



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ACATLÁN**

**“DISEÑO, COSTO Y CONSTRUCCIÓN DE TECHUMBRE
BAJO EL SISTEMA ARCOTECHO TIPO MEMBRANA”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

I N G E N I E R O C I V I L

P R E S E N T A

CARLOS GABRIEL PADILLA MEJÍA

ASESOR: ING. MANUEL GÓMEZ GUTIÉRREZ

Septiembre 2009



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

A mis padres,
porque han sido un ejemplo a seguir y me han apoyado en todos mis proyectos, gracias por sus palabras de aliento, regaños y consejos, pero en especial por todo su cariño. Este logro también es suyo.

A mis hermanas,
por todo lo que hemos compartido, les agradezco estar siempre a mi lado; las admiro por sus logros y aspiraciones, las cuales deseo que en base a su empeño y dedicación, se realicen.

A mis hermanos, Fer, Edgar y Fercho
por su amistad incondicional.

A Dolores,
Por tu amistad, tu apoyo, tus buenos deseos pero más aún por hacer especial mi paso por la FES Acatlán. Ojala que cumplas todas tus metas.

Al Ing. Manuel Gómez,
por su ayuda en la realización de este trabajo y por el apoyo en el ámbito laboral.

Al COMECyT
por el apoyo económico que me otorgo.

A la Universidad Nacional Autónoma de México,
no hay palabras para expresar el orgullo que siento de pertenecer a esta institución, que desde el bachillerato, durante mi preparación profesional y hasta el día de hoy, me llena de satisfacción el ser universitario

A la FES Acatlán

ÍNDICE

Índice	<i>i</i>
---------------	-----------------

Introducción	<i>iv</i>
---------------------	------------------

Capítulo I. Descripción y características del sistema de cubierta auto soportada “arcotecho”.	1
--	----------

Objetivo: Describir de forma general este sistema y en que consiste, así como marcar los lineamientos que se deben tomar en cuenta para diseñar una cubierta de este tipo.

Introducción	1
I.1 Arco	1
I.2 Elementos que componen un arco	2
I.3 Nomenclatura	2
I.4 Arcos en ingeniería	3
I.5 Cubiertas	5
I.5.1 Tipo membrana	5
I.5.2 Tipo semicircular	6
I.5.3 Techos planos	7
I.6 Características y ventajas	7
I.6.1 Rapidez	7
I.6.2 Economía	8
I.6.3 Sencillez	8
I.6.4 Estética	8
I.6.5 Espacio	8
I.7 Aplicaciones	9
I.8 Sistema de cubierta auto soportante.	10
I.8.1 Formas básicas de la sección	10
I.8.2 Propiedades de la sección	10
I.8.2.1 Tipos de lámina utilizadas en la fabricación de los módulos	11
I.8.3 Propiedades Generales.	13

Capítulo II. Diseño de la obra	14
---------------------------------------	-----------

Objetivo: Ejemplificar mediante un caso real el diseño de la obra en general, desde sus cimientos, estructura y cubierta fundamentados en los parámetros marcados por los reglamentos de construcción.

Introducción o generalidades.	14
II.1 Información preliminar	14
II.2 Datos a considerar	15
II.3 Requerimientos generales.	16
II.4 Datos generales de la obra	16
II.5 Cálculos	16
II.5.1 Carga vertical	16
II.5.1.1 Carga Muerta	16
II.5.1.2 Carga Viva	18
II.5.1.3 Carga Viva instantánea	18

II.5.2	Diseño por viento	19
II.5.2.1	Viento en dirección “y”	21
	• presiones interiores	
II.5.2.2	Viento en dirección “x”	23
	• presiones interiores	
II.5.3	Diseño por sismo	25
II.5.4	Análisis del marco. Identificación de elementos mecánicos	29
II.5.5	Vigas. Determinación de secciones	30
II.5.6	Columnas. Determinación de secciones	31
II.5.7	Diseño de placas base	40
II.5.8	Diseño de la cimentación	42

Capítulo III. Análisis de costos. 50

Objetivo: Definir las actividades (catalogo de conceptos), tiempos de ejecución y todos los factores que intervienen en la realización de una propuesta económica así como dar a conocer el monto total de la obra. Comparar de forma general la inversión de construir bajo este sistema contra el empleo de otro sistema de cubierta.

III.1	Generalidades	50
III.2	Catalogo de conceptos	51
III.3	Ruta Crítica (CPM)	53
III.3.1	Definición del proyecto	53
III.3.2	Lista de actividades, matriz de secuencia	54
III.3.3	Matriz de tiempos	54
III.3.4	Matriz general	57
III.3.5	Ruta de actividades (Ruta Crítica)	58
III.3.6	Holguras	58
III.4	Barras o diagrama de Gantt	61
III.5	Presupuesto	61
III.6	Comparativa	66

Capítulo IV. Proceso constructivo 71

Describir cada una de las actividades efectuadas, sus peculiaridades o casos particulares y recomendaciones que cada una manifiesta conforme se lleva a cabo el proyecto.

IV.1	Generalidades	71
IV.2	Preliminares	71
IV.2.1	Trazo y nivelación	71
IV.2.2	Desmontaje de casetas	72
IV.3	Cimentación	73
IV.3.1	Demolición de piso de concreto simple	73
IV.3.2	Excavación de cepas	73
IV.3.3	Plantilla de concreto	75
IV.3.4	Habilitado de acero	75
IV.3.5	Cimbra	76
IV.3.6	Concreto hecho en obra para cimentación	77
IV.3.7	Relleno de cepas	77
IV.3.8	Reposición de piso de concreto	78

IV.4	Estructura metálica y techumbre	78
IV.4.1	Anclas para conexión cimentación – estructura	78
IV.4.2	Acero estructural	79
IV.4.3	Cubierta auto soportante	82
IV.4.4	Colocación de lámina acrílica	87
IV.4.5	Remate lateral	88
IV.4.6	Faldones	88
IV.4.7	Bajadas de agua pluvial	89
IV.5	Limpieza	89
Conclusiones		90
Fuentes de información		91

INTRODUCCIÓN

Dada la necesidad de la sociedad de contar con espacios amplios y seguros para realizar diversas actividades cotidianas tanto de carácter laboral, de educación, de entretenimiento e incluso habitacional, los ingenieros nos vemos en la obligación de satisfacer estas demandas.

Estas construcciones deben ser confiables, evitar cualquier tipo de accidentes garantizando así la seguridad tanto de los usuarios como de la inversión realizada en la su construcción; diseñándola de tal forma que resista cualquier fenómeno natural que pueda presentarse.

En las construcciones modernas es de gran importancia el costo y la rapidez de edificación, en algunos casos el dueño de la construcción quiere hacer uso de sus nuevas instalaciones lo antes posible pues esto puede representar pérdidas o ganancias. El costo y la rapidez son conceptos que siempre van de la mano en cualquier tipo de construcción.

Otro objetivo es el proveer un espacio que sea estético, agradable a la vista y confortable aunque no sea un diseño arquitectónico elaborado o que incluso se prescindiera de él.

Por lo anterior, presento este trabajo, "diseño, costo y construcción de techumbre bajo el sistema arcotecho tipo membrana", en el se expone el arcotecho y sus ventajas (estético, económico, rápido, entre otras), y que potencialmente puede representar una mejor opción sobre otros tipo de cubierta.

En el primer capítulo, se describe al arco comenzando con su forma geométrica e identificación de sus elementos, pasando por su utilización como elemento estructural a lo largo de los años (como elemento principal en acueductos o delimitar la entrada de ciudades o pueblos), se menciona uso en la ingeniería y arquitectura; hasta llegar a su aplicación en este sistema constructivo, como cubierta auto soportante, e incluso las características y propiedades mas importantes tanto del material del que se forma como de la sección dada al mismo. .

En segundo capítulo marca los lineamientos, consideraciones y reglamentos a tomar en cuenta al diseñar una cubierta auto soportante, desde la determinación de cargas de diseño (carga muerta, carga viva, carga viva instantánea), siguiendo por los lineamientos del diseño por viento en ambos ejes ortogonales y de igual forma para el diseño por sismo. Se diseña paso a paso los elementos estructurales como lo son vigas, columnas, placas de base y zapatas.

En el tercer capítulo, tomamos los resultados arrojados en el diseño para formular un presupuesto a base de precios unitarios y volúmenes de obra, así como un listado de actividades y la determinación de la matriz de secuencia, matriz de tiempo y por último la matriz general, en la que nos apoyamos para el trazo de la ruta crítica del proyecto y la obtención de las holguras correspondientes a cada actividad. Así mismo se incluye una comparativa en el costo de construir bajo este proceso constructivo contra otro sistema de cubierta en el que se emplean armaduras bajo la cubierta para soportar la misma.

Y por último, en el cuarto capítulo, se describe el proceso constructivo de este sistema, paso a paso desde las obras preliminares, pasando por el trazo y nivelación del predio, siguiendo con la cimentación de la misma, el montaje del "esqueleto" de la cubierta que está conformado por columnas, traveses y vigas canalón, para culminar con la colocación de la cubierta desde su preparación, rolado y montaje.

CAPÍTULO I. DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA ARCOTECHO

Objetivo: Describir de forma general este sistema y en que consiste, así como marcar los lineamientos que se deben tomar en cuenta para diseñar una cubierta de este tipo.

Introducción

Para comenzar este trabajo se expondrá la forma geométrica que presenta este proceso constructivo solo con el propósito de abarcar cualquier aspecto tanto estético, funcional, constructivo y económico.

I.1 ARCO

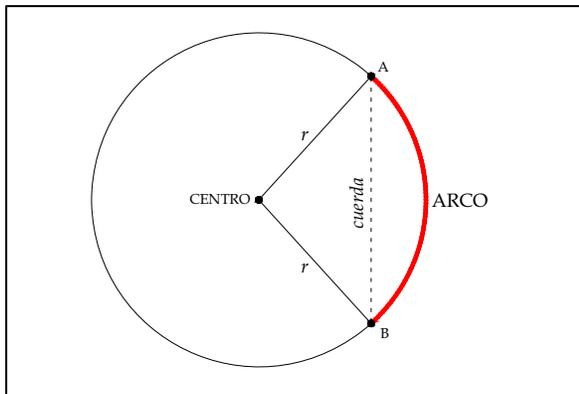


Fig. I.1 Arco de una circunferencia

En geometría, un arco es cualquier curva continua que une dos puntos. También, se denomina arco a un segmento de circunferencia, sin importar su longitud. Un arco de circunferencia queda definido por tres puntos, o dos puntos extremos y el radio comúnmente aunque también puede ser sustituido el radio por su cuerda.

El arco ya como elemento estructural y constructivo ha sido muy recurrido a lo largo de la historia.



Fig. I.2 El Arco del Triunfo, Paris

La palabra arco proviene del latín "arcus" y es el elemento constructivo "lineal" de forma curvada, que cubre el espacio o claro entre dos pilares, columnas o muros. Está compuesto por piezas llamadas dovelas dispuestas comúnmente en forma radial, las cuales no se presentan en el proceso constructivo que se expone pero que originalmente eran usadas cuando se utilizaba el arco como elemento estructural; aun así, al igual que la definición original del arco, el arcothecho puede adoptar formas curvas diversas. Es muy útil para obtener claros relativamente grandes o amplios.

Estructuralmente un arco funciona como un conjunto que transmite las cargas, ya sean propias o provenientes de otros elementos, hacia los muros o pilares que lo soportan, -en este caso lo transmite hacia el canalón y las vigas-. Por su propia forma, la lámina o módulos están sometidos a esfuerzos de compresión, fundamentalmente, pero transmiten empujes horizontales en los puntos de apoyo, hacia el exterior, de forma que tiende a provocar la separación de éstos. Para contrarrestar estas acciones se suelen adosar otros arcos para equilibrarlos, muros de suficiente masa en los

extremos, o un sistema de arriostramiento mediante contrafuertes o arbotantes. En el arco algunas veces se utilizan tirantes metálicos o de madera, para sujetar las dovelas inferiores.

También se llama así a las estructuras construidas actualmente con forma arqueada, aunque sean de una sola pieza, y que, en sus apoyos, funcionan del mismo modo que los construidos con dovelas.

Una bóveda se genera mediante adición de arcos iguales, adecuadamente confinados entre si, para obtener un elemento constructivo "superficial"; si los arcos son de medio punto la superficie será semicilíndrica.

Una cúpula se construye mediante conjunción de arcos iguales que se apoyan en una circunferencia; si los arcos son de medio punto la superficie será semiesférica.

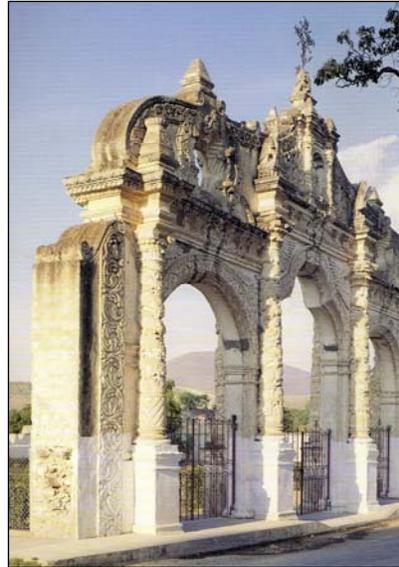


Fig. I.3 Arcada Real. Quecholac, Puebla

I.2 ELEMENTOS QUE COMPONEN UN ARCO

Cabe mencionar que los elementos descritos a continuación están referidos principalmente a arcos de piedra.

Las "*dovelas*" son piezas en forma de cuña que componen el arco y se caracterizan por su disposición radial. La dovela del centro, que cierra el arco, se llama "*clave*". Las dovelas de los extremos y que reciben el peso, se llaman "*salmer*" (es la primera dovela del arranque). La parte interior de una dovela se llama "*intrados*" y el lomo que no se ve por estar dentro de la construcción, "*extrados*". El despiece de dovelas es la manera como están dispuestas las dovelas en relación con su centro. Cuando las dovelas siguen los radios de un mismo centro se llama arco radial aunque ese centro no siempre coincida con el centro del arco. Cuando las dovelas se colocan horizontales hasta cierta altura se llama arco enjarjado.

"*Imposta*" es una moldura o saledizo sobre la cual se asienta un arco o una bóveda. A veces transcurre horizontalmente por la fachada o los muros del edificio, separando las diferentes plantas.

I.3 NOMENCLATURA

A continuación mencionan los elementos presentes en un arco, siendo estos los que más nos interesa conocer; así como un esquema donde se señalan estos elementos:

- **Centro.** Puede estar por encima o por debajo de la imposta. Puede haber más de un centro.
- **Flecha.** Altura del arco que se mide desde la línea en que arranca hasta la clave.
- **Claro.** Anchura de un arco.
- **Esbeltez.** Relación entre la flecha y el claro. Se expresa generalmente como fracción (1/2, 1/4, etc.)

Esquema de un arco:

1. Clave
2. Dovela
3. Extradós
4. Imposta
5. Intradós
6. Riñón
7. Flecha
8. Claro
9. Contrafuerte
10. Salmer
11. Vértice

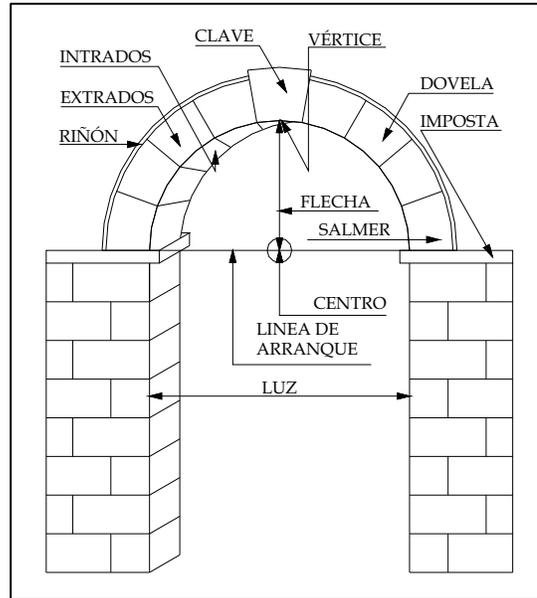


Fig. I.4 Partes de un arco como elemento estructural

I.4 ARCOS EN INGENIERÍA



Fig. I.5 Acueducto a base de arcos.
Segovia, España

Actualmente se hace una distinción entre la arquitectura y la ingeniería, lo que es algo completamente moderno.

Los antiguos constructores eran llamados siempre Arquitectos (del griego Archi - tecton, "Más-que-constructor" o "Más-que-albañil") y eso eran los que diseñaron el Acueducto de Segovia, que ahora sería considerado como una obra de Ingeniería.

La complejidad de conocimientos y técnicas constructivas, que ha ido creciendo con el tiempo, ha hecho necesaria la especialización. De este modo, los arcos que se incluyen en grandes obras, como los puentes, se consideran arcos de ingeniería e incluso en ciertas obras, tradicionalmente arquitectónicas -como en algunos

estadios-, en los que es necesario cubrir grandes claros en los arcos, hace necesario aportar soluciones, tanto de arquitectura, como de ingeniería.



Fig. I.6 Puente sobre el río Tordera, al este de Barcelona

Una vez expuesta la forma geométrica y el uso del arco como elemento estructural, se describirán las características generales y particulares del arcotecho que es el tema central de este trabajo.

El sistema de *techos auto soportantes* (arcotecho), constituye una excelente alternativa moderna dentro del mundo de la construcción. Basado en el principio de que el elemento de cubierta ha de funcionar a la vez como elemento resistente, los arcos realizan la doble función de actuar como viga y como cubierta a la vez.

Los techos auto soportados, plantean una serie de innovaciones para países con alta sismicidad como el nuestro. Se adaptan a cualquier tipo de construcción convencional, no requiere de apoyos intermedios, lo que se traduce en mejor aprovechamiento de espacio, poca mano de obra, rapidez de colocación y menor costo.

El transporte no es una limitación para su longitud, ya que la maquinaria necesaria para su fabricación es llevada hasta el lugar de la obra para conformar ahí el acero del largo deseado, por tanto, este es un sistema constructivo a base de arcos modulares de una sola pieza, en lámina galvanizada o pintada, siendo este último el mas utilizado por su mejor aspecto.

Los arcos son unidos entre sí con una engargoladora eléctrica que garantiza su hermeticidad y así evitar filtraciones de agua hacia el interior del arco. Este sistema permite cubrir un espacio cualquiera sin ningún tipo de elementos estructurales adicionales, dándonos la posibilidad de dar uso a toda la superficie cubierta sin ningún tipo de obstáculo, con la única restricción del claro máximo que puede ser cubierto bajo este sistema; aun así, el espacio “desperdiciado” por columnas intermedias no es lo suficiente como para limitar su funcionalidad.



Fig. I.7 Arcotecho

I.5 CUBIERTAS

I.5.1 Tipo membrana

Este tipo de cubierta es desplantado sobre muros y/o vigas perimetrales los cuales actúan como soporte para la cubierta; los muros pueden ser de mampostería o concreto mientras que las vigas y travesaños pueden ser de acero o concreto y nos son útiles para recolectar el agua y conducirla hacia las bajadas de agua. Dichas vigas son apoyadas sobre columnas que pueden ser en su totalidad de acero estructural -mas conveniente por la sencillez de su colocación, lo cual contribuye a la rapidez de este sistema- o de concreto reforzado.

El arcotecho de tipo membrana se fabrica con flechas de diversos porcentajes con respecto a claro a cubrir dependiendo de las preferencias del cliente o condiciones que imponga la región en donde se construya. Se recomienda utilizar flechas del 20% por ser más económicas, ya que la longitud de la curva del arco será menor y por lo tanto se utilizara menos material.

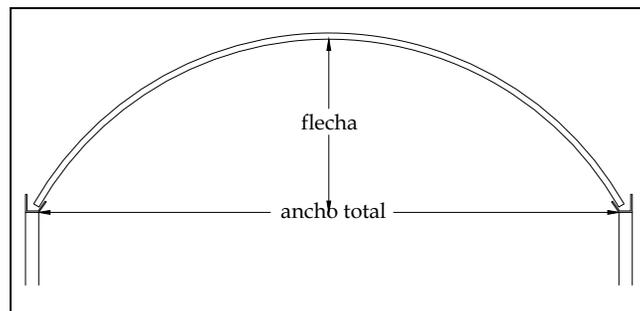


Fig. I.7 Flecha para arcotecho tipo membrana



Fig. I.9 Arcotecho tipo membrana

I.5.2 Tipo semicircular

Son cubiertas que se desplantan sobre una trabe de cimentación corrida de concreto armado que se encuentra a nivel del terreno por lo que el arco actúa como muro y cubierta a la vez lo cual nos ahorra aun más tiempo aunque la disponibilidad de espacio es reducida. Se pueden producir las cubiertas de tal forma que nos de como resultado flechas de 35 a 50% del ancho total de la cubierta.

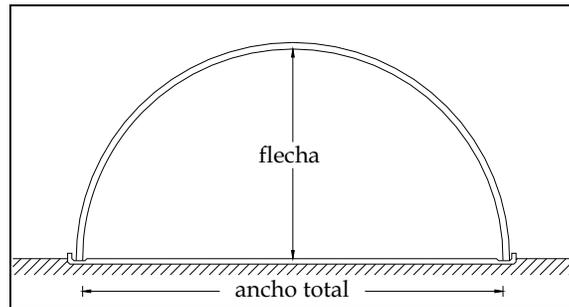


Fig. I.10 Flecha para arcotecho tipo semicircular

El perfil recto (sin curvar) es utilizado, en ambos casos - tipo membrana o semicircular-, en los muros frontales o faldones sin utilizar ningún tipo de estructura intermedia, ya que la sección de la lámina le proporcionan la rigidez necesaria.

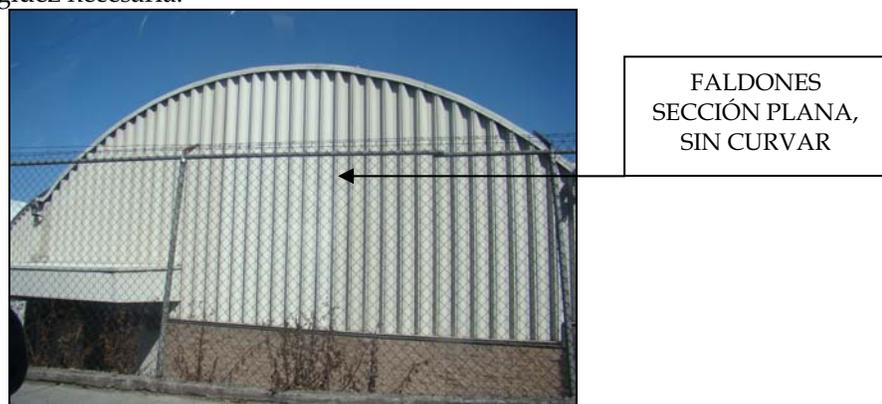


Fig. I.11 Paredes laterales

I.5.3 Techos planos

Se pueden construir techos planos con la misma sección utilizada para el arcotecho aunque la longitud de los claros se ve muy limitada pues las características de un arco son mucho mas eficientes pero en algunas ocasiones se vuelve necesario este recurso; cualquiera que sean las razones para aplicación, aquí están algunos de sus usos:

- Techos horizontales
- Cerramientos verticales

A continuación se presenta una tabla donde se muestra la separación máxima entre apoyos para techos planos dependiendo del espesor de lámina.

Tabla 1.1. Espesores de lámina para techos planos en función de largo del claro

Espesor (mm)	L (m)
0.6	6.50
0.8	7.00



Fig. I.12 Separación entre apoyos

I.6 CARACTERÍSTICAS Y VENTAJAS

Este sistema ofrece muchas ventajas sobre otros sistemas constructivos que hacen a las cubiertas auto soportantes, la manera más rápida y económica de cubrir claros que alcanzan los 35 metros de ancho, que es el claro máximo recomendado para una sola membrana pero que puede ser extendida en anchos efectivos de cubierta que al construirlos de forma consecutiva se logra cubrir superficies mayores con el inconveniente de tener columnas de soporte que limitarían su uso aunque no en gran medida.

Este sistema es rápido y económico, lo cual se tratará en los siguientes capítulos en los que también se harán comparaciones mas a fondo en sus costos y tiempos de ejecución los cuales como se sabe son conceptos que van de la mano en la construcción; además, este sistema demuestra ser seguro, rápido, sencillo y estético. Estas características son desarrolladas a continuación:

I.6.1 Rapidez

La cubierta, al ser fabricada en sitio, se logra un rendimiento por jornada de hasta 1,000 m², lo cual convierte este sistema en una opción bastante viable cuando se requiere de trabajos a corto plazo y cubrir un área extensa y segura.

I.6.2 Economía

Puesto que es una cubierta auto soportante se elimina el uso de cualquier tipo de estructura intermedia de apoyo como lo son vigas, largueros, contraventeos y contraflambeos, atiesadores, separadores, accesorios de fijación, entre otros; también se elimina cualquier tipo de apoyo al centro del claro o en cualquier sitio que se encuentre dentro del espacio cubierto reduciendo el número de columnas y su respectiva cimentación que como sabemos es una de las partes mas costosas y tardadas en la construcción (esto si el claro no excede las dimensiones máximas de arco) lo que se traduce en un gran ahorro de material, así como reducción en los costos de la mano de obra y por supuesto en los riesgos que conlleva el colocar estructura de soporte para cualquier estructura, tiempo de ejecución, alquiler de andamios además de que su mantenimiento será mínimo. Todo esto nos arroja un gran ahorro de dinero.

I.6.3 Sencillez

Se evitan los planos de diseño de estructuras de supervisión y de elementos adicionales con sus respectivas memorias de cálculo y de cuantificación de material, así como la complejidad que presentan algunos sistemas para soportar y fijar la cubierta, se evita el uso de andamios y así reducen muchos riesgos de trabajo que pudieran retrasar la obra.

Dado que los módulos individuales de lámina se engargolan unos con otros se logra tener una hermeticidad del 100% lo que evita la filtración de agua hacia el interior de la cubierta, esta hermeticidad es una ventaja que presenta el sistema de arcotecho sobre otros sistemas en los que al perforar la lámina de acero se vuelven vulnerables a filtraciones.

En este sistema y bajo el tipo membrana las perforaciones para la fijación de los módulos se realizan en el canalón por lo que las posibles filtraciones son captadas por este y las transmite a las bajadas de agua. Para el tipo semicircular las perforaciones son hechas en la trabe de cimentación por lo que las filtraciones son nulas ya que dicha trabe se encuentra a nivel de terreno por obvias razones.

I.6.4 Estética

Son cubiertas muy limpias, estilizadas y versátiles ya que pueden ser totalmente cerradas e instalar un acabado para piso fino como duela o instalaciones deportivas como albercas o canchas; o también pueden ser sin muros perimetrales y tan solo tener una cubierta permitiendo que sea una construcción abierta.

Esto permite al diseñador lograr formas y usos innovadores, seguras, agradables a la vista, poniendo como límite su creatividad.



Fig. I.13 Alberca techada

I.6.5 Espacio

E sistema de cubierta no necesita de columnas intermedias ni de ninguno otro tipo de estructura de apoyo que se deba ubicar dentro de la superficie cubierta, el soporte del arcotecho es solo perimetral por lo que nos permite hacer uso de toda el área cubierta con sus también ya mencionadas restricciones, es decir, 35 metros de claro efectivo como máximo. Para claros mayores habrá la necesidad de colocar

estructura intermedia, para lo cual, en caso de ser necesario esta opción, es recomendable utilizar el arcotecho tipo membrana para evitar obstrucciones que provocaría el de tipo semicircular.



Fig. I.14 Solución para claros mayores a 35 m en donde se aprecia la estructura de soporte intermedia



Fig. I.15 Imagen exterior de cubiertas consecutivas del tipo semicircular para cubrir claros mayores a 35 m.

En las imágenes se puede observar que los apoyos intermedios para claros muy amplios no obstaculizan en gran medida la eficiencia del este sistema.

I.7 APLICACIONES

El arcotecho presenta una gran variedad de usos, lo cual permite que sea un sistema aplicable tanto para el ramo industrial, comercial, urbano, servicios o de entretenimiento.

Con este sistema pueden ser construidas 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, estaciones de metro, estacionamientos, estaciones de autobuses, discotecas, bares, aeropuertos agencias de autos, centros de exposiciones, tiendas de auto servicios, centros comerciales, o cualquier tipo de espacios públicos o de trabajo. Lográndose un espacio cubierto amplio, sin restricciones de espacio, agradable, iluminado y muy útil para cualquier uso que se le dé.



Fig. I.16 Cancha techada



Fig. I.17 Exposición de autos

Las siguientes son algunas propiedades que presenta la lámina:

- Variedad de espesores.
- Material: Acero comercial SAE-1010, con recubrimiento por inmersión zinc-aluminio, primer epóxico (secado al horno), y acabado final tipo poliéster (secado al horno), ambas caras.
- Larga vida útil.
- Su perfil permite utilizarla sin apoyos intermedios, en techos planos y curvos.

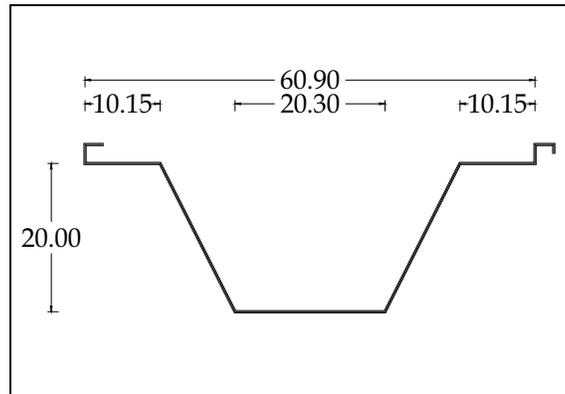


Fig I.19 Sección del perfil, dimensiones en cm.

Tabla I.4 Propiedades de la sección

Calibre	Momento de Inercia	Modulo de Sección	
	I cm ⁴	S _{inf} cm ³	S _{sup} cm ³
24	343	35.77	32.39
22	428	44.68	40.38
20	514	53.67	48.51
18	683	71.27	64.29

Como se ha mencionado, la sección o módulos pueden ser de lámina de acero galvanizada o pintada de las cuales mostraremos una breve descripción.

I.8.2.1 Tipos de lámina utilizadas en la fabricación de los módulos



Fig. I.20 Lámina

- Lámina galvanizada pintada

Es lámina de acero galvanizada la cual es prepintada en línea continua a base de resinas sintéticas, pigmentos y aditivos que proporcionan un acabado de alta calidad y gran resistencia al medio ambiente. Hay una gran diversidad de acabados en el mercado industrial, que son utilizados dependiendo de la preferencia del usuario.

- Lámina de acero galvanizada aleación zinc - hierro

Lámina de acero recubierta con una aleación zinc-hierro, la cual se logra a través de un tratamiento de recocido adicional posterior al galvanizado, lo que provoca que el zinc reaccione con el acero base y que el hierro del substrato se ubique en la superficie del recubrimiento; dando como resultado un

producto mas fácilmente soldable y con una mejor capacidad de pintado que cualquier otro acero recubierto.

- Lámina de acero galvanizada y aluminizada

Lámina de acero recocido y recubierto en continuo por inmersión en caliente con una aleación de zinc-aluminio que proporciona una excelente protección contra la corrosión.

Puede ser formada con la misma facilidad y continuidad de una hoja de galvanizado sencillo; en pruebas de laboratorio y de exposición al medio ambiente marino, se ha comprobado que la *lámina galvanizada y aluminizada* resiste mínimo cinco veces más que la lámina galvanizada cuando no hay cortes expuestos y tres o más veces cuando los cortes están expuestos.

- Lámina de acero galvanizada



Fig. I.21 Rollos de lámina

La *lámina galvanizada* es recubierta en un proceso de inmersión en caliente con una capa uniforme de zinc de alto grado, que proporciona una excelente protección contra la corrosión, así como una efectiva protección catódica en los bordes expuestos por perforaciones y corte.

Para atender diferentes necesidades de la industria en general, se ofrece lámina galvanizada para troquelado medio (engargolado o rolado moderado) profundo (para formados severos) y extra-profundo (para formados extremos y de alta complejidad).

I.8.3 Propiedades generales.

Por último, presento unas tablas acerca de las propiedades tanto del material como de la sección utilizada para esta cubierta.

- Longitud teórica de arco para sistemas auto soportantes

Tabla I.5 Longitud teórica de arco en función del claro y el % de flecha

CLARO	FLECHA - % RESPECTO DEL CLARO (m)						
	20	25	30	35	40	45	50
m							
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

Tabla I.6 Peso por metro lineal en función del calibre

CALIBRE	ESPEJOR	kg/m-l (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

Tabla I.7 Peso teórico por metro cuadrado en función del calibre

CALIBRE	kg/m ²
16	11.91
18	9.52
20	7.15
22	5.96
24	4.76
25	4.16
26	3.57

¹ Parte de la información y tablas presentadas en este texto fueron tomadas del sitio www.arcotecho.com

CAPÍTULO II. DISEÑO DE LA OBRA

Objetivo: Ejemplificar mediante un caso real el diseño de la obra en general, desde sus cimientos, estructura y cubierta fundamentados en los parámetros marcados por los reglamentos de construcción.

Introducción o generalidades.

Para comenzar este capítulo se mencionará los requisitos, datos e información necesaria para diseñar la cubierta y posteriormente dar a conocer las características del caso a ejemplificar valido para los siguientes capítulos.

II.1 INFORMACIÓN PRELIMINAR

La primera cuestión que surge es: ¿Qué es necesario para diseñar una cubierta?

Por principio de cuentas hay que definir que tipo de cubierta se prefiere o necesita, las opciones a elegir son del tipo “MEMBRANA” o “SEMICIRCULAR”. Este punto es de gran importancia pues dependiendo del tipo de cubierta que se elija, se tendrán diferentes tipos de elementos estructurales, forma, cantidad de material, fijación a elementos estructurales, cimentación entre otros.

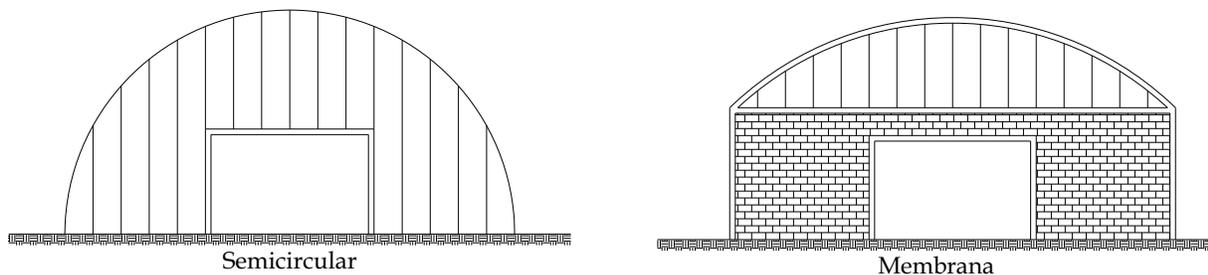


Fig. II.1 Tipos de cubierta

El siguiente punto a considerar es la dimensión de la cubierta y en específico del claro a cubrir y, por supuesto, del porcentaje de flecha que se utilizará, dicho porcentaje esta condicionado al tipo de cubierta elegida. También con esta información se sabrá si será necesario el uso de elementos intermedios o si se logra dicha longitud de claro sin elementos estructurales intermedios.

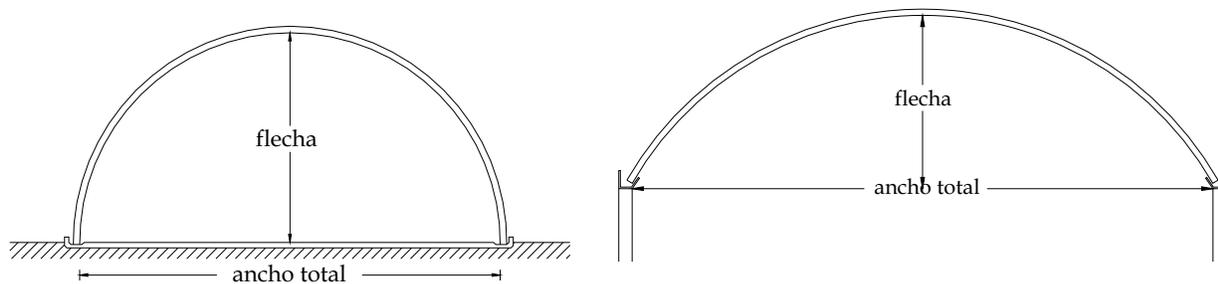


Fig. II.2 Flechas y anchos totales para cada los distintos tipos de arcotecho

También se deberá tomar en cuenta la ubicación física de la obra, para conocer el tipo de construcciones colindantes existentes; por ejemplo, la obra podría ejecutarse en una zona industrial, en la que hay naves industriales y tránsito de vehículos pesados; o puede ser una zona escolar y tener edificios de aulas colindantes con tránsito vehicular prácticamente nulo; otra posibilidad es que se utilice para el

comercio, en donde habrá condiciones diferentes, en fin; cualquiera que sea el caso es importante conocer toda esta información.

Por último, hay que conocer o estudiar el lugar destinado para la construcción de la obra, ya que es una construcción de altura considerable con respecto a los edificios que las rodean, se verá afectada por el viento lo cual repercutirá en el diseño de: la cimentación, de elementos estructurales e incluso en el tipo de anclaje a la viga canalón. Esta información es útil para dar una idea del tipo de suelo donde será desplantada la obra, así como las propiedades físicas y mecánicas del suelo para determinar una solución segura para la cimentación.

II.2 DATOS A CONSIDERAR

Los datos indispensables para el diseño de la cubierta son:

Tipo de cubierta:

- **Membrana:** Desplantada sobre vigas y/o muros, es necesario un canalón y columnas.
- **Semicircular:** Desplantada sobre una trabe en el suelo, es necesario tan solo el canalón.

Dimensiones.

- **Claro C:** 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, resultado más el porcentaje correspondiente a la flecha.
- **Espacio útil** (solo para cubiertas semicirculares): Se considera para que una persona de 1.80 m transite con libertad cuando este cercana al muro.

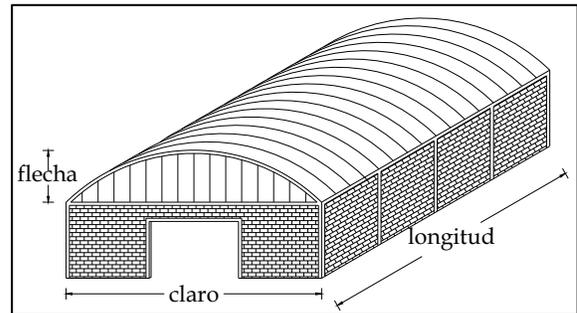


Fig. II.3 Dimensiones arcotecho

Uso.

- Comercial.
- Escolar.
- Industrial.
- Servicios.
- Otros.

Localización.

- **Carga de viento.** Se obtiene a partir de la velocidad regional de viento de acuerdo a la zona eólica y el factor topográfico.
- **Coefficiente sísmico.**

Cargas en la cubierta.

- **Carga muerta.** Se considera la carga ejercida por el peso de la lámina.
- **Cargas concentradas.** Son aquellas cargas ejercidas en un punto específico en cualquier punto a lo largo del arco; como

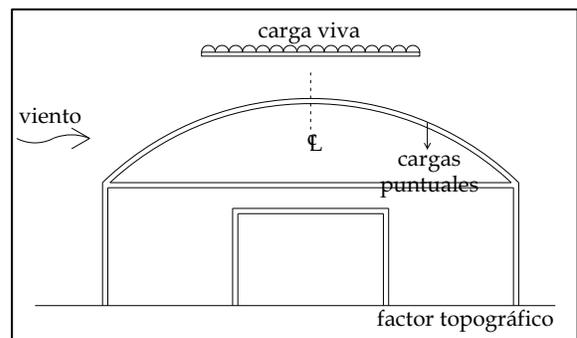


Fig. II.4 Acciones actuantes sobre la cubierta

- pueden ser luminarias, abanicos, ventiladores, etc.
- **Carga Viva.** Son aquellas que no están presentes de forma permanente sobre la cubierta pero que ocurren y transmiten carga sobre la cubierta, como puede ser lluvia, nieve, personas, etc. Por lo tanto para garantizar la seguridad de la obra deberán ser consideradas.

II.3 REQUERIMIENTOS GENERALES

Para el rolado y fabricación de los módulos en el sitio de la obra es necesario:

- a. Área amplia para la entrada de un trailer que transportara la maquinaria (“roladora”) la cual es de dimensiones tales como las de una caja de trailer.
- b. Área libre para la fabricación y rolado de su cubierta.
- c. Procurar que el área sea segura, a fin de evitar cualquier tipo de daño al personal, a personas ajenas a la obra e incluso daños a la maquinaria, por lo que el área debe ser amplia y estar acordonada de ser necesario.
- d. Área libre para almacenar los arcos fabricados, asegurándose de que estén libres de posibles golpes y que se pueda maniobrar para habilitar los arcos.
- e. Área de maniobras de grúa para el montaje de arcos y de la cubierta en general.

II.4 DATOS GENERALES DE LA OBRA

Se describe en forma general la obra. Estará ubicada en calle Manzanos s/n, colonia 3 de mayo. Municipio de Cuautitlán Izcalli.

Propietario:	Gobierno del Estado de México
Uso:	Cancha techada, área de usos múltiples (Escolar)
Dimensiones:	Largo 33.25 m
	Ancho 20.00 m
	Área 665 m ²

Tipo “**membrana**”: Se optara por una cubierta del tipo membrana puesto que tenemos edificios y bardas colindantes. Con el fin de aprovechar al máximo el espacio disponible se opta por esta opción ya que en la cubierta del tipo semicircular se desperdicia espacio en los costados puesto que la cubierta llega hasta el nivel de terreno.

La región eólica según el Manual de Obras civiles de Diseño por Viento de la Comisión Federal de Electricidad es: **Zona 5, velocidad del viento = 80 km/h.**

La flecha que se dará a la cubierta será del 20% ya que es la recomendada y por seguridad la menor que se le puede dar al arco.

II.5 CÁLCULOS

II.5.1 Carga Vertical

II.5.1.1 Carga Muerta

La carga muerta es el conjunto de acciones que se producen por el peso propio de la construcción; incluye el peso propio de la estructura misma y el de los elementos no estructurales, como los muros

divisorios, los revestimientos de pisos, muros y fachadas, la ventanería, las instalaciones y todos aquellos elementos que conservan una posición fija en la construcción, de manera que gravitan en forma constante sobre la estructura. La carga muerta es, por tanto, la principal acción permanente.

Su cálculo es en general sencillo; en nuestro caso, la carga muerta estimada en el diseño consistirá del peso del acero utilizado y de todo el material soportado permanentemente por el.

Se calcula la longitud total de los módulos, tomando en cuenta que presentará una flecha del 20% se obtiene:

Claro =	20.00	m.
Flecha (%) =	20	%
Flecha =	4.00	m.
Longitud a cubrir =	33.25	m.
Longitud arco =	22.07	m.

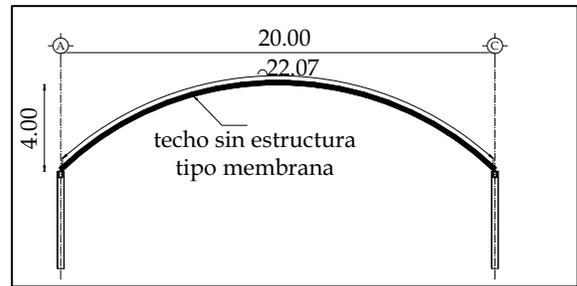


Fig. II.5 Dimensiones particulares del caso a tratar

Se determina la carga muerta de la cubierta, es decir, el peso propio del arco que será también la carga vertical distribuida hacia las vigas o canalón. El peso unitario de la sección es como se expuso en el capítulo I de 4.892 kg/ml (peso por metro lineal para una hoja de 3' de ancho calibre 24, que es el recomendado para claros de hasta 20 m), por lo tanto:

$P^1 =$	0	kg	Carga concentrada
$w =$	4.892	kg/m	
Long =	22.07	m	(por 1 m de ancho)
$W =$	107.97	kg	Peso de un arco

¹ No se incluirán lámparas o ningún otro tipo de carga puntual sobre la cubierta

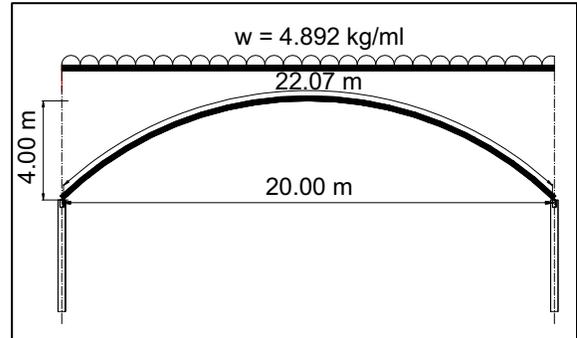


Fig. II.6 Peso por metro lineal de cubierta

El ancho efectivo de la sección "b", es de 0.609 m por lo que a lo largo de la cubierta se encuentran cierto número de arcos que se determinan a continuación:

$$\#_{arcos} = \frac{L}{b} = 33.25m / 0.609m \approx 55 \text{ arcos}$$

finalmente el peso de la cubierta será:

$$W_c = \#_{arcos} \times W = 55 \times 107.97 = 5938.35kg$$

dado que se tiene una superficie de 665 m² se obtiene una Carga Muerta de diseño de:

$$C.M. = \frac{5938.35kg}{665m^2} = 8.93 \frac{kg}{m^2}$$

Aplicando esta carga a la estructura resulta una diagonal que se descompone en dos fuerzas, una que actúa en el sentido horizontal y la otra en el sentido vertical tal y como se muestra en la figura abajo ilustrada; tales cargas se combinarán con otras y serán las que proporcionen las secciones de los elementos estructurales.

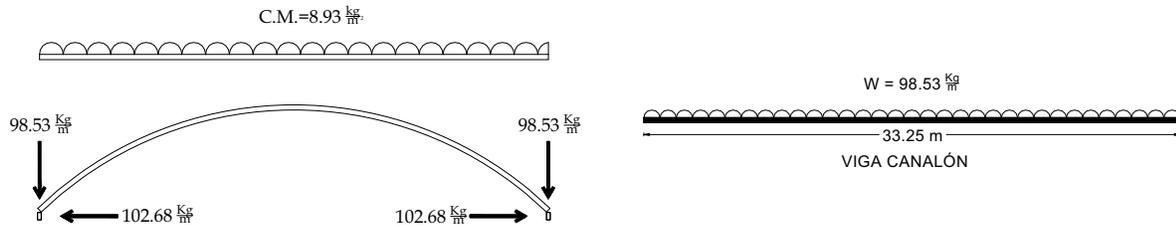


Fig. II.7 Resultantes de la Carga Muerta

II.5.1.2 Carga Viva

La carga viva, incluyendo la carga de nieve si la hay, será la especificada en el código que sirve de base al diseño de la estructura, o la requerida por las condiciones del caso. Las cargas de nieve se aplicarán en el área completa del techo o en una porción del mismo y para el diseño se tendrán en cuenta las disposiciones probables de carga que produzcan los mas altos esfuerzos en los miembros soportantes.

Dado que se trata de una cubierta, la carga viva de diseño será la marcada en el RCDF que es de:

$$C.V.^1 = 10.00 \frac{kg}{m^2}$$

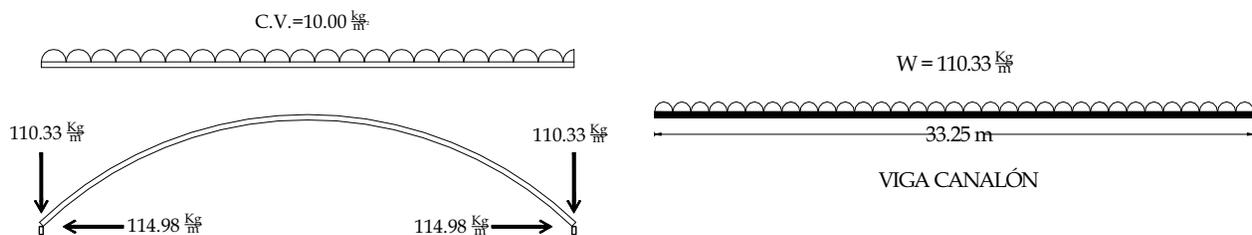


Fig. II.8 Resultantes de la Carga Viva

II.5.1.2 Carga Viva Instantánea

La carga viva instantánea o accidental, la marca el reglamento como:

$$C.V.i = 20.00 \frac{kg}{m^2}$$

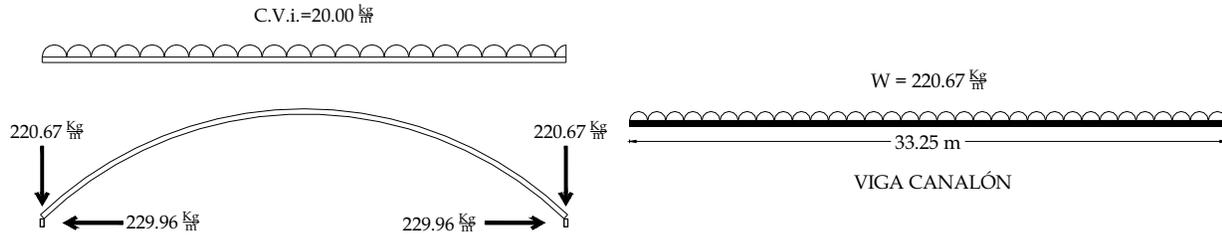


Fig. II.9 Resultantes de la Carga Viva

II.5.2 Diseño por viento

Para el diseño de la estructura se consideran las condiciones que presentan las fuerzas o presiones ejercidas por el viento que, debido a las características de la obra, y en particular por su forma geométrica, estará sujeta a presiones distintas dependiendo del eje en la que la estructura es atacada por el viento, dichos ejes serán ortogonales: a) dirección x; y b) dirección y.

El diseño por viento estará sujeto a los lineamientos y condiciones que marcan las NTC para viento. Deberán revisarse la seguridad de la estructura principal ante el efecto de las fuerzas que se generen por las presiones (empujes o succiones) producidas por el viento sobre las superficies de la construcción expuestas al mismo y que son transmitidas al sistema estructural. La revisión deberá considerar la acción estática del viento y la dinámica cuando la estructura sea sensible a estos efectos.

Para fines de diseño por viento y de acuerdo con la importancia para la cual serán destinadas, las estructuras están clasificadas en dos grupos, A y B, según se sita abajo:

- I. *Grupo A.* Edificaciones cuya falla estructural podría constituir un peligro significativo por contener sustancias tóxicas o explosivas, así como edificaciones cuyo funcionamiento es esencial a raíz de una emergencia urbana, como: hospitales, escuelas, terminales de transporte, estaciones de bomberos, centrales eléctricas y de telecomunicaciones, estadios, depósitos de sustancias inflamables o tóxicas, museos y edificios que alojen archivos y registros públicos de particular importancia, y otras edificaciones a juicio de la Secretaría de Obras y Servicios.
- II. *Grupo B.* Edificaciones destinadas a viviendas, oficinas y locales comerciales, hoteles y construcciones comerciales e industriales no incluidas en el Grupo A, las que se subdividen en:
 - A) *Subgrupo B1.* Edificaciones de más de 30 m de altura o con más de 6000 m² de área total construida, ubicadas en las zonas I y II a que se aluden en el artículo 170 del RCDF (explicadas brevemente más abajo), y construcciones de más de 15 m de altura o más de 3000 m² de área total construida, en zona III; en ambos casos las áreas se refieren a un solo cuerpo de edificio que cuente con medios propios de desalojo: acceso y escaleras incluyendo las áreas de anexos como pueden ser los propios cuerpos de escaleras. El área de un cuerpo que no cuente con medios propios de desalojo se adicionará a la de aquel otro a través del cual se desaloje;
 - B) Edificios que tengan locales de reunión que puedan alojar más de 200 personas, templos, salas de espectáculos, así como anuncios auto soportados, anuncios de azotea y estaciones repetidoras de comunicación celular y/o inalámbrica, y
 - C) *Subgrupo B2.* Los demás de este grupo.

Por tanto, ya que la estructura será empleada para un fin escolar y específicamente para actividades deportivas y festividades se cataloga como del **grupo B**.

Zonificación.

- Zona I. LOMAS – Lomas formadas por rocas o suelos firmes (cuidado con cavernas y oquedades en rocas).
- Zona II. TRANSICIÓN. – Los depósitos profundos se encuentran a 20 m o menos, constituida por estratos arenosos.
- Zona III. LACUSTRE. Integrada por potentes depósitos de arcilla altamente compresible, cubiertos superficialmente por suelos aluviales y rellenos artificiales, espesor superior a 50 m.

Por lo que la construcción estará alojada en la **zona I**.

Para fines de diseño por viento y de acuerdo con la naturaleza de los principales efectos que el viento puede ocasionar en ellas, las estructuras se clasifican en cuatro tipos:

- a) Tipo I. Comprende las estructuras poco sensibles a las ráfagas y a los efectos dinámicos del viento. Incluye las construcciones cerradas techadas con sistemas de cubierta rígidos; es decir, que sean capaces de resistir las cargas debidas a viento sin que varíe esencialmente su geometría. Se excluyen las construcciones en que la relación ente altura y dimensión menor en planta es mayor que 5 y cuyo periodo natural de vibración excede de 1 segundo. Se excluyen también las cubiertas flexibles como las de tipo colgante, a menos que por la adopción de una geometría adecuada la aplicación de preesfuerzo u otra medida se logre limitar la respuesta estructural dinámica.
- b) Tipo II. Comprende las estructuras cuya esbeltez o dimensiones reducidas de su acción transversal las hace especialmente sensibles a la ráfagas de corta duración y cuyos periodos naturales largos favorecen la ocurrencia de oscilaciones importantes. Se cuentan en este tipo los edificios con esbeltez definida como la relación entre la altura y la minima dimensión en planta, mayor que 5 o con periodo fundamental mayor q 1 segundo.
Se incluyen también las torres atirantadas o en voladizo para líneas de transmisión, antenas, tanques elevados, parapetos, anuncios, y en general las estructuras que presentan dimensión muy corta paralela a la dirección del viento. Se excluyen las estructuras que explícitamente se mencionan como pertenecientes a los tipos 3 y 4.
- c) Tipo III. Comprende estructuras como las definidas en el tipo II, en que además la forma de la sección transversal propicia la generación periódica de vértices o remolinos de ejes paralelos a la mayor dimensión de la estructura.
Son de este tipo las estructuras o componentes aproximadamente cilíndricos, chimeneas y edificios con plantas circulares.
- d) Tipo IV. Comprende las estructuras que por su forma o por lo largo de sus periodos de vibración presentan problemas aerodinámicos especiales. Entre ellas se hallan las cubiertas colgantes, que no pueden incluirse en el Tipo I.

Por todo lo anterior se deduce que la construcción será del **Tipo I**, la cual estará sometida, según las NTC para viento a empujes y succiones estáticos.

Determinación de la velocidad de diseño, V_D .

Los efectos estáticos del viento sobre una estructura o componente de la misma se determinan con base en la velocidad de diseño; la cual se obtendrá con la formula siguiente:

$$V_D = F_{TR} F_{\alpha} V_R$$

Donde:

- $F_{TR} \Rightarrow$ Factor correctivo que toma en cuenta las condiciones locales relativas a la topografía y a la rugosidad de terreno en los alrededores del sitio de desplante;
 $F_{\alpha} \Rightarrow$ Factor que toma en cuenta la variación de la velocidad con la altura; y
 $V_R \Rightarrow$ Velocidad regional según la zona que le corresponde al sitio en donde se construirá la estructura.

La velocidad regional (VR) es la velocidad máxima del viento que se presenta a una altura de 10 m sobre el lugar de desplante de la estructura. La cual, según las NTC para viento, para la zona donde esta ubicada la obra, tomando en cuenta que forma parte del Grupo B, y para un periodo de retorno de 50 años, será:

$$V_R = 36 \text{ m/s}$$

El factor de variación con altura (F_{α}), establece la variación de la velocidad del viento con la altura z. Se obtiene, según sea el caso:

$$F_{\alpha} = 1.0 \quad (z \leq 10\text{m})$$

El factor correctivo por topografía y rugosidad (F_{TR}) toma en cuenta el efecto topográfico local del sitio en donde se desplante la estructura y a su vez la variación de la rugosidad de los alrededores del sitio. Para terrenos con una configuración variada se tomará el valor del más desfavorable. Para nuestro caso, en base a la tabla 3.3 de las NTC para viento, para un tipo de terreno R3 y un tipo de topografía T3, se tiene que:

$$F_{TR} = 0.88$$

Con estos datos se obtiene la velocidad de diseño (V_D) con la fórmula expresada anteriormente:

$$V_D = F_{TR} F_{\alpha} V_R = 1.0 \times 36 \times 0.88 = 31.68 \text{ m/s}$$

Factores de Presión.

La presión que ejerce el flujo del viento sobre una construcción cualquiera, P_z , en kg/m^2 , se obtiene tomando en cuenta su forma y esta dada de manera general por la siguiente expresión:

$$P_z = 0.048 C_p V_D^2$$

Donde:

- $C_p \Rightarrow$ Coeficiente local de presión, que depende de la forma de la estructura; y
 $V_D \Rightarrow$ Velocidad de diseño a la altura z (ya determinada)

Dado que los factores de presión C_p serán diferentes dependiendo de la dirección en que sople el viento, se determina primero la presión que ejerce el flujo del viento P_z en función de los factores de presión C_p , por lo que tenemos que:

$$P_z = 0.048 (31.68)^2 C_p = 48.17 C_p$$

1.5.2.1 Viento en dirección "Y"

Los factores de presión C_p , para el caso del método estático, se determinan según el tipo y forma de la construcción, de acuerdo a lo siguiente:

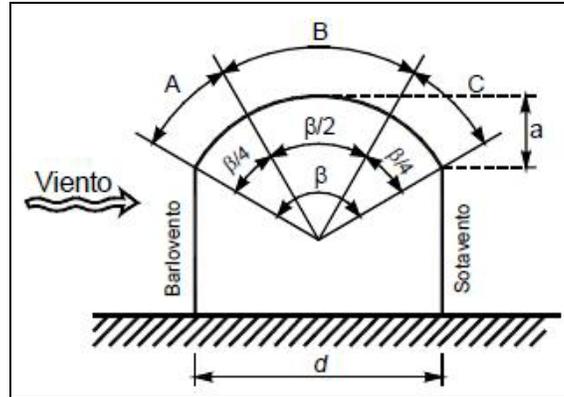


Fig. II.10 Viento actuando en dirección a una cubierta en forma de arco

Tomando como ejes los mostrados en la figura de arriba, las presiones suponiendo el viento en la dirección "y", o paralelo al eje de las "y"; en este sentido tenemos una cubierta en forma de arco, por lo que se obtendrá la relación:

$$r = a/d$$

Donde:

- a - peralte o flecha que presenta el arco
- d - claro de la cubierta

De donde obtenemos:

$$r = a/d = 4m/20m = 0.2$$

Este valor se utiliza para obtener los coeficientes de presión utilizando la siguiente tabla:

Tabla II.1 Coeficientes de presión C_p para cubiertas en arco

Relación $r = a/d$	A	B	C
$r < 0.2$	-0.9	---	---
$0.2 < r < 0.3$	$3r-1$	$-0.7-r$	-0.5
$r > 0.3$	$1.42r$	---	---

El valor que resultó fue $r=0.2$ por lo que nuestras presiones serán:

A	B	C
$3(0.2)-1 = -0.4$	$-0.7-0.2=-0.9$	-0.5

Presiones interiores

Puesto que la obra no tendrá muros laterales el viento provocara que se generen presiones en el interior de la cubierta, las cuales para serán significativas por lo que deberán ser determinadas mediante la siguiente tabla:

Tabla II.2 Coeficientes de presión interiores

	C_p
Aberturas principalmente en la cara del barlovento	0.75
Aberturas principalmente en la cara del sotavento	-0.6
Aberturas en las caras paralelas a la dirección del viento	-0.5
Aberturas uniformes distribuidas en las cuatro caras	-0.3

Por tanto los coeficientes de presión C_p cuando el viento sopla en la dirección x serán:

	A	B	C
C_p	$-0.4 + 0.3 = -0.1$	$-0.9 + 0.3 = -0.6$	$-0.5 + 0.3 = -0.2$

ZONA A $P_z = 48.17 \times 0.1 = 4.82 \text{ kg/m}^2$
 ZONA B $P_z = 48.17 \times 0.6 = 28.90 \text{ kg/m}^2$
 ZONA C $P_z = 48.17 \times 0.2 = 9.63 \text{ kg/m}^2$

Puesto que el viento favorece a la estructura, se toma la presión de menor magnitud y se determinaran las reacciones en los apoyos; de este modo, las descargas hacia la estructura a consecuencia de la acción del viento en este sentido son las mostradas en la siguiente figura:

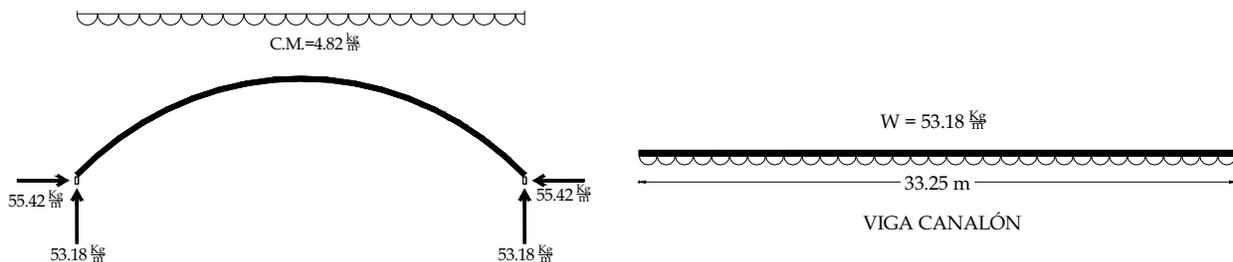


Fig. II.11 Resultantes del Viento actuando en dirección "y"

1.5.2.2 Viento en dirección "x".

Siguiendo los mismos lineamientos considerados para el calculo de la presión del viento PZ en dirección "Y" se determinan las presiones cuando el viento sopla en el sentido perpendicular, eje "X".

En dirección "X" se presentan áreas de barlovento, sotavento y un techo que se considerará como plano para fines de cálculo, las cuales se determinaran de la siguiente tabla:

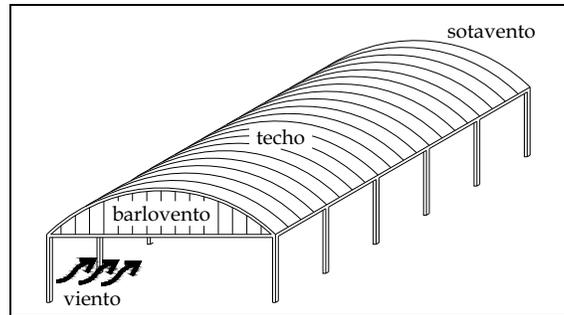


Fig. II.12 Viento actuando en dirección "x"

Tabla II.3 Coeficientes de presión C_p

	C_p
Pared de barlovento	0.8
Pared de sotavento ¹	-0.4
Paredes laterales	-0.8
Techos planos	-0.8
Techos inclinados lado de sotavento	-0.7
Techos inclinados lado de barlovento ²	$-0.8 < 0.04\theta / 1.6 < 1.8$

1 - La succión se considerara constante en toda la altura de la pared de sotavento y se calculara para un nivel z igual a la altura media del edificio.

2 - θ es el ángulo de inclinación del techo en grados.

Presiones interiores.

Del mismo modo que se calculó el coeficiente de presiones C_p cuando el viento sopla en dirección "y", se deberán tomar en cuenta las aberturas que presenta la construcción:

	C_p
Aberturas uniformes distribuidas en las cuatro caras	-0.3

Por tanto los coeficientes de presión C_p cuando el viento sopla en la dirección "X" serán:

	C_p
Pared de barlovento	$0.8 + 0.3 = 1.1$
Pared de sotavento ¹	$-0.4 + 0.3 = -0.1$
Techos planos	$-0.8 + 0.3 = -0.5$

BARLOVENTO $P_z = 48.17 \times 1.1 = 52.99 \text{ kg/cm}^2$

SOTAVENTO $P_z = 48.17 \times 0.1 = 4.82 \text{ kg/cm}^2$ (succión)

TECHO $P_z = 48.17 \times 0.5 = 24.09 \text{ kg/cm}^2$ (succión)

Por lo que las reacciones en los nodos o empotramientos de la cubierta, debidas a la presión del viento resultan como se muestran en el diagrama a continuación expuesto:

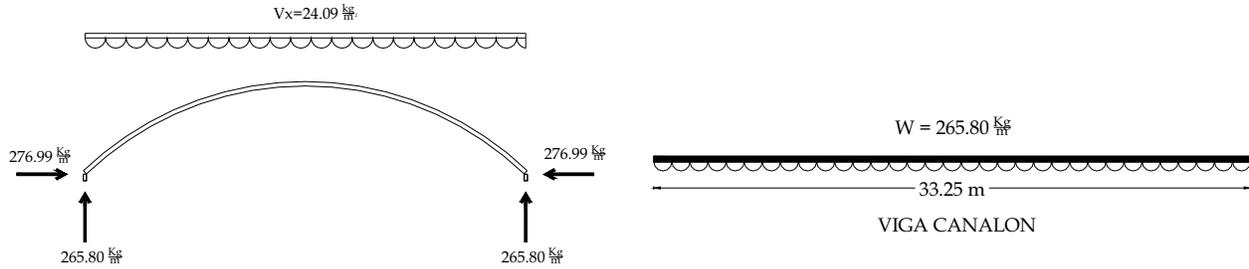


Fig. II.13 Resultantes del Viento actuando en dirección "x"

II.5.3 Diseño por sismo

Como lo señala la norma, la estructura se analizará bajo la acción de dos componentes horizontales ortogonales no simultáneos del movimiento del terreno. Las deformaciones y fuerzas internas que resulten se combinarán entre sí como lo especifican dichas normas.

El coeficiente sísmico c , es el cociente de la fuerza cortante horizontal que debe considerarse que actúa en la base de la edificación por efecto del sismo, V_0 , entre el peso de la edificación sobre dicho nivel, W_0 .

Los coeficientes sísmicos sirven para construir los espectros de aceleraciones de diseño. De hecho representan una cota superior a las aceleraciones de dicho espectro, que corresponde a su parte plana.

Tabla II.4 Valores de los parámetros para calcular los espectros de aceleraciones					
Zona	c	a_0	T_a^1	T_b^1	r
I	0.16	0.04	0.2	1.35	1.0
II	0.32	0.08	0.2	1.35	1.33
III _a	0.40	0.10	0.53	1.8	2
III _b	0.45	0.11	0.85	3.0	2
III _c	0.40	0.10	1.25	4.2	2
III _d	0.30	0.10	0.85	4.2	2

¹ Periodos en segundos

Para el análisis estático puede emplearse el coeficiente sísmico, c , o un coeficiente reducido según el valor del periodo fundamental con reglas que se mencionan más adelante. Los espectros así construidos son "elásticos", o sea, determinan las fuerzas laterales para las que hay que diseñar una estructura, si se pretende que permanezca elástica ante el sismo de diseño. Se admiten reducciones en las ordenadas espectrales. Estas reducciones están definidas por un factor Q que toma los valores especificados en la tabla II.5 según el tipo de estructuración y los detalles de dimensionamiento que se hayan adoptado en la estructura, los cuales determinan el grado de disipación de energía en campo inelástico del que la estructura puede disponer.

Tabla II.5 Requisitos para el uso de distintos factores de comportamiento sísmico.

Se adoptarán los siguientes valores del factor de comportamiento sísmico.	
I.	Se usará $Q = 4$ cuando se cumplan los requisitos siguientes:
1.	La resistencia en todos los entrepisos es suministrada exclusivamente por marcos no contra venteados de acero o concreto reforzado, o bien, por marcos contra venteados o con muros de concreto reforzado en los que cada entrepiso los marcos son capaces de resistir, sin contar

<p>muros ni contravientos, cuando menos 50% de la fuerza sísmica actuante.</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Si hay muros ligados a la estructura en la forma especificada en el caso I del artículo 204 del RCDF, esos se deben tener en cuenta en el análisis, pero su contribución a la capacidad ante fuerzas laterales sólo se tomará en cuenta si estos muros son de piezas macizas, y los marcos, sean o no contra venteados, y los muros de concreto reforzado son capaces de resistir al menos 80% de las fuerzas laterales totales sin la contribución de los muros de mampostería. 3. El mínimo cociente de la capacidad resistente de un entrepiso entre la acción de diseño no difiere en más de 35% del promedio de dichos cocientes para todos los entrepisos. Para verificar el cumplimiento de este requisito, se calculará la capacidad resistente en cada entrepiso teniendo en cuenta todos los elementos que puedan contribuir a la resistencia, en particular, los muros que se hallen en el caso I a que se refiere el artículo 204 del Reglamento. 4. Los marcos y muros de concreto reforzado cumplen con los requisitos que fijan las normas complementarias correspondientes para marcos y muros dúctiles. 5. Los marcos rígidos de acero satisfacen los requisitos para marcos dúctiles que fijan las normas complementarias correspondientes. <p>II. Se adoptará $Q = 3$ cuando se satisfacen las condiciones 2, 4 y 5 del caso I y en cualquier entrepiso dejan de satisfacerse las condiciones 1 a 3 especificadas para el caso I, pero la resistencia en todos los entrepisos es suministrada por columnas de acero, por marcos de concreto reforzado con losas planas, por marcos rígidos de acero, por marcos de concreto reforzado, por muros de este material, por combinación de éstos y muros o por diafragmas de madera contrachapada. Las estructuras con losas planas deberán además satisfacer los requisitos que sobre el particular marcan las normas técnicas complementarias para estructuras de concreto.</p> <p>III. Se usará $Q = 2$ cuando la resistencia a fuerzas laterales es suministrada por losas planas con columnas de acero o de concreto reforzado, por marcos de acero o de concreto reforzado, contra venteados o no, muros o columnas de concreto reforzado, que no cumplen con algún entrepiso los especificados por los casos I y II de esta sección, o por muros de mampostería de piezas macizas confinadas por castillos, dadas, columnas y traveses de concreto reforzado o de acero que satisfacen los requisitos de las normas complementarias respectivas, o diafragmas contruidos con duelas inclinadas o por sistemas de muros formados por duelas de madera horizontales o verticales combinados con elementos diagonales de madera maciza. También se usará $Q = 2$ cuando la resistencia es suministrada por elementos de concreto prefabricado o presforzado, con las excepciones que sobre el particular marcan las normas técnicas complementarias para estructuras de concreto.</p> <p>IV. Se usará $Q = 1.5$ cuando la resistencia a fuerzas laterales es suministrada en todos los entrepisos por muros de mampostería de piezas huecas, confinadas o con refuerzo interior, que satisfacen los requisitos de las normas complementarias respectivas, o por combinaciones de dichos muros con elementos como los descritos para los casos II y III, o por marcos y armaduras de madera.</p> <p>V. Se usará $Q = 1$ en estructuras cuya resistencia a fuerzas laterales es suministrada al menos parcialmente por elementos o materiales diferentes de los arriba especificados, a menos que se haga un estudio que demuestre, a satisfacción del Departamento, que se puede emplear un valor más alto que el que aquí se especifica.</p> <p>En todos los casos se usará para toda la estructura en la dirección de análisis el valor mínimo de Q que corresponde a los diversos entrepisos de la estructura en dicha dirección.</p> <p>El factor Q puede diferir en las dos direcciones ortogonales en que se analiza la estructura, según sean las propiedades de ésta en dichas direcciones.</p>
--

Por lo expuesto en la tabla anterior, se utilizara un factor de comportamiento sísmico $Q = 2$ en ambas direcciones para la revisión por sismo de nuestra estructura.

Los parámetros a considerar en nuestro diseño son lo siguientes:

- Carga Muerta

Queda definida por todos los elementos estructurales para soportar la cubierta como lo son placas base, columnas, trabes (T-1), trabes canalón, placas de conexión y la cubierta misma, también se consideran cargas puntuales en la cubierta las cuales son nulas en este caso. De lo que obtenemos lo siguiente:

- Placas base de 0.35 x 0.50 m de 1" de espesor
- Columnas IPR de 12"
- Trabes T-1 de 0.15 x 0.30 m formadas por 4 placas de 3/16" de espesor, lo que nos da un desarrollo de 0.90 m.
- Trabes canalón con un desarrollo de 0.80 m con un espesor de 3/8".
- Placas de conexión de solera de 4" x 1/4".

Se dividirá la estructura en 2 niveles, el primero (N1) quedara comprendido del nivel de piso a la mitad de las columnas (0.00 m - 2.50 m), y el segundo (N2) de la mitad de las columnas a la altura máxima de la cubierta (2.50 m - 9.00 m). Así, nos resulta lo siguiente:

Tabla II.6 Peso total de la estructura
NIVEL 1 (0.00 - 2.50)

Elemento	Características	Dimensiones	Cantidad	Peso unitario	Total kg
Placas Base	Placa 1" - 199.21 kg/m ²	0.35 x 0.50 m	14 pza	34.86 kg/pza	488.06
Columnas	IPR W12x53	2.50 m	4 pza	197.50 kg/pza	790.00
Columnas	IPR W12x26	2.50 m	6 pza	96.75 kg/pza	580.50
Columnas	IPR W12x30	2.50 m	4 pza	111.25 kg/pza	445.00
Suma N1 (kg)					2,303.56
NIVEL 2 (2.50 - 9.00)					
Columnas	IPR W12x53	2.50 m	4 pza	197.50 kg/pza	790.00
Columnas	IPR W12x26	2.50 m	6 pza	96.75 kg/pza	580.50
Columnas	IPR W12x30	2.50 m	4 pza	111.25 kg/pza	445.00
Trabe T-1	Placa 3/16" - 37.35 kg/m ²	0.90 m	106.10 m	33.62 kg/m	3,567.08
Canalón	Placa 3/8" - 74.70 kg/m ²	0.80 m	66.84 m	59.76 kg/m	3,994.36
Placas cnx 1	Solera 4" x 1/4" - 5.06 kg/m	6.5"	8 pza	0.84 kg/pza	6.72
Placas cnx 2	Solera 4" x 1/4" - 5.06 kg/m	0.291 m	48 pza	1.47 kg/pza	70.56
Cubierta					5,938.35
Suma N2 (kg)					15,392.57

Por lo que el peso de la carga muerta será: $N1 + N2 = 2\,303.56\text{ kg} + 15\,392.57\text{ kg} = 17\,696.13\text{ kg}$

C.M. = 17 696.13 kg

La Carga Viva (CV), fue definida de 10 kg/m², tenemos 665 m² de cubierta, por lo tanto:

C.V. = 6,650.00 kg

Lo que nos da como resultado una carga total de:

C.M. + C.V. = 24,346.13 kg

Se concluye que la estructura cumple con los requisitos para utilizar un factor de comportamiento sísmico $Q=2$ en ambos ejes ortogonales, y que se encuentra en la Zona I por lo que sus parámetros para calcular el espectro de aceleraciones son los siguientes:

Tabla II.7 Parámetros del espectro de aceleraciones

Zona	c	a_0	T_a	T_b	r
I	0.16	0.04	0.2	1.35	1.0

El Reglamento acepta el uso del método estático en estructuras de altura no mayor de 60 m; sin embargo, debe evitarse su empleo en estructuras que tengan geometrías muy irregulares en planta o elevación, o distribuciones no uniformes de masas y rigideces, condiciones que no involucran a nuestro diseño. La fuerza cortante basal se determina como:

$$V = C_s W$$

en que W es el peso total de la estructura, C_s , es el coeficiente de cortante basal para cuya determinación el reglamento admite dos opciones; la primera, tomando el coeficiente igual a la ordenada máxima del espectro reducido por ductilidad, o sea:

$$C_s = \frac{c}{Q} = \frac{0.16}{2} = 0.08$$

ésta forma es muy conservadora, ya que cuando el periodo de la estructura se encuentra fuera de la zona de ordenadas máximas pueden hacerse reducciones importantes en C_s . La segunda opción permite hacer una estimación aproximada del periodo natural, T . Si este corresponde a la zona plana, o sea si se encuentra entre T_a y T_b , no se pueden hacer reducciones por este concepto y C_s tomara el valor calculado. Para realizar esta comprobación utilizaremos la siguiente expresión, aplicable cuando la rigidez a cargas laterales es proporcionada exclusivamente por marcos rígidos de concreto o acero:

$$T = C_T H^{0.75}$$

en que C_T es una constante que vale 0.08 para marcos de concreto y 0.06 para marcos de acero: H es la altura total de la estructura, en metros, por lo que:

$$T = C_T H^{0.75} = 0.06(9)^{0.75} = 0.31 \text{ s}$$

$T_a < T < T_b$; por lo tanto no es posible hacer reducciones a C_s .

- *Determinación de las fuerzas sísmicas de los pisos.*

Los valores parciales y los resultados se concentran en la siguiente tabla adjunta.

Nivel	Altura m	Peso ton	W _{ih} ton - m	F _i ton	V _i ton
2	9.00	22.04	198.38	1.89	1.89
1	2.50	2.30	5.76	0.05	1.94
sumas		24.35	204.14	1.94	

- La altura, en m, es medida a partir del nivel de desplante, desde el nivel de piso.
- El peso, en toneladas, determinada anteriormente para cada nivel.
Para el primer nivel el peso será igual al calculado para el peso de los elementos estructurales para N1.

El segundo nivel comprenderá en peso calculado para N2 más el peso de la cubierta, más el peso de la carga viva CV, puesto que esta es aplicada en la cubierta. Así tendremos lo siguiente:

$$W_{1er\ nivel} = 2\ 303.56 \text{ kg} = 2.30 \text{ ton}$$

$$W_{2do\ nivel} = 9\ 454.22 + 5\ 938.35 + 6\ 650.00 = 22\ 042.57 \text{ kg} = 22.04 \text{ ton}$$

- W_{ih} es el producto del peso por la altura de cada nivel.
- La fuerza lateral en cada nivel en ambas direcciones, determinada con la siguiente expresión:

$$F_i = \frac{W_{ih}}{\sum W_{ih}} V$$

donde el cortante basal para el sismo es:

$$V = C_s W = 0.08(24.35 \text{ ton}) = 1.94 \text{ ton}$$

II.5.4 Análisis del marco. Identificación de elementos mecánicos

La tabla siguiente presenta un resumen de las cargas transmitidas de la cubierta hacia el marco según los ejes del modelo.

Tabla II.8 Resumen de cargas

Estado de carga	Carga uniforme w Dirección "y", (kg/m)	Carga uniforme w Dirección "z", (kg/m)
Carga Muerta (C.M.)	65.31	60.90
Carga Viva (C.V.)	73.14	68.20
Carga Viva Instantánea (C.V.i.)	65.82	61.38
Viento Dirección "x"	176.18	164.29
Viento Dirección "y"	35.25	32.87

Las condiciones básicas de carga para el análisis del marco son las siguientes:

- A Peso Propio
- B Carga Muerta
- C Carga Viva
- D Carga Viva Instantánea
- E Sismo dirección X
- F Sismo dirección Y
- G Viento dirección X
- H Viento dirección Y

Las combinaciones básicas de carga son las siguientes para el diseño del acero:

- COMB1 $1.00*(A + B + C)$
- COMB4 $1.00*(A + B + G)$
- COMB5 $1.00*(A + B + H)$

Las combinaciones básicas de carga son las siguientes para el diseño de la cimentación:

- COMB6 $1.40*(A + B + C)$
- COMB9 $1.10*(A + B + G)$
- COMB10 $1.10*(A + B + H)$

La figura II.14 muestra la configuración de la estructura a diseñar, en la que los elementos etiquetados del 1-14 representan columnas, mientras que los etiquetados del 15-29 son vigas. Todos los miembros son de acero estructural.

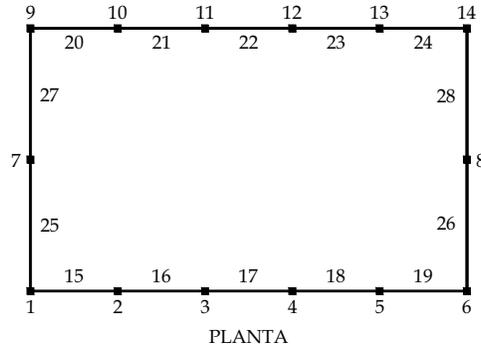
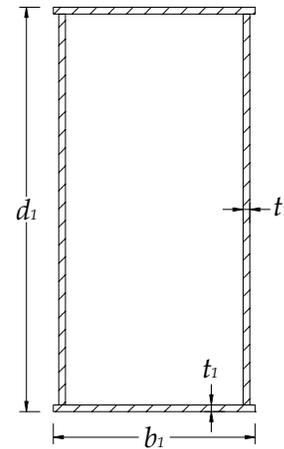


Fig. II.14 Etiquetado de elementos estructurales

Con ayuda de software se obtuvieron los elementos mecánicos. De esta forma, se proponen y revisan las secciones de los diferentes elementos estructurales.

II.5.5 Vigas. Determinación de secciones

Vigas			
SECCION PROPUESTA REC 15x30x3/16"			
d =	30 cm	I _{xx} =	5059.61 cm ⁴
bf =	15 cm	I _{yy} =	1727.63 cm ⁴
tf =	0.48 cm	S _x =	337.31 cm ³
tw =	0.48 cm	S _y =	230.35 cm ³
A =	41.96 cm ²	r _x =	10.98 cm
Peso =	33.93 kg/m	r _y =	6.42 cm
f _y =	2530 kg/cm ²		



Elementos Mecánicos		
Dirección mayor	Dirección Menor	
M = 4357.27 kg-m	M = 3045.75 kg-m	P = 231.94 kg
V = 1128.74 kg	V = 1013.21 kg	

En la dirección mayor de la viga tenemos que:

- Revisión por cortante.

$$f_v = \frac{V}{2dt_w} = \frac{1128.74 \text{ kg}}{2 \times 30 \text{ cm} \times 0.48 \text{ cm}} = 39.19 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_v = 0.40F_y = 0.40(2530 \text{ kg/cm}^2) = 1012 \text{ kg/cm}^2$$

- Revisión por flexión.

$$f_b = \frac{M}{S} = \frac{4357.27 \text{ kg} \cdot \text{m} \times 100 \text{ cm/m}}{337.31 \text{ cm}^3} = 1291.77 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_b = 0.60F_y = 0.60(2530 \text{ kg/cm}^2) = 1518 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{f_b}{F_b} (\%) = 85\% \quad \text{Por lo tanto se acepta esta sección}$$

En la dirección menor de la viga tenemos que:

- Revisión por cortante.

$$f_v = \frac{V}{2dt_w} = \frac{1013.21\text{kg}}{2 \times 15\text{cm} \times 0.48\text{cm}} = 70.36\text{kg/cm}^2$$

$$F_v = 0.40F_y = 0.40(2530\text{kg/cm}^2) = 1012\text{kg/cm}^2$$

- Revisión por flexión.

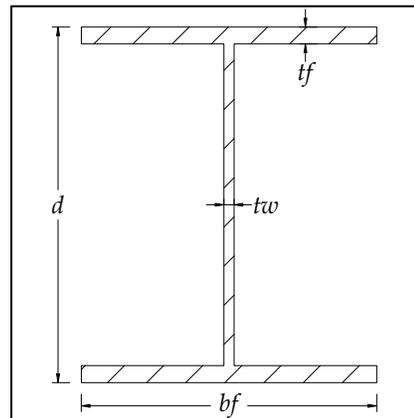
$$f_b = \frac{M}{S} = \frac{3045.75 \cdot \text{m} \times 100\text{cm/m}}{230.35\text{cm}^3} = 1322.33\text{kg/cm}^2$$

$$F_b = 0.60F_y = 0.60(2530\text{kg/cm}^2) = 1518\text{kg/cm}^2$$

$$\frac{f_b}{F_b} (\%) = 87\% \quad \text{Por lo tanto se acepta esta sección}$$

II.5.6 Columnas. Determinación de secciones

Columnas 1, 6, 9 y 14.			
SECCION PROPUESTA W12X53			
d =	30.6 cm	Ixx =	17690 cm ⁴
bf =	25.4 cm	Iyy =	3987 cm ⁴
tf =	1.46 cm	Sx =	1157 cm ³
tw =	0.88 cm	Sy =	315 cm ³
A =	100.70 cm ²	rx =	13.30 cm
Peso =	79 kg/m	ry =	6.3 cm
fy =	2530 kg/cm ²	rT =	6.90 cm



Elementos Mecánicos		
Dirección mayor	Dirección Menor	
M = 8681.64 kg-m	M = 2244.66 kg-m	P = 2579.02 kg
V = 1736.33 kg	V = 448.93 kg	

- **Revisión por compresión:**

$$\frac{kl}{r_x} = \frac{0.7(500)}{13.30} = 26.32 < 200$$

$$\frac{kl}{r_y} = \frac{0.7(500)}{6.3} = 55.56 < 200$$

$$C_c = \sqrt{\frac{12\pi^2 E}{F_y}} = 128 > \frac{kl}{r}$$

$$\therefore F_a = \frac{\left[1 - \frac{(kl/r)^2}{2Cc^2}\right] F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3(kl/r)}{8Cc} - \frac{(kl/r)^3}{8Cc^3}} = \frac{\left[1 - \frac{(26.32)^2}{2(128)^2}\right] F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3(26.32)}{8(128)} - \frac{(26.32)^3}{8(128)^3}} = 1439.40 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_a = \frac{P}{A} = \frac{2579.02}{100.70} = 25.61 \text{ kg/cm}^2$$

Interacción de esfuerzos: $\frac{fa}{Fa} = \frac{25.61}{1439.40} \approx 2\%$

• **Revisión por Flexocompresión:**

$$C_b = 1.75 + 1.05 \frac{M_1}{M_2} + 0.3 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)^2 = 1.75 + 1.05 \frac{2244.66}{8681.64} + 0.3 \left(\frac{2244.66}{8681.64} \right)^2 = 2.04 \leq 2.3$$

$$\sqrt{\frac{717 \times 10^4 C_b}{F_y}} = \sqrt{\frac{717 \times 10^4 \cdot 2.04}{2530}} = 76.04$$

$$\frac{l}{r_T} = \frac{500}{6.90} = 72.46$$

$$\sqrt{\frac{3590 \times 10^4 C_b}{F_y}} = \sqrt{\frac{3590 \times 10^4 \cdot 2.04}{2530}} = 170.14$$

$$\sqrt{\frac{717 \times 10^4 C_b}{F_y}} > \frac{l}{r_T}$$

$$\therefore Fb_x = 0.60F_y = 0.60(2530) = 1518 \text{ kg/cm}^2$$

$$Fb_y = 0.75F_y = 0.75(2530) = 1897.50 \text{ kg/cm}^2$$

$$fb_x = \frac{M_x}{S_x} = \frac{868164 \text{ kg} \cdot \text{cm}}{1157 \text{ cm}^3} = 750.36 \text{ kg/cm}^2$$

$$fb_y = \frac{M_y}{S_y} = \frac{224466 \text{ kg} \cdot \text{cm}}{315 \text{ cm}^3} = 712.59 \text{ kg/cm}^2$$

$$C_m = 1.00$$

$$F_{ex}' = \frac{12\pi^2 E}{23(kl/r_x)^2} = \frac{12\pi^2 E}{23(26.32)^2} = 15609.92 \text{ kg/cm}^2$$

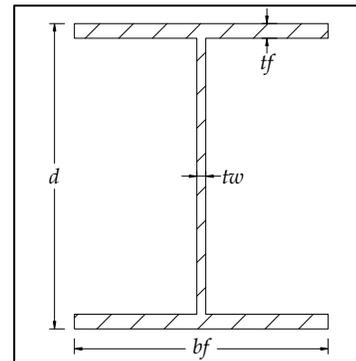
$$F_{ey}' = \frac{12\pi^2 E}{23(kl/r_y)^2} = \frac{12\pi^2 E}{23(55.56)^2} = 3503.06 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{C_{mx} f_{bx}}{\left(1 - \frac{f_a}{F_{ex}'}\right) F_{bx}} + \frac{C_{my} f_{by}}{\left(1 - \frac{f_a}{F_{ey}'}\right) F_{by}} = 0.89 \leq 1.00 \quad \text{Se cumple condición}$$

$$= \frac{25.61}{1439.40} + \frac{750.36}{\left(1 - \frac{25.61}{15609.92}\right) \times 1518} + \frac{712.59}{\left(1 - \frac{25.61}{3503.06}\right) \times 1897.50} = 0.89 \leq 1.00$$

$$\frac{f_a}{0.60F_y} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} = \frac{25.61}{0.60(2530)} + \frac{750.36}{1518} + \frac{712.59}{1897.50} = 0.89 \leq 1.00 \quad \text{Se cumple condición}$$

Columnas 2, 5, 10 y 13			
SECCION PROPUESTA W12X26			
d =	31 cm	Ixx =	8491 cm ⁴
bf =	16.5 cm	Iyy =	720 cm ⁴
tf =	0.97 cm	Sx =	547 cm ³
tw =	0.58 cm	Sy =	88 cm ³
A =	49.40 cm ²	rx =	13.10 cm
Peso =	38.7 kg/m	ry =	3.8 cm
fy =	2530 kg/cm ²	rT =	4.40 cm



Elementos Mecánicos		
Dirección mayor	Dirección Menor	Axial
M = 3233.70 kg-m	M = 250.59 kg-m	P = 3983.88 kg
V = 646.70 kg	V = 50.12 kg	

- **Revisión por compresión:**

$$\frac{kl}{r_x} = \frac{0.7(500)}{13.10} = 26.72 < 200 \quad \frac{kl}{r_y} = \frac{0.7(500)}{3.8} = 92.11 < 200$$

$$C_c = \sqrt{\frac{12\pi^2 E}{F_y}} = 128 > \frac{kl}{r}$$

$$\therefore F_a = \frac{\left[1 - \frac{(kl/r)^2}{2C_c^2}\right] F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3(kl/r)}{8C_c} - \frac{(kl/r)^3}{8C_c^3}} = \frac{\left[1 - \frac{(26.72)^2}{2(128)^2}\right] F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3(26.72)}{8(128)} - \frac{(26.72)^3}{8(128)^3}} = 1419.23 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_a = \frac{P}{A} = \frac{3983.88}{49.4^*} = 80.64 \text{ kg/cm}^2$$

Interacción de esfuerzos: $\frac{fa}{Fa} = \frac{80.64}{1419.23} \approx 6\%$

• **Revisión por Flexocompresión:**

$$C_b = 1.75 + 1.05 \frac{M_1}{M_2} + 0.3 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)^2 = 1.75 + 1.05 \frac{250.59}{3233.70} + 0.3 \left(\frac{250.59}{3233.70} \right)^2 = 1.83 \leq 2.3$$

$$\sqrt{\frac{717 \times 10^4 C_b}{F_y}} = \sqrt{\frac{717 \times 10^4 \times 1.83}{2530}} = 72.02$$

$$\frac{l}{r_T} = \frac{500}{3.8} = 131.58$$

$$\sqrt{\frac{3590 \times 10^4 C_b}{F_y}} = \sqrt{\frac{3590 \times 10^4 \times 1.83}{2530}} = 161.14$$

$$\sqrt{\frac{717 \times 10^4 C_b}{F_y}} \leq \frac{l}{r_T} \leq \sqrt{\frac{3590 \times 10^4 C_b}{F_y}}$$

$$\therefore Fb_x = \left[\frac{2}{3} - \frac{F_y (l/r_T)^2}{1080 \times 10^5 C_b} \right] F_y = \left[\frac{2}{3} - \frac{2530 (131.58)^2}{1080 \times 10^5 \times 1.83} \right] 2530 = 1125.95 \text{ kg/cm}^2$$

$$Fb_y = 0.75 F_y = 0.75 (2530) = 1897.50 \text{ kg/cm}^2$$

$$fb_x = \frac{M_x}{S_x} = \frac{323370 \text{ kg} \cdot \text{cm}}{547 \text{ cm}^3} = 591.17 \text{ kg/cm}^2$$

$$fb_y = \frac{M_y}{S_y} = \frac{25059 \text{ kg} \cdot \text{cm}}{88 \text{ cm}^3} = 284.76 \text{ kg/cm}^2$$

$$C_{mx} = 0.85$$

$$C_{my} = 1.00$$

$$F_{ex}' = \frac{12\pi^2 E}{23(kl/r_x)^2} = \frac{12\pi^2 E}{23(26.72)^2} = 15146.06 \text{ kg/cm}^2$$

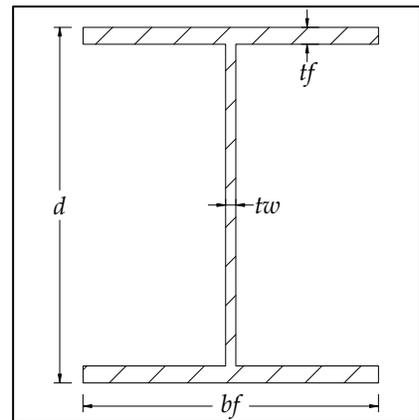
$$F_{ey}' = \frac{12\pi^2 E}{23(kl/r_y)^2} = \frac{12\pi^2 E}{23(92.11)^2} = 1274.56 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{C_{mx} f_{bx}}{\left(1 - \frac{f_a}{F_{ex}'}\right) F_{bx}} + \frac{C_{my} f_{by}}{\left(1 - \frac{f_a}{F_{ey}'}\right) F_{by}} = \frac{80.64}{1419.23} + \frac{0.85 \times 591.17}{\left(1 - \frac{80.64}{15146.06}\right) \times 1125.95} + \frac{284.76}{\left(1 - \frac{80.64}{1274.56}\right) \times 1897.5} = 0.67 \leq 1.00$$

Se cumple condición

$$\frac{f_a}{0.60F_y} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} = \frac{80.64}{0.60(2530)} + \frac{591.17}{1125.95} + \frac{284.76}{1897.5} = 0.65 \leq 1.00 \quad \text{Se cumple condición}$$

Columnas 3, 4, 11 y 12			
SECCION PROPUESTA W12X30			
d =	31.3 cm	Ixx =	9906 cm ⁴
bf =	16.6 cm	Iyy =	845 cm ⁴
tf =	1.12 cm	Sx =	633 cm ³
tw =	0.66 cm	Sy =	102 cm ³
A =	56.70 cm ²	rx =	13.20 cm
Peso =	44.50 kg/m	ry =	3.9 cm
fy =	2530 kg/cm ²	rT =	4.40 cm



Elementos Mecánicos		
Dirección mayor	Dirección Menor	Axial
M = 7980.17 kg-m	M = -62.61 kg-m	P = 3524.02 kg
V = -1596.03 kg	V = 12.52 kg	

- **Revisión por compresión:**

$$\frac{kl}{r_x} = \frac{0.7(500)}{13.20} = 26.52 < 200 \quad \frac{kl}{r_y} = \frac{0.7(500)}{3.9} = 89.74 < 200$$

$$Cc = \sqrt{\frac{12\pi^2 E}{F_y}} = 128 > \frac{kl}{r}$$

$$\therefore F_a = \frac{\left[1 - \frac{(kl/r)^2}{2Cc^2}\right] F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3(kl/r)}{8Cc} - \frac{(kl/r)^3}{8Cc^3}} = \frac{\left[1 - \frac{(26.52)^2}{2(128)^2}\right] F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3(26.52)}{8(128)} - \frac{(26.52)^3}{8(128)^3}} = 1420.16 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_a = \frac{P}{A} = \frac{3524.02}{56.70} = 62.15 \text{ kg/cm}^2$$

Interacción de esfuerzos: $\frac{fa}{Fa} = \frac{62.15}{1420.16} \approx 4\%$

• **Revisión por Flexocompresión:**

$$C_b = 1.75 + 1.05 \frac{M_1}{M_2} + 0.3 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)^2 = 1.75 + 1.05 \frac{-62.61}{7980.17} + 0.3 \left(\frac{-62.61}{7980.17} \right)^2 = 1.74 \leq 2.3$$

$$\sqrt{\frac{717 \times 10^4 C_b}{F_y}} = \sqrt{\frac{717 \times 10^4 \times 1.74}{2530}} = 70.26$$

$$\frac{l}{r_T} = \frac{500}{4.4} = 113.64$$

$$\sqrt{\frac{3590 \times 10^4 C_b}{F_y}} = \sqrt{\frac{3590 \times 10^4 \times 1.74}{2530}} = 157.13$$

$$\sqrt{\frac{717 \times 10^4 C_b}{F_y}} \leq \frac{l}{r_T} \leq \sqrt{\frac{3590 \times 10^4 C_b}{F_y}}$$

$$\therefore Fb_x = \left[\frac{2}{3} - \frac{F_y (l/r_T)^2}{1080 \times 10^5 C_b} \right] F_y = \left[\frac{2}{3} - \frac{2530 (113.64)^2}{1080 \times 10^5 \times 1.74} \right] 2530 = 1246.79 \text{ kg/cm}^2$$

$$Fb_y = 0.75 F_y = 0.75 (2530) = 1897.50 \text{ kg/cm}^2$$

$$fb_x = \frac{M_x}{S_x} = \frac{798017 \text{ kg} \cdot \text{cm}}{633 \text{ cm}^3} = 1260.69 \text{ kg/cm}^2$$

$$fb_y = \frac{M_y}{S_y} = \frac{62.61 \text{ kg} \cdot \text{cm}}{102 \text{ cm}^3} = 0.61 \text{ kg/cm}^2$$

$$C_{mx} = 0.85$$

$$C_{my} = 1.00$$

$$F_{ex}' = \frac{12\pi^2 E}{23(kl/r_x)^2} = \frac{12\pi^2 E}{23(26.52)^2} = 15375.36 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{ey}' = \frac{12\pi^2 E}{23(kl/r_y)^2} = \frac{12\pi^2 E}{23(89.74)^2} = 1342.76 \text{ kg/cm}^2$$

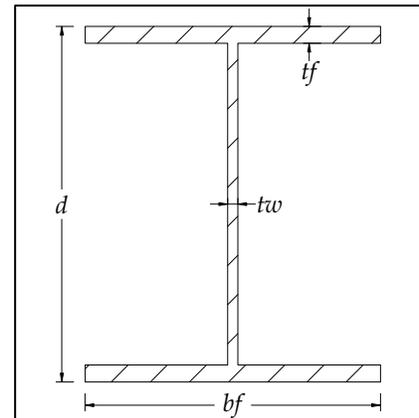
$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{C_{mx} f_{bx}}{\left(1 - \frac{f_a}{F_{ex}'}\right) F_{bx}} + \frac{C_{my} f_{by}}{\left(1 - \frac{f_a}{F_{ey}'}\right) F_{by}} = \frac{62.15}{1420.16} + \frac{0.85 \times 1260.69}{\left(1 - \frac{62.15}{15375.36}\right) \times 1246.79} + \frac{0.61}{\left(1 - \frac{62.15}{1342.76}\right) \times 1897.5} = 0.91 \leq 1.00$$

Se cumple condición

$$\frac{f_a}{0.60F_y} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} = \frac{62.15}{0.60(2530)} + \frac{1260.69}{1246.79} + \frac{0.61}{1897.5} = 1.0 \leq 1.0$$

Se cumple condición

Columnas 7 y 8			
SECCION PROPUESTA W12X26			
d =	31 cm	Ixx =	8491 cm ⁴
bf =	16.5 cm	Iyy =	720 cm ⁴
tf =	0.97 cm	Sx =	547 cm ³
tw =	0.58 cm	Sy =	88 cm ³
A =	49.40 cm ²	rx =	13.10 cm
Peso =	66.9 kg/m	ry =	3.8 cm
fy =	2530 kg/cm ²	rT =	4.40 cm



Elementos Mecánicos		
Dirección mayor	Dirección Menor	
M = -6807.06 kg-m	M = 0.65 kg-m	P = 1207.39 kg
V = 1361.41 kg	V = -0.13 kg	

- **Revisión por compresión:**

$$\frac{kl}{r_x} = \frac{0.7(500)}{13.10} = 26.72 < 200 \quad \frac{kl}{r_y} = \frac{0.7(500)}{3.8} = 92.11 < 200$$

$$C_c = \sqrt{\frac{12\pi^2 E}{F_y}} = 128 > \frac{kl}{r}$$

$$\therefore F_a = \frac{\left[1 - \frac{(kl/r)^2}{2C_c^2}\right] F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3(kl/r)}{8C_c} - \frac{(kl/r)^3}{8C_c^3}} = \frac{\left[1 - \frac{(26.72)^2}{2(128)^2}\right] F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3(26.72)}{8(128)} - \frac{(26.72)^3}{8(128)^3}} = 1419.23 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_a = \frac{P}{A} = \frac{1207.39}{49.40} = 24.44 \text{ kg/cm}^2$$

Interacción de esfuerzos: $\frac{fa}{Fa} = \frac{24.44}{1419.23} \approx 2\%$

• **Revisión por Flexocompresión:**

$$C_b = 1.75 + 1.05 \frac{M_1}{M_2} + 0.3 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)^2 = 1.75 + 1.05 \frac{0.65}{-6807.06} + 0.3 \left(\frac{0.65}{-6807.06} \right)^2 = 1.75 \leq 2.3$$

$$\sqrt{\frac{717 \times 10^4 C_b}{F_y}} = \sqrt{\frac{717 \times 10^4 \times 1.75}{2530}} = 70.42$$

$$\frac{l}{r_T} = \frac{500}{4.4} = 113.64$$

$$\sqrt{\frac{3590 \times 10^4 C_b}{F_y}} = \sqrt{\frac{3590 \times 10^4 \times 1.75}{2530}} = 157.58$$

$$\sqrt{\frac{717 \times 10^4 C_b}{F_y}} \leq \frac{l}{r_T} \leq \sqrt{\frac{3590 \times 10^4 C_b}{F_y}}$$

$$\therefore Fb_x = \left[\frac{2}{3} - \frac{F_y (l/r_T)^2}{1080 \times 10^5 C_b} \right] F_y = \left[\frac{2}{3} - \frac{2530 (113.64)^2}{1080 \times 10^5 \times 1.75} \right] 2530 = 1249.30 \text{ kg/cm}^2$$

$$Fb_y = 0.75 F_y = 0.75 (2530) = 1897.50 \text{ kg/cm}^2$$

$$fb_x = \frac{M_x}{S_x} = \frac{680706 \text{ kg} \cdot \text{cm}}{547 \text{ cm}^3} = 1244.44 \text{ kg/cm}^2$$

$$fb_y = \frac{M_y}{S_y} = \frac{65 \text{ kg} \cdot \text{cm}}{88 \text{ cm}^3} = 0.74 \text{ kg/cm}^2$$

$$C_{mx} = 0.85$$

$$C_{my} = 1.00$$

$$F_{ex}' = \frac{12\pi^2 E}{23(kl/r_x)^2} = \frac{12\pi^2 E}{23(26.72)^2} = 15146.06 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{ey}' = \frac{12\pi^2 E}{23(kl/r_y)^2} = \frac{12\pi^2 E}{23(92.11)^2} = 1274.56 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{C_{mx} f_{bx}}{\left(1 - \frac{f_a}{F_{ex}'}\right) F_{bx}} + \frac{C_{my} f_{by}}{\left(1 - \frac{f_a}{F_{ey}'}\right) F_{by}} \quad \text{Se cumple condición}$$

$$= \frac{24.44}{1419.23} + \frac{0.85 \times 1244.44}{\left(1 - \frac{24.44}{15146.06}\right) \times 1249.30} + \frac{0.74}{\left(1 - \frac{24.44}{1274.56}\right) \times 1897.5} = 0.87 \leq 1.00$$

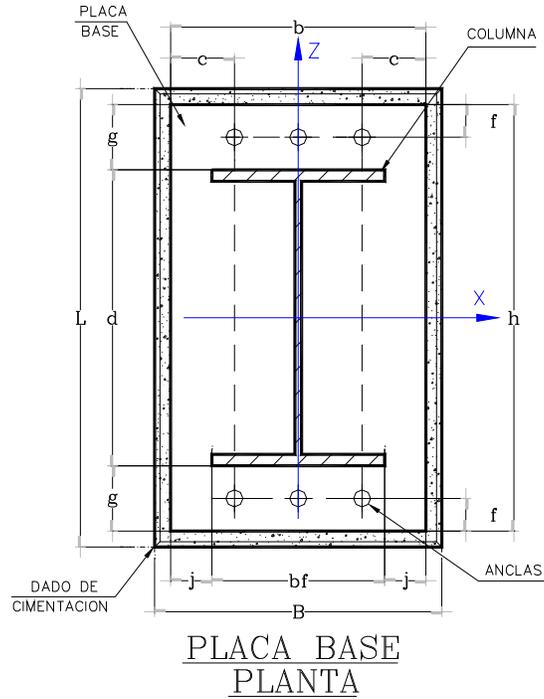
$$\frac{f_a}{0.60F_y} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} = \frac{24.44}{0.60(2530)} + \frac{1244.44}{1249.30} + \frac{0.74}{1897.5} = 1.0 \leq 1.0 \quad \text{Se cumple condición}$$

II.5.7 Diseño de placa base

Propiedades geométricas:

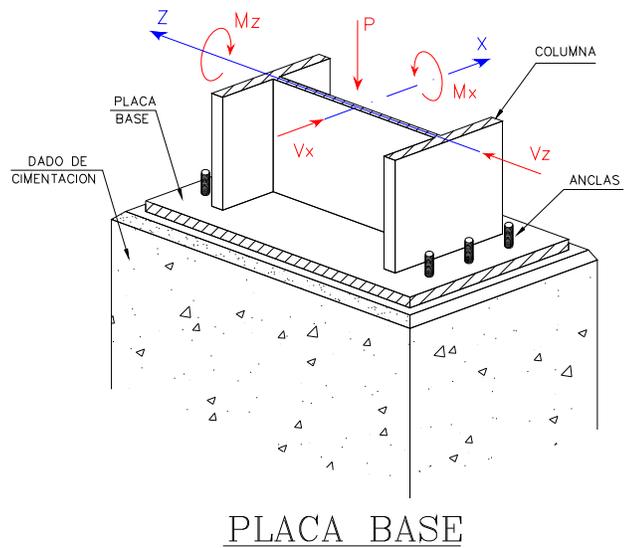
A) Placa Base:

$h =$	50.00	cm
$b =$	35.00	cm
$t =$	2.54	cm
$d =$	30.60	cm
$bf =$	25.40	cm
$c =$	6.25	cm
$g =$	9.70	cm
$f =$	4.85	cm
$j =$	4.80	cm
$f_y =$	2530.00	Kg/cm^2
$E =$	2.04E+06	Kg/cm^2
$A =$	1750.00	cm^2
$S_x =$	14583.33	cm^3
$S_z =$	10208.33	cm^3



B) Dado de Cimentación:

$L =$	55.00	cm
$B =$	40.00	cm
$A_D =$	2200.00	cm^2
$f_c =$	250.00	Kg/cm^2



Elementos mecánicos.

$P =$	2.58	Ton.
$V_x =$	0.45	Ton.

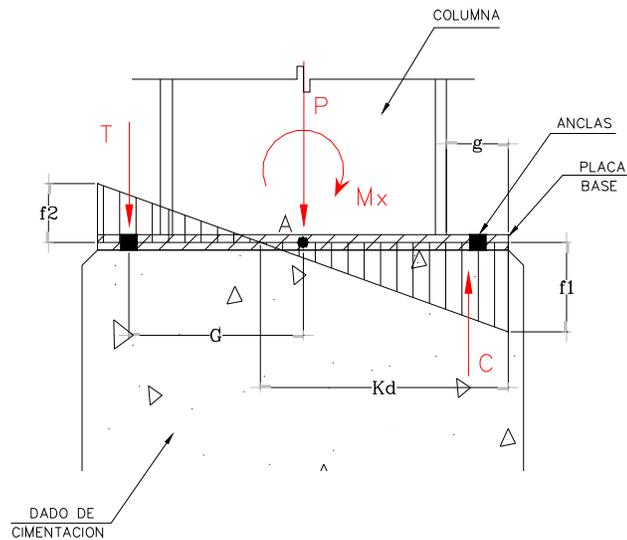
$V_z =$	1.74	Ton.
$V_u =$	1.74	Ton.
$M_x =$	8.68	T-m
$M_z =$	2.24	T-m

Distribución de esfuerzos

A) Análisis para el eje "X".

Esfuerzos de tensión y compresión:

$f_1 =$	61.00	Kg/cm^2	Compresión
$f_2 =$	-58.06	Kg/cm^2	Tensión
$G =$	20.15	cm	
$a =$	17.66		
$b =$	-2392.14		
$c =$	45664.08		
$K_d =$	22.99	cm	
$T =$	21.97	Ton.	



DISTRIBUCION DE ESFUERZOS

C) Esfuerzos de aplastamiento en el concreto:

$F_P =$	78.04	Kg/cm^2	$< 0,7 \cdot f_c$	(1.5.5 AISC-ASD)
$0,7 \cdot f_c =$	175.00	Kg/cm^2		
$f_p =$	61.00	Kg/cm^2	Ok	

Diseño de anclas:

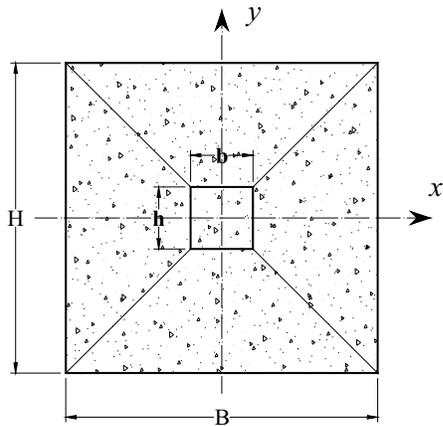
Datos de anclas:

$f =$	25.4	mm	Diámetro de las anclas.
$A_f =$	5.07	cm^2	Área de la sección transversal de una ancla.
$F_u =$	4850.00	Kg/cm^2	Esfuerzo último de las anclas. (ASTM A-36)
$\#_f =$	8		Número total de anclas.
$\#_{x_f} =$	3		Número de anclas en tensión para el M_x .

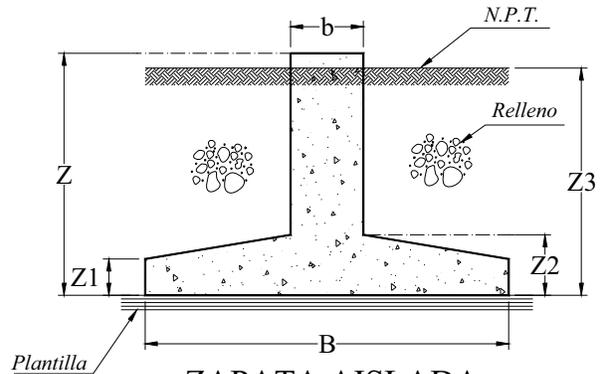
Esfuerzos en las anclas:

$f_v =$	42.83	Kg/cm^2	Esfuerzo cortante en las anclas.
$F_v =$	824.50	Kg/cm^2	Ok Esfuerzo permisible al corte.
$F_t =$	1600.50	Kg/cm^2	Esfuerzo permisible a tensión de las anclas.
$f_t =$	1445.08	Kg/cm^2	Ok Esfuerzo de tensión en las anclas.

II.5.8 Diseño de la cimentación



ZAPATA AISLADA
(Planta)



ZAPATA AISLADA
(Elevación)

Dimensiones de la zapata:

$B =$	1.50	m	Ancho de la zapata.
$H =$	2.00	m	Largo de la zapata.
$b =$	0.40	m	Base del dado.
$h =$	0.55	m	Altura del dado.
$Z_1 =$	0.15	m	Altura de la zapata en el borde.
$Z_2 =$	0.25	m	Altura de la zapata en el paño del dado.
$Z_3 =$	1.40	m	Altura del N.P.T. a la profundidad de desplante.
$Z =$	1.50	m	Altura total de la cimentación.
$r =$	0.05	m	Recubrimiento libre.
$d =$	0.20	m	Peralte efectivo considerando un recubrimiento libre de 5.00 cm.
$W_c =$	2.02	Ton	Peso de cimentación.

Propiedades del suelo:

$q_{adm} =$	10.00	T/m ²	Capacidad admisible del terreno al nivel de desplante.
$g =$	1.40	T/m ³	Peso volumétrico del suelo (Relleno).
$W_s =$	4.70	Ton	Peso del suelo (Relleno).

Propiedades mecánicas de la cimentación:

$f_c =$	250.00	Kg/cm ²	Resistencia del concreto a compresión.
$f_c^* =$	200.00	Kg/cm ²	Resistencia nominal del concreto a compresión.

$f'_c = 170.00 \text{ Kg/cm}^2$ Magnitud del bloque equivalente de esfuerzos del concreto a compresión.

$f_y = 4200.00 \text{ Kg/cm}^2$ Esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo.

El diseño de la cimentación se realiza para dos condiciones de carga opcionales.

Primera condición: **COMB5**

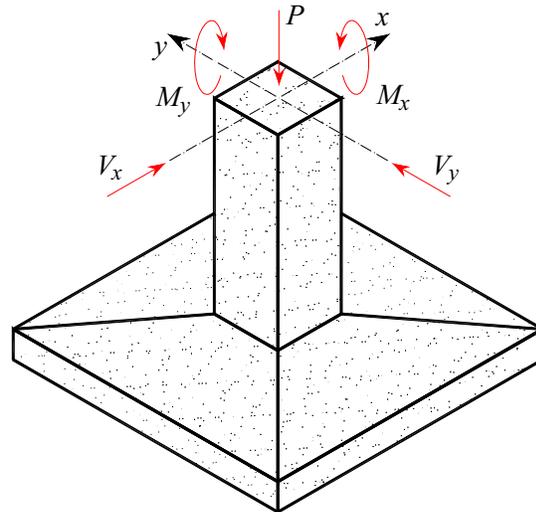
Factor de carga: **1**

$P =$	1.98	Ton
$V_x =$	2.12	Ton
$V_y =$	1.87	Ton
$M_x =$	0.00	T-m
$M_y =$	0.00	T-m

Segunda condición: **COMB10**

Factor de carga: **1**

$P =$	2.18	Ton
$V_x =$	2.34	Ton
$V_y =$	2.06	Ton
$M_x =$	0.00	T-m
$M_y =$	0.00	T-m

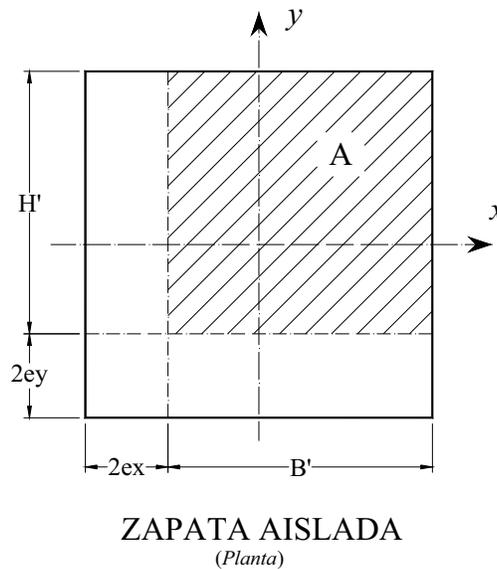


A) Revisión por capacidad de carga.

Elementos mecánicos últimos.

Primera condición:

$P =$	11.39	Ton	
$M_x =$	2.81	T-m	
$M_y =$	3.18	T-m	
$e_x =$	0.28	m	
$e_y =$	0.25	m	
$B' =$	0.94	m	
$H' =$	1.51	m	
$A =$	1.42	m^2	
$q =$	8.03	T/m^2	Bien



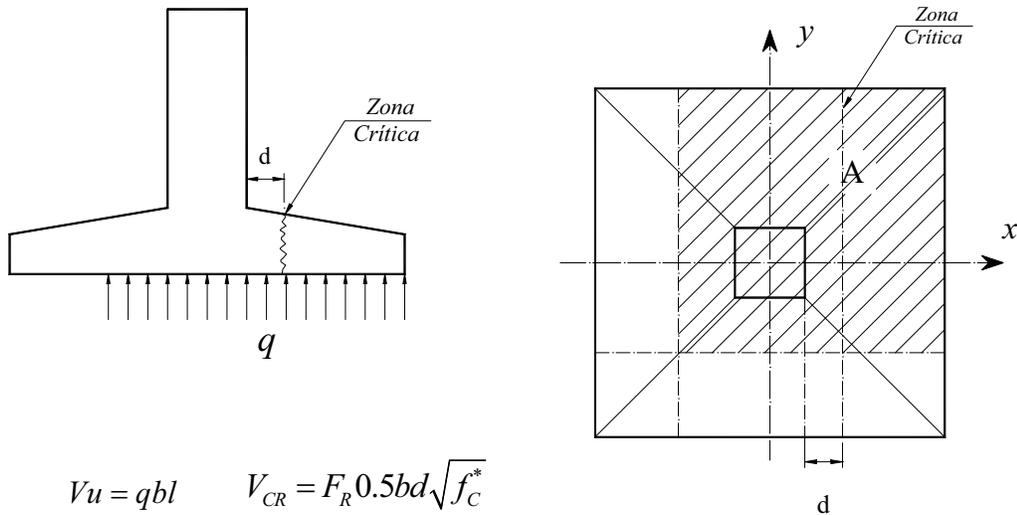
Segunda condición:

$P =$	9.57	Ton
-------	------	-----

$M_x =$	3.09	T-m			
$M_y =$	3.50	T-m		$e_x = \frac{M_y}{P}$	$e_y = \frac{M_x}{P}$
$e_x =$	0.37	m			
$e_y =$	0.32	m		$B' = B - 2e_x$	$H' = H - 2e_y$
$B' =$	0.77	m			
$H' =$	1.35	m			
$A =$	1.04	m ²		$A = B' H'$	$q = \frac{P}{A}$
$q =$	9.20	T/m ²	Bien		

B) Revisión a cortante como viga ancha.

La zona crítica a cortante como viga ancha se encuentra a una distancia de un peralte efectivo d a partir del paño del dado. El análisis se realiza para un ancho de 1.00 m.



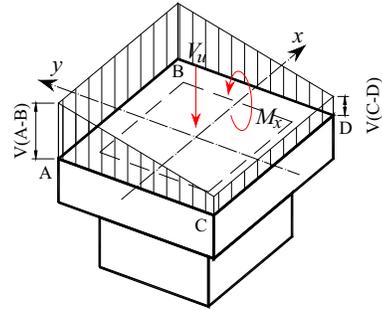
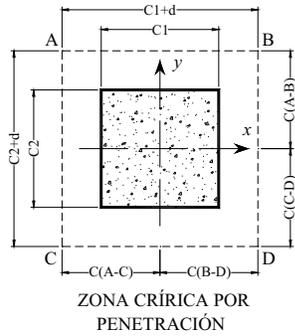
$$V_u = qbl \quad V_{CR} = F_R 0.5bd\sqrt{f_c^*}$$

$F_R = 0.8$ Factor de reducción por cortante.

Condición	q T/m ²	b m	l m	V_u Ton	V_{CR} Ton	
1	8.03	1.00	0.525	4.22	11.31	Bien
2	9.20	1.00	0.525	4.83	11.31	Bien

C) Revisión a cortante por penetración.

Cuando el momento a transmitir es mayor a $0.2Vud$, hay una transferencia de momento y se supondrá que una fracción de dicho momento se transmite por excentricidad de la fuerza cortante total, con respecto a la sección crítica definida como sigue:



Revisión para el momento alrededor del eje "X" (M_x).

Condición	$0.2Vud$ T-m	M_x T-m
1	0.46	2.81
2	0.38	3.09

$M_x > 0.2Vud$

$M_x > 0.2Vud$

$C_1 =$	0.40	m
$C_2 =$	0.55	m
$C_1+d =$	0.60	m
$C_2+d =$	0.75	m

$$A_{cr} = 2d(C_1 + C_2 + 2d)$$

$$\alpha = 1 - \frac{1}{1 + 0.67\sqrt{(C_1+d)/(C_2+d)}}$$

Condición	a	aMx T-m	Vu Ton	Acr m ²	Jc m ⁴
1	0.37	1.05	1.64	0.54	0.04
2	0.37	1.16	1.96	0.54	0.04

Condición	*fv _x Kg/cm ²	**fv _x Kg/cm ²	fv _x Kg/cm ²
1	0.30	1.43	1.43
2	0.36	1.60	1.60

* Esfuerzo cortante cuando $M_x < 0.2Vud$.

** Esfuerzo cortante cuando $M_x > 0.2Vud$

Revisión para el momento alrededor del eje "Y" (M_y).

Condición	$0.2Vud$ T-m	M_y T-m
1	0.46	3.18
2	0.38	3.50

$M_y > 0.2Vud$

$M_y > 0.2Vud$

Condición	a	aMy T-m	Jc m ⁴
1	0.37	1.19	0.05
2	0.37	1.31	0.05

Condición	*f _v Kg/cm ²	**f _v Kg/cm ²	f _v Kg/cm ²	f _v Kg/cm ²	F _{v_{cr}} Kg/cm ²
1	0.30	0.73	0.73	2.16	9.90
2	0.36	0.81	0.81	2.41	9.90

Bien

Bien

* Esfuerzo cortante cuando My < 0.2Vud.

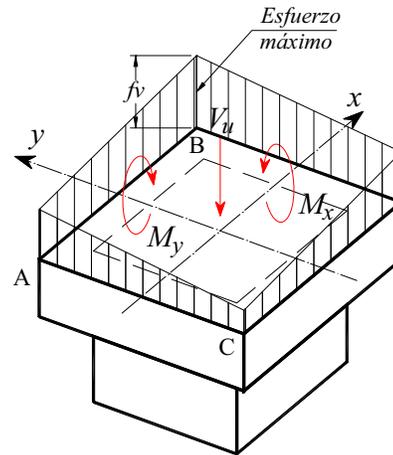
** Esfuerzo cortante cuando My > 0.2Vud

$$J_c = \frac{d(C_1+d)^3}{6} + \frac{(C_1+d)d^3}{6} + \frac{d(C_2+d)(C_1+d)^2}{2}$$

$$f_{v_x} = \frac{Vu}{b_o d} \quad b_o = 2[(C_1+d) + (C_2+d)]$$

$$f_{v_x} = \frac{Vu}{A_{cr}} + \frac{\alpha M_x C_{(C-D)}}{J_c} \quad Vu = |P - q(C_1+d)(C_2+d)|$$

$$f_v = f_{v_x} + f_{v_y} \quad F_{v_{cr}} = 0.7\sqrt{f_c^*}$$



D) Diseño a flexión.

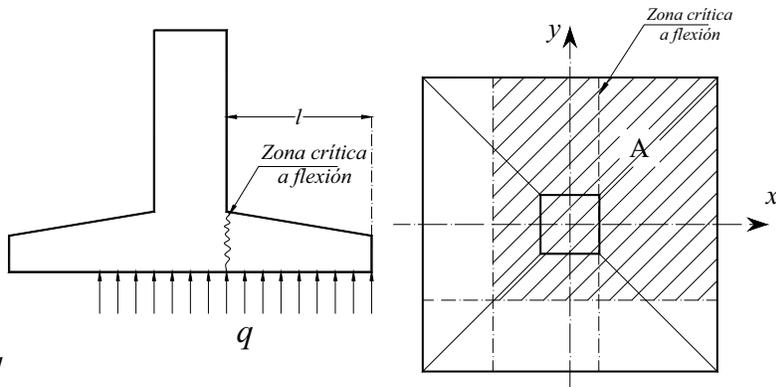
La zona crítica a flexión se encuentra en el paño exterior del dado. El análisis se realiza para un ancho de 1.00 m.

$$M = \frac{wl^2}{2} \quad \rho = \frac{qf_c''}{f_y}$$

$$q^2 - 2q + \frac{2M}{F_R b d^2 f_c''} = 0$$

$$As = \rho b d \quad As_{min} = \frac{0.7\sqrt{f_c'}}{f_y}$$

$$As_{max} = 0.75 \left(\frac{f_c''}{f_y} \right) \left(\frac{6000(0.85)}{f_y + 6000} \right) b d$$



Diseño de refuerzo en dirección Y.

Condición	w T/m^2	l m	M $T-m$	q	r
1	8.03	0.55	1.22	0.020	0.0008
2	9.20	0.55	1.39	0.023	0.0009

Condición	$A_{s_{max}}$ cm^2	$A_{s_{min}}$ cm^2	$A_{s_{cal.}}$ cm^2	A_s cm^2	Separación cm
1	30.36	5.27	1.62	5.27	13.47
2	30.36	5.27	1.86	5.27	13.47

3

3

Diseño de refuerzo en dirección X.

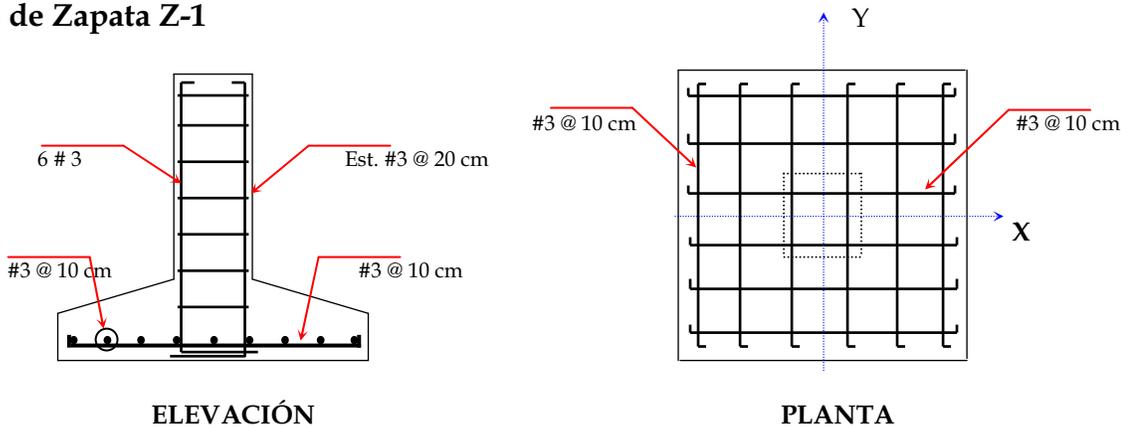
Condición	w T/m^2	l m	M $T-m$	q	r
1	8.03	0.725	2.11	0.035	0.0014
2	9.20	0.725	2.42	0.040	0.0016

Condición	$A_{s_{max}}$ cm^2	$A_{s_{min}}$ cm^2	$A_{s_{cal.}}$ cm^2	A_s cm^2	Separación cm
1	30.36	5.27	2.84	5.27	13.47
2	30.36	5.27	3.26	5.27	13.47

3

3

Diseño de Zapata Z-1



E) Revisión por volteo.

La revisión por volteo se realiza por medio de una suma de momentos con respecto a un punto "A" de todas las acciones que impidan que trate de voltearse la cimentación, esta suma de momentos se le conoce como momento de contravolteo (M_{cv}) y al momento que trate de voltear a la cimentación se le conoce como momento de volteo (M_v). El factor de seguridad es el cociente del momento de contravolteo con el momento de volteo y debe ser mayor a la unidad. Para calcular el M_{cv} no se utiliza ningún factor de carga mientras que para el M_v se afecta por un factor de carga correspondiente según la condición de carga que rija es decir sismo, viento ó vertical.

Elementos mecánicos:

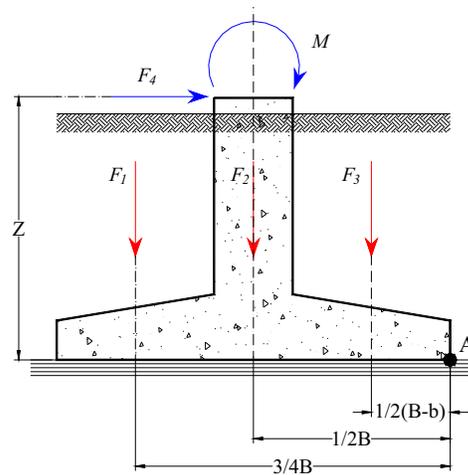
Condición de carga: **COMBINACIÓN 10**

Factor de carga **1**

$P = 2.18$ Ton
 $M = 0.00$ Ton
 $V = 2.12$ Ton

Fuerzas:

$F_1 = 1.85$ Ton
 $F_2 = 5.18$ Ton
 $F_3 = 1.848$ Ton
 $F_4 = 2.12$ Ton
 $Z = 1.50$ m
 $b = 0.40$ m
 $B = 1.50$ m



Momento de volteo:

$$M_v = M + VZ$$

$M_v = 3.18$ T-m

Momento de contravolteo:

$$M_{cv} = F_1\left(B - \frac{1}{4}(B-b)\right) + \frac{1}{2}F_2B + \frac{1}{4}F_3(B-b)$$

$$M_{cv} = 6.65 \quad T-m$$

Factor de seguridad:

$$F.S. = \frac{M_{cv}}{M_v}$$

$$F. S. = 2.1 \quad \mathbf{Bien}$$

CAPÍTULO III. ANÁLISIS DE COSTOS

Objetivo: Definir las actividades (catalogo de conceptos), tiempos de ejecución y todos los factores que intervienen en la realización de una propuesta económica así como dar a conocer el monto total de la obra. Comparar de forma general la inversión de construir bajo este sistema contra el empleo de otro sistema de cubierta.

III.1 GENERALIDADES

Una vez diseñada la cubierta, es muy importante definir el costo de la misma. La propuesta económica de un proyecto es igual o mas importante que el diseño ya que, si bien al diseñar la obra se pretende no solo que la construcción sea segura sino también obtener elementos estructurales óptimos que nos resulten en un ahorro de material, en la propuesta económica es de gran importancia manejar nuestros recursos de forma que se logre un presupuesto competitivo y aun mas allá, optimizarlos de forma que los esfuerzos realizados en el diseño se reflejen en su costo.

Las características de la obra que son resultado por una lado de la ubicación, tipo de suelo, uso y demás datos de anteproyecto, y por otra lado de los resultados obtenidos del diseño, los cuales son los siguientes:

Datos generales

- Propietario: Gobierno del Estado de México.
- Uso: Cancha techada, área de usos múltiples. (*Escolar*)
- Dimensiones:
 - Largo 33.25 m
 - Ancho 20 m (claro máximo)
 - Área 665 m².
 - Altura máxima 9.00 m.
 - Altura libre 4.70 m.

Actividades a realizar.

- Trazo y nivelación de la obra, definiendo referencias.
- Cimentación a base de zapatas aisladas, dados y trabes de concreto $f'c=250$ kg/cm² reforzados con varilla de acero corrugada $f_y=4200$ kg/cm². Incluyendo excavación en material tipo II, a 1.50 m de profundidad, afine de fondo y taludes de excavación, relleno de cepas.
- Reposición de concreto simple $f'c=150$ kg/cm² en zonas demolidas.
- Conexión dado - columna con anclas de 1.00 m de largo y 1" de diámetro de acero $f_y=4200$ kg/cm² roscadas en la punta para empotrar columna y placa de 45 cm x 45 cm y un espesor de 1/4" de acero estructural.
- Columnas de acero estructural (IPR) A-36, soldada en los "empates" con soldadura E70xx.
- Vigas perimetrales y viga canalón de acero estructural A-36, soldada en los "empates" con soldadura E70xx, asentada sobre placas de conexión soldadas a la columna.
- Bajadas de agua pluvial de tubo sanitario de PVC de 8", con accesorios de fijación y conexiones, descargando a registros ya existentes.
- Cubierta de lámina galvanizada pintada color blanco de sección conocida, calibre 24, apoyada sobre canalón, y fijada con pernos de 3/4" para resistir las acciones climatológicas y de peso propio de la lámina para su correcto funcionamiento.
- Faldones (paredes laterales) de lámina galvanizada pintada de la misma sección que la cubierta sin curvar color blanco/blanco de sección conocida, calibre 24; apoyado sobre vigas perimetrales, fijados con pernos.

- Limpieza general de la obra para entrega de los trabajos.

Estos datos, y las actividades descritas, serán la base para presentar una propuesta económica y llegar a un presupuesto óptimo.

Existen varios tipos de contratos que se manejan en la industria de la construcción; de los cuales los más comunes o socorridos son:

- **Contrato por tanto (Precio Alzado).**- Es aquel en el cual se hace un análisis, medianamente exacto del importe de la misma y recibe un porcentaje de ese importe. Este tipo de contrato no es muy conveniente para ambas partes, y mucho menos si se trata de una obra grande, ya que no hay precisión de los volúmenes y precios unitarios, por lo tanto será un problema el programar los insumos con la seguridad que se requiere.
- **Contrato por precio unitario.**- Este consiste en fijar únicamente los precios unitarios de cada una de las partidas que intervienen en la obra, sin tomar en cuenta las cantidades de obra. Este contrato aunque ya contamos con los precios unitarios, no basta para una buena programación, ya que no se contemplan las cantidades de materiales y por consecuencia nuestros insumos pueden sucederse con problemas.
- **Contrato por precio unitario y volúmenes de obra.**- Es aquel en el que se hace un estudio detallado, tanto de precios unitarios, como de las cantidades de obra, enlistando estas últimas ordenadamente. Este tipo de contrato, también describen los materiales y se calcula con anticipación el monto total de la obra, siendo este el tipo que más se utiliza y por lo tanto será el analizado.

Dadas las características mencionadas, se recomienda que este tipo de contrato contenga aclarado como mínimo lo siguiente: objeto del contrato, importe del contrato, forma de pago, tiempo programado de entrega, contingencias imprevistas de fuerza mayor, garantías y sanciones.

A continuación encontraremos el catálogo de conceptos, formulado a partir de las actividades arriba descritas, el cual será el punto de partida para nuestro presupuesto.

III.2 CATALOGO DE CONCEPTOS

Tabla III.1 Catálogo de Conceptos

No	CONCEPTO	Unidad
I	PRELIMINARES	
1.-	Trazo y nivelación del terreno para inicio de los trabajos estableciendo referencias, así como el control de nivelación durante el proceso de la construcción. Incluye equipo de topografía, herramienta, mano de obra y todo lo necesario para su correcta ejecución.	m ²
2.-	Desmontaje de casetas existentes de lámina con bastidor metálico, lámparas, instalación eléctrica, herrería metálica, cancelaría de aluminio, vidrios, demolición de firme de concreto simple de 15 cm de espesor. Incluye: mano de obra, herramienta, andamios, equipo, acarreo dentro del predio, y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos.	lote
II	CIMENTACIÓN	
3.-	Demolición a mano de piso de concreto simple en el interior de la obra con espesor promedio de 10 cm para su posterior excavación y alojamiento de zapatas aisladas. Incluye: mano de obra, corte con disco para delimitar áreas a demoler, herramienta, acarreo de material demolido a pie de camión y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos.	m ²

4.-	Excavación con máquina en cepas de material tipo 2 de 0.00 a 1.55 m de profundidad, afine de fondo y taludes para desplante de zapatas de cimentación. Incluye: equipo, transporte, herramienta, mano de obra, y todo lo necesario para su correcta ejecución, volumen medido en banco.	m ³
5.-	Plantilla de concreto pobre $f'c=100$ kg/cm ² , hecho en obra resistencia normal agregado máximo 3/4" de 5 cm de espesor. Incluye: materiales, equipo, herramienta, mano de obra, transporte a obra y todo lo necesario para su correcta ejecución.	m ²
6.-	Habilitado de acero de refuerzo en cimentación $f_y=4200$ kg/cm ² . Incluye: materiales, equipo, herramienta, mano de obra, transporte a obra y todo lo necesario para su correcta ejecución.	ton
7.-	Cimbra común en cimentación. Incluye: materiales, equipo, herramienta, mano de obra, transporte a obra y todo lo necesario para su correcta ejecución.	m ²
8.-	Concreto hecho en obra $f'c=250$ kg/cm ² resistencia normal tamaño máximo de agregado de 3/4", en cimentación. Incluye: colado, vibrado, curado, materiales, equipo, herramienta, mano de obra, transporte a obra y todo lo necesario para su correcta ejecución.	m ³
9.-	Relleno de cepas, compactado, con material producto de excavación (tepetate), colocado, tendido, y compactado por medios mecánicos. Incluye: equipo, herramienta, mano de obra, transporte a obra, y todo lo necesario para su correcta ejecución.	m ³
10.-	Reposición de concreto simple $f'c=150$ kg/cm ² de 10 cm de espesor, hecho en obra en zonas demolidas para alojar zapatas aisladas, nivelado. Incluye: colado, vibrado, curado, y todo lo necesario para su correcta ejecución.	m ²
III	ESTRUCTURA METÁLICA Y TECHUMBRE	
11.-	Suministro y colocación de anclas de acero A-36 de 1" de diámetro, doble tuerca G-5 con rondana plana para nivelación de la misma. Incluye: materiales, maquinaria, transporte a obra, equipo, herramienta, mano de obra y todo lo necesario para su correcta ejecución.	pza
12.-	Suministro, habilitado y montaje de estructura metálica a base de perfiles estructurales IPR y placa base en acero calidad A-36 como conexión cimentación - estructura, vigas perimetrales en cajón, viga canalón, conexiones viga - columna, acabado a una mano de primario anticorrosivo de esmalte alquidálico. Incluye: materiales, maquinaria y equipo, herramienta, mano de obra, transporte a obra, placas de conexión así como accesorios de fijación y todo lo necesario para su correcta ejecución.	kg
13.-	Suministro, fabricación y montaje de cubierta auto soportante en lámina galvanizada pintada calibre 24. Incluye: accesorios de fijación, rolado, engargolado, mano de obra, material, andamios, equipo, herramienta menor, equipo pesado y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos.	m ²
14.-	Suministro y colocación de lámina 100% acrílica y reforzada con fibra de vidrio. Para cubierta al 15%, incluye: materiales, acarreo, elevación, fijación, sellado, mano de obra, equipo, andamios, herramienta, desperdicios, y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos.	m ²
15.-	Suministro y colocación de muros tímpano a base de lámina galvanizada pintada calibre 24 color blanco/blanco. Incluye: material, herramienta, mano de obra, andamios, equipo, y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos.	m ²
16.-	Suministro, fabricación y colocación de remate lateral en lámina galvanizada pintada calibre 24, con un desarrollo de 45 cm. Incluye: materiales, accesorios de fijación, sellador, cortes, dobleces, planos de taller, mano de obra, andamios, equipo, y todo lo necesario para su correcta ejecución.	m
17.-	Suministro, habilitado y colocación de bajadas para captación de aguas pluviales con tubería de PVC de 4" de diámetro, en cualquier nivel incluye: materiales mano de obra,	m

	herramienta, andamiaje, equipo, corte, acarreo y todo lo necesario para su correcta ejecución.	
IV	LIMPIEZA GENERAL	
18.-	Limpieza final de obra para entrega, limpieza final de piso, recolectando basura, cajas, envolturas, desperdicios, con acopio, carga manual, transporte total en camión y descarga en tiradero oficial autorizado. Incluye: fletes, mano de obra, herramienta y equipo.	m ²

III.3 RUTA CRÍTICA

El método del camino crítico es un proceso administrativo de planeación, programación, ejecución y control de todas y cada una de las actividades y componentes de un proyecto que debe desarrollarse dentro de un tiempo crítico y al costo óptimo.

El campo de acción de este método es muy amplio, dada su gran flexibilidad y adaptabilidad a cualquier proyecto no importando su tamaño o alcances.

Este método se aplica para la planeación y control de diversos proyectos, tales como construcción de presas, apertura de caminos, pavimentación, construcción de casas y edificios, reparación de barcos, investigación de mercados, movimientos de colonización, estudios económicos regionales, auditorías, planeación de carreras universitarias, distribución de tiempos de salas de operaciones, ampliaciones de fábricas, planeación de itinerarios para cobranzas, planes de venta, censos de población, o cualquier proyecto que deseemos analizar bajo este método es posible dada su gran versatilidad y eficiencia.

III.3.1 Definición del proyecto

La obra refiere a una cubierta auto soportante (arcotecho) del tipo membrana de lámina de sección dada, apoyada sobre vigas-canalón de acero estructural, las cuales son soportadas por vigas y columnas de acero estructural; cimentación a base de concreto armado; cuyos parámetros generales son los siguientes:

- Propietario: Gobierno del Estado de México; Preparatoria Oficial #114.
- Uso: Cancha techada, área de usos múltiples. (*Escolar*)
- Dimensiones:
 - Largo 33.25 m
 - Ancho 20 m (claro máximo)
 - Área 665 m².
 - Altura máxima 9.00 m.
 - Altura libre 4.70 m.

III.3.2 Lista de actividades, matriz de secuencia.

En la tabla III.2 se enumeran las actividades a realizar – de manera resumida – y a la vez se expone la matriz de secuencia que regirá la propuesta económica y posteriormente el proceso constructivo.

Las matrices de secuencia deben ser elaboradas por los responsables de la ejecución de la obra (residentes de obra) o con ayuda de ellos en base a su experiencia y conocimientos constructivos. Debe tenerse especial cuidado que todas y cada una de las actividades tenga por lo menos un antecedente excepto, por supuesto, en el caso de ser actividades iniciales, en cuyo caso su antecedente será cero (0). Este antecedente (0) nos servirá como punto de partida únicamente. La información debe tomarse una por una de las actividades citadas, sin pasar por alto ninguna de ellas.

Esta matriz no es definitiva, porque generalmente se hacen ajustes posteriores en relación con la existencia y disponibilidad de materiales, mano de obra y otras limitaciones; aunque si servirá como un parámetro para continuar con la propuesta económica y elaborar el presupuesto fundamentado en esta matriz que junto con otros ejercicios llevan a la ruta crítica.

III.3.3 Matriz de tiempos.

En el estudio de tiempos se requieren tres cantidades, que por conveniencia deben ser evaluadas por personas calificadas y experimentadas para así llegar a un resultado real de la duración de las actividades. Estas cantidades son:

- a) **El tiempo medio (M).**- Es el tiempo normal que se necesita para la ejecución de las actividades, basado en la experiencia personal.
- b) **El tiempo óptimo (O).**- Es el que representa el tiempo mínimo posible sin importar el costo o cuantía de elementos materiales y humanos que se requieran; es simplemente la posibilidad física de realizar la actividad en el menor tiempo.
- c) **El tiempo pésimo (P).**- Es un tiempo excepcionalmente grande que pudiera presentarse ocasionalmente como consecuencia de accidentes, falta de suministros, retardos involuntarios, causas no previstas, entre otras. Debe contarse solo el tiempo en que se ponga remedio o se de solución al problema en cuestión y no debe tomarse en cuenta el tiempo ocioso o muerto.

Se puede medir el tiempo en minutos, horas, días, semanas, meses y años, con la condición de que se tenga la misma medida para todo el proyecto. Los tiempos antes descritos, servirán para promediarlos mediante la formula siguiente:

$$t = \frac{O + 4M + P}{6}$$

Que es el tiempo estándar, esta formula pretende darle al tiempo medio (M) una proporción mayor que los tiempos optimo (O) y pésimo (P) que influyen puesto que el tiempo medio es el mas común, el que toma en cuenta mas factores y además el mas apegado a la realidad.

Tabla III.2 Matriz de Secuencias

No	Concepto	Unidad	Act Anterior	Act Simultánea	Act Posterior
I PRELIMINARES					
1.-	Trazo y nivelación del terreno	m ²	-----	2	3
2.-	Desmontaje de casetas existentes de lámina	lote	-----	1	3
II CIMENTACION NAVE					
3.-	Demolición a mano de piso de concreto simple	m ²	1,2	-----	4
4.-	Excavación con máquina en cepas de material tipo II	m ³	3	-----	5
5.-	Plantilla de concreto pobre f'c=100 kg/cm ²	m ²	4	-----	7
6.-	Habilitado de acero de refuerzo en cimentación	ton	-----	1,2	11
7.-	Cimbra común en cimentación	m ²	5,11	-----	8
8.-	Concreto hecho en obra f'c=250 kg/cm ² para cimentación	m ³	7	-----	9
9.-	Relleno de cepas, compactado, con material producto de excavación	m ³	8	-----	10
10.-	Reposición de concreto simple f'c=150 kg/cm ² de 10 cm.	m ²	9	-----	12
III ESTRUCTURA METÁLICA Y TECHUMBRE					
11.-	Suministro y colocación de anclas	pza	6	-----	7
12.-	Suministro, habilitado y montaje de estructura metálica	kg	10	-----	13,17
13.-	Suministro, fabricación y montaje de cubierta auto soportante	m ²	12	-----	14,15
14.-	Suministro y colocación de lámina 100% acrílica	m ²	13	15,17	18
15.-	Suministro y colocación de faldones	m ²	13	14,17	16
16.-	Suministro, fabricación y colocación de remate lateral	ml	15	-----	18
17.-	Suministro, habilitado y colocación de bajadas para captación de agua pluvial	ml	12	14,15	18
VI LIMPIEZA GENERAL					
18.-	Limpieza final de obra para entrega	m ²	14,16,17	-----	-----

Tabla III.3 Matriz de Tiempos

No	Concepto	Unidad	Tiempo Óptimo (O)	Tiempo Medio (M)	Tiempo Pésimo (P)	Duración Normal t (DIAS)
I	PRELIMINARES					
1.-	Trazo y nivelación del terreno	m ²	1	1	1	1
2.-	Desmontaje de casetas existentes de lámina	lote	2	5	8	5
II	CIMENTACION NAVE					
3.-	Demolición a mano de piso de concreto simple	m ²	2	4	6	4
4.-	Excavación con máquina en cepas de material tipo II	m ³	1	2	5	2
5.-	Plantilla de concreto pobre f'c=100 kg/cm ²	m ²	3	5	7	5
6.-	Habilitado de acero de refuerzo en cimentación	ton	4	8	12	8
7.-	Cimbra común en cimentación	m ²	4	4	6	4
8.-	Concreto hecho en obra f'c=250 kg/cm ² para cimentación	m ³	5	6	16	8
9.-	Relleno de cepas, compactado, con material producto de excavación	m ³	1	2	8	3
10.-	Reposición de concreto simple f'c=150 kg/cm ² de 10 cm.	m ²	3	3	3	3
III	ESTRUCTURA METÁLICA Y TECHUMBRE					
11.-	Suministro y colocación de anclas	pza	1	1	1	1
12.-	Suministro, habilitado y montaje de estructura metálica	kg	12	18	24	18
13.-	Suministro, fabricación y montaje de cubierta auto soportante	m ²	2	2	8	3
14.-	Suministro y colocación de lámina 100% acrílica	m ²	1	1	3	1
15.-	Suministro y colocación de faldones	m ²	1	1	2	1
16.-	Suministro, fabricación y colocación de remate lateral	ml	1	1	1	1
17.-	Suministro, habilitado y colocación de bajadas para captación de agua pluvial	ml	2	2	4	2
VI	LIMPIEZA GENERAL					
18.-	Limpeza final de obra para entrega	m ²	2	2	2	2

III.3.4 Matriz general

Tanto la lista de actividades, la matriz de secuencias y la matriz de tiempos se unen en una sola matriz, llamada *matriz general o de información*, con la cual podremos construir la ruta crítica:

Tabla III.4. Matriz General

No	CONCEPTO	Unidad	Act Ant	Act Simult	Act Post	(O)	(M)	(P)	t
I									
PRELIMINARES									
1.-	Trazo y nivelación del terreno	m ²	-----	2	3	1	1	1	1
2.-	Desmontaje de casetas existentes de lamina	lote	-----	1	3	2	5	8	5
II									
CIMENTACIÓN NAVE									
3.-	Demolición a mano de piso de concreto simple	m ²	1,2	6	4	2	3	9	4
4.-	Excavación con maquina en cepas de material tipo II	m ³	3	6	5	1	2	5	2
5.-	Plantilla de concreto pobre f'c=100 kg/cm2	m ²	4	6	7	3	5	7	5
6.-	Habilitado de acero de refuerzo en cimentación	ton	-----	1,2,3,4,5	8,11	4	8	12	8
7.-	Cimbra común en cimentación	m ²	5	-----	8,11	2	4	7	4
8.-	Concreto hecho en obra f'c=250 kg/cm2 para cimentación	m ³	6,7	11	14	4	8	10	8
9.-	Relleno de cepas, compactado, con material producto de excavación	m ³	8	-----	10	1	3	6	3
10.-	Reposición de concreto simple f'c=150 kg/cm2 de 10 cm.	m ²	9	-----	13	2	3	4	3
III									
ESTRUCTURA METÁLICA Y TECHUMBRE									
11.-	Suministro y colocación de anclas	pza	6,7	8	12	1	1	1	1
12.-	Suministro, habilitado y montaje de estructura metálica	kg	11	-----	13,17	14	18	24	18
13.-	Suministro, fabricación y montaje de cubierta auto soportante	m ²	10,12	-----	14,16	2	2	8	3
14.-	Suministro y colocación de lámina 100% acrílica	m ²	13	16,17	15	2	3	4	3
15.-	Suministro, fabricación y colocación de remate lateral	ml	16	17	18	1	1	3	1
16.-	Suministro y colocación de muros tímpano	m ²	13	14,17	15	1	1	2	1
17.-	Suministro, habilitado y colocación de bajadas para captación de agua pluvial	ml	12	14,16,17	18	1	2	4	2
VI									
LIMPIEZA GENERAL									
18.-	Limpieza final de obra para entrega	m ²	17	-----	-----	2	2	2	3

III.3.5 Ruta de actividades.

Se llama red de actividades a la representación gráfica de las actividades que muestran sus eventos, secuencias, interrelaciones y el camino crítico. No solo se llama *camino o ruta crítica* al método sino en realidad esto refiere a la serie de actividades contadas desde el inicio del proyecto a ejecutar hasta su terminación, que no tienen flexibilidad en su tiempo de ejecución, por lo que cualquier retraso que sufriera alguna de las actividades de la serie provocaría un retraso en todo el proyecto; de ahí la importancia de construir esta red.

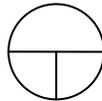
Desde otro punto de vista, la *ruta crítica* es la serie de actividades que indica la duración total del proyecto. Cada una de las actividades se representa como es sabido por una flecha que empieza en un evento y termina en otro. Se llama evento al momento de inicio o culminación de una actividad, también son conocidos como *nodos*.

Resumen.

- **ACTIVIDAD.**- Conjunto de operaciones y materiales que requieren cantidad de trabajo y consumen tiempo. Son representadas mediante una flecha



- **EVENTO O SUCESO.**- Es el instante en que debe de iniciarse o concluirse una actividad; no consume tiempo. Es representada por un Nodo.



III.3.6 Holguras

Las actividades que no se encuentran dentro o en el camino de la ruta crítica, tendrán una flexibilidad en cuanto a sus tiempos de inicio, terminación y/o ejecución. Esta flexibilidad se le denomina *holgura*, que no es más que el tiempo disponible para prolongar la duración de una actividad sin que repercutan en el plazo de entrega:

- **Holgura total H_T .**- Es el tiempo máximo disponible para prolongar la duración de una actividad, para calcularla, resta la fecha mas lejana de termino (FMLT) - fecha mas cercana de inicio (FMCI) - la duración de la actividad que separa a ambos nodos (t).

$$H_T = FMLT - FMCI - t$$

- **Holgura libre H_L .**-Es el tiempo medio disponible para prolongar la duración de una actividad. Para calcularla, restar la fecha mas cercana de termino (FMCT) - la fecha mas cercana de inicio (FMCI) - duración de la actividad que separa ambos nodos (t).

$$H_L = FMCT - FMCI - t$$

- **Holgura independiente H_I .**- Es el tiempo mínimo disponible para prolongar la duración de una actividad, para calcularla, restar la fecha mas cercana de termino (FMCT) - la fecha mas lejana de inicio (FMLI) - duración entre ambos nodos (t).

$$H_I = FMCT - FMLI - t$$

Así la tabla de holguras se muestra en la tabla III.6.

Tabla III.5 Ruta Crítica

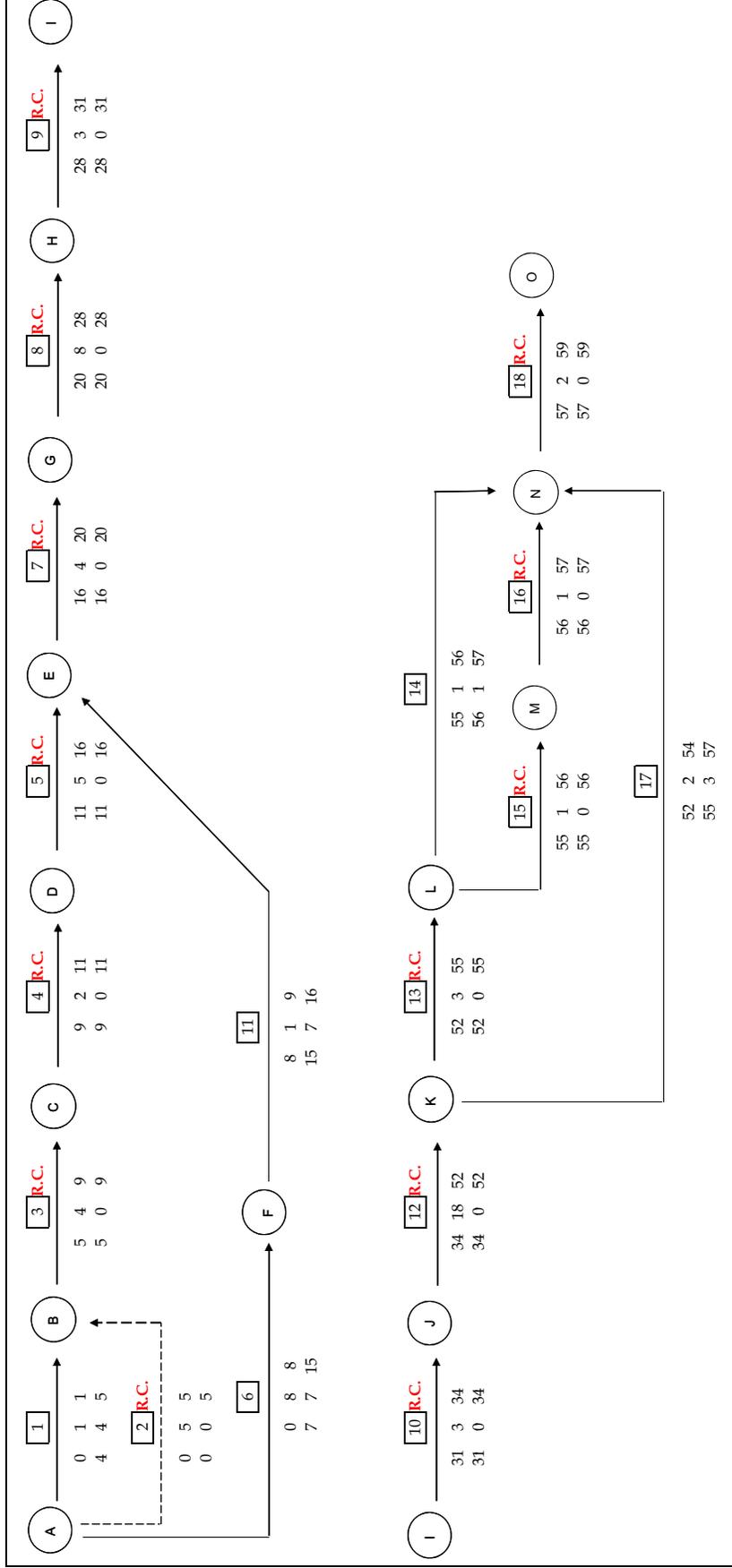


Tabla III.6 Tabla de Holguras

No	Concepto	Unidad	t	Fechas primeras		Fechas últimas		HOLGURAS		
				FMCI	FMLI	FMCT	FMLT	HT	HL	HI
I PRELIMINARES										
1.-	Trazo y nivelación del terreno	m ²	1	0	4	1	5	4	0	-4
2.-	Desmontaje de casetas existentes de lámina	lote	5	0	0	5	5	0	0	0
II CIMENTACIÓN NAVE										
3.-	Demolición a mano de piso de concreto simple	m ²	4	5	5	9	9	0	0	0
4.-	Excavación con máquina en cepas de material tipo II	m ³	2	9	9	11	11	0	0	0
5.-	Plantilla de concreto pobre f'c=100 kg/cm ²	m ²	5	11	11	16	16	0	0	0
6.-	Habilitado de acero de refuerzo en cimentación	ton	8	0	7	8	15	7	0	-7
7.-	Cimbra común en cimentación	m ²	4	16	16	20	20	0	0	0
8.-	Concreto hecho en obra f'c=250 kg/cm ² para cimentación	m ³	8	20	20	28	28	0	0	0
9.-	Relleno de cepas, compactado, con material producto de excavación	m ³	3	28	28	31	31	0	0	0
10.-	Reposición de concreto simple f'c=150 kg/cm ² de 10 cm.	m ²	3	31	31	34	34	0	0	0
III ESTRUCT METÁLICA Y TECHUMBRE										
11.-	Suministro y colocación de anclas	pza	1	8	15	9	16	7	0	-7
12.-	Suministro, habilitado y montaje de estructura metálica	kg	18	34	34	52	52	0	0	0
13.-	Suministro, fabricación y montaje de cubierta auto soportante	m ²	3	52	52	55	55	0	0	0
14.-	Suministro y colocación de lámina 100% acrílica	m ²	1	55	56	56	57	1	0	-1
15.-	Suministro y colocación de faldones	m ²	1	55	55	56	56	0	0	0
16.-	Suministro, fabricación y colocación de remate lateral	ml	1	56	56	57	57	0	0	0
17.-	Suministro, habilitado y colocación de bajadas para captación de agua pluvial	ml	2	52	55	54	57	3	0	-3
VI LIMPIEZA GENERAL										
18.-	Limpieza final de obra para entrega	m ²	2	57	57	59	59	0	0	0

III.4 BARRAS DE GANTT

El *diagrama de Gantt* o *carta de Gantt* es una popular herramienta grafica cuyo objetivo es el de mostrar el tiempo de dedicación previsto para diferentes tareas o actividades a lo largo de un tiempo total determinado. A pesar de que, en principio, el diagrama de Gantt no indica las relaciones existentes entre actividades, la posición de cada tarea a lo largo del tiempo hace que se puedan identificar dichas relaciones e independientes.

En la gestión de proyectos, el diagrama de Gantt muestra el origen y el final de las diferentes unidades mínimas de trabajo y los grupos de tareas o las dependencias entre unidades mínimas de trabajo.

Desde su introducción los diagramas de Gantt se han convertido en herramienta básica en la gestión de proyectos de todo tipo, con la finalidad de representar las diferentes fases, tareas y actividades programadas como parte de un proyecto o para mostrar una línea de tiempo en las diferentes actividades haciendo el método mas eficiente.

El método se ha utilizado con mucho éxito en la programación de innumerables proyectos, esto obedece a lo rápido y sencillo que resulta trabajar con las graficas de barras, sin embargo al programar directamente con este método no resulta fácil la precedencia e interrelación de las actividades así como aquellas que resultan críticas.

Sin embargo en los gráficos de Gantt es muy fácil identificar aquellas actividades que son simultáneas. Otra ventaja que presenta es que como herramienta de control del tiempo de los programas, nos facilita observar el avance real de una obra y compararlo contra el avance programado.

III.5 PRESUPUESTO

Se expone el presupuesto en la Tabla III.8, bajo los parámetros del *Contrato por precio unitario y volúmenes de obra*; en donde los volúmenes son por el momento los calculados o proyectados, es decir, no son reales puesto que es la etapa del proyecto, los volúmenes son determinados a partir de los planos anexados a este trabajo, pero como se sabe pueden variar durante el proceso de la obra.

Tabla III. 8 Presupuesto

No	CONCEPTO	UNIDAD	CANT	PRECIO	IMPORTE
I					
PRELIMINARES					
1.-	Trazo y nivelación del terreno para inicio de los trabajos estableciendo referencias, así como el control de nivelación durante el proceso de la construcción. Incluye equipo de topografía, herramienta, mano de obra y todo lo necesario para su correcta ejecución.	m ²	665.00	\$ 7.98	\$ 5,306.70
2.-	Desmontaje de casetas existentes de lamina con bastidor metálico, lámparas, instalación eléctrica, herrería metálica, cancelaría de aluminio, vidrios, demolición de firme de concreto simple de 20 cm de espesor. Incluye: mano de obra, herramienta, andamios, equipo, acarreos dentro del predio, y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos.	lote	1.00	\$ 7,640.94	\$ 7,640.94
			SUMA PRELIMINARES		\$ 12,947.64
II					
CIMENTACIÓN					
3.-	Demolición a mano de piso de concreto simple en el interior de la obra con espesor promedio de 10 cm. para su posterior excavación y alojamiento de zapatas aisladas. Incluye: mano de obra, corte con disco para delimitar áreas a demoler, herramienta, acarreo de material demolido a pie de camión y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos.	m ²	58.90	\$ 98.31	\$ 5,790.46
4.-	Excavación con maquina de cepas en material tipo 2 de 0.00 a 1.55 m de profundidad, afine de fondo y taludes para desplante de zapatas de cimentación, incluye: equipo, transporte, herramienta, mano de obra, y todo lo necesario para su correcta ejecución, volumen medido en banco.	m ³	71.86	\$ 31.36	\$ 2,253.53
5.-	Plantilla de concreto pobre $f'c=100$ kg/cm ² , hecho en obra R.N. agregado máximo 3/4" de 5 cm. De espesor. Incluye: materiales, equipo, herramienta, mano de obra, transporte a obra y todo lo necesario para su correcta ejecución.	m ²	42.00	\$ 83.02	\$ 3,486.84
6.-	Habilitado de acero de refuerzo en cimentación $f_y=4200$ kg/cm ² . Incluye: materiales, equipo, herramienta, mano de obra, transporte a obra y todo lo necesario para su correcta ejecución.	ton	1.83	\$ 23,854.02	\$ 43,652.86
7.-	Cimbra común en cimentación. Incluye: materiales, equipo, herramienta, mano de obra, transporte a obra y todo lo necesario para su correcta ejecución.	m ²	106.70	\$ 189.20	\$ 20,187.64
8.-	Concreto hecho en obra $f'c=250$ kg/cm ² R.N. tamaño máximo de agregado de 3/4", en cimentación. Incluye: colado, vibrado, curado, materiales, equipo, herramienta, mano de obra, transporte a obra y todo lo	m ³	17.53	\$ 2,233.81	\$ 39,158.69

	necesario para su correcta ejecución.					
9.-	Relleno de cepas, compactado, con material producto de excavación (tepetate), colocado, tendido, y compactado por medios mecánicos. Incluye: equipo, herramienta, mano de obra, transporte a obra, y todo lo necesario para su correcta ejecución.	m ³	54.33	\$ 102.56	\$	5,572.08
10.-	Reposición de concreto simple f'c=150 kg/cm ² de 10 cm. de espesor, hecho en obra en zonas demolidas para alojar zapatas aisladas, nivelado. Incluye: colado, vibrado, curado, y todo lo necesario para su correcta ejecución.	m ²	58.90	\$ 287.49	\$	16,933.16
SUMA CIMENTACIÓN						\$ 137,035.26
III ESTRUCTURA METALICA Y TECHUMBRE						
11.-	Suministro y colocación de anclas de acero A-36 de 1" de diámetro, doble tuerca G-5 con rondana plana para nivelación de la misma. Incluye: materiales, maquinaria, transporte a obra, equipo, herramienta, mano de obra y todo lo necesario para su correcta ejecución.	pza	112.00	\$ 303.75	\$	34,020.00
12.-	Suministro, habilitado y montaje de estructura metálica a base de perfiles estructurales IPR y placa base en acero calidad A-36 como conexión cimentación - estructura, vigas perimetrales, viga canalón, conexiones viga - columna, acabado a una mano de primario anticorrosivo de esmalte alquidálico. Incluye: materiales, maquinaria y equipo, herramienta, mano de obra, transporte a obra, placas de conexión así como accesorios de fijación y todo lo necesario para su correcta ejecución.	kg	11,757.78	\$ 29.65	\$	348,618.18
13.-	Suministro, fabricación y montaje de cubierta auto soportante en lámina galvanizada pintada calibre 24. Incluye: accesorios de fijación, rolado, engargolado, mano de obra, material, andamios, equipo, herramienta menor, equipo pesado y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos.	m ²	565.25	\$ 434.26	\$	245,465.47
14.-	Suministro y colocación de lámina 100% acrílica y reforzada con fibra de vidrio. Para cubierta al 15%, incluye: materiales, acarreo, elevación, fijación, sellado, mano de obra, equipo, andamios, herramienta, desperdicios, y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos.	m ²	99.75	\$ 328.30	\$	32,747.93
15.-	Suministro y colocación de muros tímpano a base de lámina calibre 24 color blanco/fondo. Incluye: material, herramienta, mano de obra, andamios, equipo, y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos.	m ²	109.37	\$ 244.20	\$	26,708.15

16.-	Suministro, fabricación y colocación de remate lateral en lámina galvanizada pintada calibre 24, con un desarrollo de 45 cm. Incluye: materiales, accesorios de fijación, sellador, cortes, dobleces, planos de taller, mano de obra, andamios, equipo, y todo lo necesario para su correcta ejecución.	m	44.14	\$	132.16	\$	5,833.54
17.-	Suministro, habilitado y colocación de bajadas para captación de aguas pluviales con tubería de PVC de 4" de diámetro, en cualquier nivel incluye: materiales mano de obra, herramienta, andamiaje, equipo, corte, acarreo y todo lo necesario para su correcta ejecución.	m	42.00	\$	170.03	\$	7,141.26
		SUMA ESTRUCTURA METALICA Y TECHUMBRE				\$ 700,534.53	
IV	LIMPIEZA GENERAL						
18.-	Limpieza final de obra para entrega, limpieza final de piso, recolectando basura, cajas, envolturas, desperdicios, con acopio, carga manual, transporte total en camión y descarga en tiradero oficial autorizado. Incluye: fletes, mano de obra, herramienta y equipo.	m ²	665.00	\$	28.75	\$	19,118.75
		SUMA LIMPIEZA				\$ 19,118.75	

RESUMEN

I	PRELIMINARES	\$	12,947.64	1.49%
II	CIMENTACION NAVE	\$	137,035.26	15.76%
III	ESTRUCTURA METALICA Y TECHUMBRE	\$	700,534.53	80.55%
IV	LIMPIEZA GENERAL	\$	19,118.75	2.20%
TOTAL PRESUPUESTADO		\$	869,636.18	100.00%

La razón del monto total presupuestado entre el área total de la obra (m²) será el costo por unidad de área \$/m², que dará un parámetro para comparar con otros tipos de sistemas de cubierta:

TOTAL PRESUPUESTADO	\$ 869,636.18
AREA TOTAL (m²)	665.00
COSTO \$/m²	\$ 1,307.72

III.6 COMPARATIVA

Una de las ventajas o atributos que posee este sistema constructivo, es el de ser *económico* por lo que es conveniente el dar un ejemplo para sustentarlo. Solo se comparan aquellas partidas o conceptos en los cuales hay una diferencia en su cantidad o en algunos casos especiales en sus precios unitarios.

Las partidas no contempladas en este análisis se mencionan a continuación:

1. **PRELIMINARES.-** En esta partida solo se presentan dos actividades, el trazo y el desmontaje de casetas de lámina, que para cualquier tipo de cubierta deberán ser ejecutadas y tendrán la misma cantidad, precio unitario y por consiguiente mismo monto.

2. **LIMPIEZA.-** Esta por demás explicar la razón por la cual la limpieza no entra en esta comparativa, ya que también refiere a la superficie de la obra, y para cualquier caso las condiciones son similares, además de no representar un porcentaje significativo del presupuesto, por lo que no será tomado en cuenta en la comparativa.

Ahora bien, dentro de las partidas restantes, que no resultan similares entre un sistema constructivo y otro, existen conceptos que de forma independiente son similares en ambos casos, lo que no es el caso de la partida de **CIMENTACIÓN**, ya que esta depende en su totalidad del peso de la estructura la cual se vera alterada dependiendo del tipo de cubierta que se emplee y a su vez, todos los conceptos dicha partida varían dependiendo de las dimensiones de la cimentación por lo que será objeto de análisis. Sin embargo, en la partida de **ESTRUCTURA DE METALICA Y TECHUMBRE**, si hay algunos conceptos que serán los mismos como lo es el **SUMINISTRO Y COLOCACION DE BAJADAS DE AGUA PLUVIAL** como única excepción y los conceptos restantes serán analizados y comparados a continuación.

Es conveniente, realizar la comparativa solo en los volúmenes de obra puesto que es donde se reflejara la diferencia entre ambos casos. Se manejarán los mismos precios unitarios ya que se refieren a la misma actividad con las mismas especificaciones y consideraciones.

Tabla III. 9 Presupuesto bajo otro sistema constructivo

Nº	CONCEPTO	UNIDAD	CANT	PRECIO	IMPORTE
I					
PRELIMINARES					
1.-	Trazo y nivelación del terreno para inicio de los trabajos estableciendo referencias, así como el control de nivelación durante el proceso de la construcción. Incluye equipo de topografía, herramienta, mano de obra y todo lo necesario para su correcta ejecución.	m ²	665.00	\$ 7.98	\$ 5,306.70
2.-	Desmontaje de casetas existentes de lamina con bastidor metálico, lámparas, instalación eléctrica, herrería metálica, cancelería de aluminio, vidrios, demolición de firme de concreto simple de 20 cm de espesor. Incluye: mano de obra, herramienta, andamios, equipo, acarrees dentro del predio, y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos.	lote	1.00	\$ 7,640.94	\$ 7,640.94
			SUMA PRELIMINARES	\$	12,947.64
II					
CIMENTACIÓN					
3.-	Demolición a mano de piso de concreto simple en el interior de la obra con espesor promedio de 10 cm. para su posterior excavación y alojamiento de zapatas aisladas. Incluye: mano de obra, corte con disco para delimitar áreas a demoler, herramienta, acarreo de material demolido a pie de camión y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos.	m ²	63.13	\$ 98.31	\$ 6,206.31
4.-	Excavación con maquina de cepas en material tipo 2 de 0.00 a 1.55 m de profundidad, afine de fondo y taludes para desplante de zapatas de cimentación, incluye: equipo, transporte, herramienta, mano de obra, y todo lo necesario para su correcta ejecución, volumen medido en banco.	m ³	73.55	\$ 31.36	\$ 2,306.53
5.-	Plantilla de concreto pobre f'c=100 kg/cm2, hecho en obra R.N. agregado máximo 3/4" de 5 cm. De espesor. Incluye: materiales, equipo, herramienta, mano de obra, transporte a obra y todo lo necesario para su correcta ejecución.	m ²	42.00	\$ 83.02	\$ 3,486.84
6.-	Habilitado de acero de refuerzo en cimentación fy=4200 kg/cm2. Incluye: materiales, equipo, herramienta, mano de obra, transporte a obra y todo lo necesario para su correcta ejecución.	ton	2.88	\$ 23,854.02	\$ 68,699.58
7.-	Cimbra común en cimentación. Incluye: materiales, equipo, herramienta, mano de obra, transporte a obra y todo lo necesario para su correcta ejecución.	m ²	113.76	\$ 189.20	\$ 21,523.39
8.-	Concreto hecho en obra f'c=250 kg/cm2 R.N. tamaño máximo de agregado de 3/4", en cimentación. Incluye: colado, vibrado, curado, materiales, equipo, herramienta, mano de obra, transporte a obra y todo lo	m ³	21.05	\$ 2,233.81	\$ 47,021.70

	necesario para su correcta ejecución.						
9.-	Relleno de cepas, compactado, con material producto de excavación (tepetate), colocado, tendido, y compactado por medios mecánicos. Incluye: equipo, herramienta, mano de obra, transporte a obra, y todo lo necesario para su correcta ejecución.	m ³	52.50	\$	102.56	\$	5,384.40
10.-	Reposición de concreto simple f'c=150 kg/cm2 de 10 cm. De espesor, hecho en obra en zonas demolidas para alojar zapatas aisladas, nivelado. Incluye: colado, vibrado, curado, y todo lo necesario para su correcta ejecución.	m ²	63.13	\$	287.49	\$	18,149.24
			SUMA CIMENTACIÓN			\$	172,777.99
III	ESTRUCTURA METALICA Y TECHUMBRE						
11.-	Suministro y colocación de anclas de acero A-36 de 1" de diámetro, doble tuerca G-5 con rondana plana para nivelación de la misma. Incluye: materiales, maquinaria, transporte a obra, equipo, herramienta, mano de obra y todo lo necesario para su correcta ejecución.	pza	84.00	\$	303.75	\$	25,515.00
12.-	Suministro, habilitado y montaje de estructura metálica a base de perfiles estructurales IPR y placa base en acero calidad A-36 como conexión cimentación - estructura, vigas perimetrales, viga canalón, conexiones viga - columna, acabado a una mano de primario anticorrosivo de esmalte alquidálico. Incluye: materiales, maquinaria y equipo, herramienta, mano de obra, transporte a obra, placas de conexión así como accesorios de fijación y todo lo necesario para su correcta ejecución.	kg	21 057.55	\$	29.65	\$	624,356.36
13.-	Suministro, fabricación y montaje de cubierta de cubierta en lámina R-101 galvanizada pintada calibre 24. Incluye: accesorios de fijación, rolado, engargolado, mano de obra, material, andamios, equipo, herramienta menor, equipo pesado y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos.	m ²	565.25	\$	345.60	\$	195,350.40
14.-	Suministro y colocación de lámina 100% acrílica y reforzada con fibra de vidrio. Para cubierta al 15%, incluye: materiales, acarrees, elevación, fijación, sellado, mano de obra, equipo, andamios, herramienta, desperdicios, y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos.	m ²	99.75	\$	328.30	\$	32,747.93
15.-	Suministro y colocación de muros tímpano a base de lámina calibre 24 color blanco/fondo. Incluye: material, herramienta, mano de obra, andamios, equipo, y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos.	m ²	213.00	\$	176.80	\$	37,658.40
16.-	Suministro, fabricación y colocación de remate lateral en lámina galvanizada pintada calibre 24, con un desarrollo de 45 cm. Incluye: materiales, accesorios de fijación, sellador, cortes, dobleces, planos de taller, mano de obra, andamios, equipo, y todo lo necesario para su correcta	ml	114.50	\$	132.16	\$	15,132.32

	ejecución.						
17.-	Suministro, habilitado y colocación de bajadas para captación de aguas pluviales con tubería de PVC de 4" de diámetro, en cualquier nivel incluye: materiales mano de obra, herramienta, andamiaje, equipo, corte, acarreo y todo lo necesario para su correcta ejecución.	ml	48.00	\$	170.03	\$	8,161.44
				SUMA ESTRUCTURA METALICA Y TECHUMBRE		\$	938,921.85
IV	LIMPIEZA GENERAL						
18.-	Limpieza final de obra para entrega, limpieza final de piso, recolectando basura, cajas, envolturas, desperdicios, con acopio, carga manual, transporte total en camión y descarga en tiradero oficial autorizado. Incluye: fletes, mano de obra, herramienta y equipo.	m ²	665.00	\$	28.75	\$	19,118.75
				SUMA LIMPIEZA GENERAL		\$	19,118.75

RESUMEN

I	PRELIMINARES	\$	12,947.64		1.13 %
II	CIMENTACION NAVE	\$	172,777.99		15.11 %
III	ESTRUCTURA METALICA Y TECHUMBRE	\$	938,921.85		82.09 %
IV	LIMPIEZA GENERAL	\$	19,118.75		1.67 %
		\$	1'143,766.23		100.00 %
			TOTAL PRESUPUESTADO		

En el presupuesto anterior, se observa que los importes de las partidas PRELIMINARES y LIMPIEZA no cambia como se ha mencionado, sin embargo existen diferencias considerables en las partidas de CIMENTACIÓN y ESTRUCTURA METÁLICA Y TECHUMBRE, las cuales se desglosan a continuación.

	Arcotecho	Otro sistema	%
SUMA DE CIMENTACIÓN	\$ 137,035.26	\$ 172,777.99	26
SUMA DE ESTRUCTURA METÁLICA Y TECHUMBRE	\$ 700,534.53	\$ 938,921.85	34

Se tiene un aumento del 34% y 26% en cimentación y estructura respectivamente, estos porcentajes al conjugarlos con lo que sus importes representan al total del presupuesto pues son diferencias bastante considerables.

Al comparar el total presupuestado de ambos sistemas de cubierta, resulta una diferencia considerable, la cual respalda el carácter de económico de este sistema antes mencionado. Estos resultados se muestran en la siguiente tabla

	Arcotecho	Otro sistema
TOTAL PRESUPUESTADO	\$ 869,636.18	\$ 1,143,766.23
AREA TOTAL (m²)	665.00	665.00
COSTO \$/m²	\$ 1,307.72	\$ 1,719.95

Se logra un ahorro de alrededor de \$412/m² esto es un 32% del total del presupuestado y por consiguiente una cantidad muy importante, por lo que este sistema resulta ser económico.

CAPÍTULO IV . PROCESO CONSTRUCTIVO

Describir cada una de las actividades efectuadas, sus peculiaridades o casos particulares y recomendaciones que cada una manifiesta conforme se lleva a cabo el proyecto.

IV.6 GENERALIDADES

Por ultimo, después de haber resuelto la cubierta y presentar una propuesta económica, se detalla el proceso constructivo de la misma:

IV.7 PRELIMINARES

De forma ordenada, se comienza por los conceptos de la Partida I. PRELIMINARES que a continuación se mencionan.

IV.2.3 Trazo y nivelación

No	CONCEPTO	Unidad
I	PRELIMINARES	
1.-	Trazo y nivelación del terreno para inicio de los trabajos estableciendo referencias, así como el control de nivelación durante el proceso de la construcción. Incluye equipo topográfico, herramienta, mano de obra y todo lo necesario para su correcta ejecución.	m ²

Objetivo:

Ubicar, trazar y definir la superficie que ocupara la cubierta así como el trazo de ejes que regirán el proyecto para ubicar entre otros datos la ubicación y referencias para las excavaciones donde se alojaran las zapatas y trabes de liga correspondientes de dimensiones ya especificadas que nos ayudara también a colocar las columnas de acero estructural y; nivelación en diversos puntos para conocer las pendientes del piso de concreto existente y así determinar si este requiere de nivelación.

Es importante conocer los niveles en algunos puntos fuera del área de construcción para conocer si tendremos algún problema relacionado con filtraciones de agua o si la descarga será hacia lugares debidamente diseñados para la captación de la misma.

Técnica empleada y equipo utilizado.

Los trabajos consistieron en ubicar los puntos o vértices de deslinde ubicados en el predio en zonas colindantes a la superficie a tratar así como la ubicación de edificios contiguos y registros a nivel de piso, procediendo así con los trabajos de trazo y de planimetría definiendo banco de nivel realizados con estación total óptica - electrónica, modelo Sokkia Set 630 RK, con una precisión de 6", generándose una poligonal cerrada de apoyo.

Esta actividad fue realizada con la ayuda de una cuadrilla de topografía que consistió en:

- 1 oficial topógrafo
- 1 estadalero
- 2 cadeneros
- Supervisión (residencia de obra)

IV.2.4 Desmontaje de casetas

No	CONCEPTO	Unidad
I	PRELIMINARES	
2.-	Desmontaje de casetas existentes de lámina con bastidor metálico, lámparas, instalación eléctrica, herrería metálica, cancelería de aluminio, vidrios, demolición de firme de concreto simple de 20 cm de espesor. Incluye: mano de obra, herramienta, andamios, equipo, acarreo dentro del predio, y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos.	lote

Este concepto refiere a un conjunto de aulas conformadas por bastidores metálicos de perfiles estructurales en su mayoría PTR, y cubierta de lamina fijada con pijas y rondanas planas, con ventanas y puertas en cancelería de aluminio, cristales, instalación eléctrica.

Dichas aulas eran utilizadas como salones de usos múltiples en lo que se encontraba mobiliario escolar como lo son pizarrones, escritorios, butacas, incluso instrumentos musicales diversos, papelería, entre otros. Las casetas se encontraban dentro de la superficie de construcción lo cual fue la razón para su desmontaje.

Se comenzó por deshabilitar la conexión de luz que tenían las casetas y retirar la instalación eléctrica, la cual estaba formada por lámparas, balastos, tubo conduit galvanizado, contactos polarizados, apagadores, y cable de diferentes calibres. No se contaba con ninguna instalación eléctrica especial como salidas para hidroneumáticos, termostatos, aire acondicionado, bombas, extractores, campanas, etcétera.

Una vez retirada la instalación eléctrica se comenzó por dismantelar la cubierta de las aulas, formada por lámina acanalada pintada color blanco calibre desconocido a dos aguas, fijada con pijas hexagonales y rondanas planas metálicas y plásticas.

Lo siguiente será dismantelar las paredes de las aulas las cuales también están formadas por la misma lámina acanalada, y fijada con pijas hexagonales; pero para este proceso también será necesario dismantelar puertas de acceso de madera de 0.90 x 2.10 m y ventanas de aluminio de 1.00 m de alto por diferentes anchos que oscilan entre 1.20 y 2.00 m, con sus respectivos marcos también de aluminio y cristales.

Por ultimo se retiro el bastidor metálico o esqueleto de las aulas formado en su mayoría por perfil rectangular cuadrado PTR, ángulos de acero estructural, monten y solera; todos de diferentes dimensiones y espesores. Los postes de la estructura estaban empotrados al piso de concreto, por lo cual se tuvo que demoler el piso y cortar los postes para posteriormente dejar ahogadas las bases de los postes.

Fue necesario demoler un estrado ubicado en una de las aulas de aproximadamente 3.00 m de largo por 2.00 m de ancho y 30 cm de alto; también se contemplo dentro de esta actividad el retiro de dos canastas de básquet bol con sus respectivos tableros y postes.

Para llevar a cabo esta actividad, no fue necesario el uso de maquinaria, tan solo mano de obra:

- 1 oficial eléctrico
- 1 oficial herrero
- 4 ayudantes generales
- Supervisión

IV.8 CIMENTACIÓN

IV.3.1 Demolición de piso de concreto simple

No	CONCEPTO	Unidad
II	CIMENTACIÓN	
3.-	Demolición a mano de piso de concreto simple en el interior de la obra con espesor promedio de 10 cm. para su posterior excavación y alojamiento de zapatas aisladas y trabe de liga. Incluye: mano de obra, corte con disco para delimitar áreas a demoler, herramienta, acarreo de material demolido a pie de camión y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos.	m ²

Se empieza por cortar el piso para delimitar el área a demoler y evitar fracturar el piso adyacente a la demolición y excavación y así evitar así un retraso o un incremento en los costos de esta actividad. Se delimitara estas zonas con disco de corte para concreto.

Una vez cortado el piso, la demolición se llevo a cabo por medios manuales, con marro y la ayuda de una cuadrilla para tareas pesadas, formada por 2 peones, debidamente protegidos con equipo de seguridad como lo son casco, guantes y botas. El retiro del cascajo con acopio a primera estación, dentro del predio, fue realizado también por medios manuales con la misma cuadrilla, con pala y carretilla.

Y así sucesivamente para cualquier zona donde ser requiera la demolición de piso. El área de demolición corresponde a las 14 zapatas de 2.00 m x 1.50 m, y a la trabe del liga perimetral con un ancho de 20 cm.

IV.3.2 Excavación de cepas

No	CONCEPTO	Unidad
II	CIMENTACIÓN	
4.-	Excavación con maquina en cepas de material tipo 2 de 0.00 a 1.55 m de profundidad, afine de fondo y taludes para desplante de zapatas de cimentación, incluye: equipo, transporte, herramienta, mano de obra, y todo lo necesario para su correcta ejecución, volumen medido en banco.	m ³

La excavación en sepas se llevara a cabo una vez terminada la demolición del piso, es una tarea rápida puesto que el volumen a excavar no es mucho. Se realizan excavaciones de 2.00 m x 1.50 m a una profundidad de 1.55 m, y de la trabe de liga perimetral.

Ahora que se ha demolido el piso de concreto, podemos realizar las excavaciones que alojaran nuestras zapatas aisladas de concreto armado de 2.00 m x 1.50 m; la excavación fue realizada de dimensiones mayores, esto para lograr trabajar en el cimbrado/descimbrado de las zapatas.



Fig. IV.1 Excavación para alojar zapata de 2.00 x 1.50 m

La excavación se llevo a cabo por medios mecánicos, con una retroexcavadora CASE 580L con cargador frontal en material tipo II en un área de 2.00 x 1.50 m y a una profundidad de 1.55 m; teniendo cuidado con no afectar instalaciones que pudiesen estar enterradas, como lo son instalaciones eléctricas, instalaciones sanitarias, telefónicas, de gas o de cualquier otro tipo, que al ser dañadas pueden repercutir en un gasto extra o en el peor de los caso derivar en accidentes que pueden llevar a atentar contra la seguridad tanto de trabajadores, como de profesores y alumnado.



Fig. IV.2 Retroexcavadora CASE 580 L al momento de las excavaciones

Al excavar las cepas colindantes al edificio de aulas, nos encontramos con la línea de drenaje sanitario y registros de tabique rojo recocido con tapas de concreto y marcos de ángulo de acero; ninguno de los registros coincidió con alguna de las excavaciones, sin embargo si lo hicieron los tubos de albañal, por lo que tuvieron que ser deshabilitados los sanitarios y descargas de la cocina alojadas en el edificio puesto que se conectaban a esta línea durante los trabajos de excavación y afine en esta zona, después dichos tubos se repusieron y se habilitaron las líneas canceladas. Dicho incidente fue el único encontrado durante el proceso de excavación salvo algunos barandales de herrería q fueron retirados sin ningún problema.

Se debe señalar que el terreno de desplante para las zapatas era bastante bueno, se trataba de un suelo limo-arcilloso (tepetate) en el que seguramente la cimentación no tendrá ningún problema, y mientras se realiza la excavación no se encuentra material orgánico ni arcillas.

IV.3.3 Plantilla de concreto

No	CONCEPTO	Unidad
II CIMENTACIÓN		
5.-	Plantilla de concreto pobre $f'c=100$ kg/cm ² , hecho en obra resistencia normal agregado máximo $\frac{3}{4}$ " y 5 cm de espesor. Incluye: materiales, equipo, herramienta, mano de obra, transporte a obra y todo lo necesario para su correcta ejecución.	m ²

Para lograr asentar correctamente el acero de refuerzo de las zapatas y traveses de liga, y en general de la cimentación, se coloca una plantilla de concreto de 5 cm de espesor en el fondo de la excavación, con una mezcla de concreto pobre $f'c=100$ kg/cm², hecho en obra y resistencia normal.

Es importante que la plantilla quede perfectamente nivelada o "maestreada", en especial la correspondiente a las zapatas, para que estas trabajen debidamente y se aproveche al máximo su capacidad.

IV.3.4 Habilitado de acero

No	CONCEPTO	Unidad
II CIMENTACIÓN		
6.-	Habilitado de acero de refuerzo en cimentación $f_y=4200$ kg/cm ² . Incluye: materiales, equipo, herramienta, mano de obra, transporte a obra y todo lo necesario para su correcta ejecución.	ton

Primero se habilita la parrilla que formara la zapata con varillas de $\frac{3}{8}$ " en ambos sentidos, a cada 15 cm en el sentido largo lo que arroja 13 varillas, y a cada 10 cm en el sentido corto lo que resulta 14 varillas aproximadamente tomando en cuenta los recubrimientos. Los amarres en todos los casos será con alambre recocido num. 16 con una longitud de 30 cm.

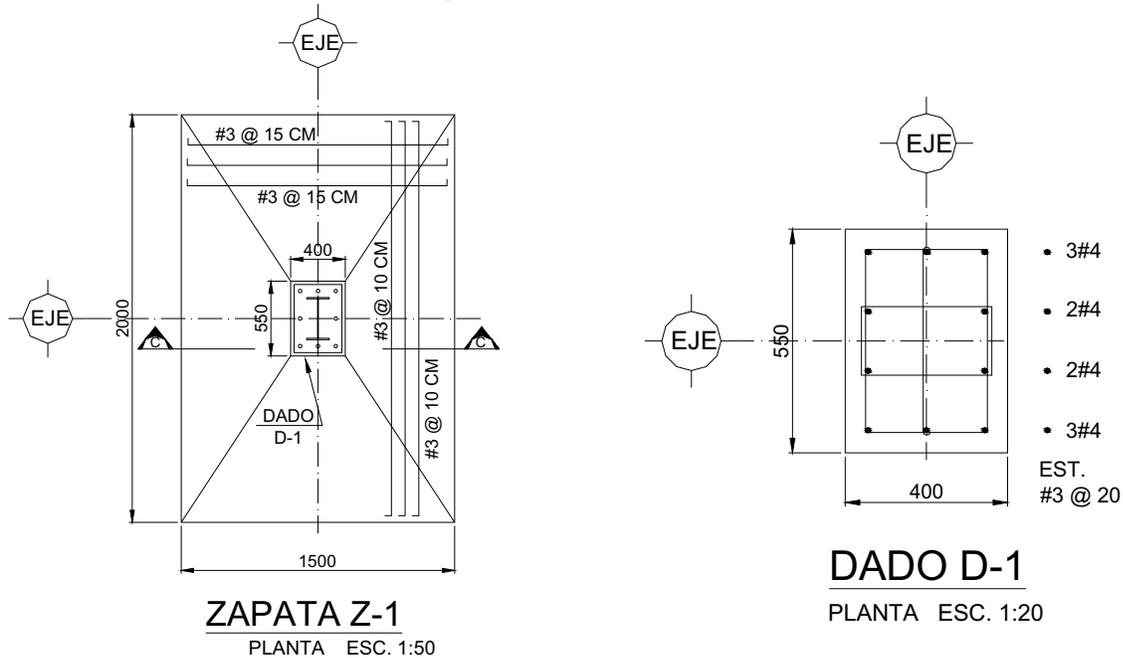


Fig. IV.3 Zapata y dado de cimentación en planta

Se continua con el armado del armado de dados de 55 cm de largo por 40 cm de ancho y una altura de 1.25 m, lo que resulta en 10 varillas longitudinales de 1/2" de 1.65 m de largo. El dado presenta dos estribos, uno perimetral y envuelve todas las varillas y un gancho que tan solo amarra a las varillas del centro, el primero tiene un desarrollo de 2.00 m tomando en cuenta recubrimientos y ganchos; siendo estos a cada a cada 20 cm tendremos 5 estribos del #3 de cada tipo (10 en total).

Por ultimo se habilito el acero de refuerzo para formar las trabes de liga perimetrales que se conectaran a todas y cada uno de los dados en la parte superior de estos.

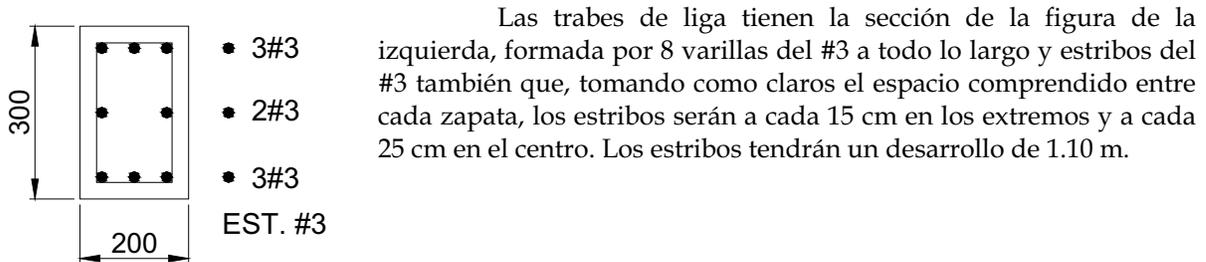


Fig. IV.4 Trabe de liga en planta

IV.3.5 Cimbra

No	CONCEPTO	Unidad
II CIMENTACIÓN		
7.-	Cimbra común en cimentación. Incluye: materiales, equipo, herramienta, mano de obra, transporte a obra y todo lo necesario para su correcta ejecución.	m ²

La cimbra es un sistema de moldes temporales (cimbra de madera) o permanentes (losacero) que se utilizan para dar forma al concreto durante su estado plástico o "fresco".

La cimbra temporal, regularmente de madera (de diferentes elementos), empleada para colar un armado generalmente de acero de refuerzo previamente habilitado, colado con concreto hidráulico, que en nuestro caso será hecho en obra. Una vez fraguado este, se descimbra y nos resulta una estructura de concreto armado resistente y de propiedades previamente proporcionadas.

Esta actividad se llevara bajo un sistema tradicional de madera, el cual es fácil de montar aunque su fabricación es un poco lenta. Se necesitan como materiales básicos, barrote de 3 1/2"x5 1/2"x8', polín de 10 x 10 x 8' y triplay de 3ª, para cimbra de 16 mm de espesor suministrado en hojas de 1.22 x 2.44 m.

Se deberá fijar correctamente la cimbra para que la presión que ejercerá el concreto no las separe y que al momento de descimbrar nos resulte un trabajo malhecho. La madera utilizada deberá estar limpia y exenta de clavos y herrajes de cimbras anteriores.

Para fines de presupuesto, a la cimbra le damos 8 usos en promedio, hay que tener especial cuidado ya que esta actividad es uno de los factores que encarecen el empleo de elementos de concreto hidráulico ya sea simple o armado.

IV.3.6 Concreto hecho en obra para cimentación

No	CONCEPTO	Unidad
II	CIMENTACIÓN	
8.-	Concreto hecho en obra $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$ R.N. tamaño máximo de agregado de 3/4", en cimentación. Incluye: colado, vibrado, curado, materiales, equipo, herramienta, mano de obra, transporte a obra y todo lo necesario para su correcta ejecución.	m ³

El concreto para la cimentación fue hecho en obra, resistencia normal, tamaño máximo de agregado de 19 mm, en revolvedora de 1 saco. Una vez hecha la mezcla se acarrea en carretilla, y se lanza el concreto a la cimbra debidamente colocada para formar la zapata, dado de cimentación y traveses de liga.



Fig. IV.5 Revolvedora



Fig. IV.6 Colado de cimentación

Después continuamos por colar todos los dados y traveses ligas, acarreamos el concreto de la misma forma, en carretilla honda con la ayuda de un peón y lanzado a su lugar de colocación.

IV.3.7 Relleno de sepas

No	CONCEPTO	Unidad
II	CIMENTACIÓN	
9.-	Relleno de cepas, compactado, con material producto de excavación (tepetate), colocado, tendido, y compactado por medios mecánicos. Incluye: equipo, herramienta, mano de obra, transporte a obra, y todo lo necesario para su correcta ejecución.	m ³

El relleno es realizado con el mismo material de excavación que como se ha mencionado es de buena calidad, es tepetate de las mismas características con el que se efectúa cualquier relleno.

Se rellena en capas de 20 cm compactadas al 90% de su P.V.S.M. con compactador manual de 650 kg Dynapac ("bailarina") con motor a gasolina, hasta alcanzar el nivel deseado para desplantar firme de concreto.

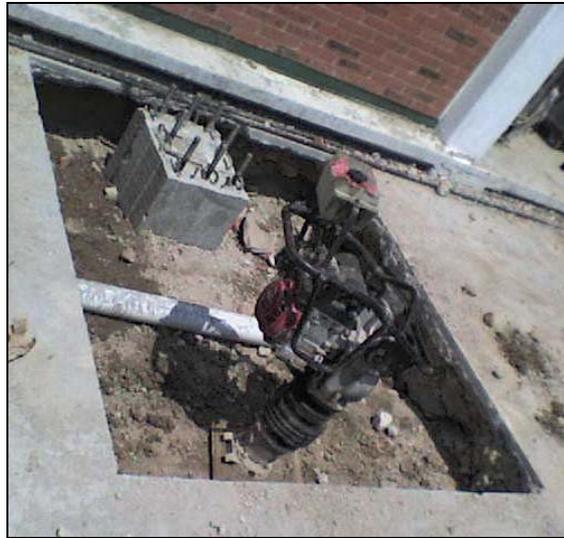


Fig. IV.7 Colado de cimentación

IV.3.8 Reposición de piso de concreto

No	CONCEPTO	Unidad
II	CIMENTACIÓN	
10.-	Reposición de concreto simple $f'c=150$ kg/cm ² de 10 cm. De espesor, hecho en obra en zonas demolidas para alojar zapatas aisladas, nivelado. Incluye: colado, vibrado, curado, y todo lo necesario para su correcta ejecución.	m ²

Es la ultima actividad de esta partida, aunque ya hemos hecho algunas otras actividades de otras partidas como es la colocación de anclas ya que van armadas junto con el dado de cimentación. Tan solo resta reponer el piso de concreto demolido para poder terminar los trabajos en la cimentación, con la diferencia de dejar intactas las zonas donde fueron desplantadas las placas base y las columnas.

A excepción de estas zonas, todo el demás piso demolido debe ser repuesto, y es de lo que se trata esta actividad.

El concreto es hecho en obra, resistencia normal, tamaño máximo de agregado 19mm; con la ayuda de una revoladora de un saco con su respectivo operador y ayudante. Esta actividad debe ser realizada lo antes posible para que no se vea afectado el relleno compactado de nuestras cepas.

IV.9 ESTRUCTURA METALICA Y TECHUMBRE

IV.4.8 Anclas para conexión cimentación - estructura

No	CONCEPTO	Unidad
III	ESTRUCTURA METÁLICA Y TECHUMBRE	
11.-	Suministro y colocación de anclas de acero A-36 de 1" de diámetro, doble tuerca G-5 con rondana plana para nivelación de la misma. Incluye: materiales, maquinaria, transporte a obra, equipo, herramienta, mano de obra y todo lo necesario para su correcta ejecución.	pza

Las anclas, de 1" de diámetro por 1.00 m de largo en acero A-36, roscada en su parte superior para colocar las tuercas para fijar la placa base, son armadas junto con el acero de refuerzo de la cimentación y en específico del dado, ahogadas en el mismo y alineadas para que asiente perfectamente la placa de conexión. No es necesario habilitar las anclas puesto que estas son suministradas a la medida.



Fig. IV.8 Anclas de 1" de diámetro

IV.4.9 Acero estructural

No	CONCEPTO	Unidad
III	ESTRUCTURA METÁLICA Y TECHUMBRE	
12.-	Suministro, habilitado y montaje de estructura metálica a base de perfiles estructurales IPR y placa base en acero calidad A-36 como conexión cimentación - estructura, vigas perimetrales, viga canalón, conexiones viga - columna, acabado a una mano de primario anticorrosivo de esmalte alquidálico. Incluye: materiales, maquinaria y equipo, herramienta, mano de obra, transporte a obra, placas de conexión así como accesorios de fijación y todo lo necesario para su correcta ejecución.	kg

Es momento de continuar con el "esqueleto" de la obra, el cual soportara la cubierta y transmitirá las cargas (ya sean puntuales, distribuidas, accidentales, vivas, muertas, o cualquiera que sea el origen de esta) hacia el sistema de cimentación que a su vez las transmitirá al suelo.

La estructura, de acero A-36, esta conformada por vigas IPR de 12" de peralte de diferentes dimensiones de ancho de patín y diferentes pesos con una longitud de 5.00 m desplantadas sobre placas base de 0.50 m x 0.35 m y 1" de espesor; las cuales están perforadas para ser recibidas por las anclas de 1" ahogadas en la cimentación, los dados fueron rematados o cabeceados con una mezcla de grout de 5 cm de espesor para que las placas asentarán perfectamente. Son 14 columnas perimetrales, 6 de cada lado a lo largo de la cubierta y 2 más en cada una de las cabeceras de la misma.



Fig. IV.9 Columna IPR de 12"

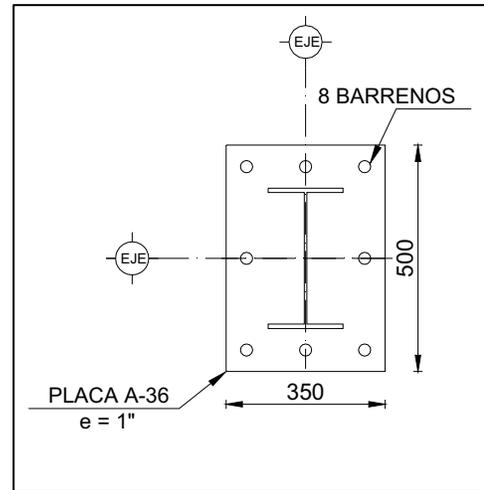


Fig. IV.10 Placa Base

Las traveses perimetrales, son de sección compuesta, rectangulares, en cajón o tubulares, formadas por dos placas en "L" de 3/16", la sección de la trabe T-1 es de 0.30 m de peralte por 0.15 m de ancho. Las traveses son apoyadas y unidas a la columna por medio de placas de conexión de solera de 4"x1/4" de paño a paño de patín de la columna en un sentido y a todo lo ancho del patín en el otro sentido.

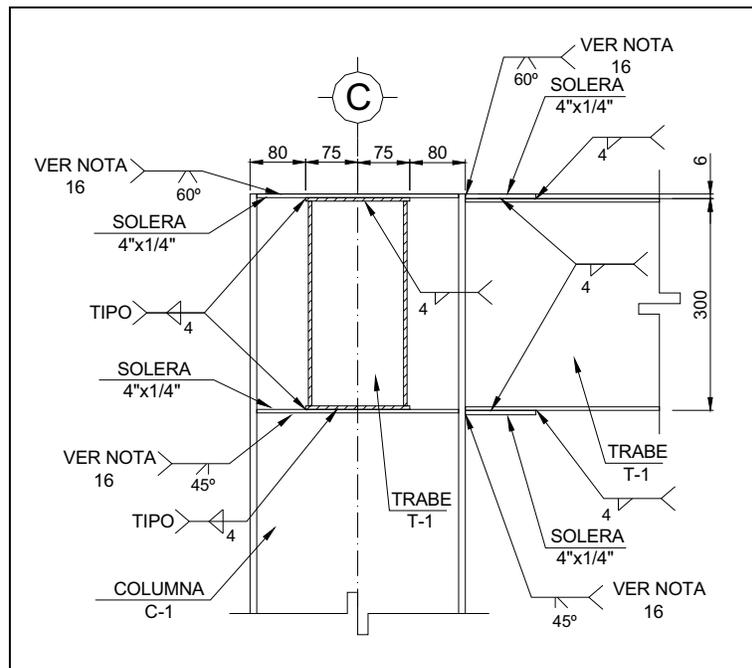


Fig. IV.10 Conexión columna - viga



Fig. IV.11 Conexiones

Por ultimo se coloco la viga-canalón a todo lo largo de los ejes A y C (ver plano anexo), que es en el sentido largo de la cubierta en ambos lados, apoyada sobre la trabe T-1, el cual es de calidad A-36, de sección compuesta formada por placa de 3/8" con un desarrollo total de 91 cm



Fig. IV.12 Canalón

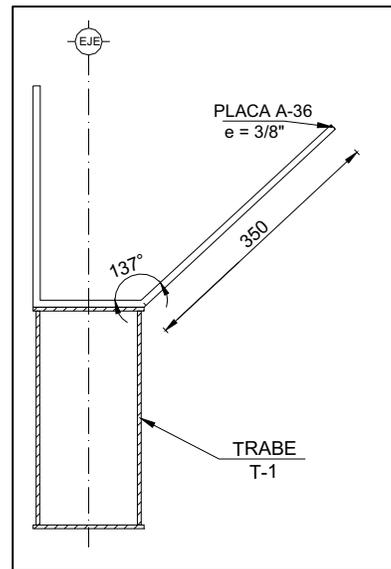


Fig. IV.13 Canalón - Corte

Para todos los cortes necesarios durante esta actividad se utilizo equipo de oxicorte oxicorte; las uniones fueron hechas con soldadura 70xx con electrodo revestido de 1/8", especificaciones técnicas para cada elemento estructural indicadas en planos anexos a este trabajo; además, toda la estructura fue tratada con primario #2 y esmalte alquidamico anticorrosivo color gris para su protección, aplicado con compresora y pistola. Las vigas y columnas fueron levantadas con equipo mecánico como lo son montacargas; finalmente el "esqueleto" de la obra se ve de esta forma:



Fig. IV.14 Estructura Metálica

IV.4.10 Cubierta auto soportante

No	CONCEPTO	Unidad
III	ESTRUCTURA METÁLICA Y TECHUMBRE	
13.-	Suministro, fabricación y montaje de cubierta auto soportante en lámina galvanizada pintada calibre 24. Incluye: accesorios de fijación, rolado, engargolado, mano de obra, material, andamios, equipo, herramienta menor, equipo pesado y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos.	m ²

Esta actividad es la de mayor importancia en este trabajo, puesto que es el sistema constructivo y de cubierta que se expone, el que ha sido el objeto de estudio y al que tantos análisis se le han hecho. Es un paso importante también dentro del proceso constructivo puesto que determina prácticamente la culminación de la obra y el esfuerzo realizado a lo largo de toda la obra.

Esta actividad es muy sencilla y rápida, características que distinguen a este sistema. Dado que la lámina es rolada en sitio es necesario transportar a la obra el equipo necesario, que consta como la actividad lo refiere de una roladora, para cual se debe habilitar un acceso amplio puesto que sus dimensiones son considerables como se muestra en la figura siguiente.



Fig. IV.15 Máquina Roladora

Este equipo y en general el proceso necesita que se suministre rollos completos de lámina con las propiedades requeridas, que para este caso son rollos de lamina lisa, galvanizada y pintada de 3'x10' calibre 24. Con esta roladora se fabrican arcos completos de una sola pieza y del largo requerido tomando en cuenta la curvatura del arco.

El primer paso, es el de darle la forma a la lámina, es decir, obtener la sección requerida o necesaria, que también es la que le proporcionará la rigidez suficiente para poder auto soportarse. Después de obtener la sección, se le da la curvatura necesaria, para este sistema la curvatura de dichos arcos están estandarizados dependiendo el claro, y así obtenemos los arcos que formaran nuestra cubierta.



Fig. IV.16 Arcos

El siguiente paso es formar módulos de 2 a 3 arcos por módulo para facilitar su montaje y engargolado. Dichos módulos se engargolan con un "ratón", como el mostrado en la figura IV.18, que se desliza uniendo ambos machimbres de los arcos.



Fig. IV.17 Engargoladora ("ratón")

Y así los arcos son engargolados a nivel de piso para que sea más sencillo elevarlas, y a su vez tengan más estabilidad mientras se van montando.



Fig. IV.18 Engargolado de módulos

Previo a elevar los módulos, se debe realizar las perforaciones necesarias para colocar las placas de conexión de $\frac{1}{4}$ " y sus correspondientes pernos de $\frac{1}{2}$ ". Inmediatamente después de terminar estas perforaciones elevamos los módulos uno por uno con grúa, se colocan cuidadosamente y cuando llegan a su lugar se fija el primer módulo mediante placas y tornillos unidos por los pernos previamente colocados.



Fig. IV.19 Elevación de Módulos con grúa



Fig. IV.20 Fijación de los Módulos con pernos, placas y tuercas al canalón.

Y así se van montando uno a uno los módulos.



Fig. IV.21 Montaje de Módulos



Fig. IV.22 Montaje de Módulos

A su vez, además de fijar los módulos al canalón; también se deben ir engargolándose entre si con el mismo equipo utilizado desde el inicio. Puede observarse en las imágenes como es que no se tiene ningún problema para trabajar sobre la cubierta, aun cuando esta no tiene apoyo más que los laterales.



Fig. IV.23 Engargolado de Módulos

Durante este proceso, se va dejando la preparación en la cubierta para que se coloque la iluminación natural, es decir, lámina acrílica, que para este caso fue del 15% de la superficie de la cubierta.



Fig. IV.24 Preparación para colocar lámina acrílica



Fig. IV.25 Preparación para colocar lámina acrílica

Y así se termino de rolar, engargolar, elevar, montar y fijar la cubierta auto soportada en forma de arco, ahora solo falta culminar la obra colocando faldones en las cabeceras, remates laterales, bajadas de agua pluvial y limpieza.

Todo este proceso fue realizado en 2 días, desde la llegada de la roladora hasta el día de la colocación de la cubierta. Estamos hablando de 665 m2 de cubierta rolados y colocados en 2 días.

IV.4.11 Colocación de lamina acrílica

No	CONCEPTO	Unidad
III	ESTRUCTURA METÁLICA Y TECHUMBRE	
14.-	Suministro y colocación de lámina 100% acrílica y reforzada con fibra de vidrio para cubierta al 15%, incluye: materiales, acarreos, elevación, fijación, sellado, mano de obra, equipo, andamios, herramienta, desperdicios, y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos.	m ²

La colocación de la lámina acrílica es de mucha importancia ya que es la que proporcionara luz natural durante el día a la cubierta y no sea un espacio cerrado oscuro, de esta forma es posible ocupar este espacio durante el día sin ningún problema y sin necesidad de utilizar luz eléctrica, de hecho siendo que su uso será escolar pues es posible dejar la cubierta sin proporcionarle iluminación artificial puesto que los horarios de clase están comprendidos en su mayoría en el día lo que la vuelve aun mas económica.

Su colocación es sencilla puesto que al colocar la cubierta se dejo la preparación y espacios indicados para colocar la lamina acrílica y tan solo nos concretamos a colocarla, fijarla con pijas aproximadamente a cada 0.50 m (cocida) y sellarla para evitar filtraciones al interior de la cubierta.



Fig. IV.26 Lámina Acrílica para iluminación artificial

Debemos señalar que la lámina acrílica es muy frágil y no soporta gran peso y menos aun si esta es puntual, como la aplicada al caminar sobre la cubierta por lo que los colocadores y en general cualquier persona que camine sobre la cubierta y no solo de este tipo sino de cualquier tipo hay que tener mucho cuidado para que no ocurran accidentes, esto aunado a que es una cubierta auto soportante no se encuentra ningún larguero o armadura bajo la cubierta ni bajo lámina acrílica como sucede en otros sistemas de cubierta lo que aumenta aun mas el riesgo de que suceda algún tipo de accidente.

IV.4.12 Remate lateral

No	CONCEPTO	Unidad
III	ESTRUCTURA METÁLICA Y TECHUMBRE	
15.-	Suministro, fabricación y colocación de remate lateral de lámina galvanizada pintada calibre 24, con un desarrollo de 45 cm. Incluye: materiales, accesorios de fijación, sellador, cortes, dobleces, planos de taller, mano de obra, andamios, equipo, y todo lo necesario para su correcta ejecución.	ml

Esta actividad, tiene como finalidad evitar filtraciones en la unión formada entre la cubierta y los faldones o muros cabeceros, y como propiedad adicional le da un aspecto más estético a las fachadas de la obra. Los remates son prefabricados, de lámina galvanizada pintada, doblados y preparados para su colocación, la cual es muy sencilla, tan solo se coloca y se fija con pijas a cada 50 cm aproximadamente a lo largo de toda la unión, y se sella para evitar las filtraciones.

IV.4.13 Faldones

No	CONCEPTO	Unidad
III	ESTRUCTURA METÁLICA Y TECHUMBRE	
16.-	Suministro y colocación de muros tímpano a base de lámina galvanizada pintada calibre 24 color blanco/fondo. Incluye: material, herramienta, mano de obra, andamios, equipo, y todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos.	m ²

Los faldones representan las fachadas principal y posterior por así llamarlos, son de la misma sección que la cubierta por lo que llevaron el mismo proceso de fabricación a excepción de que estos son planos o rectos, y no se les aplico ninguna curvatura.



Fig. IV.28 Faldones y remate lateral

Otra diferencia es que también se les dio la curvatura del arco en la parte superior para que encajasen perfectamente en el área formada entre el arco y la trabe T-1. Una característica adicional es que los faldones no llevan lamina acrílica, estos solo fueron colocados en la cubierta como en cualquier sistema de cubierta.

IV.4.14 Bajadas de agua pluvial

No	CONCEPTO	Unidad
III	ESTRUCTURA METÁLICA Y TECHUMBRE	
17.-	Suministro, habilitado y colocación de bajadas para captación de aguas pluviales con tubería de PVC de 4" de diámetro, en cualquier nivel incluye: materiales mano de obra, herramienta, andamiaje, equipo, corte, acarreo y todo lo necesario para su correcta ejecución.	ml

Se colocaron 6 bajadas de agua pluvial, de tubo sanitario de PVC de 4", conectados al canalón que será el que captará el agua que la cubierta canalice hacia él, y será descargada hacia registros existentes mediante el empleo de las bajadas de agua pluvial.

Las bajadas fueron colocadas en cada una de las esquinas de la obra y 1 más en cada uno de los centros de cada lado para completar las 6 piezas previstas. Fijadas a las columnas mediante 4 cintillos de solera de 1/2" x 1/8" con desarrollo de 30 cm.

IV.10 LIMPIEZA

No	CONCEPTO	Unidad
IV	LIMPIEZA	
18.-	Limpieza final de obra para entrega, limpieza final de piso, recolectando basura, cajas, envolturas, desperdicios, con acopio, carga manual, transporte total en camión y descarga en tiradero oficial autorizado. Incluye: fletes, mano de obra, herramienta y equipo.	m ²

Por ultimo, simplemente procedemos a dejar limpia la obra para su entrega, acarreando y retirando cualquier tipo de basura, material sobrante, herramienta, equipo, etc., que se encuentre dentro de la obra, así como la limpieza final de la estructura, retiro de polvo.

CONCLUSIONES.

Este sistema de techumbre, aunque sea prefabricado, es rolado en sitio y presenta muchas ventajas desde la versatilidad en su uso como en su diseño y en el ahorro en apoyos intermedios, así como en su fabricación y su montaje, por mencionar solo algunas de sus características.

Asimismo, este tipo de cubierta prescinde del diseño de apoyos que puedan sostenerla, como se presentarían en cualquier otro tipo de cubierta, esto, gracias a que la sección dada a los módulos, aunado a la curvatura de los mismos, la hacen una cubierta auto soportante y segura, lo cual es de gran importancia.

Del mismo modo, podemos mencionar que el costo de este tipo de cubiertas es menor al de otros tipos de sistemas,(como se analizó en el capítulo III), e incluso el tiempo de montaje es bastante rápido y sencillo.

Por todo lo antes mencionado, se demuestra que este sistema de cubierta es muy sencillo, rápido, económico, así como agradable a la vista y muy funcional, características que se buscan y son valoradas en el medio de la construcción.

FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Arthur H, Nilsson.
Diseños de estructuras de concreto.
McGraw Hill
2. Meli, Roberto
Diseño Estructural.
Limusa 2ª Ed.
3. www.archotecho.com
4. Reglamento de construcción del Distrito Federal.
5. Normas Técnicas Complementarias.
6. Ferdinand P. Beer; E. Russell Johnston Jr.
Mecánica Vectorial para Ingenieros. Estática y Dinámica.
Edición Especial.
McGraw Hill
7. Manual de rendimiento.
CAT, Edición 24.
8. Suárez Salazar, Carlos Javier.
Costo y tiempo en edificación.
Limusa, 3ª Edición. México.
9. Peurifoy, Robert L.
Estimación de los costos de construcción.
Diana, 11ª Impresión. México.
10. McCormack, Jack C.
Diseño de estructuras de concreto.
2ª Edición.
México, D.F.
Alfaomega 2002.
11. Mott, Robert L.
Resistencia de materiales aplicada
Prentice Hall 1996
México