se limite a los aspectos técnicos y constructivos, por ello debemos informar a la sociedad para que conozca en toda su dimensión el quehacer, el compromiso y la importancia para la sociedad.

**Quinta.** Nuestra responsabilidad va más allá de construir una obra, consiste en acercar a la sociedad al progreso.



---

## BIBLIOGRAFIA

- Introducción al Estado de la Educación, Gabriel García del Valle y Villagrán, Universidad Nacional Autónoma de México, 1993.
- Administración de Operaciones de Construcciones 2ª edición, Alfredo Serpen B; Alfa Omega 2002
- Aspectos Fundamentales del Concreto Presforzado, González Cuevas Robles, Sexta Reimpresión, Tercera Edición, Limusa 2000.
- Construcción de Estructuras de Concreto Preesforzado, Gerwick, Editorial Limusa
- Costo y tiempo en edificación, Suarez Salazar Carlos, Editorial Limusa, Decima Sexta Reimpresión 1994.
- Análisis Estructural, González Cuevas Oscar M, Editorial Limusa, 2011.
- Otros
- JPI construcción, archivo de proyectos de la empresa
- <http://www.arcotecho.com/folleto.htm#introduccion>



---

## Anexo 1

### Memoria descriptiva arquitectónica

#### Ubicación del inmueble:

Calle:	Necaxa No 165
Colonia:	Portales
Delegación:	Benito Juárez
C.P.	3300

#### Descripción del proyecto:

El presente proyecto consta de muros perimetrales los cuales recibirán cubierta con sistema de arco techo complemento de muros de tabique rojo recocido, aplanados en acabado repellido fino, firmes de concreto acabado pulido, áreas permeables y dos cajones de estacionamiento, teniendo un portón de acceso y salida un área permeable, así como servicio de luz artificial y agua potable.

#### Cuadro de áreas

Superficie total de terreno	300 M2
Área de construcción en una planta	240 M2
Área Permeable	60 M2

#### Norma general de ordenación no. 1

$$\text{COS.- } 300 \times 0.80 = 240 \text{ M}^2$$

$$\text{PER .- } 300 \times 0.20 = 60 \text{ M}^2$$

---



---

**Justificación del proyecto :**

El crecimiento de un pequeño taller y La falta de espacios para maquinaria y producto, surge la necesidad de construir esta nave industrial.



## Anexo 2

Calculo de memoria estructural

### I.-Descripción de la Obra

Se trata de una estructura destinada a Nave Industrial en base a una techumbre del tipo “Arcotecho” de lámina galvanizada, calibre 20, apoyada en traveses de concreto y muros de tabique de barro recocido. Las traveses descansan en columnas de concreto reforzado.

### II.-Resumen de materiales:

#### a) Cimentación

Concreto F'c = 200 Kg. /cm<sup>2</sup>

Acero Fle = 4000 Kg. /cm<sup>2</sup>

#### b) Superestructura En traveses y losas

Concreto F'c = 250 Kg. /cm<sup>2</sup>

Acero Fle = 4000 Kg. /cm<sup>2</sup>

### III.-Coeficiente de seguridad:

Flexión por cargas permanentes 1.4

Flexión por cargas permanentes + sismo 1.1

Compresión para  $e = 0.1 T$

### IV.-Cargas Vivas

En Techumbre 40 Kg/m<sup>2</sup>



## V.-Cargas Accidentales:

Se consideró un empuje por viento de 60 Kg/m<sup>2</sup> analizando solamente por viento, ya que la carga para sismo es de 20Kg/m<sup>2</sup> únicamente.

### Análisis de las columnas

Altura de columna 4.40 m

### Empuje por viento

Cargas:

Longitud del arco = 12m, distancia entre □columnas =6.00 m

Se considera 20 Kg/m<sup>2</sup> de peso propio y 60 Kg/m<sup>2</sup> de empuje de viento.

La carga por columna es  $12 \times 6.00 \times 100\text{KG}/\text{M}^2 = 7200 \text{ Kg}$  dividiendo

Entre dos lados = 3600Kg por columna.

Proyectando esta carga, ya que la lámina forma un ángulo de 35° con la

Horizontal da:

$$3.60 \times \cos 35^\circ = 2.95\text{ton}$$

Carga Vertical:

2950 Kg de peso de lámina con viento + peso trabe y columna.

$$2950 + 1730 + 1000 = 5680 \text{ Kg.}$$

Redondeo a 5.7 Ton/columna

Utilizando las tablas de interacción del Instituto de Ingeniería de la UNAM para columnas.

---



$$f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f'c = 180 \text{ Kg/cm}^2, \text{ para columna de } 30 \times 30 \text{ cm y}$$

$$f^*y = 3200 \text{ KG/CM}^2$$

$$cv = 0.15$$

de  $30 \times 30 \text{ cm}$ ,  $d/t = 0.90$

Tenemos de las gráficas:

$q = 0.50$ ; lo que da un porcentaje de

$$p = \frac{q \times f'c}{f^*y} = 0.028 = 2.8\%$$

$$f^*y$$

Si armamos con 8  $\square 3/4$ " tenemos un área de  $22.8 \text{ cm}^2$  lo que da 2.5% de refuerzo, casi igual a 2.8%.

Estribos:

$$V = 2950 \text{ Kg}$$

$$Vc = 30 \times 27 \times 4.74 \text{ Kg/cm}^2 = 3839 \text{ Kg mayor que } 2950$$

Sin embargo se colocan E  $\square \square 3/8$ "  $\square \square 25 \text{ cm}$

En colindancias se dejará una separación de 5 cm

## VI.-Cimentación

La cimentación fue proporcionada por superficie, mediante una zapatas aisladas, obteniendo el área de contacto de tal manera que la presión máxima sobre el terreno no sea mayor de  $7 \text{ Ton/m}^2$ . A continuación se muestra el cálculo del esfuerzo en el terreno.

Suma de cargas

$$\text{Techumbre} = 2760 \text{ Kg}$$

Peso trabe

---



$$0.30 \times 0.40 \times 4.60 \times 2400 = 1300 \text{ Kg}$$

Peso columna

$$0.30 \times 0.30 \times 4.40 \times 2400 = 1700 \text{ Kg}$$

$$\text{TOTAL} = 5760 \text{ Kg}$$

Peso propio

$$\text{Dado } 0.50 \times 0.50 \times 0.75 \times 2400 = 450 \text{ Kg}$$

$$\text{Zapata } 1.50 \times 1.50 \times 0.25 \times 2400 = 1350 \text{ Kg}$$

**Peso total**

$$5760 + 450 + 1350 = 7560 \text{ Kg}$$

$$\text{Esfuerzo en el terreno } \underline{7.56} \text{ ton} = 1.08 \text{ ton/m}^2, < 7 \text{ ton/m}^2 \quad 7 \text{ ton}$$

## VII.-Estructuración

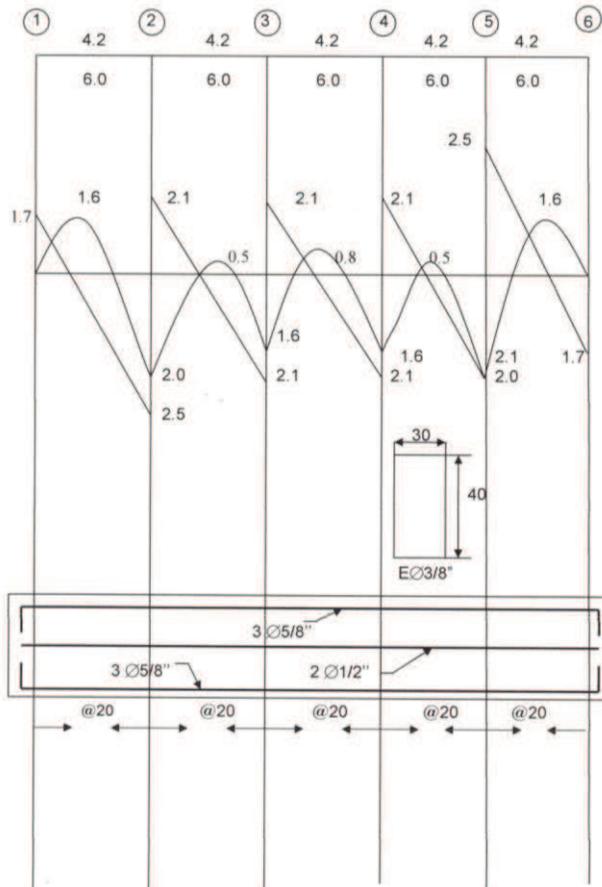
Para el cálculo de la estructura se utilizó el método elástico.

A continuación se muestra el cálculo de la trabe del eje A (2-7)



MEMORIA DE CÁLCULO PARA LA CONSTRUCCION DE LA NAVE PARA ESTACIONAMIENTO UBICADA EN LA CALLE DE NECAXA No.165 BIS. COL. PORTALES ,DELEGACION BENITO JUAREZ EN MEXICO D.F.

Para el cálculo de la estructura se utilizó el método elástico.  
A continuación se muestra el cálculo de la trabe del eje A(2-7)





---

### Anexo 3

## PROYECTO DE INSTALACIONES ELECTRICAS

### Memoria Descriptiva

De acuerdo con la norma NOM-001-SEDE y las normas y especificaciones de Luz y fuerza suministradora de la energía (ahora CFE) eléctrica y apoyada con el NATIONAL ELECTRIC CODE (MEC- 93) NATINAL FIRE PROTECTION ASSUTIATION, se ha diseñado un sistema en el que se consuela sana economía para tener una Instalación adecuada a las necesidades del estacionamiento.

#### *Suministro de energía eléctrica*

Esta será por Medio de un circuito Bifásico con baja tensión con un voltaje de 127 v. En un sistema de 1 fase 2 hilos y una secuencia de 60 hz.

#### *Equipo de medición*

La medición del consumo de energía eléctrica será por medio de contrato de sucursales el cual se llevara a cabo en la sucursal correspondiente.

#### *Sistema de tierra*

El sistema de tierra será a través de cable desnudo de cobre cal. # 8 Awg suave cable de fuerza a tierra (tierra física) conectado a un electrodo que deberá tener un valor máximo de 20 ohms en época de lluvia.

#### *Distribución de carga*

La distribución se área de la siguiente manera:

Para alumbrar y contacto a 127 v. 2H.

#### *Tablero de distribución*

Tablero: HQOD – 8 - de 8 circuitos 1 f; 2h, 127 V.C.A. con int. Principal de 3xJU A para el alumbrado y el contacto de la caja.

---



### *Alimentaciones generales*

Para este estacionamiento y de acuerdo con la HOM – 001-SEDE se establece utilizar cable de cobre tipo THHW – LS en canalizaciones.

### *Alumbrado y contactos de servicios*

Para el tablero de alumbrados y contactos se están considerando cargas continuas (alumbrados) y no continuas (contactos de servicio).

### *Memoria técnica de cálculo eléctrica*

#### Formulas generales

$$E = \frac{W}{V_{ff} \times 1.73 \times f.p.}$$

$$e\% = \frac{173 \times I_{xl} (1 \text{ cm}) \times Z}{VFT}$$



---

## Anexo 4

### Proyecto Instalaciones Hidrosanitarias

#### Memoria Descriptiva

Memoria de cálculo de las instalaciones pluviales de estacionamiento ubicadas (s) en calle:

Necaxa · 165 bis

Colonia Portales

Delegación: Benito Juárez

México D.F.A

#### *Drenaje pluvial:*

Las azoteas de la (s) Nave (s) serán desaguadas con coladeras del tipo indicado en los planos, de esta será recibidas por las bajadas pluviales, hasta conectarse con la línea principal dirigidas hasta el colector principal.

#### *Alcantarillado*

#### *Gasto pluvial:*

Determinación del coeficiente de escurrimiento aplicando los valores típicos de la tabla 3.11 del manual de hidráulica urbana, según el uso de suelo del predio, se tomo un coeficiente de escurrimiento para zonas residenciales, con valor mínimo de 0.50 y un máximo de 0.70 por lo tanto, el coeficiente de escurrimiento seleccionado es de 0.50.

#### Determinación de la tormenta de diseño:

Tomando como base el plano de isoyetas medidas calculadas para el DF. (FIG. 1.5) para la duración de lluvias de 30 min. Y un periodo de retorno 5 años, se deduce una lluvia de 34 mm. La cual se ajusto para la duración de 60 min. Y un periodo de retorno de 2 años se tiene:

---



$$\text{H.P. DISEÑO} = \text{H.P. BASE} * \text{FD} * \text{FRE}$$

$$\text{H.P. DISEÑO} = \underline{34 * 1.2 * .74} = 30.192 \text{ mm.}$$

Cálculo intensidad de lluvia:

$$I = \frac{\text{H.P. DISEÑO}}{\text{DURACIÓN}}$$

Para una duración de 60 Min., sustituyendo en esta expresión la altura de lluvia de diseño, se obtiene la intensidad de lluvia, que es:

$$I = \frac{30.192}{1 \text{ HORA}} = 30.192 \text{ mm/hr}$$

Cálculo del gasto pluvial:

$$Q = \frac{\text{CIA}}{3600} * 1000$$

$$Q = \frac{0.50 * 0.030192 * 300}{3600} * 1000 = 12.58 \text{ l.p.s.}$$

$$Q = 12.53 \text{ l.p.s.}$$

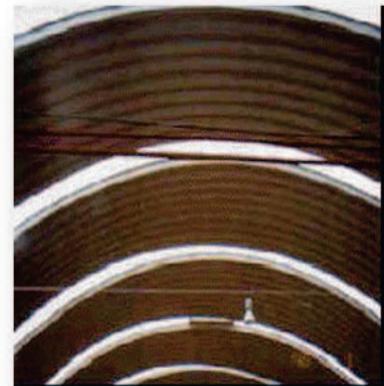
$$\text{Gasto pluvial} \quad 12.58 \quad \text{l.p.s.}$$



## Anexo 5

### Sistema Arcotecho

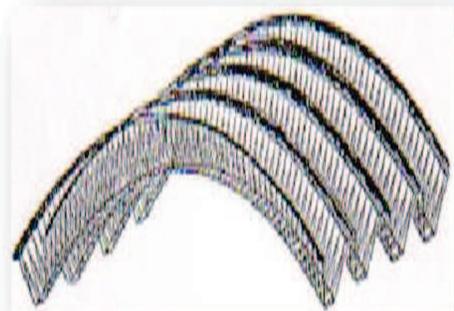
- Techos sin estructura
- Tipo de cubiertas
- Tipo membrana
- Tipo semicircular
- Aplicaciones
- Fijación de arco en estructura de concreto
- Detalle de bajante pluvial
- Detalle de cimentación (semicirculares)
- Reacciones en KM/M
- Flechas
- Regionalización eólica de la República Mexicana
- Longitud de arco para sistemas autotransportes
- Tabla de calibres
- Tabla de pesos teóricos x m<sup>2</sup>
- Zonas eólicas
- Tabla de velocidades regionales
- Cálculos
- Diseño
- Requerimientos



#### *Techo sin estructura*

Sistema constructivo a base de arcos modulares de una sola pieza, en lámina galvanizada o pintado aluminio, fabricados en el lugar a la medida de las necesidades

Los arcos son unidos entre si con una engargoladora eléctrica que garantiza su hermeticidad. Este sistema permite cubrir la nave sin ningún tipo de estructura adicional, teniendo así el 100% de área libre

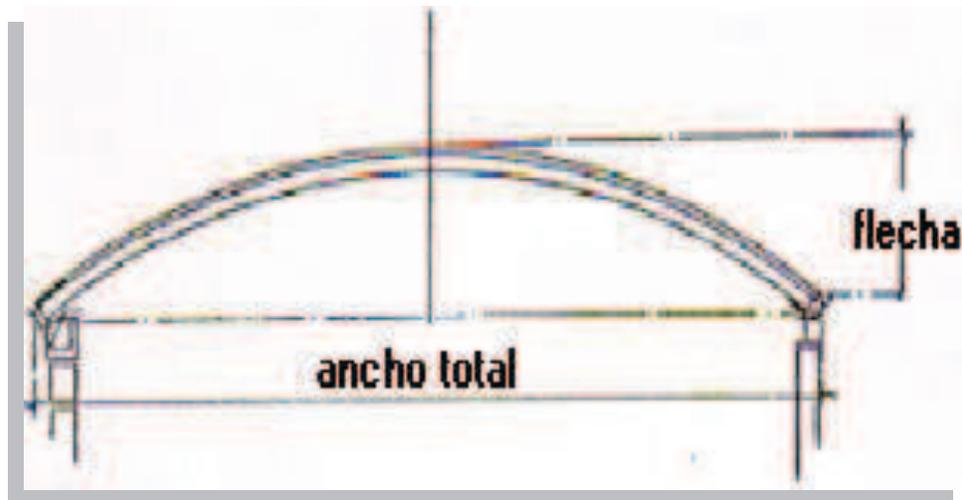




## Cubiertas

### *Tipo membrana:*

Este tipo es apoyado sobre muros y/o vigas actuando como soporte de la cubierta. Se fabrica con flechas del 20% al 35% en ancho total. Se recomienda utilizar flechas del 20% por ser más económicas, ya que la longitud de la curva será menor.



### *Tipo semicircular*

Son cubiertas que se desplantan del nivel del terreno sobre una trabe de cimentación corrida por lo que el arco actúa como muro y cubierta a la vez. Se pueden producir las cubiertas en flechas de 35 y 50% del ancho total de la cubierta.

Nota : El perfil recto (sin combar) es utilizado en los muros frontales sin utilizar polinería intermedia.



### **Características y ventajas**

Este sistema ofrece muchas ventajas sobre otros sistemas constructivos que hacen a las cubiertas autosoportantes, la manera más rápida y económica de cubrir claros hasta de 25 metros de ancho.

#### *Rapidez:*

Al fabricar en el sitio de la obra, se logra un rendimiento por jornada de 1,000 m<sup>2</sup> de la fabricación de arcos

#### *Economía:*

Se eliminan el uso de estructuras intermedias de apoyo, así como reducción en los costos de la mano de obra tiempo de ejecución, alquiler de andamios y su mantenimiento será mínimo

#### *Sencillez:*

Se evitan los planos de diseño de estructuras supervisión elementos adicionales, así como el uso de andamios. Al tener una hermeticidad del 100% evitara la entrada de agua que otros sistemas al perforar la lámina de acero.

#### *Estética:*

Son cubiertas totalmente limpias lo que permite al diseñado lograr formas innovadoras, poniendo como limite su creatividad



---

*Espacio:*

Al no contar con estructuras de apoyo, usted cuenta con el 100 % del área libre

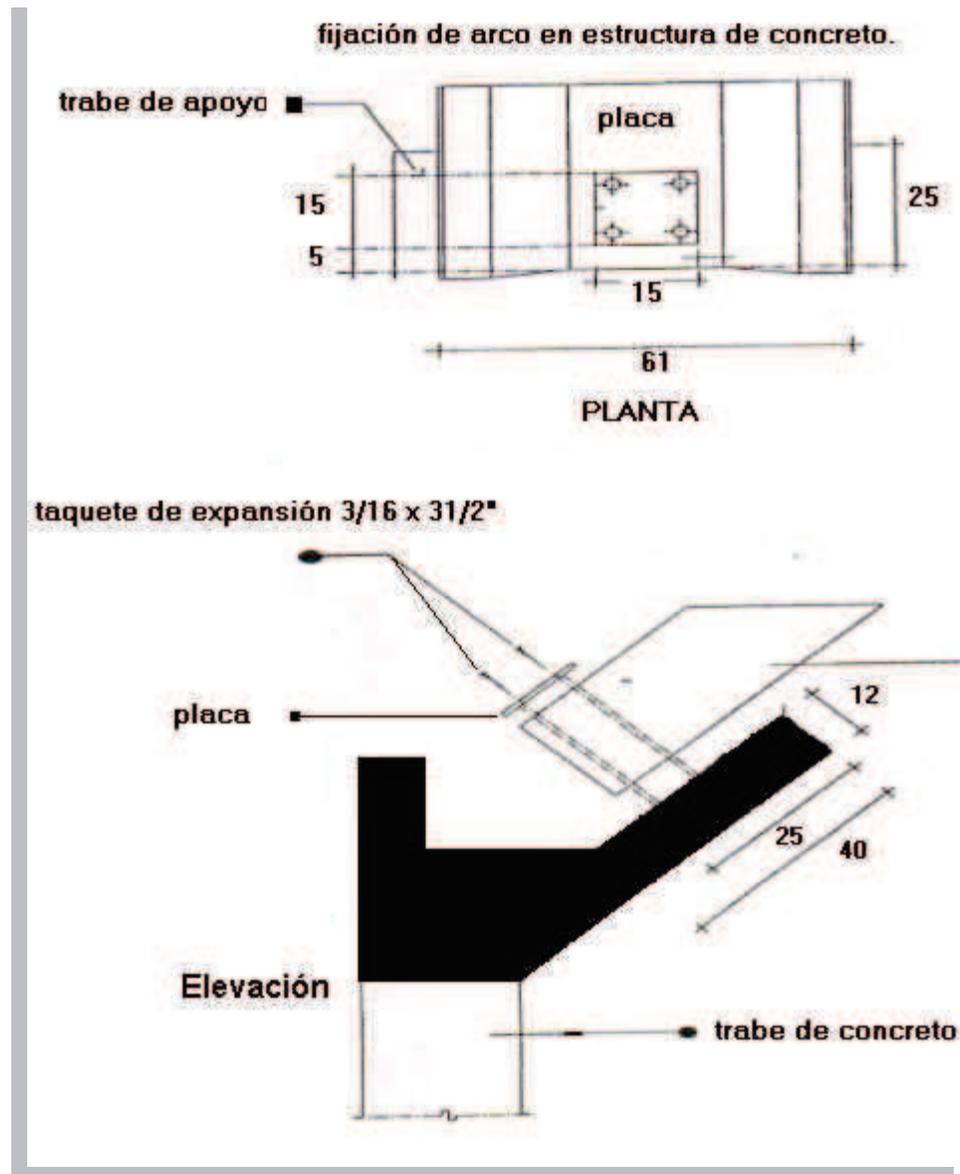
*Aplicaciones*

Tiene una gran variedad de usos, lo cual permite que sea un sistema , tanto para el ramo industrial, comercial, urbano, servicios o de entretenimiento Bodegas, almacenes de grano y fruta, almacenes de materias primas, hangares talleres, maquinadoras, industrias en general, patio de carga, andenes, gimnasios estadios, escuelas, auditorios, centros recreativos, hospitales, albergues, metro estacionamientos , estaciones de autobuses, discotecas, bares, aeropuertos agencias de autos, expos, tiendas de auto servicios , centros comerciales etc.

---



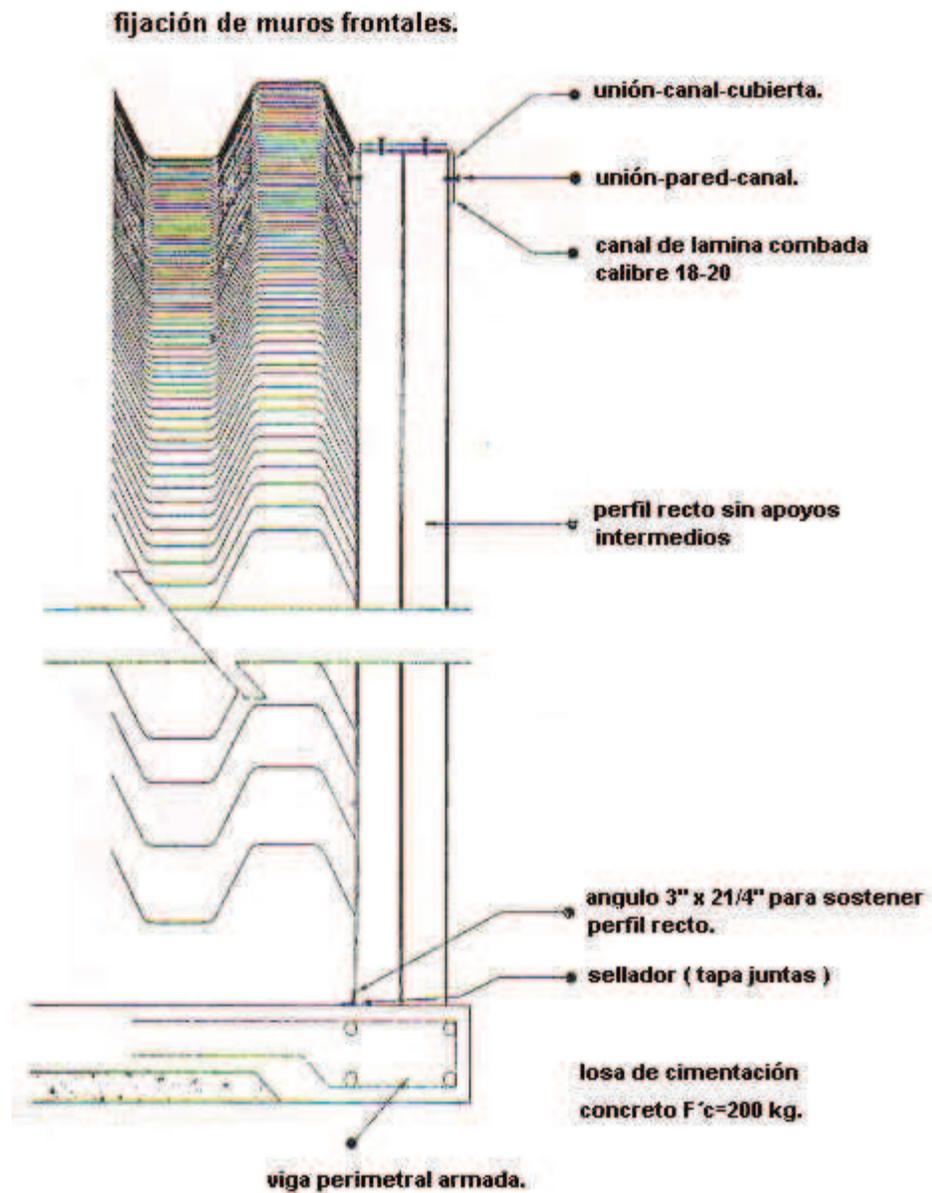
Fijación de arco en estructura de concreto.





## Trabe de apoyo

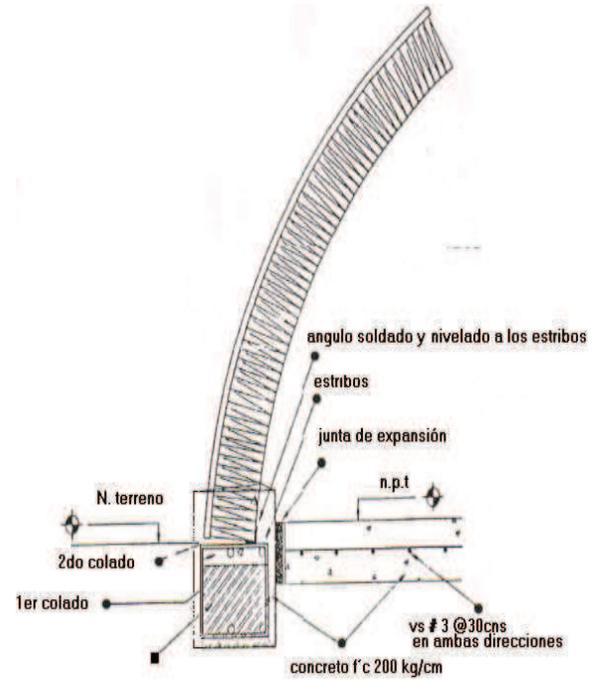
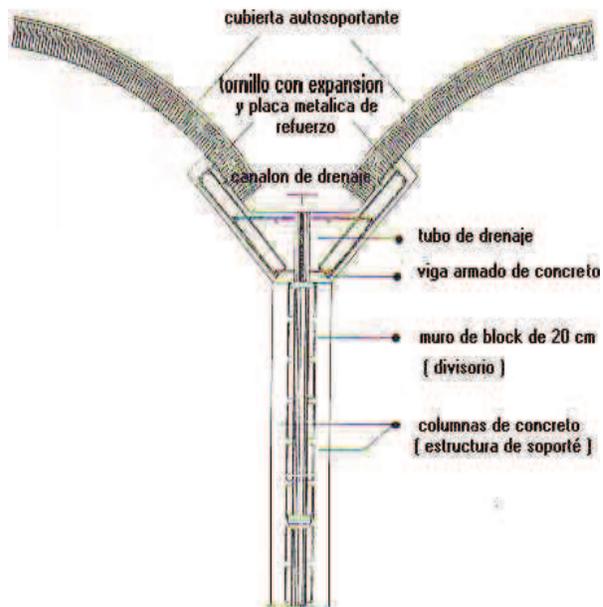
### *Fijación De Muros Frontales*



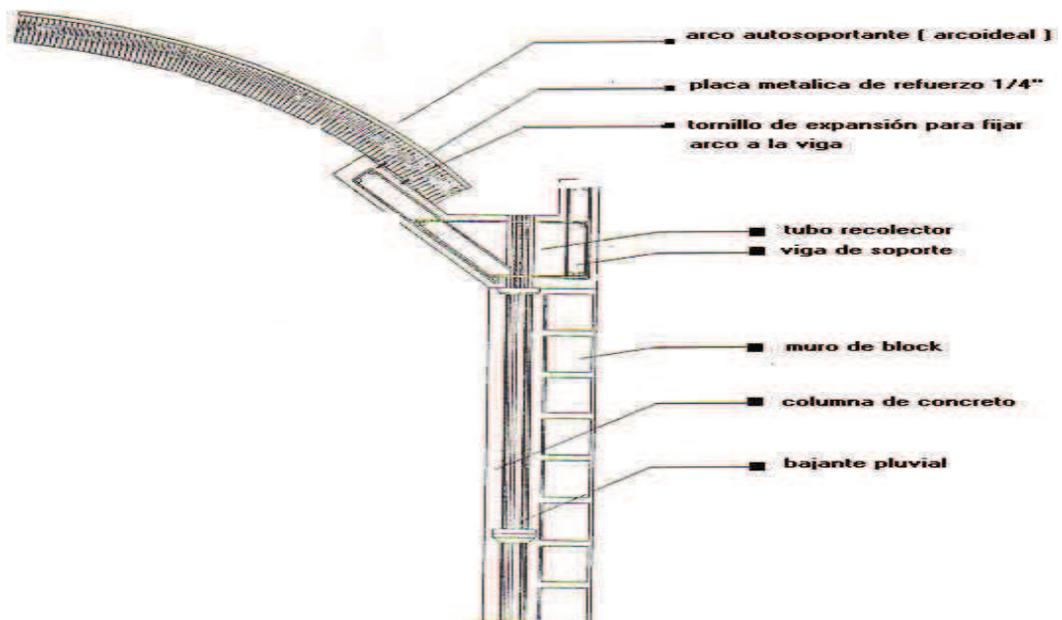


## Detalle de bajante pluvial

detalle de bajante pluvial



nota : colar un día antes de la instalación del arco



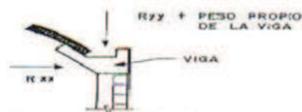


Detalle de cimentación

Reacciones en KM / M				
Claro ( mts )	Carga de viento km / m	Peso propio de Lamina + 40 km / m	Viento trasversal	Viento longitudinal
		Rxx, Ryy	- Rxx, - Ryy	- Rxx, - Ryy
20	100	501	100	105
20	120	588	-169	-298
20	140	620	-263	-436
20	160	617	-378	-605
25	100	608	-133	-247
25	120	810	-178	-340
25	140	810	-306	-525
25	160	812	-450	-737
30	100	980	- 87	-224
30	120	979	-214	-410
30	140	1040	-303	-566
30	160	1040	-478	-821
35	100	1218	- 26	-186
35	120	1292	-103	-332
35	140	1292	-303	-566
35	160	1292	-487	-892

Notas:

Todos los valores son considerado una flecha del 20% Los valores negativos (-) indican succión de la lámina y viga El sistema de apoyo está considerado articulado.



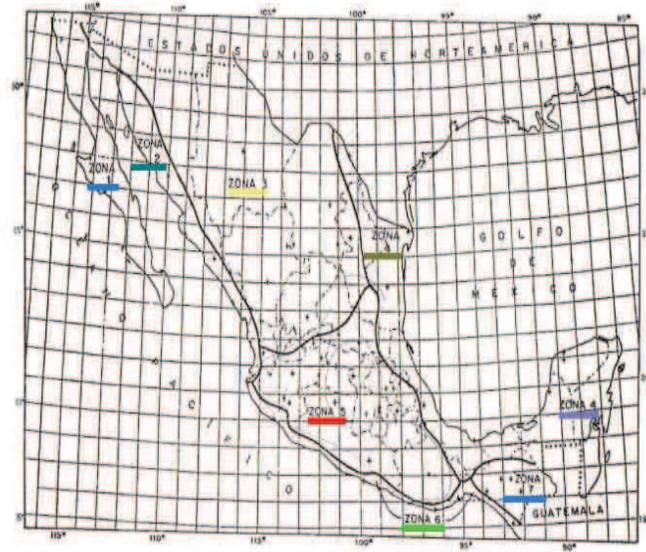
Representación de la carga cuando actúa el peso propio de la lámina + carga viva de 40 kg/m2 ( valores positivos que se indican )



Representación de la carga cuando actúa viento trasversal o viento longitudinal ( valores negativos que se indican )



*Regionalización eólica de la República Mexicana*



**Calculo de calibres de lámina grado "c"**

Vel. Viento: 115  
KM/H, Zona eólica  
3, % de la flecha  
respecto al claro,

Altiplano norte

CLARO (mts)	20%	35%	50%
14	24	24N	22
15	24	24N	22
16	24N	22	22
17	24N	22	20
18	24N	22	20
19	24N	22	20
20	24N	22	20
21	24N	22	20
22	24N	22	18
23	22	20	18
24	22	20	18
25	22	20	18
26	22	20	16
27	22	20	16
28	22	18	16
29	22	18	16
30	22	18	16
31	22	18	16
32	20	18	-
33	20	18	-
34	20	16	-
35	20	16	-
36	18	16	-

Altiplano norte

CLARO (mts)	20%	35%	50%
14	22	22	18
15	22	20	18
16	22	20	18
17	22	20	18
18	22	20	16
19	22	18	16
20	20	18	16
21	20	18	16
22	20	18	-
23	20	18	-
24	20	16	-
25	18	16	-
26	18	16	-
27	18	16	-
28	18	-	-
29	18	-	-
30	16	-	-
31	16	-	-
32	-	-	-
33	-	-	-
34	-	-	-
35	-	-	-
36	-	-	-

Vel. Viento:  
160 KM/H,  
Zona eólica  
4, % de la  
flecha  
respecto al  
claro, Costa  
del golfo y  
península de  
Yucatán

Pacifico Norte



Calculo de calibres de lámina grado "C"

Vel. Viento:  
80 KM/H,  
Zona eólica  
5 y7, % de la  
flecha  
respecto al  
claro,

CLARO (mts)	20%	35%	50%
14	24	24N	22
15	24	24N	22
16	24	24N	22
17	24	24N	22
18	24	24N	22
19	24N	22	22
20	24N	22	20
21	24N	22	20
22	24N	22	20
23	24N	22	20
24	24N	22	18
25	24N	22	18
26	24N	22	18
27	22	20	18
28	22	20	18
29	22	20	18
30	22	20	16
31	22	20	16
32	22	20	16
33	22	18	16
34	22	18	16
35	22	18	16
36	20	18	16

ALTIPLANO SUR-CHIAPAS

CLARO (mts)	20%	35%	50%
14	22	20	18
15	22	18	16
16	20	18	16
17	20	18	16
18	20	18	16
19	20	16	-
20	20	16	-
21	18	16	-
22	18	16	-
23	18	-	-
24	18	-	-
25	18	-	-
26	16	-	-
27	16	-	-
28	16	-	-
29	-	-	-
30	-	-	-
31	-	-	-
32	-	-	-
33	-	-	-
34	-	-	-
35	-	-	-
36	-	-	-

ALTIPLANO NORTE

Vel. Viento:  
150 KM/H,  
Zona eólica 6  
% de la flecha  
respecto al  
claro,

Zonas eólicas

Zona 1 Península de Baja California ,estado de Baja California Norte y Sur

Zona 2 Pacifico Norte : Oeste de Sonora , gran parte de Sinaloa y la Costa de Nayarit

Zona 3 Altiplano Norte : Este de Sonora y Sinaloa, Chihuahua, la mayor parte de Coahuila Sur y Oeste de Nuevo León, Durango casi la totalidad de Zacatecas y porciones norte de los Estados Nayarit, Jalisco, Aguascalientes y San Luis Potosí

Zona 4



Costa del Golfo y Península de Yucatán : Porciones norte y este de Coahuila y Nuevo León, gran parte de Tamaulipas y Veracruz, los estados de Tabasco, Campeche,

Yucatán y Quintana Roo y porciones pequeñas de San Luis Potosí, Hidalgo, Oaxaca y Chiapas.

Zona 5 Altiplano Sur: Abarca los estados de Guanajuato , Querétaro, Tlaxcala, Morelos , Estado de México, Hidalgo, Puebla y el Distrito Federal., porciones importantes de Jalisco, Aguascalientes, San Luis Potosí, Oaxaca, Guerrero y Michoacán y partes pequeñas de Nayarit, Colima Zacatecas, Tamaulipas y Veracruz

Zona 6 Pacifico Sur : Costa de Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas

Zona 7 Chiapas: Gran parte del estado de Chiapas, excepción hecha de su costa.

Tabla velocidades regionales

<b>ZONA EÓLICA</b>	<b>VELOCIDAD REGIONAL KM/HORA ESTRUCTURAS GRUPO B ( TR=50 AÑOS )</b>
1	90 km/hora
2	125 km/hora
3	115 km/hora
4	160 km/hora
5	80 km/hora
6	150 km/hora
7	80 km/hora

Fuente: Manual de diseño de obras civiles, diseño por viento CFE



### Longitud de arco para sistemas autosportantes

Claro Flecha %  
al claro del arco,  
(mts)

mts	20	25	30	35	40	45	50
14	15.45	16.23	17.15	18.20	19.36	20.63	21.99
15	16.55	17.38	18.37	19.50	20.74	22.10	23.56
16	17.65	18.54	19.60	20.80	22.13	23.58	25.13
17	18.76	19.70	20.82	22.10	23.51	25.05	26.70
18	19.86	20.86	22.05	23.40	24.89	26.52	28.27
19	20.96	22.02	23.27	24.69	26.28	28.00	29.84
20	22.07	23.18	24.49	26.00	27.66	29.47	31.41
21	23.17	24.34	25.72	27.29	29.04	30.94	32.98
22	24.27	25.50	26.94	28.59	30.43	32.42	34.55
23	25.38	26.65	28.17	29.89	31.81	33.89	36.12
24	26.48	27.81	29.39	31.19	33.19	35.36	37.69
25	27.58	28.97	30.62	32.49	34.57	36.84	39.26
26	28.69	30.13	31.84	33.79	35.96	38.31	40.83
27	29.79	31.29	33.07	35.09	37.34	39.78	42.40
28	30.89	32.45	34.29	36.39	38.72	41.26	43.97
29	31.99	33.61	35.52	37.69	40.11	42.73	45.54
30	33.10	34.77	36.74	38.99	41.49	44.20	47.12
31	34.20	35.93	37.97	40.29	42.87	45.68	48.69
32	35.30	37.08	39.19	41.59	44.25	47.15	50.26
33	36.41	38.24	40.42	42.89	45.64	48.63	51.83
34	37.51	39.40	41.64	44.19	47.02	50.10	53.40
35	38.61	40.56	42.87	45.49	48.40	51.57	54.97

Tabla de calibres  
kilos x metro  
lineal

CALIBRE	ESPESOR	kg/ml (3ft)
16	0.0613	11.155
18	0.0493	8.997
20	0.0374	6.797
22	0.0314	5.703
24	0.0224	4.892
25	0.0221	4.062
26	0.0194	3.515

Tabla de pesos  
teóricos x M2

CALIBRE	plug	m.m.	kg/m2
16	0.06	1.52	11.91
18	0.048	1.22	9.52
20	0.036	0.91	7.15
22	0.03	0.76	5.96
24	0.024	0.61	4.76
25	0.021	0.53	4.16
26	0.018	0.46	3.57

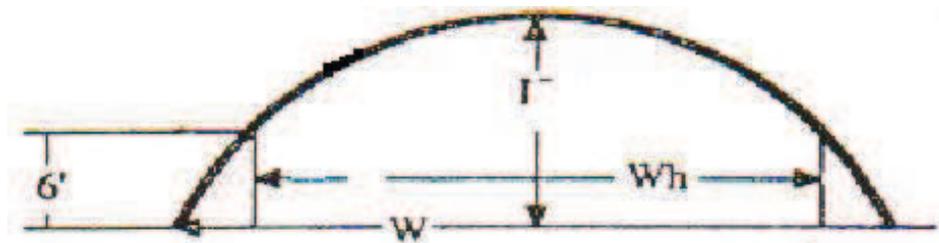


## Diseño

Que es necesario para diseñar una cubierta.

- A Tipo de cubierta.
- B Dimensiones
- C Ubicación física
- D Localización de la construcción.

Datos que deberá tomar en cuenta:



- Claro  $W$  : Ancho total del edificio a cubrir.
- Flecha  $H$  : Altura máxima de la cubierta ( al centro del claro )
- Longitud : Largo total del edificio o espacio a cubrir.  
( Solo para cubiertas semicirculares )
- Espacio útil  $WH$  : Se considera para que una persona de 1.80 mts transite con libertad:
- Membrana: (Desplantada sobre vigas y/o muros es necesario un canalón
- Semicircular: (Desplantada sobre una trabe en el suelo )
- Tipo de cubiertas:  
  
En el mapa podrá usted localizar la región que le corresponde, para fines del diseño de vientos regionalización eólica  
Con este dato usted podrá determinar la velocidad del viento a la

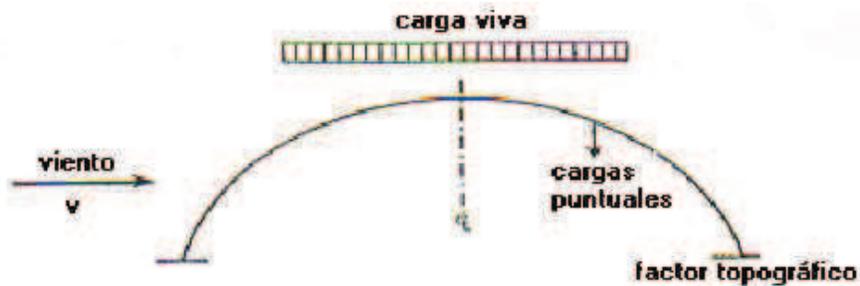


Carga de viento : Se obtiene a partir de la velocidad regional de viento de acuerdo a la zona eólica y el factor topográfico:

Carga muerta : Se considera la carga ejercida por el peso de la lámina:

Cargas concentradas : Son aquellas cargas ejercidas en un punto específico del arco ubicados con respecto al centro de la Luminarias, abanicos, ventiladores ect: cubierta:

región eólica que corresponde y determinar el calibre de la lámina requerido:



## Cálculos

### Información

Tipo de cubierta	Membrana
Claro W	25 mts
Longitud	48.mts
Ubicación	Cuernavaca , Morelos
Región Eólica	zona 5
Ubicación física	Industria
Cargas concentradas	no tiene

- A) Se recomienda flecha del 20% por ser más económica
- Flecha  $= (\text{claro del área a cubrir}) \times (\% \text{ de flecha})$   
 $= 25 \text{ mts} \times 0.20$   
 $= 5 \text{ mts de flecha ( altura )}$



- B) calibre de la lámina  
Para obtener el calibre de la lámina se consulta en la tabla correspondiente a la zona Eólica que corresponde Zona 5 24N calibre
- C) Longitud del arco  
Para obtener la longitud del arco se consulta en la tabla correspondiente  
Longitud de arco para sistemas auto portantes  
claro 25 mts = 20% mts  
largo del arco = 27.58 mts
- D) Calculo de arco  
Para obtener la cantidad de arco para cubrirán la edificación Se divide la longitud total del edificio entre lo ancho del perfil  
 $0.609 \text{ mts (24") } 48 \text{ mts} / 0.609 \text{ mts} = 78.81$   
Total de arcos : 79 piezas
- E) Calculo de peso por arco  
Para obtener el peso del arco se multiplica el peso por metro lineal del calibre obtenido , por la longitud total de arco  
peso calibre 24N, 3 ft = 4.892  
Peso del arco:=  $4.882 \text{ kg/ml} \times 27.58 \text{ ml} = 134.6 \text{ kgs}$
- F) Calculo peso total de la cubierta  
Para obtener el peso total de la cubierta se multiplica el peso del arco X el total de arco necesarios  
 $134.6 \text{ kg} \times 79 \text{ piezas} = 10.344.6 \text{ kgs}$   
El peso de su cubierta será de 10,344 kgs

## REQUERIMIENTOS

1.- Al fabricar su cubierta en el lugar es necesario:

- 1.-) Área para la entrada de un tráiler que transportara la maquina
- 2.-) Área libre para la fabricación de su cubierta
- 3.-) Procurar que el área sea segura, a fin de evitar daños a la maquinaria
- 4.-) Área libre para almacenar los arco fabricados, evitando golpes y que se pueda maniobrar a la hora de formar los arcos
- 5.-) Área de maniobras de grúa para el montaje de arcos