

43  
207



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

"CALCULO ESTRUCTURAL DE LA TORRE  
DE CONTROL DE UN AEROPUERTO".

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO CIVIL  
P R E S E N T A :  
ALFONSO C. GARCIA CUADRA



DIRECTOR DE TESIS: ING. MIGUEL A. RODRIGUEZ VEGA



MEXICO, D. F.

1997

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
60-1-147/95

Señor  
**ALFONSO CUAUHEMOC GARCIA CUADRA**  
Presente.

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor  
**ING. MIGUEL ANGEL RODRIGUEZ VEGA**, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle  
usted como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

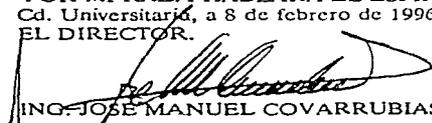
**"CALCULO ESTRUCTURAL DE LA TORRE DE CONTROL DE UN AEROPUERTO"**

- INTRODUCCION**  
**I. ANTECEDENTES**  
**II. CARACTERISTICAS DE LA TORRE DE CONTROL**  
**III. ANALISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL**  
**IV. ASPECTOS A CONSIDERAR EN LA ETAPA CONSTRUCTIVA**  
**V. CONCLUSIONES**

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar  
en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social  
durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente  
**"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"**  
Cd. Universitario, a 8 de febrero de 1996.  
EL DIRECTOR.

  
ING. JOSÉ MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

JMCS/GMP\*nl

V. B.

## ***DEDICATORIAS***

A mis padres:

Alfonso García Orduña  
Yolanda Cuadra Ábrego

Quienes me han apoyado e impulsado a lo largo de toda mi vida,  
y que han sabido formarme con su orientación y ejemplo.  
A ustedes debo todo lo que soy.

A mis hermanas:

Eréndira y Claudia

Por todo el cariño y apoyo brindado.

**A Jacqueline Llovet Álvarez**  
La mujer que siempre soñe para compartir mi vida  
y que llena mi vida de amor.

**A mis familiares**

**A mis amistades.**

# ***AGRADECIMIENTOS***

**A la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México**

**A mi director de tesis:**

**Ing. Miguel Angel Rodriguez Vega**

**A aquellas personas que me proporcionaron información y apoyo en la elaboración de este trabajo:**

**Ing. Federico Dovalí Ramos**

**Ing. Felipe Torres**

**Ing. Julio Murguía G.**

# ÍNDICE

Introducción	1
I) Antecedentes	
I.1 Aspectos generales de un aeropuerto	6
I.2 Estudios requeridos para un aeropuerto	38
I.3 Objetivo de una torre de control	42
II) Características de la torre de control	
Introducción al capítulo	48
II.1 Localización en el aeropuerto	54
II.2 Altura	56
II.3 Geometría	61
II.4 Material	77
II.5 Análisis de cargas	81
III) Análisis y diseño estructural	
Generalidades	89
Gráficas de esfuerzos	99

<b>Gráfico de desplazamientos</b>	<b>103</b>
<b>Comentarios</b>	<b>104</b>
<b>IV) Aspectos a considerar en la etapa constructiva</b>	<b>106</b>
<b>V) Conclusiones</b>	<b>115</b>
<b>Anexo: Desgloce del cálculo estructural</b>	

# INTRODUCCION

Si se toma una de las definiciones más simples de INGENIERIA, aquella que dice que es la transformación racional de la naturaleza en beneficio o aprovechamiento del hombre, caemos en la cuenta de que éste, tiene la necesidad de utilizar y modificar parte del medio para cubrir sus necesidades y resolver los problemas que se le presentan. Para lograr este objetivo, el hombre ha desarrollado métodos y técnicas que le han permitido optimizar los recursos, ya que éstos en su mayoría no son abundantes o bien se requiere de un gran esfuerzo para obtenerlos. Así que el ser humano trata de aprovecharlos al máximo, minimizando el esfuerzo físico y económico, llegando así a las soluciones más óptimas bajo condiciones de seguridad y de servicio.

Las necesidades a lo largo del tiempo han cambiado o se han transformado, debido a que las condiciones del medio varían e incluso el hombre genera cambios, por lo que las técnicas se han adaptado y se han conjuntado con el desarrollo de la tecnología. El ingeniero es pieza fundamental en este desarrollo, ya que su formación le permite resolver problemas mediante métodos racionales para lograr un mejor aprovechamiento de los recursos.

En esta introducción se hace referencia a la necesidad del hombre para transportarse y cómo han evolucionado los medios de transporte hasta llegar a la actual era de la aviación. Esta es la manera más rápida de viajar y ha revolucionado totalmente el transporte en el mundo entero, la infraestructura adecuada que se requiere para la operación de las aeronaves, definiendo así el objetivo fundamental de esta tesis y resumiendo el contenido de cada capítulo.

La necesidad del hombre por transportarse a sí mismo y diferentes objetos tales como alimentos, herramientas, animales, etc, es tan antigua como el hombre mismo, ya que éste viajaba de un lugar a otro en busca de lo necesario para sobrevivir, fue así como desarrolló modos de transporte que le permitieran recorrer grandes distancias llevando sus pertenencias.

Los primeros medios de transporte fueron los animales, ya que eran mucho más fuertes y resistentes que el hombre, pero al aparecer la rueda se añade a los animales un sistema de ruedas con eje y un cajón de carga, logrando así aumentar la carga. Al pasar el tiempo florece el comercio y aparece otro medio de transporte importante y, sin lugar a dudas, el que realmente revoluciona la manera de viajar: la navegación. Esta permite incrementar la carga útil (entendiéndose por esta como la carga total menos la carga del transporte mismo y los elementos que se necesitan para su operación) y moverse a grandes distancias. Fue éste el medio que permitió recorrer gran parte del planeta y descubrir lugares totalmente desconocidos para el viejo continente. Este medio provocó que se desarrollaran los puntos donde salen y llegan las embarcaciones, llamados Puertos. El transporte marítimo ha aumentado en gran medida gracias a la capacidad de los barcos para transportar mayor carga, aunque su velocidad es muy limitada.

Más tarde aparece la locomotora que utilizaba vapor para mover cantidades increíbles de carga por tierra. En la actualidad las máquinas locomotoras son eléctricas y en algunas ocasiones trabajan con diesel. Éste medio requiere de una infraestructura terrestre que consiste en acondicionar el terreno por donde se tiende una vía que sirve de guía y que permite la operación del ferrocarril. Este último está formado por un conjunto de carros de gran capacidad, donde se lleva la carga, y por las máquinas que le proporcionan la fuerza necesaria para su desplazamiento. Además se requiere de las terminales donde abordan tanto pasajeros como carga. Este es el medio de transporte terrestre más económico que existe. Con la llegada del automóvil, el ferrocarril se ve relegado en algunos campos. El automotor permite mayor flexibilidad en su operación aunque la capacidad de carga se ve muy limitada y el costo es mayor. El automotor también necesita de una infraestructura terrestre para su operación, esta infraestructura consiste en tender caminos a lo largo del terreno para unir puntos de interés.

Para principios de este siglo el hombre ya era capaz de ir muy lejos llevando consigo mucha carga, por mar y tierra, pero faltaba convertir un gran sueño en realidad, el de viajar a través del aire, un sueño muy antiguo pero que tardó mucho en poder realizarse.

El vuelo con motor es un producto del siglo XX, aunque sus inicios se remontan a la edad media, cuando algunas personas entusiastas, "saltadores de torres" se arrojaban de altas estructuras con la idea de que podían volar con unas alas hechas en casa. Creían que éstas eran suficientes para emprender el vuelo tal y como lo hacían las aves, no se conocían aún todos los elementos necesarios para poder volar y esto llevó a que muchas personas perdieran la vida. Fue hasta 1680, año en el que el italiano Giovanni Borelli publicó un estudio serio y detallado, que se explicaron las razones por las que anatómicamente era imposible al hombre volar, ya que no tenía la fuerza ni la estructura necesaria para lograrlo.

Leonardo Da Vinci, el genio del renacimiento, fue el primero, en hacer estudios a fondo de las aves, del aire, y de la resistencia que éste provoca al avance de un cuerpo que se desplace por él. En una serie de bocetos diseñó varias máquinas voladoras, algunas de ellas muy buenas, pero aún así requería de la fuerza humana para su propulsión. Durante 200 años, después de Leonardo no hubo avance alguno en el vuelo. Luego, a finales del siglo XVIII, llegó un nuevo interés por la antigua idea, pero esta vez se pensó en máquinas más ligeras que el aire. En ese entonces ya se conocían las propiedades del aire caliente como el hidrógeno y se diseñaron y construyeron globos aerostáticos. Era un medio de lograr un fin, pero no satisfizo el sueño de volar como las aves.

En los años siguientes una lista grande de hombres, entre los cuales destacan Sir George Cayley (1773 - 1857), Otto Lilienthal (1848 - 1896) y los hermanos Wilbur (1867 - 1912), Orville (1871 - 1948) Wrigth principalmente, y con contribuciones menores William S. Henson (1812 - 1888), Octave Chanete, (1832 - 1910) y Alphonse Pénaud (1850 - 1880), lograron que el sueño de volar se cristalizara.

Cada uno de ellos aportó algo, ya sea el conocimiento de la mecánica del vuelo, o bien técnicas estructurales para montar un motor a un aeroplano permitiendo así el vuelo controlado, entre otros muchos avances.

Finalmente se contaba ya con los conocimientos y técnicas suficientes para que una gran cantidad de aeroplanos empezaran a surcar el cielo. Cada vez se avanzaba más, mejorando las características de los aviones tales como potencia, velocidad, altura de vuelo y tamaño de los mismos.

En un principio los aviones aterrizaban y despegaban en cualquier lugar que se prestara para ello, terrenos planos donde no hubiera obstáculos que pusieran en peligro estas operaciones, no había aún instalaciones complejas en estos campos aéreos. Pero al avanzar la tecnología aeronáutica y el número de aparatos, se tuvo la necesidad de acondicionar de mejor manera superficies suficientemente seguras en las cuales, además de permitir el aterrizaje y despegue de los aviones, se tuviese dónde guardar y dar mantenimiento a los aviones, además de tener instalaciones para combustible y demás servicios que requerían las aeronaves.

El vuelo se militarizó y comercializó. Aparecieron las primeras rutas aéreas donde se tenían servicios de transporte y carga entre puntos específicos, nacieron las líneas aéreas, y, con ello, la demanda por parte de los pasajeros provocó que se edificaran instalaciones para alojarlos.

Los campos aéreos se convirtieron en puertos aéreos donde se unían 2 medios de transporte: el terrestre y el aéreo.

El presente trabajo versa de uno de los elementos básicos que forman parte de un aeropuerto: LA TORRE DE CONTROL. En el Capítulo I se define su objetivo, y se describen las características de un aeropuerto, las partes que lo conforman, su función y criterios de diseño, los estudios que se requieren para la elección del sitio, tamaño y otras características de un aeropuerto.

El objetivo fundamental de esta tesis es el de contribuir en la divulgación de los criterios de diseño, tanto geométricos como estructurales y recomendaciones de construcción para este tipo de estructuras, entre los estudiantes de ingeniería y personas interesadas en el tema. En el futuro México necesitará aumentar en número y capacidad sus aeropuertos debido al crecimiento económico y demográfico del país, por lo que se requiere de gente capacitada para resolver de manera adecuada las necesidades de todos y cada uno de los elementos que componen un aeropuerto.

En el Capítulo II se determinan las características físicas de la Torre de Control, su localización, altura, geometría, material, solicitaciones, etc...

En el Capítulo III se analiza "y dimensiona" el conjunto de elementos que componen la estructura en estudio.

En el Capítulo IV se dan algunas recomendaciones referentes al procedimiento constructivo.

Finalmente las conclusiones en el Capítulo V explican en forma resumida los resultados de los capítulos anteriores y las recomendaciones generales para este tipo de estructuras.

## ALCANCES

En este trabajo se tratará la parte geométrica y estructural de la torre, por lo que los campos de la electrónica, telecomunicaciones y demás instalaciones sólo se mencionan en términos generales.

Dado que el objetivo es el de contar con un material que contenga información general de estas estructuras, se resolverá un problema hipotético con el fin de ejemplificar su solución.

***CAPITULO I:***  
***ANTECEDENTES***

---

## I.1 ASPECTOS GENERALES DE UN AEROPUERTO

En este capítulo se describen las características de un aeropuerto, las partes que lo conforman, su función y sus criterios de diseño. Un aeropuerto es un conjunto de sistemas debidamente enlazados entre sí que forman una cadena de eventos: arribo de pasajeros y de carga a las instalaciones, documentación, abordaje y desembarque, suministro de combustible, salida y entrada de aviones a la zona de hangares, traslado a la pista, despegues, aterrizajes etc. La principal característica de un aeropuerto es unir a 2 medios de transporte, por lo que no es considerado como una terminal sino como un enlace donde se cambia de transporte terrestre a aéreo y viceversa.

En un aeropuerto se identifican los siguientes sistemas:

- A) Espacios aéreos
- B) Pistas, calles de rodaje y plataformas
- C) Edificio de pasajeros o de carga
- D) Camino de acceso
- E) Almacenamiento y distribución de combustibles

Algunos aeropuertos pueden tener además otros sistemas, por ejemplo: instalaciones industriales, bodegas de almacenamiento, etc. Por otro lado se tienen subsistemas tales como energía eléctrica, abastecimiento de agua y otros servicios.

A continuación se tratarán los aspectos más importantes de estos sistemas.

## ***1.1.A ESPACIOS AEREOS***

Estos espacios forman parte del transporte aéreo y son destinados sólo para el uso de aviones en el aire. Su finalidad es la de evitar que se presenten obstáculos que perturben la maniobrabilidad de los aviones.

Las maniobras que se deben proteger son:

### **a) Aproximación**

Fase intermedia previa al aterrizaje. Cuando un vuelo llega a su destino, la aeronave se dirige hacia el aeropuerto para aterrizar. Hay dos maneras de realizar esta aproximación: circulando y por aproximación directa.

Para explicar en qué consiste cada una de ellas es necesario definir lo siguiente:

Las reglas en las que deberá desarrollarse un vuelo están sujetas a las condiciones meteorológicas que prevalecen durante éste. Si las condiciones meteorológicas son favorables desde el punto de vista que permitan al piloto una visibilidad clara y nítida de otros aviones en el aire, del terreno y de posibles obstáculos, entonces se autoriza un vuelo VFR (Reglas de Vuelo Visuales, por sus siglas en inglés). Estas reglas permiten un vuelo sin que se dependa de los instrumentos abordo de la aeronave. Por el contrario si las condiciones meteorológicas impiden una visibilidad adecuada para realizar las operaciones de la aeronave, entonces se requiere de un vuelo IFR (Reglas de Vuelo por Instrumentos). Esto se debe a que al estar limitada la visibilidad o inclusive ser nula, como en los vuelos nocturnos, se requiere de instrumentos que le den al piloto toda la información para llevar a cabo el vuelo con toda seguridad. La distancia límite de visibilidad considerada como adecuada es fijada por las autoridades aeronáuticas de cada lugar.

### Aproximación circulando.

Esta aproximación siempre será en vuelo VFR. La aeronave realiza un circuito. Este consiste en atravesar perpendicularmente el eje de la pista a cierta altura y después de recorrer una distancia que depende de las características del avión, se cambia la dirección de la aeronave hasta que ésta se encuentre paralela a la pista y en sentido contrario de donde se hará el aterrizaje. Esta fase es conocida como inicial. Cuando la nave se encuentra a  $90^\circ$  del eje de la pista, está en la fase intermedia. La fase final inicia al alinear al avión con el eje de la pista y termina cuando el avión toca tierra. Las distancias y alturas respecto a la pista dependerán del tipo de aeronave.

En la siguiente figura se presentan las fases de una aproximación circulando.

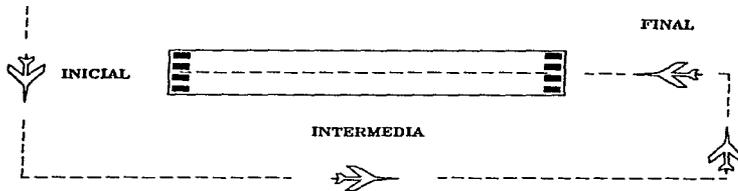
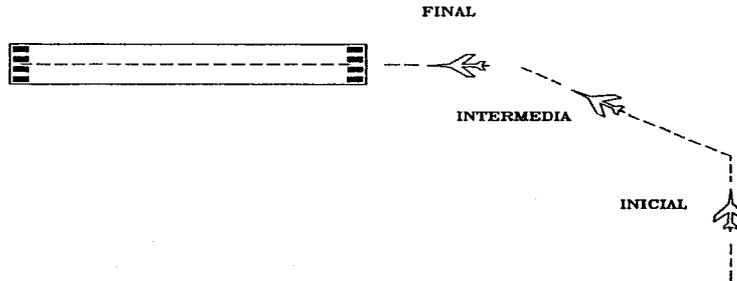


Figura I.1

**Aproximación directa.**

Esta se realiza en condiciones IFR. En esta aproximación no es necesario hacer el circuito, ya que los instrumentos sirven de guía para enfilarse a la pista. Las fases de una aproximación de este tipo son: Inicial, donde la aeronave se encuentra a  $90^\circ$  del eje de la pista. La fase intermedia comienza cuando se hace un cambio de dirección con un ángulo entre  $40$  y  $60^\circ$  hasta intersectar el eje de la pista donde se llega a la fase final. El piloto realiza los cambios de dirección con la ayuda del VOR, que es el aparato en tierra que le envía señales de radio. Los instrumentos de la aeronave captan dichas señales y es así como el piloto es guiado en el aire.

**Figura I.2**

Aproximación frustrada.

Es el abandono de la operación, ya sea en vuelo VFR o IFR, se presenta cuando por alguna razón no se pueda realizar el aterrizaje.

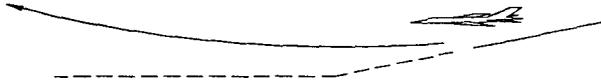


Figura 1.3

b) Ascenso

Maniobra que se realiza inmediatamente después del despegue y siempre se le considera como vuelo IFR.



Figura 1.4

Una vez que se analizan las maniobras descritas anteriormente, se determina el espacio aéreo necesario para que ningún obstáculo interfiera con las aeronaves.

Dicho espacio se determina una vez que se conocen las características del avión más desfavorable que operará en el aeropuerto. Se entiende por avión más desfavorable al que tenga las mayores dimensiones y/o que sea más veloz, ya que esto implica que se requiera de mayor espacio tanto en aire como en pista para su operación.

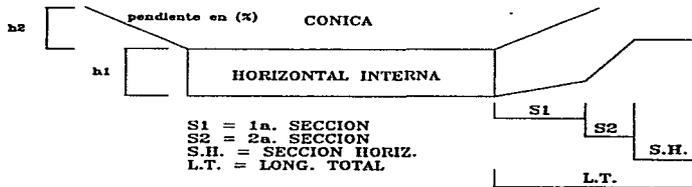
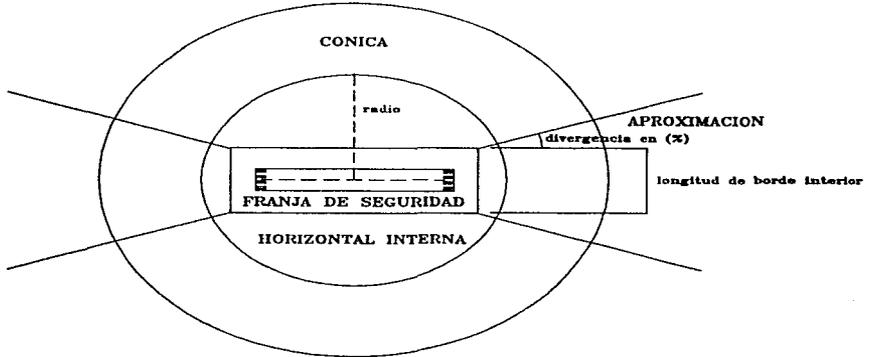
Hay acuerdos internacionales en los cuales se marcan con todo detalle las especificaciones de los espacios mínimos que deben tener los aeropuertos. Existen tablas donde se indican las características del avión y las especificaciones correspondientes.

El anexo 14 del Convenio sobre Aviación Civil Internacional de la OACI (Organización de Aviación Civil Internacional) es el documento donde se detallan las dimensiones que necesitan los diferentes tipos de aviones. Esta clasificación se realiza en base a la envergadura del avión (distancia transversal que hay entre las puntas de las alas de una aeronave) y el ancho del tren de aterrizaje. Las dimensiones que presentan estos documentos para aproximaciones son:

- Horizontal interna.- Se encuentra rodeando la pista y está delimitado por su altura y por su radio.
- Cónica.- Espacio que se extiende a partir de la superficie horizontal interna con una cierta pendiente y hasta cierta altura.
- Aproximación.- Superficie que se extiende desde una distancia del umbral de la pista con un ancho llamado longitud de borde interior y con una divergencia expresada en porcentaje.
- Primera sección.- Los elementos de ésta sección son: longitud y pendiente.
- Segunda sección.- Análogamente a la primera sus elementos son: longitud y pendiente.

- Sección horizontal.- Está determinada únicamente por su longitud.
- Longitud total.- Es la suma de las secciones anteriores.

Figura I.5



En el anexo 14 también hay especificaciones análogas para aterrizajes interrumpidos y despegues.

---

## **I.1.B PISTAS, CALLES DE RODAJE Y PLATAFORMAS**

Este conjunto de elementos forman la zona aeronáutica terrestre.

### **PISTAS**

Áreas terrestres definidas en un aeropuerto, preparadas para que las aeronaves efectúen a lo largo de ellas los recorridos de aterrizaje y despegue.

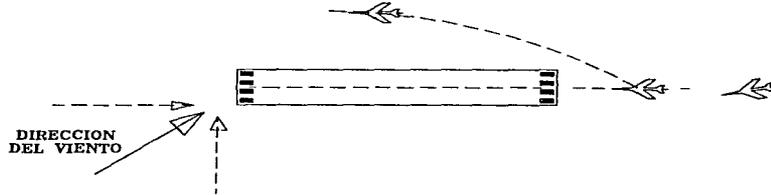
Las características de las pistas de un aeropuerto son:

- cantidad requerida de éstas
- su orientación
- dimensiones
- tipo de pavimento.

Para llegar a la cantidad de pistas requeridas, primero se determina la demanda que tendrá el aeropuerto en cuanto al número de operaciones y las características de las aeronaves. Después se calcula la cantidad de operaciones en determinado tiempo de proyecto y, finalmente, se hace el estudio para saber cuantas pistas son suficientes para cubrir la demanda.

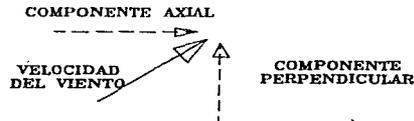
Una vez determinada la cantidad de pistas por demanda, se realiza un estudio de vientos, el cual nos indica el tiempo en que se podrá hacer uso de la pista sin que las corrientes de aire que actúan sobre el avión sean un peligro. El fenómeno conocido como vientos cruzados se presenta debido a que en la atmósfera se encuentran capas de aire que se desplazan en diferentes direcciones. Estos desplazamientos son provocados por el movimiento de masas de aire debido a cambios de temperatura y por las condiciones naturales del lugar. Al estar en el aire, el avión está expuesto a chocar con esta masa de aire en movimiento, lo cual le provoca una reacción. Si en una aproximación de un aterrizaje la masa de aire le pega al avión en un costado, éste tenderá a salirse de la dirección del eje de la pista y, si este choque es muy violento, el avión se saldrá de la pista. Por lo tanto se debe asegurar que la intensidad de estos choques no afecten al piloto y logre controlar la aeronave.

Figura I.6



Hay una magnitud límite aceptada de la componente vectorial de la masa de aire en relación con la dirección del avión. Es decir, la componente de la velocidad del viento en dirección perpendicular a la nave tiene un máximo permitido.

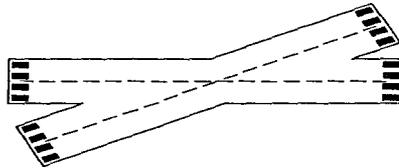
Figura I.7



Para determinar si el lugar donde se localizará el aeropuerto cumple con esta componente máxima, se debe realizar un estudio de vientos. Para que este estudio sea confiable, tiene que realizarse por un periodo de 5 años y deben utilizarse aparatos que capturen información de la dirección del viento en intervalos de 10 minutos. Estas lecturas se procesan en una tabla en base a la rosa de los vientos. El estudio consiste en determinar las direcciones del viento reinantes, para saber si el lugar cumple con la tolerancia del tiempo máximo en la que la pista no podrá utilizarse. Generalmente se acepta si el tiempo en que el aeropuerto no puede operar por vientos cruzados no excede el 5% del tiempo total de uso de aeropuerto

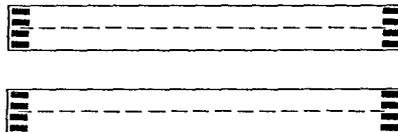
En caso de que el lugar cumpla con esta condición, será suficiente una sola pista. Por el contrario, de no cumplirse lo anterior, será necesario tener otra pista que cruce a la primera en un ángulo entre  $15$  y  $90^\circ$ . Se hace el análisis para ambas pistas y, si se cumple la condición de tiempo máximo de cierre de aeropuerto por viento, entonces se acepta dicha configuración. Si aún teniendo 2 diferentes direcciones de pista no se logra tener el 95% de utilidad, entonces se descarta el lugar y se busca otra alternativa. Cabe mencionar que en el caso de tener 2 pistas intersectadas debido a una situación de vientos, se les considerará como una sola pista, ya que sólo podrá operar una de ellas a la vez.

Figura 1.8



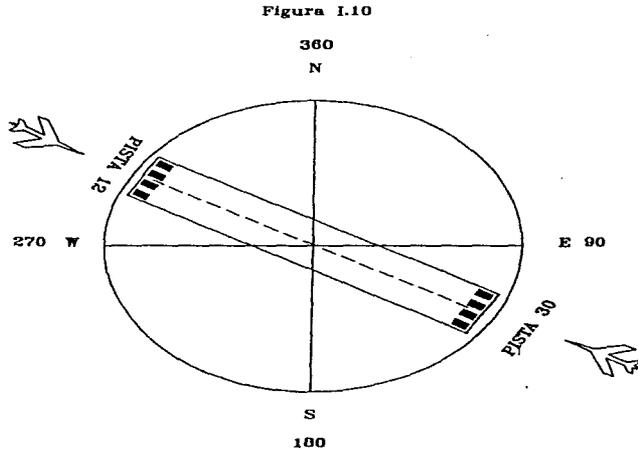
Si la demanda requiere de 2 o más pistas, éstas se construyen de manera paralela para evitar cruces entre aeronaves.

Figura 1.9



Una vez que se ha calculado la cantidad de pistas, ya sea por demanda o por vientos, se debe determinar su orientación. Esta será en función a los vientos en el lugar y a los espacios aéreos tratados en los puntos anteriores.

La orientación de la pista esta definida por el azimut (ángulo a partir del Norte en sentido horario). Se acostumbra cerrar a múltiplos de  $10^\circ$  la orientación de las pistas, eliminando el último cero por simplicidad. Por ejemplo la pista con un azimut de  $300^\circ$  se le llama pista 30.



Cabe aclarar que aunque sólo se construya una pista, operacionalmente se tienen 2, ya que al cambiar la dirección del viento, se invertirá su sentido. Tomemos el mismo ejemplo de la pista 30. Cuando se cambie su sentido entonces se estará utilizando la pista 12 (con un azimut de  $120^\circ$ ). Los aviones siempre despegan y aterrizan teniendo al viento en contra.

Las dimensiones de una pista están en función del avión más desfavorable que opere en ésta. A continuación se presentan las etapas en las carreras de despegue y aterrizaje.

## CARRERA DE DESPEGUE

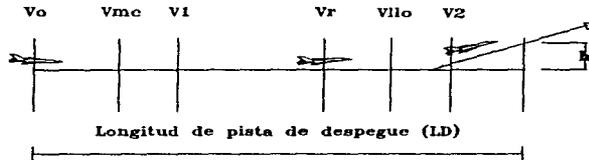


Figura I.11

$V_0$  = Velocidad inicial = 0

$V_{mc}$  = Velocidad mínima de control.

$V_1$  = Velocidad límite para abortar el despegue (si hay una falla de motor en  $V_1$  el piloto debe frenar ; si la falla se presenta después, el piloto debe continuar con la acción del despegue).

$V_r$  = Velocidad de rotación del tren principal

$V_{lo}$  =  $V$  lof lift off = velocidad en la que se iguala el peso del avión con la fuerza de sustentación.

$V_2$  = Velocidad de ascenso seguro.

$h$  = Altura sobre la pista a la que se considera que el avión ha despegado (13.5 m. para aviones de turbina y 15 m. para aviones de hélice).

Figura I.12

DESPEGUE FRUSTRADO

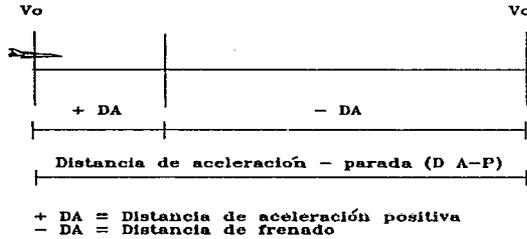
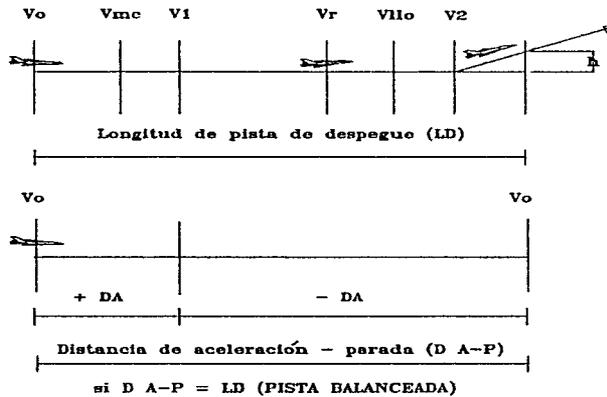


Figura I.13

PISTA BALANCEADA



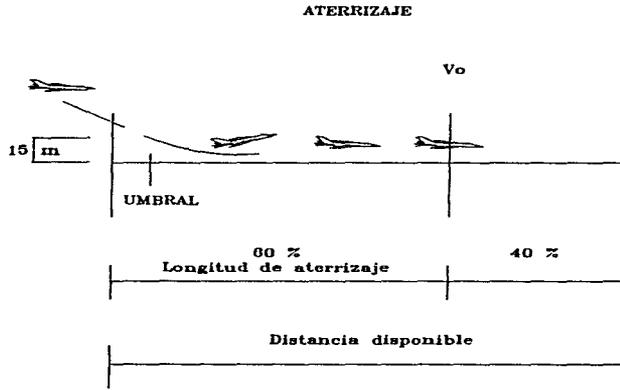


Figura I.14

Todo vuelo debe contemplar a un aeropuerto alternativo al de destino, en caso de cierre de operaciones de este último, la nave aterrizará en el alternativo. Para dichos aeropuertos se acepta que la longitud de aterrizaje sea el 70% de la distancia disponible.

El avión crítico de diseño no necesariamente es el que tiene la longitud de pista mas grande, por ejemplo en un aeropuerto puede operar un avión que requiera de 2300 m de long. de pista y que realice 80 despegues a la semana y otro que requiera de 3200 m, pero que solo realice 2 despegues a la semana, una opción es que el avión de 3200 m se ajuste a la pista de 2300 m despegando con menor combustible ofreciendo una escala. La otra opción es desbalancear la pista:

CASO 1 .- LD > LD Balanceada: se consigue que la altura "h" se salga de la pista, por lo que hay que asegurar la zona.

CASO 2 .- LD < LD Balanceada: se tiene que acondicionar un camino para frenado.

Para dimensionar el largo de la pista es necesario analizar cómo se comporta el avión en diferentes condiciones (temperatura, porcentaje de humedad, presión atmosférica, velocidad del viento, etc.). En el diseño se debe de tomar en cuenta el peso máximo del avión operando en las condiciones más críticas. En caso de que exista alguna restricción, entonces la operación de las aeronaves se limitará a determinados pesos máximos de despegue, o bajo ciertas condiciones atmosféricas. En los manuales de los aviones se tienen gráficas donde se muestra el comportamiento del avión en diferentes condiciones. Estos comportamientos se presentan en nomogramas que permitan conocer la distancia requerida para despegue y de este modo se puede dimensionar la pista.

Finalmente se tiene el pavimento, que sirve como superficie de rodamiento de las aeronaves en despegues y aterrizajes. Hay de 2 tipos: flexible y rígido. El pavimento flexible (carpeta asfáltica) tiene un costo de inversión bajo, pero a lo largo de su vida útil requiere de mucho mantenimiento. Por otro lado, el pavimento rígido puede ser hasta tres veces mas caro, pero su mantenimiento es casi nulo. La decisión sobre el tipo de pavimento que se debe utilizar depende del horizonte de planeación del aeropuerto.

Pavimento flexible.

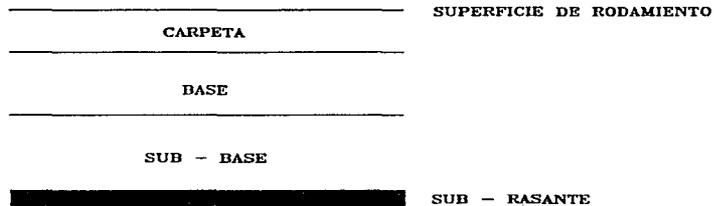


Figura I.15

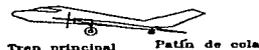
La carpeta está formada por una mezcla de agregado pétreo y un cementante, la base y la sub-base son de materiales de menor calidad, con una cierta capacidad de carga mejor a la del suelo en el sitio. Al disminuir los esfuerzos con la profundidad es posible utilizar estos materiales por economía.

Cuando se determina el material, se procede al dimensionamiento de las diferentes capas de los elementos. El método que se sigue regularmente es el CBR (California Bearing Ratio). Por medio de nomogramas se encuentra el espesor de las capas, teniendo como datos el peso de los aviones y el total de las operaciones al año del avión de diseño. Cabe señalar que análogamente al cálculo de pavimentos en vías terrestres se hacen conversiones de las diferentes aeronaves que operarán en el aeropuerto por medio de factores de equivalencia para simplificar el procedimiento. Una vez que se tienen convertidos todos los aviones al de diseño se tiene un valor total de operaciones anuales.

Otro aspecto importante que cabe mencionar es el tipo de tren de aterrizaje, ya que entre más ruedas tenga el avión, menores son los esfuerzos transmitidos al pavimento por cada rueda.

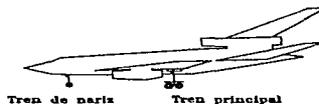
## TIPOS DE TREN DE ATERRIZAJE

### CONVENCIONAL

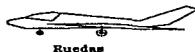


### TRICICLO

Figura 1.16



### BICICLETA



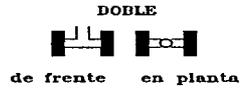
CONVENCIONAL.- El tren principal soporta el 100 % del peso del avión.

TRICICLO.- El tren principal soporta 90 - 95 % del peso total, mientras que el tren de nariz carga el 5 - 10 % restante. El tren de triciclo puede tener 2, 3 o más patines en el tren principal.

BICICLETA.- Utilizado generalmente en planeadores. Tiene la particularidad de contar con un solo patín, unido al fuselaje tanto en el tren delantero como en el trasero.

Figura I.17

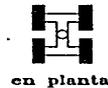
CLASIFICACION POR EL NUMERO DE RUEDAS



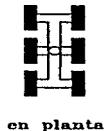
TANDEM SENCILLO



TANDEM DOBLE



TANDEM TRIPLE DOBLE



## Pavimento Rígido.

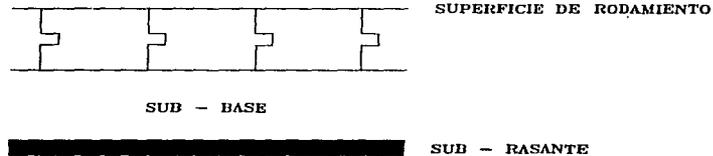


Figura I.18

Esta formado por una serie de losas unidas "macho-hembra" con el fin de transmitir las cargas. Se debe utilizar un concreto capaz de soportar la flexión. Estos concretos no tienen armado, por lo que deben resistir la tensión por sí mismos. El estado crítico de esfuerzo se presenta en el centro de cada losa.

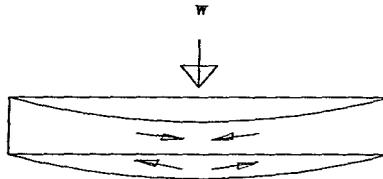


Figura I.19

Los pavimentos rígidos son más complicados, ya que el dimensionamiento se realiza por aproximaciones debido a que se tienen 2 incógnitas: el espesor y la resistencia por tensión. Su construcción es por medio de losas de cemento Portland y puede tener o no refuerzo en la unión. Es posible también colocar losas pretensadas o postensadas.

Es conveniente definir zonas críticas en los pavimentos, que son las partes donde la carga tiende a concentrarse, y zonas no críticas. Esto se realiza con el histograma de repeticiones de carga en una pista. El factor para las orillas de las pistas es generalmente de 0.7 y para las salidas de las pistas es de 0.9, ya que el avión al aterrizar ha consumido combustible y reduce su peso total.

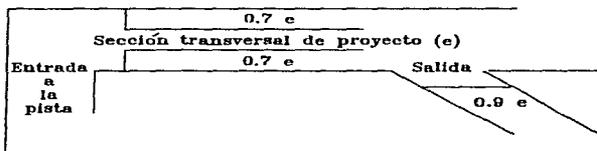


Figura 1.20

En el diseño de pavimentos se considera más crítico al despegue porque el avión está cargado al máximo, mientras que cuando aterriza se elimina el peso del combustible consumido.

### CALLES DE RODAJE

La principal función de las calles de rodaje es permitir el acceso desde las pistas hasta la terminal y al área de servicios de hangares. Esta acción es conocida como taxeo o rodaje. Las calles de rodaje deben de ser situadas adecuadamente, ya que una aeronave que acaba de aterrizar no debe de interferir con aeronaves que hacen su rodaje hacia la pista para despegar. Las rutas deben ser seleccionadas de tal modo que sean las distancias más cortas posibles desde el área de la terminal hasta el final de las pistas utilizadas para despegues. En aeropuertos congestionados, estas calles deben ser localizadas en varios puntos a lo largo de la pista, de modo que una aeronave que ha aterrizado pueda desalojar la pista tan rápido como sea posible, para que otro avión pueda hacer uso de ésta. Estos puntos son comúnmente designados como salidas, y se debe evitar, en lo posible, que crucen por las pistas de despegue y aterrizaje. Una pista puede tener varias salidas a lo largo de toda su longitud, dependiendo de las características de los aviones, ya que algunas aeronaves pueden utilizar menor longitud de pista en un aterrizaje que otras. De esta manera pueden evacuar la pista rápidamente y no entorpecer las operaciones de otras aeronaves.

La configuración de las calles de rodaje puede ser de diferentes maneras dependiendo del número y orientación de las pistas, la localización de la zona de hangares, etc.

En la siguiente figura se muestra una configuración de una pista con sus calles de rodaje a manera de ejemplo.

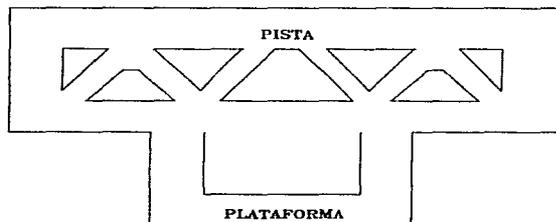


Figura I.21

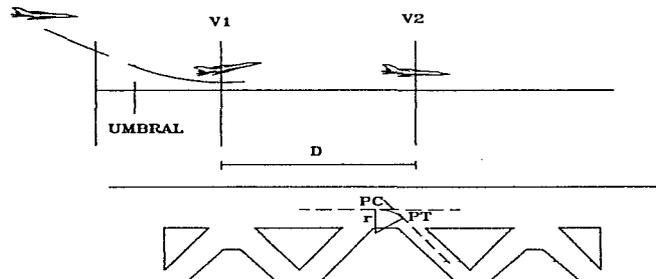
Un método simplificado nos permite determinar la distancia a la que se colocan las salidas. Para utilizarlo es necesario conocer la velocidad a la que un avión puede maniobrar cambiando de dirección en tierra sin correr ningún peligro. A esta velocidad se le conoce como velocidad de proyecto ( $V_2$ ). La velocidad con la que el avión toca tierra es conocida como  $V_1$ . Para conocer entonces la distancia se aplica la siguiente expresión matemática:

$$D = (V_1^2 - V_2^2) / 2a$$

En donde "a" es una constante que depende de las condiciones de frenado del avión.

El otro elemento a determinar es el ángulo que hay entre el eje de la pista y la salida, y éste estará en función del radio de curvatura que necesite el avión proyectado.

Figura 1.22



Las entradas a las pistas se encuentran en sus extremos, de modo que el avión cuente con toda su longitud en caso de aborto en el despegue.

## PLATAFORMAS

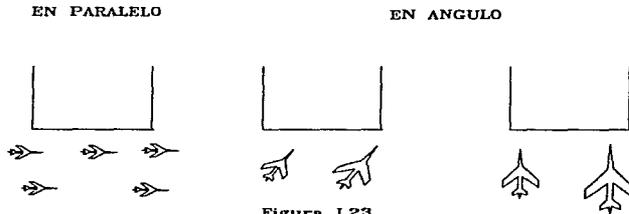
Es la zona de estacionamiento en los aeropuertos, y está designada para:

- Embarque y desembarque de pasajeros y/o carga.
- Pernocta de las aeronaves.
- Mantenimiento.

Estas acciones pueden realizarse en hangares cerrados o bien en espacios abiertos.

Las plataformas pueden dividirse según sean designadas para aviación comercial, aviación militar, o aviación general (aviones privados, escuelas de aviación, taxi aéreo, etc.).

En estos espacios los aviones pueden estacionarse en paralelo o en ángulo.



En las plataformas abiertas no hay conexión con el edificio, lo cual permite mucha flexibilidad en las operaciones.

En el caso de que exista vínculo entre plataforma y edificio, hay diferentes tipos de configuraciones:

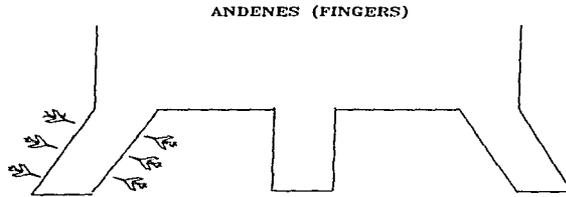


Figura I.24

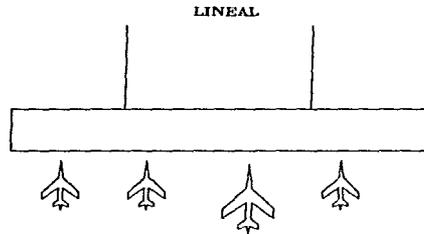


Figura I.25

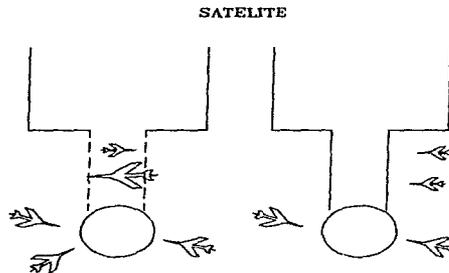


Figura I.26

SATELITE RECTANGULAR

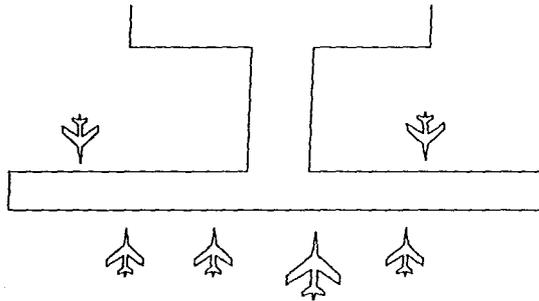


Figura 1.27

PLATAFORMA DE TIPO ESPINAL  
CON COMBINACIONES

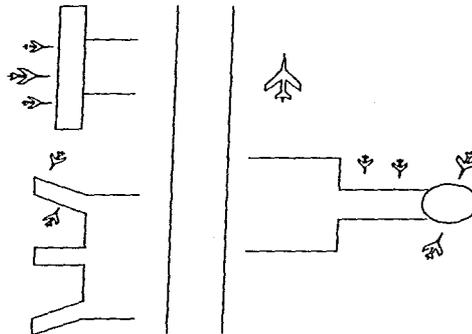


Figura 1.20

### **I.1.C EDIFICIO DE PASAJEROS O DE CARGA.**

El edificio de pasajeros y/o de carga es la parte del aeropuerto donde se realiza la recepción, documentación y espera previa al abordaje, y se clasifica en movimiento nacional e internacional. Estas instalaciones pueden ser de 1, 1.5 o hasta 2 niveles, dependiendo del movimiento del aeropuerto, pero no más, debido a que no sería práctico en su servicio.

Edificio de 1 nivel.- Desde la llegada del pasajero al aeropuerto, hasta que aborda el avión no hay cambio de nivel. Es el caso más sencillo y económico, usado en aeropuertos pequeños sin mucho movimiento de pasajeros. El abordaje al avión es por medio de escaleras móviles ya que no existe un vínculo entre plataforma y edificio.

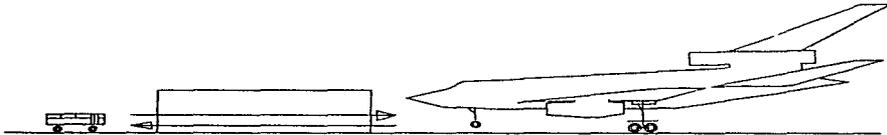
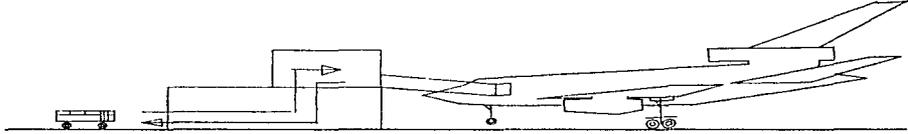


Figura I.29

Edificio de 1.5 niveles.- Usado en aeropuertos de mayor movimiento (3 - 4 millones de pasajeros al año), donde las líneas aéreas tienen salas de espera y una zona de hangar definida. El acceso a los aviones es a través de puentes entre el avión en plataforma y el edificio.

Figura I.30



Edificio de 2 niveles.- Es el más complejo y de mayor infraestructura, ya que separa la llegada y salida de pasajeros del aeropuerto en diferentes niveles. Es el más conveniente para aeropuertos de gran movimiento (5 -6 millones de pasajeros al año).

Figura I.31



Decidir qué tipo de edificio es conveniente para un aeropuerto es un problema operacional y de costos en donde intervienen los siguientes elementos:

- tractor
- trenes de equipaje
- puente telescópico
- escaleras
- equipo de energía eléctrica
- camiones de combustible
- servicio de limpieza, recolección de basura etc.

Es evidente que las instalaciones del edificio son más complejas entre más demanda tenga el aeropuerto. En la actualidad hay aeropuertos tan grandes que son necesarios trenes para trasladar a los pasajeros de un punto a otro dentro del mismo aeropuerto.

Para definir el área que se requiere para oficinas, salas de espera, establecimientos comerciales, etc. se hace un análisis de flujo de pasajeros, un análisis espacial y se trata el aspecto comercial.

Si es necesario un solo edificio se dice que el aeropuerto es centralizado. Por el contrario, si hay 2 o más edificios, entonces se trata de un aeropuerto descentralizado. Cada edificio es autónomo y todos tienen los mismos servicios. Esto aplica para aeropuertos sumamente grandes que operan de 12 a 14 millones de pasajeros al año.

Los servicios indispensables en el edificio son:

- sanitarios
- teléfono
- salas de espera.

- vestíbulos
- andenes
- restaurantes
- bares
- tiendas
- transporte terrestre
- información turística
- casas de cambio de moneda

El área designada a los diferentes servicios depende del tipo de actividad predominante del aeropuerto del que se trate (aeropuertos en zonas turísticas, aeropuertos de negocios, etc.).

El objetivo es buscar que dentro del edificio el área de rentas sea mayor que el área de servicios, puesto que el aeropuerto genera ingresos con las rentas o concesiones destinadas a comercios.

### **I.1.D CAMINO DE ACCESO**

Este elemento es muy importante, pues su eficiencia repercute directamente en la funcionalidad de todo el sistema. Si éste no es eficiente, el pasajero tardará mucho tiempo a la llegada y salida del aeropuerto. Todo aeropuerto debe de estar conectado a una o más ciudades, por lo que se hacen estudios de demanda para definir el camino de acceso. Se identifican 3 secciones para su estudio:

- Del aeropuerto al entronque
- Del entronque a la ciudad
- De la entrada de la ciudad a zona de preferencias

El último tramo, de la entrada de la ciudad a las zonas de preferencia se refiere al área donde se localiza el sector de la población que más utiliza el avión.

Los medios de llegada al aeropuerto son:

- automóvil
  - particular
  - rentado
  - taxi
- autobús
- tren metropolitano (metro)
- ferrocarril o tren

Se analiza cuál o cuales de estos medios serán utilizados para dotar de servicios e infraestructura a los mismos.

## 1.1.E ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION DE COMBUSTIBLES

Es el sistema que se encarga de suministrar a las aeronaves de combustible. Se debe de cuidar que el suministro se realice con calidad, regularidad y seguridad. Básicamente hay 2 tipos de combustibles:

- Keroseno.- Utilizado por aviones de turbinas, en los grandes aeropuertos es el combustible mas utilizado.

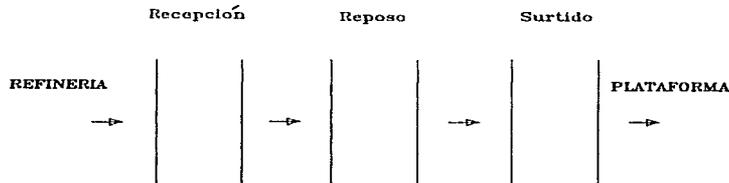
- Gasolinas. Utilizado por aviones privados.

### ALMACENAMIENTO

El abastecimiento desde la refinería puede hacerse por medio de oleoductos, camiones cisterna, ferrocarril o barco.

Los combustibles deben estar "limpios" de objetos o partículas extrañas que puedan dañar o impidan el funcionamiento de los motores; por lo tanto, para asegurar su calidad, es necesario que en el almacenamiento se sedimenten estas posibles partículas. Las gasolinas no requieren de reposo porque son difíciles de contaminar, por lo tanto se puede abastecer directamente. En el caso del keroseno, se debe realizar un proceso de sedimentación por medio de tanques de la siguiente manera:

Figura I.32



LA FUNCION DE LOS TANQUES SE INTERCAMBIAN

El tiempo de reposo está en función de la altura del tanque. Para determinar la dimensión de los tanques es necesario tomar en cuenta lo siguiente:

- tiempo de reserva
- tiempo de abastecimiento de emergencia
- tiempo de reposo

### SUMINISTRO

El tipo de plataforma nos marca la configuración de suministro.

Para plataformas abiertas se requiere de camiones cisterna, lo que implica mayores riesgos y costos, pero menos instalaciones.

Para estaciones fijas se tiene mayor seguridad y menor costo, pero se necesita una configuración en función del tipo de avión.

En ambos casos se requiere de filtros medidores, para conocer la cantidad de combustible suministrada.

Hay 2 tipos de suministro: constante y manual. En el constante, dependiendo de la demanda, se conectan 1, 2, 3 o "n" bombas automáticamente. Tiene el inconveniente de que las fugas son difíciles de detectar. En el bombeo manual el controlador acciona 1, 2, 3 o "n" bombas a solicitud del operador en plataforma.

En estas instalaciones es necesario dotar un sistema contra incendios que consta de cañones conectados a los tanques de almacenamiento, y trabaja con una mezcla espuma y agua, o con gases especiales.

## **I.2 ESTUDIOS REQUERIDOS PARA UN AEROPUERTO**

Antes de la construcción de un nuevo aeropuerto es necesario hacer una serie de estudios de diversa índole para poder determinar el sitio, tamaño y otras características de éste. Estos estudios son tan variados que en este punto solo se mencionaran los más importantes tales como los de mecánica de suelos, geohidrológicos, de viento, planeación, etc., y se tratarán de manera general las condiciones y los objetivos de estos estudios.

Los estudios de planeación deben realizarse con todo cuidado, ya que es en esta etapa donde se justifica la construcción de un aeropuerto y la dimensión del mismo.

Lo primero que hay que identificar es el tipo de actividad económica del sitio y sus características para poder satisfacer las necesidades.

- comunidad o actividad turística
- magnitud empresarial (comercial e industrial)
- actividad agropecuaria
- integración (social, política, económica, familiar, étnica)
- combinaciones

Una vez identificadas las actividades se estudian los lugares de destino y origen o recíprocos, además se determinan las rutas y las flotas necesarias que justifiquen la inversión. El aeropuerto debe ser capaz de convertirse en un polo de desarrollo, y a la vez promover a otros más.

En esta etapa de planeación se determina el PLAN MAESTRO que es la forma y tamaño que con los conocimientos actuales se piensa que el aeropuerto tendrá al final del "horizonte de planeación". Es necesario hacer pronósticos, los cuales pueden ser lineales, geométricos, aforos directos, investigación de campo o una combinación de éstos, llegando a los siguientes resultados.

- Número de visitantes, acompañantes etc..
- Número de empleados
- Flota de aviones
- Número de operaciones
- Tipo de transporte terrestre
- Número y tipo de compañías de aviación
- Número de posiciones simultáneas en plataforma

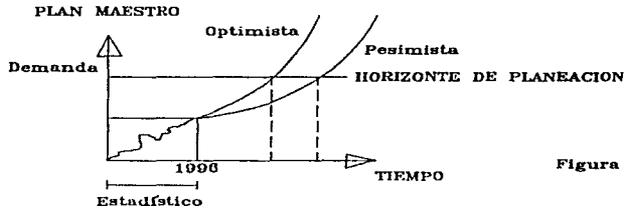


Figura I.33

GRAFICA DE HORIZONTE DE PLANEACION

Es necesario diseñar para una demanda, no para un tiempo determinado, ya que los pronósticos pueden no ser exactos en cuanto al tiempo en el que se alcanzará cierta demanda. El aeropuerto debe ser capaz de adaptar su capacidad en función de la demanda futura a corto, mediano y largo plazo. Las siguientes gráficas muestran diferentes relaciones de capacidad-demanda.

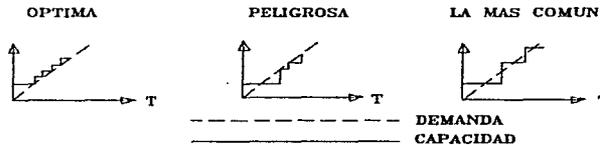


Figura I.34

Con los estudios de planeación se debe lograr que el aeropuerto:

- 1.- Sea adecuado para atender las necesidades de transporte aéreo actuales y futuros.
- 2.- Sea capaz de atraer nuevos beneficios
- 3.- Logre inducir enlaces con algunas comunidades para el transporte de productos que se complementen unos con otros.
- 4.- Esté diseñado y proyectado para una administración u operación sana, facilitando su desarrollo.
- 5.- Esté proyectado y construido de modo tal, que deba permitir una autosuficiencia y en todo caso no representar una carga adicional o excesiva en los usuarios o contribuyentes.

Los estudios para determinar la localización de un aeropuerto implica una serie de análisis donde se evalúan en conjunto las condiciones meteorológicas, el comportamiento del suelo, topografía del terreno, aspectos hidrológicos, ambientales, sociales, etc.

A continuación se tocará cada uno de estos puntos para tener una idea general de la importancia de éstos y como deben de ser conjuntados para una decisión final.

Anteriormente se mencionó que en la localización es importante tomar en cuenta al sector de la población que utilice el aeropuerto para facilitar su acceso.

Estos sitios deben de cumplir con los requerimientos de espacios aéreos, ya que si hay obstáculos naturales o construcciones que impidan la operación de los aviones, se desecha la alternativa.

Los estudios de topografía se realizan a través de la fotogrametría, ya que en esta etapa no se requiere de tanta precisión. Dentro de la misma topografía se debe estudiar el movimiento de tierras para acondicionar el terreno. Lo ideal es que los movimientos de tierra sean mínimos, ya que su costo puede llegar a tener gran influencia en el costo total del aeropuerto.

El estudio de vientos, tratado en el punto de orientación de pistas es fundamental para saber si el sitio cumple las condiciones de tiempo factible de operación, como mínimo se acepta el 95% del tiempo total.

Entre los estudios particulares de cada sitio se encuentran los de pluviometría y los hidrológicos. Si en el lugar hay una gran precipitación y el terreno no tiene un drenaje natural adecuado, se reducirá el tiempo de operación, ya que los aviones no pueden aterrizar en cuerpos de aguas concentradas, pues corren el peligro de patinar y salirse de la pista. Se estudia la capacidad de absorción del suelo.

En cuanto al comportamiento del suelo y las condiciones del terreno, se debe verificar que éste sea capaz de resistir y tener condiciones de servicio adecuadas en los pavimentos de pistas, calles de rodaje y plataformas, además de las cimentaciones en estructuras.

Otro aspecto a considerar son los bancos de material para evitar costos excesivos por acarreo, explotación, tratamiento, etc.

Otros estudios complementarios son los socioeconómicos. Son de gran importancia ya que se debe de verificar que la adquisición de terrenos no afecte a la población o bien se tenga una compensación económica hacia ésta, por lo que debe de minimizarse la población afectada. En algunos casos se requiere un cambio de régimen económico, y hay que estudiar la factibilidad del caso.

El suministro de servicios (energía eléctrica, agua potable, sistemas de comunicaciones, transporte terrestre) amerita gran atención para aprovechar los recursos con los que se cuenta y minimizar gastos por infraestructura en la inversión.

Finalmente hay que estudiar la respuesta de la comunidad. La población en ocasiones se opone por cuestiones de contaminación, principalmente por el ruido que se genera y por el peligro que implica vivir cerca de un aeropuerto por posibles accidentes.

Una vez que se cuenta con todos los estudios, se hace una evaluación de cada sitio para determinar cual es el lugar indicado que cumple con todos los requerimientos y que además sea la alternativa más económica. Esto se logra haciendo un estudio de costo-beneficio.

## **I.3 OBJETIVO DE UNA TORRE DE CONTROL**

Hoy en día, en todo el mundo se realizan un sinnúmero de vuelos de todo tipo (comerciales, militares, particulares, de instrucción etc...). El cielo está lleno de aviones cuyas velocidades oscilan entre 320 y 965 km. por hora, en su mayoría. Muchos de ellos, que vuelan de noche o sobre las nubes, nunca avistan la tierra desde el despegue hasta el aterrizaje. Sin embargo, salvo por mal tiempo o por falla mecánica, todos llegan puntuales. En las cabinas, la navegación está a cargo de una batería de instrumentos precisos y atentos que casi han eliminado lo que en antaño fue el obstáculo más grande para la aviación a larga distancia.

Los aviones de línea vuelan de una ciudad a otra por rutas claramente definidas, numeradas y con señales de dirección, límites de dirección, límites de velocidad y patrullas de tráfico. Las rutas, invisibles para los pasajeros, están marcadas por señales entrelazadas de radio que emiten sin cesar las transmisoras de tierra en todo el trayecto. Los receptores del avión captan estas señales e indican el punto, la dirección y distancia de la estación. Verificándolas con un mapa de rutas aéreas, el piloto puede fijar su posición exacta con más facilidades y exactitud que un automovilista al leer una señal de carretera.

Pero este es sólo el sistema fundamental de navegación, que se complementa con un conjunto de mecanismos en el puesto de pilotaje: indicadores de dirección, altura y velocidad: ocho radios; luces que centellan automáticamente para indicar que el avión pasa sobre un faro, y un radar aéreo para descubrir tormentas y eludirlas.

El primer intento por regular y controlar el tráfico aéreo fue efectuado por la Comisión Internacional de Aeronavegación (ICAN) por sus siglas en inglés. Los procedimientos que dicha comisión promulgó en julio de 1922, fueron adoptados únicamente por 12 países.

Más adelante en la ciudad de Chicago se hace un convenio de transporte aéreo internacional donde se determinan los derechos y obligaciones de los estados que pretenden hacer operaciones de transporte aéreo y se invita a todos los países a participar. Es un documento meramente diplomático y jurídico, por lo que son creados anexos de carácter técnico al convenio. La OACI (Organización de Aviación Civil Internacional) creada en 1952 es la encargada de vigilar que los países afiliados cumplan con los convenios y anexos, pero hay la flexibilidad de permitir a los países tener sus propias especificaciones.

El control de tráfico aéreo está dividido en centros de control, localizados en determinados puntos en todo el mundo. Estos puntos son llamados Centros de Control, teniendo estos un radio de cobertura. Todo el espacio está dividido de esta manera. Por ejemplo, el centro de control de México absorbe:

- Acapulco
- Zihuatanejo
- Tampico
- Veracruz
- Querétaro, etc.

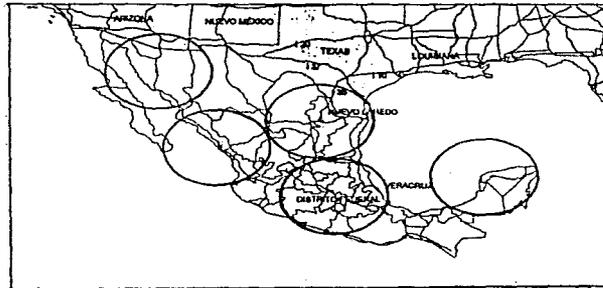
Otros centros de control en el país:

- Mérida
- Mazatlán
- Monterrey
- Hermosillo

Cabe señalar que hay centros de control que abarcan a varios países.

La siguiente figura es un ejemplo de como el espacio aéreo se encuentra dividido en centros de control. Los radios que se presentan en dicha figura son esquemáticos, por lo que se pueden presentar ciertas variaciones con los radios de cobertura verdaderos.

Figura 1.35



El Centro de Control se divide en:

- Control terrestre
- Torre de control
- Control de aproximación
- Control de área.

### CONTROL TERRESTRE

Es el encargado de controlar los movimientos en plataforma y calles de rodaje de todos los vehículos (aeronaves, camiones cisterna, tractores, bomberos y demás vehículos terrestres).

### TORRE DE CONTROL

Autoriza despegues y aterrizajes en el aeropuerto. Al entrar a la pista los aviones cambian de frecuencia a este control.

### CONTROL DE APROXIMACION

Orienta al piloto en su ascenso y ruta definida. Aquí las naves se encuentran cerca del aeropuerto y se verifica que se lleve la ruta, tanto en el ascenso como si la nave se aproxima al aeropuerto.

## CONTROL DE AREA

Verifica que el piloto vaya ascendiendo y llevando la ruta que le fue autorizada.

Una vez que la aeronave se aproxima a su destino, se invierte el orden del proceso descrito.

Como se dijo anteriormente, un Centro de Control puede abarcar varios aeropuertos, lo que implica también varios controles de área, de aproximación, terrestres y torres de control. Estos centros no necesariamente se encuentran en la torre de control, inclusive, algunos de ellos se localizan fuera de los aeropuertos.

Dado que este trabajo trata del cálculo estructural de la torre de control de un aeropuerto, a continuación se describen las características de estas estructuras, así como sus requerimientos y necesidades.

Ya se ha dicho que la torre de control autoriza despegues y aterrizajes en el aeropuerto, lo que implica que ésta debe de tener una comunicación tanto visual como por instrumentos y equipos electrónicos en las fases más críticas de las operaciones de las aeronaves. Aparte de los despegues y aterrizajes también se necesita una visibilidad adecuada en aproximaciones previas al aterrizaje, ascensos inmediatamente después a los despegues, entradas y salidas de las pistas, movimientos entre las pistas y las plataformas y estacionamiento en hangares. La torre debe tener una clara visión, libre de obstáculos que interfieran con la visibilidad dentro del área que le compete. En algunos aeropuertos si la configuración de la zona aeronáutica es muy complicada, es necesario contar con una torre auxiliar para control terrestre y/o asignación de posiciones en plataforma, este es el caso del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México que tiene una torre de control terrestre independiente de la torre principal.

Para que la torre de control cumpla con su objetivo, es necesario que tenga una altura suficiente para visualizar la zona aeronáutica terrestre y el espacio aéreo que rodea al aeropuerto. La altura de la torre debe cumplir con las especificaciones de espacios aéreos para que no sea un obstáculo en las maniobras de las aeronaves.

También se requiere de un espacio que permita las operaciones del personal del control de tránsito, y lugar disponible para albergar a los aparatos, sistemas y componentes electrónicos. En general, en la parte superior de la torre se encuentra un faro giratorio y antenas, por lo que es necesario instalar una estructura que soporte sus cargas, además es conveniente tener una grúa que facilite el transporte y colocación de equipo pesado.

Es necesario dotar a la torre de los servicios de:

- agua potable
- instalaciones sanitarias
- energía eléctrica
- comunicaciones
- acceso terrestre, etc.

Cabe destacar que la torre de control es un elemento vital en la operación de un aeropuerto. Si ésta deja de funcionar, será indispensable cerrar las operaciones de dicho aeropuerto, por lo que a todos los puntos anteriores se les debe de dar un cuidado muy especial para que la torre siempre sea capaz de dar un servicio cien por ciento seguro. Bajo este mismo criterio, estas instalaciones deben contar con un absoluto control de seguridad que evite cualquier posible complot o atentado terrorista que pudiese dañar tanto a los sistemas como al personal encargado de los mismos.

***CAPITULO II:***

***CARACTERISTICAS DE LA  
TORRE DE CONTROL***

## INTRODUCCION AL CAPITULO

En vista de que el objetivo principal de esta tesis es realizar el cálculo estructural de la torre de control, no se pretende referir a un aeropuerto de características muy complejas, sino que, por el contrario, se supondrán condiciones que simplifiquen y acorten dicho trabajo. Para disponer de datos que nos lleven a tal fin, haremos varios supuestos y definiciones.

La necesidad del país de contar con una infraestructura suficiente para satisfacer las necesidades de transporte de la población, ha llevado al Gobierno de la República a dictar acciones para que los diferentes organismos encargados de la infraestructura de transporte desarrollen planes y proyectos ejecutivos que lleven al cumplimiento de dicho objetivo.

Cierta población costera con importante actividad turística necesita actualizar su infraestructura para transporte aéreo, por lo que se determina construir un nuevo aeropuerto que atienda la demanda generada por los visitantes que viajan al lugar con fines de recreo. Además pretende facilitar la integración de la población residente, con puntos de mayor actividad industrial, producción agrícola y desarrollo cultural.

Todos los estudios de ingeniería básica necesarios para proyectar el nuevo aeropuerto son realizados por diversas empresas de consultoría especializadas en ramas como: Planeación, Hidrología, Mecánica de Suelos, Impacto Ambiental, Fotogrametría, Estudios Atmosféricos y Meteorológicos, etc.

Finalmente después de procesar y analizar toda la información se procede a definir el tamaño, sitio del aeropuerto, configuración de pistas, calles de rodaje y plataformas; ubicación y tamaño del edificio de pasajeros, y el resto de las instalaciones y subsistemas que implica el proyecto.

A continuación se hace un resumen de las características del proyecto, basadas en los resultados que se generan por los estudios mencionados.

## CARACTERISTICAS DEL AEROPUERTO

Una vez que se detectan los lugares de posible origen y destino, y que se calculan tanto la demanda de servicio que se tendrá en el horizonte de planeación, como el número de operaciones anuales y flota de aviones se tiene que:

- El aeropuerto deberá servir a 250,000 usuarios al año.
- La flota de aviones que operen en el aeropuerto estará compuesta por aeronaves pequeñas (particulares y taxi aéreo), aviones de tamaño mediano con capacidades entre 100 y 150 pasajeros (MD -11, Boeing 727, 737) y aviones de turbohélice con capacidad entre 20 y 40 pasajeros.

Conocida la demanda y la flota de aeronaves que harán uso de las instalaciones se procede a definir lo siguiente:

### NUMERO DE PISTAS

Se determina que una sola pista será suficiente para atender la demanda de aterrizajes y despegues.

### LONGITUD DE LA PISTA

Para conocer la longitud de la pista, se analiza por medio de los manuales de la aeronave, el recorrido de despegue de los aviones más grandes que operarán en el aeropuerto. En dicho análisis se considera lo siguiente:

- a) Condiciones atmosféricas del lugar (nivel del mar)
- b) Temperaturas máximas y mínimas de la región
- c) Diferentes porcentajes de humedad en el ambiente
- d) Ocupación total de pasajeros en la aeronave con combustible para un alcance de 900 km. y combustible de reserva.

Una vez que se evalúan los resultados; se concluye que el avión más desfavorable, despegando en las condiciones atmosféricas más críticas, requiere de una pista de 2,875 m.

La longitud final de la pista se cierra a 3,000 m, incluyendo en esta longitud a los umbrales y tendrá un ancho de 45 m. Dado que la pista será utilizada por aviones más ligeros que requieren de menor longitud en sus aterrizajes que el de diseño, se instalarán 2 salidas para evitar recorridos innecesarios y ayudar a despejar rápidamente la pista. Se determina que dichas salidas sean colocadas a los 1000 y 2000 metros respectivamente del punto en el que hacen contacto con la pista las aeronaves de proyecto. El ángulo de estas salidas se fija en 45° a partir del eje de la pista.

### EDIFICIO DE PASAJEROS

El edificio de pasajeros y carga será de un solo nivel, lo que implica que no habrá vínculo con la plataforma. Por otro lado, será necesario contar con escaleras móviles y autobuses para transporte de pasajeros entre los lugares más alejados de la plataforma y el edificio.

Se determina el número de usuarios y visitantes, así como el total de empleados que se concentrarán en un momento dado en el edificio. Se estima que para ofrecer un buen servicio se requiere un área de 7,500 m<sup>2</sup> que contemplan áreas para:

- recepción y documentación
- oficinas
- salas de espera
- sanitarios y teléfonos
- concesiones de espacios para: restaurantes, cafés, tiendas de revistas y regalos, etc.

### PLATAFORMAS

La plataforma será abierta y las aeronaves de las líneas aéreas que operarán en el aeropuerto se estacionarán en paralelo al edificio. El área de plataforma será utilizado por el, o los aviones que en ese momento se encuentren en el aeropuerto. No habrá un área definida para cada aerolínea. Se tendrá un lugar especial para mantenimiento de aviones. Este espacio será suficiente para cualquier eventualidad que se presente, aunque se prevé que el mantenimiento efectuado en el aeropuerto sea menor.

La aviación general (aviones privados y de taxi aéreo) contará con un área de plataforma propia para evitar interferir con las operaciones de las aerolíneas y contará con un edificio propio para atender sus necesidades. Este edificio también albergará a la oficina de despachos de planes de vuelo para estas aeronaves.

#### SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE

El suministro de combustible de la refinería al aeropuerto será por medio de pipas, mientras que el suministro de almacenamiento a la plataforma será por medio de camiones cisterna. El suministro será de forma manual. Por otra parte, se decide ubicar las instalaciones y equipo de bomberos cerca del almacenamiento de combustible, aunque hay que aclarar que el área de tanques de combustible tiene su propio sistema contra incendios que consiste en cañones que trabajan con una mezcla de espuma y agua.

#### LOCALIZACION DEL AEROPUERTO

El aeropuerto será construido a 20 km del centro de la comunidad, con una altitud de 35 msnm. La localización del aeropuerto se hace una vez que se evalúan varios sitios posibles. La alternativa seleccionada se elige porque debe cumplir con las siguientes condiciones:

- Espacios aéreos. El terreno que circunda al lugar elegido, es una planicie; por lo que al hacer el análisis de espacios aéreos no se encuentra objeto alguno que obstaculice las maniobras de los aviones.

- Características de vientos reinantes. El estudio de vientos indica, que no es necesario construir una segunda pista para satisfacer la condición de vientos cruzados. Así mismo, se determina que la orientación más favorable de pista coincide con el Norte, por lo que la pista tendrá esta orientación.

- Pluviometría. Los estudios hidrológicos del lugar indican que el suelo tiene aceptable capacidad de absorción, y la topografía del terreno facilita el drenaje natural. El sitio es adecuado para evitar concentraciones de agua.

- Topografía. Los estudios de fotogrametría demuestran que la topografía es favorable para tener bajo volumen de movimiento de tierras.

- Material. El material del suelo es de tipo rocoso con gran contenido de arenas y finos.

- Aspectos sociales. La construcción del aeropuerto no afectará a la población puesto que el terreno está desierto y pertenece al Municipio. Para comunicar al nuevo aeropuerto, será necesario construir un camino de acceso al sitio. Este camino tendrá enlace directo con la zona hotelera de la ciudad.

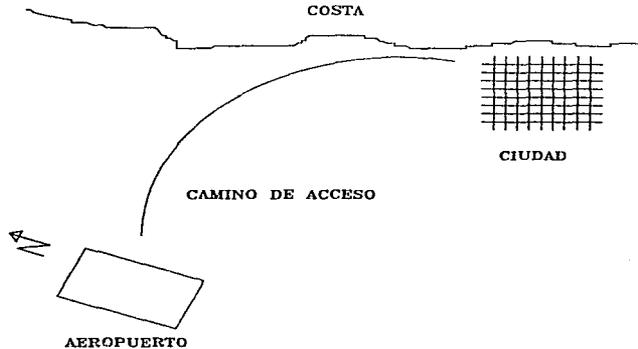


Figura II.1

- Impacto ambiental. Se prevé un bajo impacto en el medio ambiente debido a que:

No hay asentamientos de la población en las inmediaciones del terreno, lo que evitará que ésta se queje del ruido generado por los motores de los aviones.

Se ha diseñado un programa durante la construcción, para afectar mínimamente a la flora y fauna del sitio. Una vez en operación el aeropuerto, se llevarán a cabo acciones que preserven las áreas verdes para ofrecer un panorama estéticamente agradable a los usuarios.

El área total del aeropuerto es de 480 ha. definiendo una superficie rectangular de 1,200 m de ancho por 4,000 m de largo. El siguiente esquema presenta la configuración general del aeropuerto.

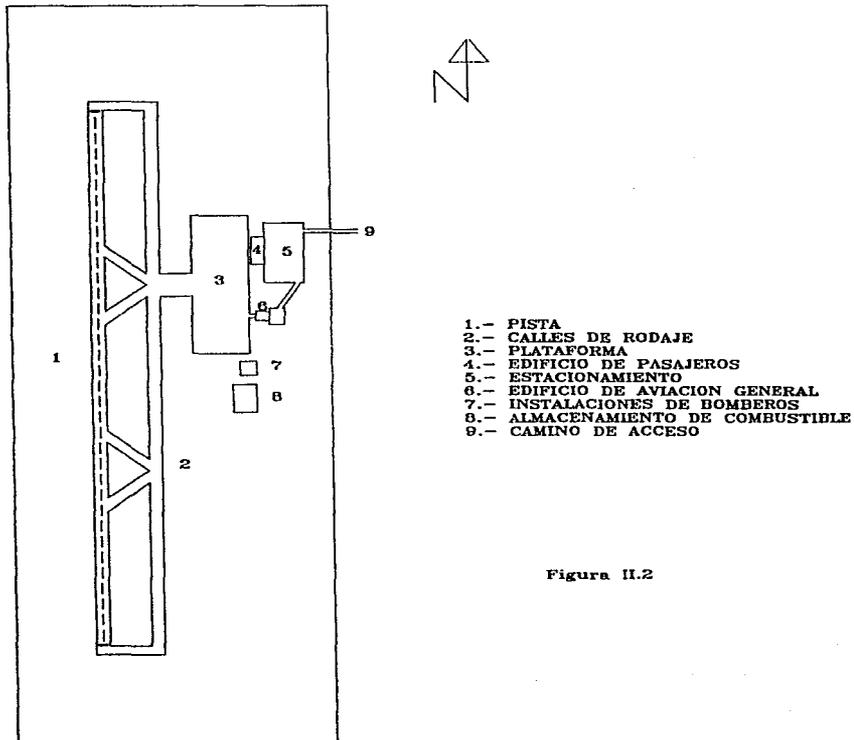


Figura II.2

## II.1 LOCALIZACION EN EL AEROPUERTO

La localización de la Torre de Control en el aeropuerto, depende de las características de éste. Su ubicación debe ser tal, que no sea un obstáculo para las aeronaves y vehículos terrestres en sus maniobras. Una vez que se conoce la configuración del aeropuerto (pistas, calles de rodaje, plataforma, edificio(s) y demás instalaciones) se hace un análisis para determinar el punto más conveniente de ubicación. El análisis consiste en verificar que se cumpla con:

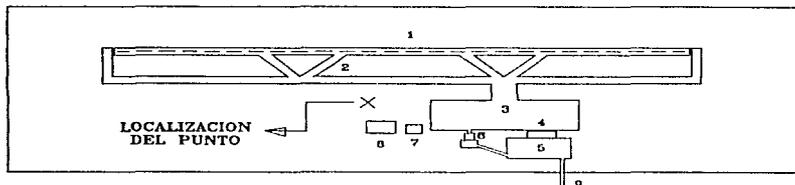
- Las especificaciones de espacios aéreos. Estas evitan riesgos para las aeronaves en aterrizajes o despegues.

- Excelente visibilidad. Como se mencionó en el capítulo anterior, la visibilidad debe ser totalmente clara, por lo que debe estar en un punto donde estructuras como edificios, hangares y otras instalaciones no interfieran con el campo de visión de la pista, y el resto del área aeronáutica.

- Suelo adecuado. El suelo donde se asiente la torre debe ser de la mejor calidad posible (desde el punto de vista de mecánica de suelos). El diseño de la estructura se hace bajo las restricciones de seguridad y de servicio que marcan los códigos, en este caso. El sitio se somete a exploraciones y muestreos del material para posteriormente realizar las pruebas correspondientes en laboratorio.

Para la configuración del aeropuerto en estudio, es claro que si la torre se coloca a un costado de la pista, en lado contrario de donde se encuentran el edificio de pasajeros y la plataforma, ésta no entorpecerá las maniobras y operaciones. La visibilidad hacia la pista, plataforma y calles de rodaje será óptima al tener de frente toda la zona aeronáutica terrestre. Por otro lado, al estar aislada la estructura, será necesario construir un camino adicional, lo que resulta en aumentar el costo de la obra.

Si ahora se toma un punto cercano al área con infraestructura, pero lo suficientemente alejado del área de maniobras para no interferir con éstas.



- 1.- PISTA
- 2.- CALLES DE RODAJE
- 3.- PLATAFORMA
- 4.- EDIFICIO DE PASAJEROS
- 5.- ESTACIONAMIENTO
- 6.- EDIFICIO DE AVIACION GENERAL
- 7.- INSTALACIONES DE BOMBEROS
- 8.- ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE
- 9.- CAMINO DE ACCESO

Figura II.3

La visibilidad para la pista, plataforma y calles de rodaje es adecuada.

Las restricciones de espacios aéreos limitan la altura de la torre, concretamente, la superficie horizontal interna del aeropuerto tiene un radio de 2,000 m. que parte del centro de la pista, con una altura de 45 m. Datos marcados por el estudio de espacios aéreos con base en el anexo 14 de la OACI. En la determinación de la altura de la estructura, se debe cuidar que no se exceda este límite.

La calidad del suelo es uniforme en la mayor parte del terreno, por lo que este punto no ofrece ninguna ventaja o desventaja en el comportamiento de la estructura con respecto a otros puntos posibles.

Finalmente, al estar prácticamente centrada la torre con la pista, se tiene una visibilidad similar para ambos umbrales de la pista.

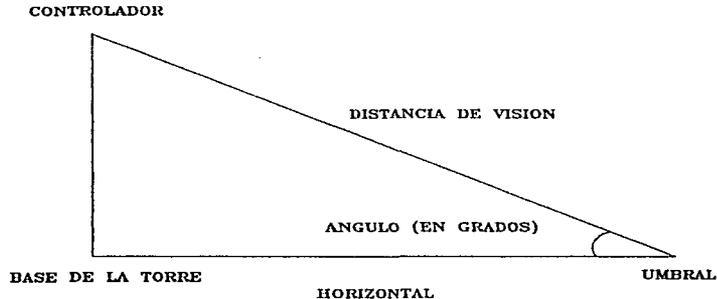
Por lo anterior, el punto es aceptado para ubicar a la torre de control de este trabajo.

## II.2 ALTURA

La altura de visión de un observador (controlador) en la torre, determina la cobertura que tenga sobre el campo. Mientras mayor sea la altura, la cobertura sobre puntos lejanos será mejor, perdiéndose sobre puntos cercanos. Por el contrario, con alturas menores se mejorará la zona cercana cubierta, pero se reducirá la visibilidad a zonas alejadas. Ante esta disyuntiva y considerando que el control en zonas próximas, concretamente plataformas, es de menor importancia, se prefiere determinar la altura respecto a zonas de mayor riesgo como son las zonas de aproximación y ascenso, pistas y calles de rodaje. En base a la configuración del aeropuerto tratado, los umbrales de la pista son los puntos terrestres más alejados de la torre por lo que se les considera como críticos.

En este sentido, la altura de visión del controlador, dependerá geoméricamente del ángulo subtendido por la distancia de visión entre el controlador y el umbral, y la horizontal comprendida desde la base de la estructura hasta el umbral.

Figura II.4



No existen especificaciones formales respecto a este ángulo ya que influyen principalmente las siguientes variables:

- Distancia entre el umbral y la torre.
- Tipo de pavimento (flexible o rígido) .- ya que el color genera diferentes corrientes térmicas que distorsionan la visión.
- La temperatura ambiental
- Humedad
- Pendiente de la pista
- Contraste con color y forma del fondo
- Tamaño y forma de los aviones
- Limpieza y color de los cristales, etc.

Sin embargo, por la experiencia de proyectistas de este tipo de estructuras, es posible mencionar que entre 0.5 y 1.0 grados se pueden tener líneas de visión satisfactorias.

Para este trabajo se fija el ángulo en 1.0°. Se considera al controlador sentado y el punto de referencia en los umbrales, a la intersección entre el eje de la pista y la calle de rodaje de entrada.

La pista del aeropuerto presenta una pendiente de 0.166%.  
Teniendo como cotas de terreno:

Umbral 36 = 32 msnm

Umbral 18 = 37 msnm

La cota de terreno del punto de desplante = 35.2 msnm

Para calcular la altura de proyecto es necesario conocer la distancia entre la estructura y los umbrales. Teniendo como datos:

Distancia normal entre el eje de la pista y el punto donde se desplantara la estructura = 275 m.

Distancia longitudinal entre el umbral 36 y el punto = 1320 m.

Distancia longitudinal entre el umbral 18 y el punto = 1680 m.

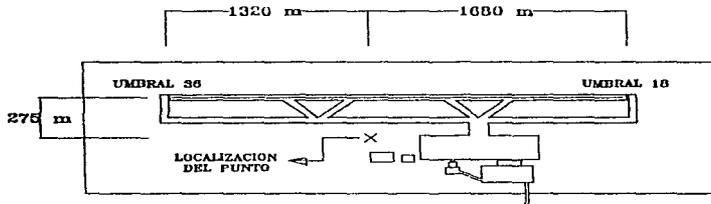


Figura II.5

#### DISTANCIA ENTRE UMBRALES Y TORRE

Para el umbral 36:

$$D(U-36) = [(1320)^2 + (275)^2]^{(1/2)} = 1348.341$$

$$D(U-36) = 1348.34 \text{ metros}$$

Para el umbral 18:

$$D(U-18) = [(1680)^2 + (275)^2]^{(1/2)} = 1702.358$$

$$D(U-18) = 1702.36 \text{ metros}$$

## DETERMINACION DE LA ALTURA

Análisis para el Umbral 36:

Altura respecto a la cota del Umbral con ángulo de  $1.0^\circ$

$$\tan 1^\circ = 0.01745$$

$$\text{Distancia (D-36)} = 1348.34 \text{ m}$$

$$h = (1348.34 \text{ m}) (0.01745) = 23.528 \text{ m}$$

Altura sobre el terreno

$$\text{Cota del Umbral} = 32 \text{ m}$$

$$\text{Cota de la base de la torre} = 35.2 \text{ m}$$

$$h = 32 + 23.528 - 35.2 = 20.328$$

$$h \text{ requerida para el umbral 36} = 20.33 \text{ metros}$$

Análisis para el Umbral 18:

Altura respecto a la cota del Umbral con ángulo de  $1.0^\circ$

$$\tan 1^\circ = 0.01745$$

$$\text{Distancia (D-18)} = 1702.36 \text{ m}$$

$$h = (1702.36 \text{ m}) (0.01745) = 29.706 \text{ m}$$

Altura sobre el terreno

$$\text{Cota del Umbral} = 37 \text{ m}$$

$$\text{Cota de la base de la torre} = 35.2 \text{ m}$$

$$h = 37 + 29.71 - 35.2 = 31.51$$

h requerida para el umbral 18 = 31.51 metros

La altura crítica es la requerida por el Umbral 18.

Se concluye que la altura de proyecto = 32 metros. Esta altura parte del nivel del terreno hasta la altura de los ojos del observador (controlador de tráfico aéreo).

## II.3 GEOMETRIA

La geometría de las plantas de la torre, está en función de la forma y tamaño de los espacios requeridos, tanto por el personal que labora en el control del tráfico aéreo, como por los equipos e instalaciones utilizados para ello.

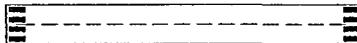
Los controladores tienen una zona de trabajo dentro de la torre que es la cabina, parte medular de la estructura. La planta de ésta debe tener una visibilidad preferente a:

- Umbrales
- Zonas de aproximación
- Pista
- Red de calles de rodaje.

No hay una forma única en la geometría de la cabina; puede ser circular o poligonal regular. Por razones constructivas, particularmente la forma de los cristales y la estructura de soporte de la techumbre, es preferible un polígono.

De acuerdo a estudios de diferentes formas, principalmente el hexágono y el pentágono, se ha encontrado que este último requiere de menos estructura y al mismo tiempo da una mejor visibilidad a los umbrales. La planta se orienta de tal manera que uno de los lados quede paralelo a la pista y el vértice opuesto próximo a ella.

Figura II.6



Los servicios que se generan en la torre de control de los aeropuertos de este tipo, requieren cuando menos 2 posiciones de controlador, cada uno contando con un ayudante. Adicionalmente se supone la necesidad de un supervisor.

Por el perímetro desarrollado por el pentágono y tomando en cuenta el ancho de las consolas y el área de movimiento de los controladores, superficies totales entre 40 y 50 m<sup>2</sup>, permiten generar una zona de trabajo adecuada.

Tomando en consideración que la cabina de la torre es de las pocas instalaciones en el aeropuerto que dificulta en extremo su crecimiento físico, se determina una superficie de 50.0 m<sup>2</sup> de área total de trabajo, incluyendo las consolas.

Además de la forma y superficie de la planta, se hace un análisis del montaje y mantenimiento de equipos, instalaciones y estructuras.

Generalmente los equipos integrados a las mesas o consolas, son altamente confiables; su probabilidad de falla es muy baja y su reparación puede ser sólo la reposición de tabletas de circuitos integrados. Otros sistemas a considerar son los siguientes:

- Alimentación eléctrica
- Enlaces electrónicos
- Equipos compactos de aire acondicionado

El mantenimiento de las instalaciones consiste en el aseo de los interiores de la cabina, reposición de cristales y conservación de los exteriores, ya que estos últimos se encuentran expuestos a la corrosión, ocasionada por la cercanía con el mar.

Así, se tiene que el personal de mantenimiento (electrónico, eléctrico, y de instalaciones), no únicamente atiende a los equipos de las consolas, por lo cual su presencia es frecuente.

A fin de evitar que este personal durante su trabajo, interfiera con el de los controladores, se considera conveniente integrar un pasillo interior adicional, que permita realizar las actividades enunciadas, sin obstaculizar ni la zona de trabajo ni la visibilidad de los controladores.

Adicionalmente, se considera un pasillo exterior que permita la limpieza exterior de vidrios, así como facilitar el acceso exterior a la azotea en el montaje y mantenimiento de equipos exteriores.

Para la ubicación del controlador, se considera a éste sentado, estimándose por antropometría que se tenga la visión a 1.25 m de altura y a 1.0 m del extremo contrario de la consola. Se hacen suposiciones racionales sobre la geometría de las consolas y espacio para muebles.

La plataforma de la zona de trabajo se encuentra a una cota superior al nivel estructural de la planta de la cabina, con la finalidad de permitir el acomodo de ductos y conexiones.

El nivel del pasillo interior coincide con el nivel estructural, de modo que la zona de trabajo se encuentre aislada para cumplir con el objetivo de no entorpecer la labor de los controladores. El desnivel entre la cabina y el pasillo ayuda también a no restringir la visibilidad.

La altura libre entre la plataforma y el techo de la cabina se fija en 3.3 m, para ofrecer un espacio adecuado de trabajo. El techo de la cabina consiste en un falso plafón que incluye una pistola de luces. El espacio asignado entre el falso plafón y la parte superior de la techumbre es de 0.6 m. para permitir alojar: la estructura, ductos de aire acondicionado, cables y lamparas.

Con el objetivo de mejorar el ángulo negativo de visión, la altura del muro exterior de la cabina será limitada, con el fin de que la línea de visión del controlador sea regida por las consolas.

Los cristales se instalarán con cierto ángulo hacia afuera con el propósito de evitar que la iluminación propia de la torre produzca reflejos hacia los controladores, durante las horas nocturnas. En las horas de sol, se reduce la incidencia de luz al generar una mayor superficie en la techumbre.

A mayor ángulo de los cristales se obtienen mejores resultados, sin embargo, mientras mayor sea éste, la estructura de soporte de la techumbre se hace mas robusta por los momentos generados en los nudos, ya que se parte del principio, de no tener soportes verticales que obstaculicen el área de trabajo.

El acceso a la cabina será por medio de una escalera de sección cuadrada de 1.60 m. de lado. Se determina esta forma, para no ocupar gran espacio dentro de la cabina. El acceso a dicha escalera será de un nivel inmediato inferior, al cual llegará el ascensor desde la planta de acceso a la torre.

Finalmente, el pasillo exterior estará al mismo nivel que el interior, y contará con un barandal de protección.

Teniendo para un pentágono las expresiones siguientes:

$$\text{Perímetro (P)} = (n)(l)$$

$$A = (P)(a)/2 = 1.720477(l^2)$$

donde:

l = lado

a = apotema

n = número de lados

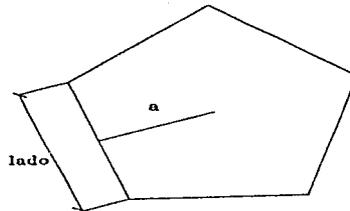


Figura II.7

Para  $A = 50 \text{ m}^2$

$$A = (1.720477)(l^2)$$

$$l = [(A)(1.720477)]^{1/2}$$

sustituyendo se tiene que:

$$l = [(50)(1.720477)]^{1/2} = 5.39089 \text{ m}$$

$$P = (5)(l) = (5)(5.39089) = 26.9544 \text{ m}$$

de  $A = (P)(a)/2$

$$a = (2)(A)/P = (2)(50)/26.9544 = 3.7099$$

Para el pasillo interior se propone:

$$a = 3.7099 + 1.5 = 5.2099 \text{ m}$$

$$A = 3.6327 a^2 = (3.6327)(5.2099)^2 = 98.6025 \text{ m}^2$$

Considerando un muro de 0.10 m:

$$a = 5.2099 + 0.10 = 5.3099 \text{ m}$$

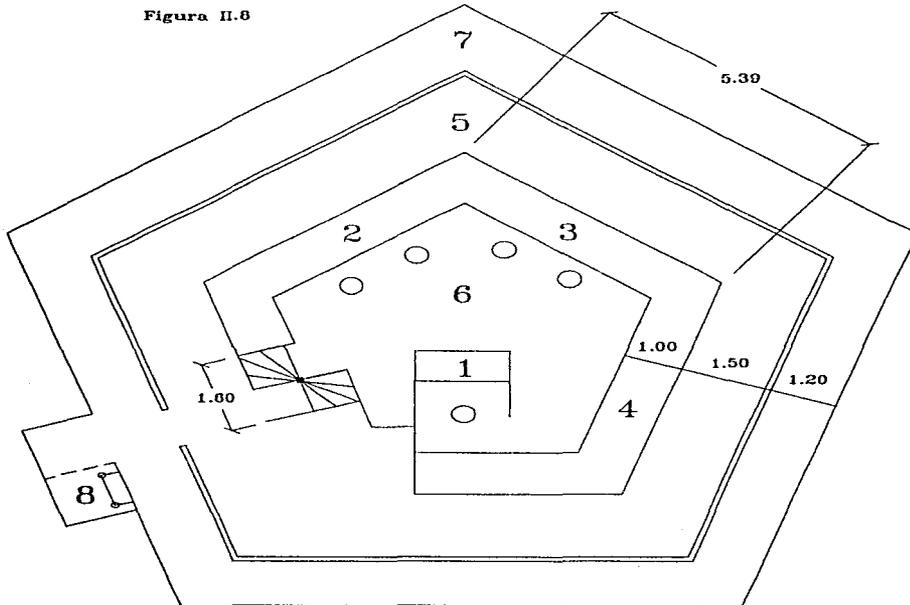
$$A = 3.6327 a^2 = (3.6327)(5.3099)^2 = 102.424 \text{ m}^2$$

Para el pasillo exterior se tiene:

$$a = 5.3099 + 1.2 = 6.5099 \text{ m}$$

$$A = 3.6327 a^2 = (3.6327)(6.5099)^2 = 153.9494 \text{ m}^2$$

Figura II.8



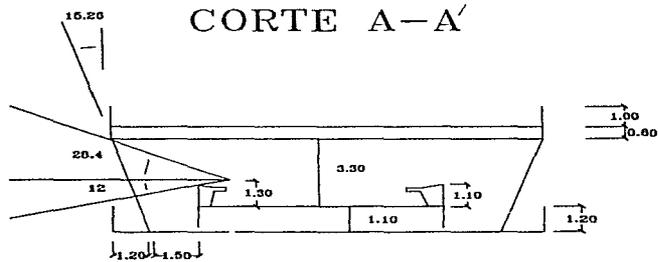
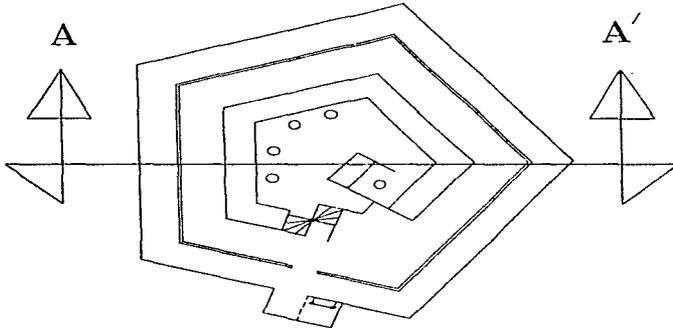
ACOTACIONES EN METROS

ESCALA 1:100

- 1: AREA DEL SUPERVISOR
- 2: CONSOLAS DE CONTROLADOR 1 Y AYUDANTE
- 3: CONSOLAS DE CONTROLADOR 2 Y AYUDANTE
- 4: CONSOLAS COMPLEMENTARIAS
- 5: PASILLO INTERIOR
- 6: AREA DE CONTROLADORES Y AYUDANTES
- 7: PASILLO EXTERIOR
- 8: ESCALERA VERTICAL

## PLANTA DE LA CABINA

Figura II.9



ACOTACIONES EN METROS

ESCALA 1:200

## VISTA EN PERFIL DE LA CABINA

El pasillo exterior tendrá acceso a la azotea de la estructura. Este acceso será por medio de una escalera vertical con protección. En esta parte de la torre se localizan los siguientes elementos:

- Faro giratorio
- Antenas
- Pararrayos
- Pluma desmontable para transporte de equipos

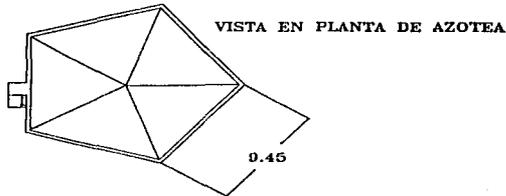


Figura II.10

ESCALA 1:400

ACOTACIONES EN METROS

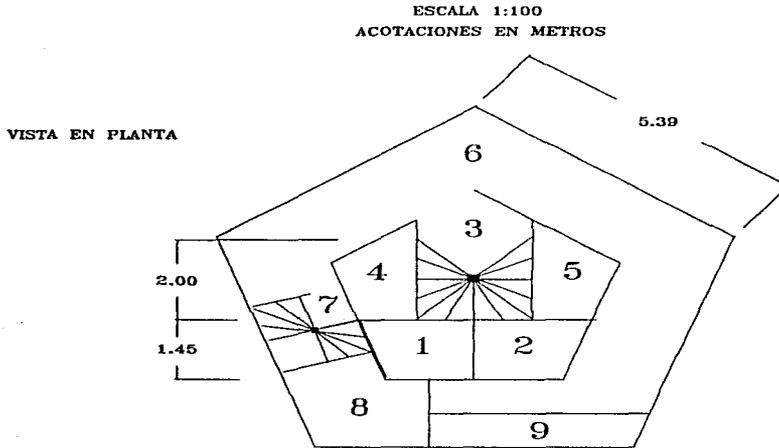
Otros elementos que se instalarán en el exterior son: equipo meteorológico, cable a tierra del pararrayos y luces de obstrucción.

Se determina ubicar una planta a un nivel inmediato inferior a la cabina que se denominará: "sub-cabina". En este espacio se alojarán:

- Sanitarios
- Espacio para equipos
- Utensilios de limpieza
- Accesos al ascensor y al montacargas, necesarios para la circulación vertical de personas y equipos pesados.
- Escaleras de emergencia
- Escalera entre cabina y planta

La sub-cabina debe tener altura suficiente para alojar a los motores y poleas de los ascensores. Una vez hecho el cálculo estructural de la losa se ajustará la altura y se fijará la dimensión final.

La sub-cabina estará empotrada al fuste de la estructura, de modo que se tendrá un pasillo interior que comunicará a las escaleras de emergencia y ascensores, con el resto de las instalaciones de esta planta, y a la escalera de acceso a la cabina.



- 1: MONTACARGAS
- 2: ASCENSOR
- 3: ESCALERAS DE EMERGENCIA
- 4: DUCTO PARA INSTALACIONES 1
- 5: DUCTO PARA INSTALACIONES 2
- 6: PASILLO
- 7: ESCALERA A CABINA
- 8: SANITARIO
- 9: UTILERIA

## SUBCABINA

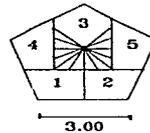
Figura II.11

A partir del nivel del piso de la sub-cabina, se reducirá la sección transversal del fuste de la estructura, conservando su forma pentagonal. Dicha sección será constante, hasta la cota de la losa superior de la planta de acceso a la torre.

El espacio interior de la sección estará ocupado únicamente por las escaleras de emergencia, cubo de ascensores y ductos para instalaciones.

ESCALA 1:200

ACOTACIONES EN METROS



- 1: MONTACARGAS
- 2: ASCENSOR
- 3: ESCALERA DE EMERGENCIA (EL PERALTE DE ESCALON = 23 cm)
- 4: DUCTO PARA INSTALACIONES 1
- 5: DUCTO PARA INSTALACIONES 2

## SECCION TRANSVERSAL DEL FUSTE

Figura II.12

## **CUERPO TECNICO**

El concepto del cuerpo técnico, es crear un elemento que permita ubicar, con mayor espacio y con posibilidad de crecimiento, dependencias y oficinas de apoyo a la propia torre y servicios adicionales del Control de Tráfico Aéreo. Estos espacios contemplan lugar para:

- Oficinas y laboratorios de meteorología, telecomunicaciones, electrónica, eléctrica, ayudas visuales, etc.
- Sala de descanso de los controladores y cafetería.
- Baños y sanitarios.
- Atención a despachos de vuelo.

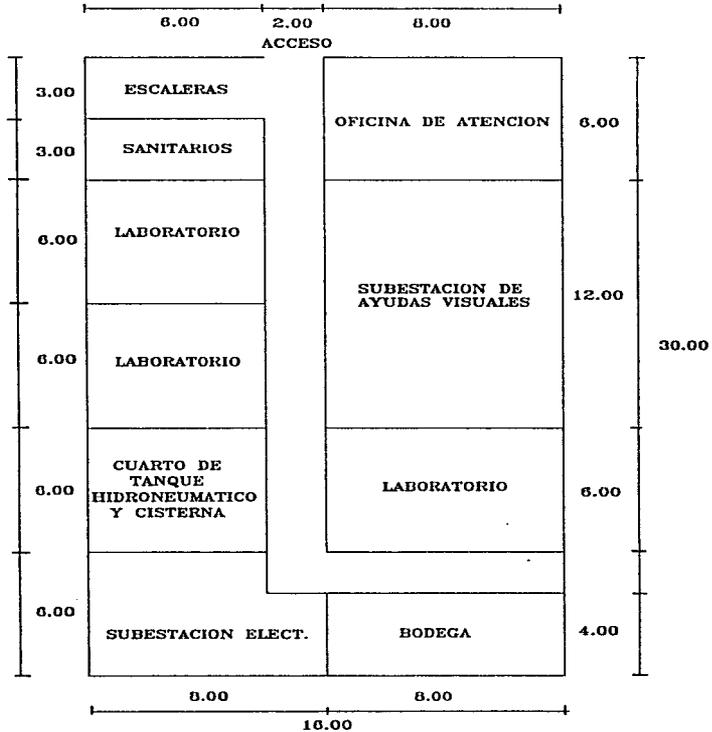
Por otro lado se requiere un cuarto de máquinas que contenga:

- Subestación eléctrica.
- Equipo hidroneumático para baños y sanitarios.
- Cisterna.

Estos espacios no requieren de una altura determinada, por lo que se pueden ubicar a nivel de terreno.

Tomando en cuenta la relación estrecha entre la torre y el cuerpo técnico, éste debe localizarse muy próximo a ella. No se recomienda su integración física por cuestiones estructurales y de posible crecimiento.

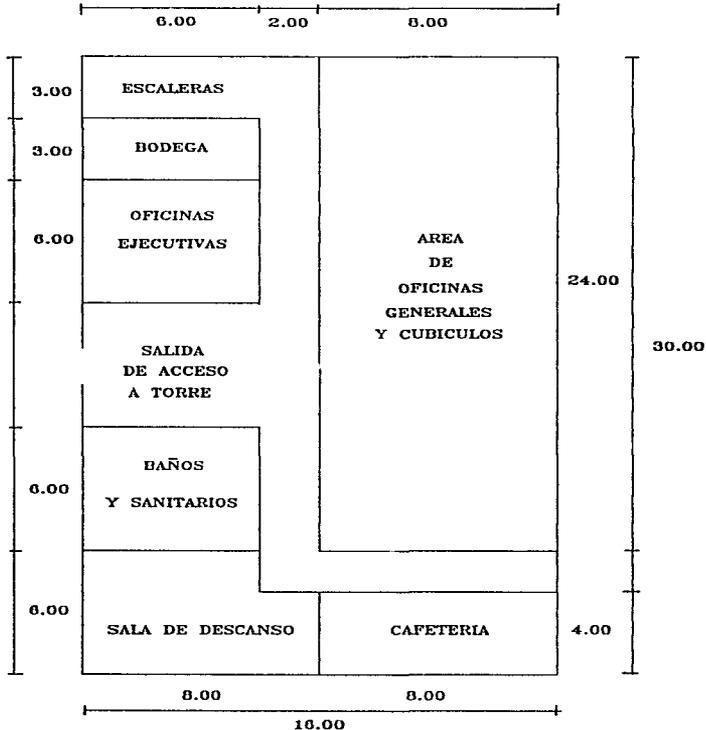
A continuación se presenta una configuración de este tipo de instalaciones, con el propósito de mostrar los criterios que se siguen en la distribución de estas instalaciones.



ESCALA 1:200  
ACOTACIONES EN METROS

Figura II.13

## PLANTA BAJA DEL CUERPO TECNICO



ESCALA 1:200

ACOTACIONES EN METROS

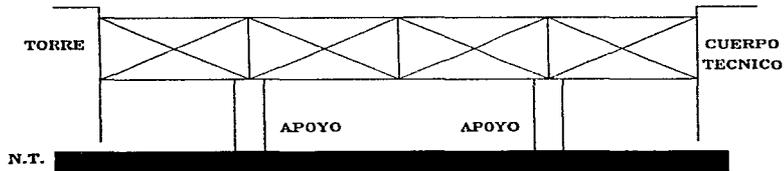
Figura II.14

## PLANTA ALTA DEL CUERPO TECNICO

Proyectos similares a éste, contemplan un puente de comunicación entre ambas instalaciones. La ventaja de éste, es que ofrece un mayor control en el acceso únicamente de personal autorizado.

Con base en este criterio, la planta alta del cuerpo técnico estará unida a la torre por medio de un puente de enlace que servirá como elemento de acceso a la torre.

En las juntas entre ambas estructuras y el puente, se contempla cierta separación, para evitar que en desplazamientos laterales o en el fenómeno de dilatación por temperatura, las estructuras se afecten entre sí. La separación entre estructuras será cubierta por un material flexible, pero que impida contacto con el exterior.



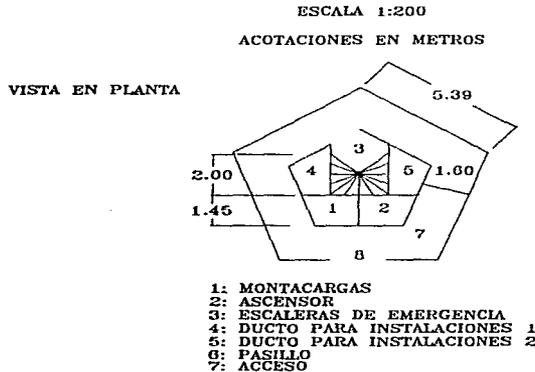
## VISTA EN PERFIL PUENTE DE ACCESO A TORRE

Figura II.15

La planta de acceso a la torre, análogamente a la sub-cabina, estará empotrada al fuste que parte desde la cimentación. Esta planta de acceso, contará con un pasillo perimetral que permita la circulación del personal aeronáutico y de mantenimiento, hacia las escaleras de emergencia, ascensor y montacargas.

Por otro lado, la sección transversal de la planta de acceso, será continua hasta el nivel de terreno. De este modo, dicha sección servirá como basamento de la estructura.

Se contempla una salida de emergencia a nivel de terreno que también servirá de acceso a equipo pesado y de mantenimiento, de modo que no se entorpezcan las actividades dentro del cuerpo técnico.



## PLANTA DE ACCESO

Figura II.16

## II.4 MATERIAL

La selección de los materiales con los que será construida la torre, depende de las ventajas y desventajas que presentan éstos. Generalmente la decisión se hace una vez que se analiza el costo-beneficio de las diferentes alternativas, es decir, los materiales a utilizar deben garantizar un adecuado comportamiento bajo condiciones de seguridad y de servicio, y además, brindar ventajas económicas en su suministro a la obra, construcción y mantenimiento.

En esta parte del capítulo, se hace la selección del material, así como se propone una estructuración de la torre para poder analizar y diseñar los elementos estructurales en el capítulo siguiente.

El material de los acabados será supuesto bajo criterios de economía, ligereza y facilidad de colocación.

Para el material de los elementos estructurales se toma aquel que resulte el más conveniente en su:

- Comportamiento estructural
- Colocación
- Adquisición en el mercado

### CABINA

- Los soportes de los cristales serán de acero estructural para soportar la estructura de la techumbre y los equipos exteriores. Se colocarán soportes auxiliares para reducir el tamaño individual de los cristales.

- El muro perimetral será de concreto reforzado con un acabado de pintura tanto en el exterior como en el interior.

- La estructura de soporte de la plataforma de la zona de trabajo será de acero para soportar el peso de las consolas, mobiliario y personal, sin sufrir movimientos.

- El piso de la zona de trabajo estará alfombrado, pero el del pasillo exterior tendrá acabado de concreto aparente para facilitar su limpieza.

- El pasillo exterior será de concreto reforzado y en la parte de la salida de la cabina estará calculada para soportar la carga que será izada hasta la azotea mediante pluma y malacte. La carga máxima corresponde al faro giratorio cuyo peso es de 400 kg.

- Se colocará un falso plafón de tableros que permita la estructura de la techumbre y todas las instalaciones para lámparas.

- El claro de la techumbre es considerable, por lo que se propone que la estructura de la techumbre sea una losa de concreto de 20 cms. de peralte apoyada sobre traveses de acero "I".

- La escalera vertical y su protección serán de metal para facilitar su colocación.

### AZOTEA

- Será colocada en la azotea una losa de concreto que estará impermeabilizada para evitar filtraciones hacia la cabina. Esta a su vez tendrá una pendiente de drenaje de 0.005. Se colocarán pasillos metálicos sobrepuestos para que el personal de montaje y mantenimiento de equipos exteriores no tenga contacto directo con la losa y dañe la impermeabilización.

- La estructura a base de armaduras planas para soporte de antenas y faro giratorio, será construida con perfiles de acero.

- Se instalarán pararrayos los cuales descargarán exteriormente hasta el terreno natural.

#### **SUB-CABINA**

- Se contempla para esta área acabados aparentes que permitan protección a los equipos contra polvo, temperatura y humedad. Dado que el clima de la región es cálido, se dotará tanto a la cabina como a la planta de servicios de aire acondicionado, por lo que deberán de estar aisladas del resto de las instalaciones de la torre. Para tal fin, se colocará una puerta entre las escaleras de emergencia y la planta de servicios para evitar contacto con el aire caliente. Se contemplan ventanas corredizas para facilitar la ventilación de dichas instalaciones ocasionalmente.

- Además de los sanitarios se instalará un fregadero. Todas las instalaciones servirán agua fría y caliente. Su acabado será de azulejo para facilitar su limpieza.

- Se colará un losa de concreto reforzado en la parte superior de la sub-cabina, que a su vez será el sistema estructural de piso de la cabina. Es importante señalar que justo en esta cota, terminará el fuste estructural que parte desde la cimentación.

- El piso de la planta, estará compuesto por una losa de concreto reforzado con un voladizo perimetral. El acabado de la losa será de concreto aparente. Así mismo, la parte de la losa en voladizo se apoyará sobre 5 trabes de sección constante, orientadas hacia los vértices del pentágono.

- El muro perimetral será de concreto reforzado, mientras que los interiores serán falsos para eliminar peso.

- La escalera de acceso a la cabina será de madera por brindar ligereza y buen aspecto.

#### **CUERPO DE LA TORRE (FUSTE)**

- El cuerpo del fuste será a base de muros de concreto reforzado. Se adopta este material debido a que al tenerse una sección transversal reducida a lo largo del cuerpo de la torre, se obtiene una relación de esbeltez muy desfavorable.

El concreto es un material más rígido que el acero, lo que significa que en solicitaciones laterales serán menores los movimientos en la estructura. Se debe evitar en lo posible que la cabina tenga desplazamientos laterales de consideración, ya que puede resultar incómodo para el personal que requiere de toda la concentración en su trabajo.

- Los acabados de los muros estructurales serán aparentes.
- Por otra parte, en la parte interior del fuste se tendrán muros de concreto que dividirán el espacio para ascensores, escalera de emergencia y ductos para instalaciones.
- La escalera de emergencia será metálica prefabricada.
- Entre la escalera de emergencia y los cubos para ascensores, se contemplan dos accesos intermedios a lo largo del cuerpo de la torre para efecto de mantenimiento.
- Para tener una ventilación adecuada se dejarán cinco espacios para la instalación de ventanas corredizas a lo largo del fuste. Estas ventanas se colocarán en el muro exterior de la escalera de emergencia.

#### PLANTA DE ACCESO

- Análogamente a la sub-cabina se contempla muros y piso de concreto.
- Se tendrá una puerta de acceso a la torre de vidrio y aluminio.
- Se tendrá una puerta adicional para aislamiento entre las escaleras de emergencia y el pasillo de circulación.
- El material de unión entre el puente de enlace y la planta será de un material plástico deformable para permitir un libre movimiento de estructuras en solicitaciones laterales, y que a su vez, impida la fuga del aire acondicionado.

#### PLANTA DE NIVEL DE TERRENO

- Esta sección que servirá de basamento, desplantará a la cimentación. Análogamente a toda la estructura será de concreto.

## II.5 ANÁLISIS DE CARGAS

Para poder proceder al cálculo estructural es necesario definir las cargas a las que estará sometida la estructura de la torre de control. En este mismo sentido, se determinarán las magnitudes de dichas cargas con base en los reglamentos correspondientes y se señalarán las consideraciones efectuadas en la idealización del problema.

### **SOLICITACIONES**

#### **Cargas Muertas**

Se les llama cargas muertas a aquellas que se presentan de manera constante a lo largo de toda la vida útil de la obra. En este caso se considera como tales al peso propio de la estructura, los acabados, instalaciones, mobiliario y equipo, etc.

#### **Cargas Vivas**

Son aquellas cuya magnitud varían todo el tiempo, y que es difícil cuantificar de una manera muy precisa (personas, equipo y mobiliario menor, etc.). En vista de lo complicado que resulta determinar el valor real al que estará sujeta la estructura, se asigna un valor recomendado por los códigos especializados en el tema.

En este caso se tomarán los siguientes valores de  $W_{viva}$  para losas:

losa de azotea:	100 kg/m <sup>2</sup>
losa de entrepiso:	250 kg/m <sup>2</sup>

#### **Cargas Accidentales**

Estas cargas se presentan de manera brusca y en un corto periodo de tiempo. Generalmente dichas cargas se deben al efecto causado por sismos, ráfagas de viento, huracanes, maremotos (en el caso de estructuras marinas) choques de algún vehículo o cualquier otro tipo de evento poco frecuente que afecte directamente a uno o varios elementos estructurales de la obra.

En el presente problema se considerarán como cargas accidentales al sismo y al viento. Las fuerzas equivalentes producidas por los fenómenos mencionados serán calculados con base en el Reglamento de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad.

Cabe mencionar que en el año de 1993 se publicó una nueva versión de tal documento. Esta versión es más conservadora que la que le precede. Siendo que las estructuras diseñadas con el Reglamento anterior han tenido un comportamiento adecuado, son varios los problemas que se siguen resolviendo de acuerdo a dicho documento. En este caso será utilizado el Reglamento correspondiente a Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad con fecha de impresión en el año de 1979.

A continuación se presenta la memoria de cálculo para la obtención de las cargas mencionadas en los párrafos anteriores.

Datos para el inicio del cálculo

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

Acero  $f_y = 4000 \text{ Kg/cm}^2$

Peso volumétrico del concreto armado = 2.4 Ton/m<sup>3</sup>

\*Nota.- Para iniciar el cálculo se propondrán dimensiones a los elementos estructurales en un primer tanteo.

- Losa de entrepiso

Carga muerta considerada	Ton/m <sup>2</sup>
losa de concreto de 12 cms. de peralte	0.288
carga muerta adicional por losa	0.020
firme de mortero de cemento de 3 cms.	0.066
carga muerta adicional por firme	0.020

recubrimiento de piso (loseta vinilica)	0.005
plafón de yeso de 1 cm de espesor	0.015
instalaciones	0.025

$W_{muerta} = 439 \text{ Kg/m}^2$

$W_{viva \text{ máx.}} = 250 \text{ Kg/m}^2$

$W_{total} = 689 \text{ Kg/m}^2 = 0.689 \text{ Ton/m}^2.$

- Losa de azotea

Carga muerta considerada	Ton/m <sup>2</sup>
losa de concreto de 12 cms. de peralte	0.288
carga muerta adicional por losa	0.020
enladrillado de 3 cms.	0.045
relleno de tezontle	0.155
impermeabilización	0.030
plafón de yeso de 1 cm. de espesor	0.015

$W_{muerta} = 664 \text{ Kg/m}^2$

$W_{viva \text{ máx.}} = 100 \text{ Kg/m}^2$

$W_{total} = 764 \text{ Kg/m}^2 = 0.764 \text{ Ton/m}^2.$

#### Datos complementarios

La cabina tendrá un muro perimetral de vidrio de 1 cm. de espesor con divisiones interiores a base de perfiles de acero.

Se propone para el perímetro de la losa de azotea, traveses de acero "I" con un  $I_r = 406 \times 74 \text{ Kg/m}$ .

Peso del radar + faro giratorio = 0.500 Ton.

Postes de acero con un peso similar al de las traveses.

Peso de grúa desmontable = 0.500 Ton.

Muros perimetrales e interiores del fuste (0.30 m.) = 0.72 Ton/m<sup>2</sup>

Muros exteriores de plantas de acceso, de terreno y subcabina (0.20 m.) = 0.48 Ton/m<sup>2</sup>.

Elevadores de 1.5 Ton c/u = 3.00 Ton.

## ANALISIS SISMICO (ESTATICO)

Clasificación de la estructura	Tipo I
Clasificación según su destino	Grupo A
Regionalización sísmica	Zona B
Tipo de terreno	Tipo II
Coefficiente sísmico	$c = 0.20 \times 1.3 = 0.26$
Factor de ductilidad ó comportamiento sísmico	$Q = 2$
$F = (c/Q) (\text{Suma}(w_i))(w_{ih})/(\text{Suma}(w_{ih}))$	

donde:

$w_i$  = peso de una masa concentrada en un punto

$h_i$  = altura desde el nivel de terreno hasta el punto donde se considera concentrada la masa.

## TABLA DE CÁLCULO PARA FUERZAS SÍSMICAS

Nivel	Entrepiso	wi (ton.)	hi (m)	wihi	F(sismo)	V
10		269.52	29.6	7977.792	72.36	
	10					72.36
9		76.865	27	2075.355	18.82	
	9					91.18
8		133.44	24.1	3215.904	29.168	
	8					120.348
7		45.787	21	961.527	8.72	
	7					129.068
6		45.036	18	810.648	7.35	
	6					136.418
5		45.036	15	675.54	6.127	
	5					142.545
4		45.036	12	540.432	4.9	
	4					191.545
3		45.036	9	405.324	3.68	
	3					195.225
2		142.69	6	856.14	7.76	
	2					202.985
1		153.49	3	460.47	4.176	
	1					207.161
Total		1001.936		17979.132		

## ANALISIS POR VIENTO

Clasificación de la estructura	Tipo II
Clasificación según su destino	Grupo A
Regionalización eólica	Zona 4
Velocidad regional	185 K/h

$$V_{\text{básica}} = k V_{\text{regional}}$$

$$k = 1 \quad (\text{campo abierto, terreno plano})$$

$$V_{\text{básica}} = 185 \text{ k/h}$$

$$V_z = V_{\text{básica}}(z/10)^{\alpha} \quad \text{para } z > 10$$

$V_z$  = velocidad en la cota  $z$

$$z = \text{cota}$$

$$\alpha = 0.14 \quad \text{para campo abierto}$$

$$V_z = V_{\text{básica}} \quad \text{para } z \leq 10$$

$$FR = \text{factor de ráfaga} = 1.3$$

$$V_{\text{diseño}} = 1.3 \times V_z$$

$$P = 0.0048G \times c V_{\text{diseño}}$$

$$G = (8 + h)/(8 + 2h) = 1 \quad \text{Factor de reducción por aumentar la altura.}$$

$h$  = altura sobre el nivel del mar (km)

$$c = 0.7 \quad \text{coeficiente de empuje en la dirección del viento}$$

## TABLA DE CÁLCULO PARA PRESIONES DE VIENTO

z m	Vz k/h	Vdiseño k/h	Presión T/m <sup>2</sup>
3.00	185	240.5	0.192
6.00	185	240.5	0.192
9.00	185	240.5	0.192
12.00	189.8	246.74	0.202
15.00	195.81	254.55	0.215
18.00	200.86	261.12	0.227
21.00	205.25	266.82	0.237
24.10	209.24	272.01	0.246
29.60	215.35	279.95	0.261
34.00	219.57	285.44	0.271

***CAPITULO III:***

***ANALISIS Y DISEÑO  
ESTRUCTURAL***

## GENERALIDADES

Para el cálculo estructural se utilizará el paquete de computo STAAD III, basado en los reglamentos americanos (ACI para concreto y AISC para acero)

Dicho paquete se basa en la teoría del elemento finito. Debido a que este trabajo trata la superestructura de la torre únicamente, se considera como un empotramiento en el suelo infinitamente rígido. La cimentación será tratada de manera conceptual mencionando brevemente los aspectos más relevantes en la subestructura.

## SUMINISTRO DE INFORMACIÓN AL PAQUETE

1.- El primer paso consiste en definir geoméricamente los nudos de toda la estructura.

2.- Posteriormente se definen los elementos estructurales. En este caso la estructuración es a base de placas de concreto con la finalidad de rigidizar la estructura. Las losas, trabes y el resto de los elementos son definidos por medio de los nudos involucrados en cada elemento. Es decir, una placa estará definida por cuatro nudos, una barra por dos, etc. Es importante aclarar que dichos elementos van acompañados de sus propiedades (material, espesores, peraltes, etc.)

3.- Ya que se tiene la geometría construida virtualmente en la máquina se dan las cargas y combinaciones de éstas, para que efectúe el análisis y posteriormente el diseño de los elementos. Un punto importante es que el peso propio lo calcula automáticamente, por lo que al introducir la carga se le debe excluir.

4.- El paquete tiene asignados ciertos valores considerados como constantes de cálculo (módulo de elasticidad, módulo de Poisson, densidades de los materiales). En caso de que se tenga un caso especial se puede introducir un valor diferente.

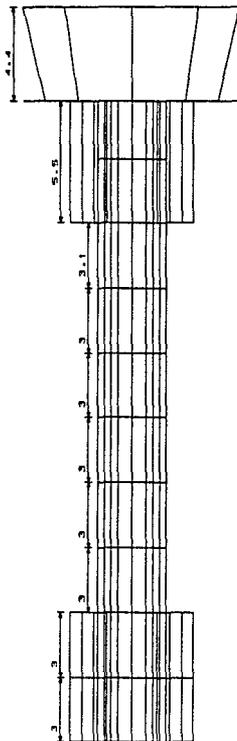
5.- Ya con la información cargada en el paquete se procede a ejecutar el programa. Al término de dicha ejecución se genera toda la información concerniente a reacciones, elementos mecánicos, armados, recubrimientos, fallas (si es el caso). En caso de falla de uno ó varios elementos se debe proponer una nueva dimensión de éstos.

6.- El proceso termina una vez que se ha revisado que todos los elementos trabajen adecuadamente. Si es necesario se tienen que hacer tantos ajustes como sea requerido.

En este capítulo se presenta toda la información generada por el paquete STAAD III. Al final del mismo capítulo se apuntan los comentarios pertinentes de dicha información.

STRUCTURE DATA

TYPE = SPACE  
 NJ = 268  
 NM = 56  
 NE = 298  
 NS = 24  
 NL = 24  
 XMAX= 15.3  
 YMAX= 34.0  
 ZMAX= 14.5



J=268, n=56, E=298

NIVELES CONSIDERADOS EN LA TORRE DE CONTROL

UNIT MET MTD

USER ID:

STADPOST - PLOT (REV: 21.1)

DATE: NOV 16, 1997

TITLE: ESTRUCTURA PARA TORRE DE CONTROL

STRUCTURE DATA

TYPE = SPACE

NJ = 268

NM = 56

NE = 290

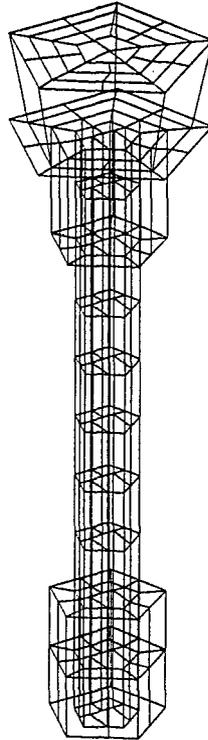
NS = 24

NL = 24

XMAX= 15.3

YMAX= 34.8

ZMAX= 14.5



TORRE DE CONTROL

J=268, N=56, E=290

UNIT MET MTO

USER ID:

STAAD POST - PLOT (REV: 21.1 )

DATE: NOV 16, 1997

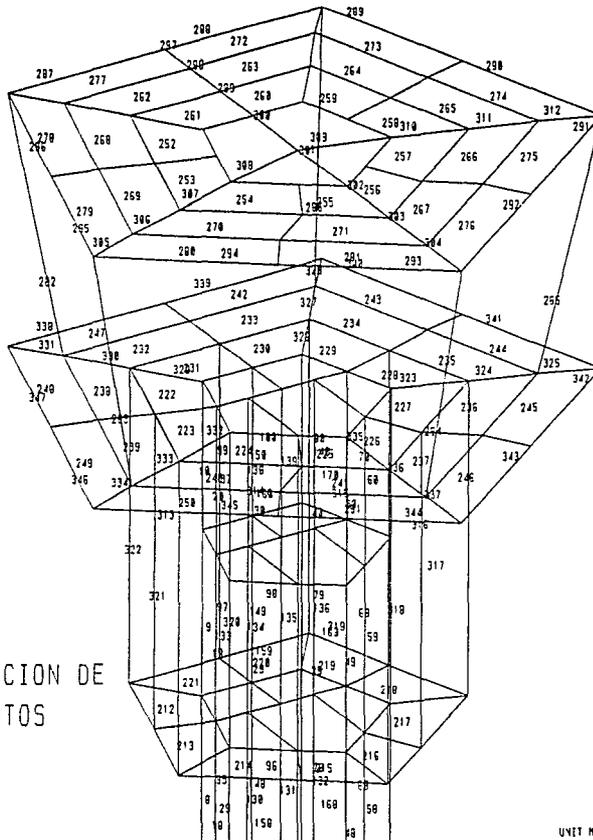
TITLE: ESTRUCTURA PARA TORRE DE CONTROL

STRUCTURE DATA

TYPE = SPACE  
 IJ = 268  
 NH = 56  
 NE = 290  
 HS = 24  
 HL = 24  
 XMAX = 15.3  
 YMAX = 34.8  
 ZMAX = 14.5

J=268, M=56, E=290

NUMERACION DE  
ELEMENTOS



NH/ELEH

UNIT MET MTD

USER ID:

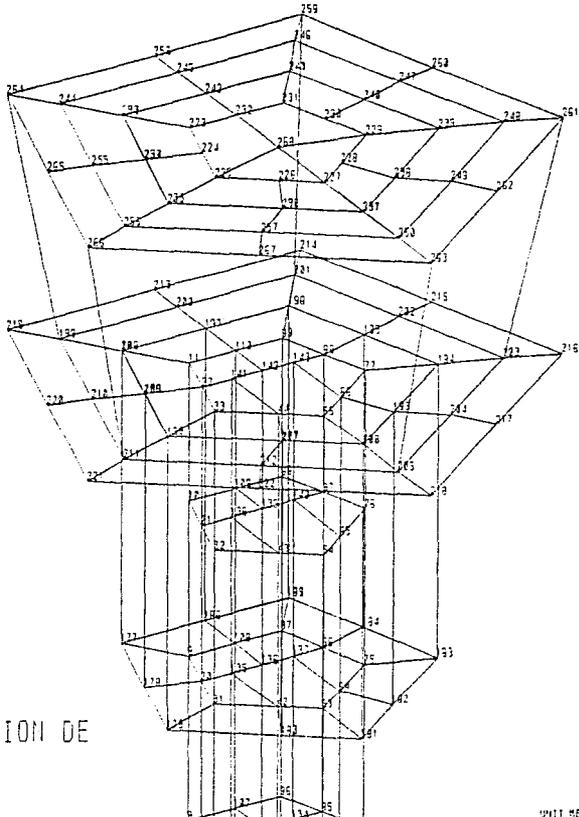
STAAD POST - PLOT (REV: 21.1)

DATE: NOV 16, 1997

TITLE: ESTRUCTURA PARA TORRE DE CONTROL

STRUCTURE DATA

TYPE = SPACE  
 NJ = 269  
 NN = 55  
 NE = 293  
 NS = 24  
 NL = 24  
 VMAX = 15.3  
 RMAX = 34.0  
 ZMAX = 14.5



NUMERACION DE  
 NODOS

J=269,N=55,E=293

UNIT MET H20

USER ID:

STA A D P O S T - P L O T (REV: 21.1)

DATE: NOV 16, 1967

TITLE: ESTRUCTURA PARA TORRE DE CONTROL

STRUCTURE DATA

TYPE = SPACE

NJ = 268

NH = 56

NE = 290

NS = 24

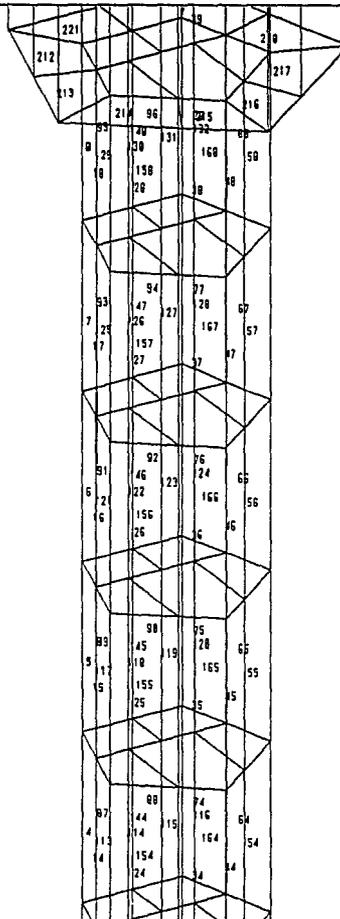
NL = 24

XMAX= 15.3

YMAX= 34.0

ZMAX= 14.5

J=268,N=56,E=290



NH/ELEN

UNIT MET RTO

USER ID:

STAAD POST - PLOT (REV: 21.1)

DATE: NOV 16, 1997

TITLE: ESTRUCTURA PARA TORRE DE CONTROL

STRUCTURE DATA

TYPE = SPACE

NJ = 268

NN = 56

NE = 290

NS = 24

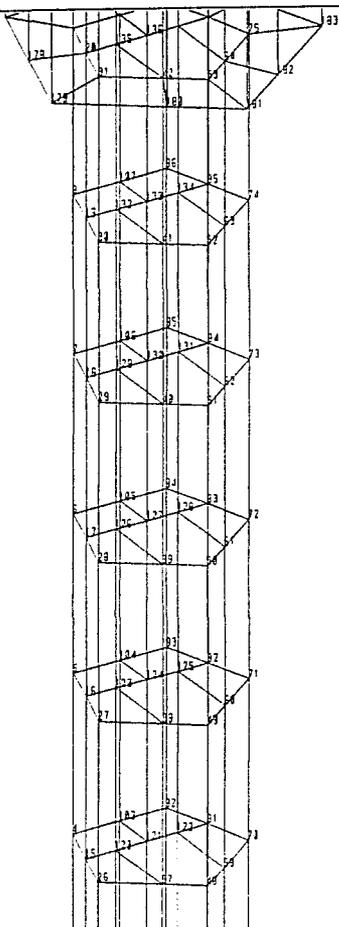
NL = 24

XMAX = 15.3

YMAX = 34.8

ZMAX = 14.5

J=258,N=56,E=290



NN/ELEN

UNIT MET M12

STAAD POST - PLOT (REV: 21.1)

DATE: NOV 16, 1997

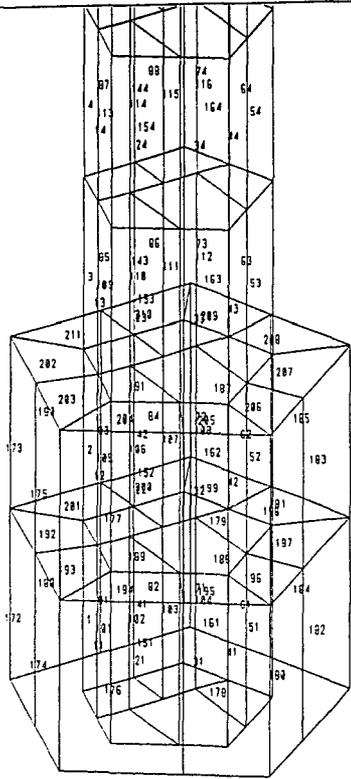
USER ID:

TITLE: ESTRUCTURA PARA TORRE DE CONTROL

CALCULO ESTRUCTURAL DE LA TORRE DE CONTROL PARA UN AEROPUERTO

STRUCTURE DATA

TYPE = SPACE  
 NJ = 269  
 NH = 56  
 NE = 290  
 NS = 24  
 HL = 24  
 XMAX = 15.3  
 YMAX = 34.0  
 ZMAX = 14.5



J=269, M=56, E=290

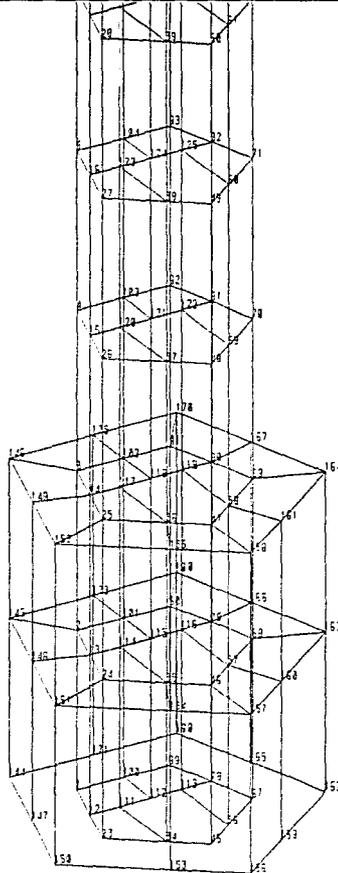
UNIT MET NTD

1

MH/ELEH

STRUCTURE DATA

TYPE = SPACE  
 IJ = 269  
 IN = 56  
 IE = 290  
 IS = 24  
 HL = 24  
 XMAX = 15.3  
 YMAX = 34.0  
 ZMAX = 14.5



J=269, N=56, E=290

UNIT MET H3

USER ID:

ST A A D P O S T - P L O T (REV: 21.1)

DATE: NOV 16, 1997

TITLE: ESTRUCTURA PARA TORRE DE CONTROL

STRUCTURE DATA

TYPE = SPACE

NJ = 260

NM = 56

NE = 290

NS = 24

NL = 24

XMAX= 15.3

YMAX= 34.0

ZMAX= 14.5

QX CONTOUR

- 3.13
- 6.25
- 9.39
- 12.52
- 15.65
- 18.78
- 21.91
- 25.04
- 28.17
- 31.3
- 34.42
- 37.55
- 40.68
- 43.81
- 46.94
- 50.07

J=260,M=56,E=230

NH/ELEM

STOR LOAD= 11



CONTORNO DE ESFUERZOS CORTANTES QX

UNIT MET RTD

USER ID:

ST A A D P O S T - P L O T (REV: 21.1 )

DATE: NOV 16, 1997

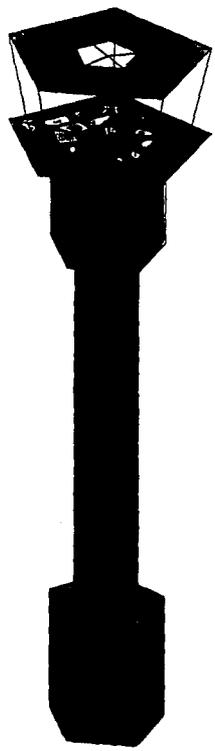
TITLE: ESTRUCTURA PARA TORRE DE CONTROL

STRUCTURE DATA

TYPE = SPACE  
 NJ = 268  
 NM = 56  
 NE = 298  
 NS = 24  
 NL = 24  
 XMAX = 15.3  
 YMAX = 34.8  
 ZMAX = 14.5

1	QY CONTOUR
3.21	
6.41	
9.6	
12.8	
16	
19.19	
22.39	
25.58	
28.78	
31.98	
35.17	
38.37	
41.57	
44.76	
47.95	
51.15	

MM/ELEM  
 STOR LOAD= 11



CONTORNO DE ESFUERZOS CORTANTES QY

J=268, N=56, E=298

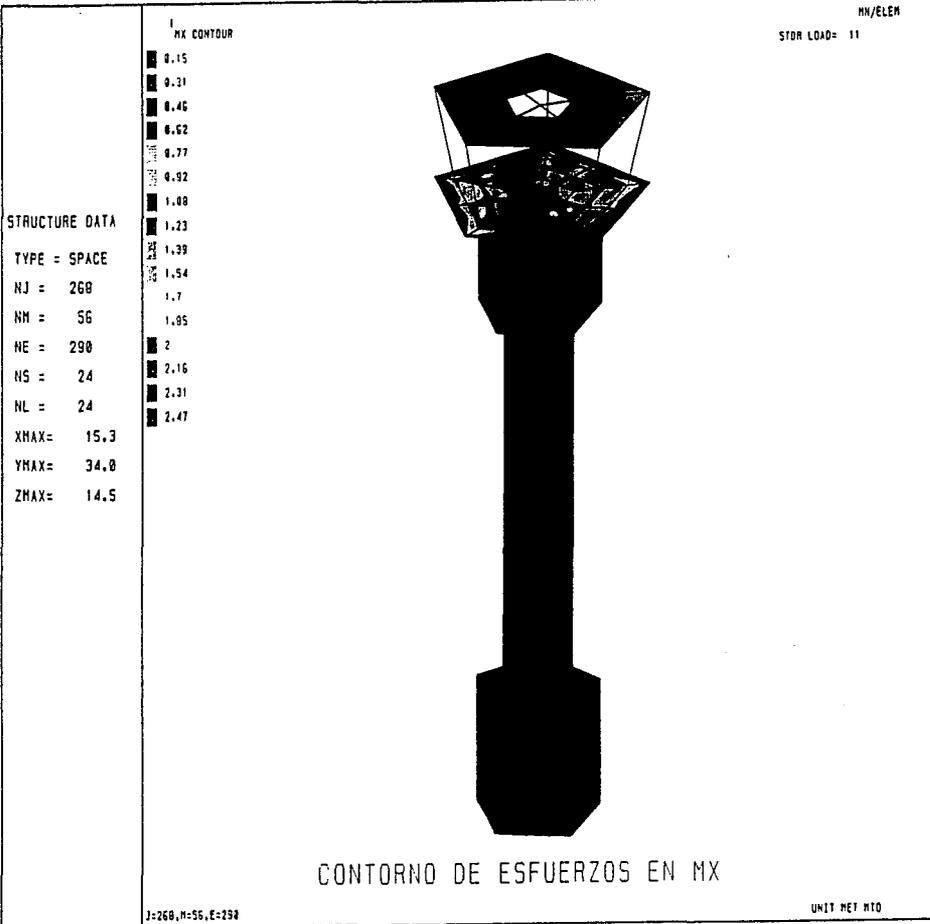
UNIT MET MTD

USER ID:

STAAD POST - PLOT (REV: 21.1)

DATE: NOV 16, 1997

TITLE: ESTRUCTURA PARA TORRE DE CONTROL



STRUCTURE DATA

TYPE = SPACE

NJ = 268

NN = 56

NE = 298

NS = 24

NL = 24

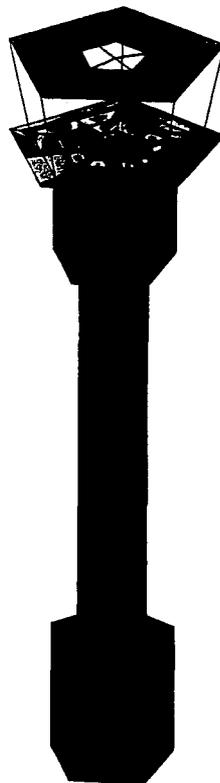
XMAX= 15.3

YMAX= 34.8

ZMAX= 14.5

NY CONTOUR

- 3.22
- 3.44
- 3.66
- 3.88
- 4.11
- 4.32
- 4.54
- 4.76
- 4.98
- 5.2
- 5.42
- 5.64
- 5.86
- 6.08
- 6.3
- 6.52



CONTORNO DE ESFUERZOS EN NY

J=268,M=56,C=298

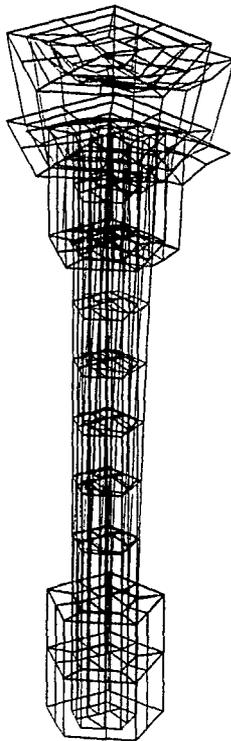
UNIT MET MTD

STRUCTURE DATA

TYPE = SPACE  
 NJ = 268  
 NN = 56  
 NE = 298  
 NS = 24  
 NL = 24  
 XMAX= 15,3  
 YMAX= 34,8  
 ZMAX= 14,5

J=268,N=56,E=298 Max Displ= 0,051

HN/ELEN  
 OFOR LOAD= 17



DESPLAZAMIENTOS DE LA TORRE

UNIT MET NTO

USER ID:

STAAD POST - PLOT (REV: 21.1 )

DATE: NOV 16, 1997

TITLE: ESTRUCTURA PARA TORRE DE CONTROL

## COMENTARIOS

Durante el proceso de ejecución del paquete se realizaron ajustes en el peralte de las losas, ya que se tenía una flecha de 4 cms. por lo que no cumplía con las condiciones de servicio.

En este mismo proceso fue necesario cambiar las dimensiones de los perfiles "I", llegando a un Ir de 914 mm x 201 kg/m. ó bien un perfil w de 36 x 135 (mm).

Los postes de la cabina se modificaron a una sección tubular de 0.4 x 0.4 (m) de sección transversal y un espesor de 16 mm.

Las trabes de concreto tienen una sección de 0.3 x 0.6 (m), cuyos armados y recubrimientos se presentan en la información generada por el paquete.

Se anexan las gráficas de los esfuerzos  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $Q_x$ ,  $Q_y$  y los desplazamientos en las combinaciones más desfavorables de cargas, para tener una idea clara del comportamiento de la estructura.

### Subestructura

El tipo de cimentación depende tanto de los esfuerzos transmitidos al terreno como de las características físicas y de resistencia de este último.

Por la magnitud de las cargas de la estructura y tomando en cuenta que se trata de suelo intermedio entre blando y duro, es muy probable que la solución de la cimentación pueda ser a base de cajones de cimentación. Recordando que este tipo de cimentación consiste en desplantar un prisma hueco que sustituye al suelo reduciendo así la carga sobre el terreno, y que por otro lado al estar desplantada la estructura a una adecuada profundidad el contacto será con un suelo de mayor resistencia.

Cabe hacer mención que entre mayor sea la profundidad de desplante, el NAF causará mayor presión en sentido contrario al de la gravedad. Por lo que tendrá que revisar la estabilidad de la estructura en todas sus condiciones.

Si al hacer la revisión de la cimentación propuesta se llegara a un mal comportamiento ya sea una falla ó un servicio inapropiado (deformaciones ó hundimientos diferenciales excesivos) entonces se hará una nueva revisión para una cimentación profunda (pilotes; de fricción ó de punta).

En este trabajo no se consideró el comportamiento suelo-estructura, y se fijó el empotramiento ideal. Por lo que la cimentación debería de tener deformaciones y hundimientos casi nulos. Para los alcances de esta tesis se toman como válidas estas suposiciones.

***CAPITULO IV:***

***ASPECTOS A CONSIDERAR  
EN LA ETAPA  
CONSTRUCTIVA***

Una vez que se ha hecho el diseño de todos los sistemas del proyecto (proyecto arquitectónico, estructura, instalaciones, etc.), es conveniente marcar algunas recomendaciones en la etapa del proceso de ejecución para que el constructor logre los resultados deseados en la etapa de diseño.

Si no se toma una especial atención en lo anterior, puede darse el caso que el constructor no interprete adecuadamente las expectativas del proyectista.

De acuerdo con el objetivo fundamental de esta tesis: contribuir en la divulgación de los criterios seguidos en el diseño y en la etapa constructiva de este tipo de estructuras; a continuación se presentan las recomendaciones referentes al proceso constructivo para que la estructura se comporte monolíticamente y se tocan los puntos más importantes de los procedimientos seguidos en la construcción de torres de control por el organismo "Aeropuertos y Servicios Auxiliares" (ASA), a través de su Dirección General de Construcción.

La torre de control esta constituida principalmente por un esbelto fuste que sostiene las secciones útiles de la construcción de la cabina y subcabina. Es conveniente apuntar brevemente algunas observaciones.

## CIMENTACIÓN

Se iniciará comprobando los alineamientos oficiales y enseguida se procederá al trazo del eje central de la torre donde lo indique el proyecto del plano de conjunto en áreas exteriores; posteriormente se trazará toda la retícula de los ejes principales o coordenadas.

Al iniciarse el trabajo la dirección de la obra deberá definir los bancos de nivel y la mojoneras que indicarán las coordenadas de la estructura.

Un aspecto muy importante que debe tomarse en cuenta para la ejecución de la excavación principalmente en época de lluvias, es el de conocer la permeabilidad y el grado de humedad que presente el terreno en el momento mismo de hacer la excavación, a fin de definir correctamente el equipo o sistema a seguir para ejecutar la obra.

Por la forma de ataque las excavaciones pueden ser a mano (pala, pico, azadón, etc.) o con medios mecánicos ( pala mecánica, dragas, zanjadoras, etc.)

Una vez ejecutada la consolidación del terreno en las áreas de excavación se procede a colocar en el área requerida una plantilla para recibir la cimentación; ésta tiene varias finalidades, entre otras la de lograr una mayor uniformidad en la repartición de carga y una superficie pareja para el desplante de la cimentación.

Las plantillas generalmente se ejecutan a base de diferentes materiales según sea el tipo de obra óó. lo indique el proyecto de ejecución de la obra. Para este caso se propone una plantilla de concreto pobre de 10 cm de espesor.

La cimbra estará troquelada con elementos metálicos o de madera que deberá impermeabilizarse con una capa de aceite mineral y se mojará cuando menos una hora antes del colado con lo que las juntas quedarán cerradas; si quedan huecos se calafatearán con una tira de madera, o papel, completamente húmeda. A todo esto se agregará un buen vaciado de concreto con la resistencia  $f'c$  indicada en el proyecto. El vibrado debe realizarse en forma tal que a la hora del descimbrado no queden muchas oquedades.

Cuando se trate de rellenos se deberá hacer la elección adecuada del tipo de material para compactar, que se pegue más a las características buscadas, para cada caso es indispensable tener un control estricto del contenido de agua y peso volumétrico del material que se usará en la compactación, así como vigilar que se haga en capas no mayores de 30 cm de espesor y que dichas capas sean uniformes en cuanto a relleno y compactación con la misma resistencia que la del terreno cuando menos.

La torre de control por su esbeltez plantea problemas de estabilidad y de concentración de carga que deben ser resueltos desde la cimentación; así que el desplante se produce sobre una cimentación que por diseño resulta fuertemente armada para fines de capacidad de carga y estabilidad.

La abundancia del acero de refuerzo llega a ser de tal magnitud que complica el paso de los agregados del concreto y de los cabezales de los vibradores. El constructor debe plantear la forma de armar con todo cuidado, las parrillas de cimentación y contratrabes, considerando dejar espacio suficiente para permitir el colado y vibrado del concreto.

En la cimentación deben quedar las preparaciones necesarias para agua, electricidad, drenaje y de las especiales para sistemas electrónicos telefónicos etc., que marque el proyecto y algunas más como medida de supervisión.

Los armados de liga entre la cimentación y el fuste deben ubicarse en la forma que indica en el proyecto estructural dejando todas las preparaciones necesarias para el armado del fuste.

### BASAMENTO

Constituye la zona de acceso a la torre y cubre propiamente la cimentación.

### FUSTE

Por razones de rapidez en la ejecución de obra, el procedimiento de colado es a base de cimbra deslizante lo que permite su ejecución en plazos de 72 a 96 hrs.

La estructura de la cimbra deslizante a base de duela y gatos hidráulicos se acomoda sobre el lecho alto de las contratraves para su inicio de izado. Después de colocar la duela en los costados, los gatos hidráulicos para la elevación se plantan en sus barras guía y se disponen todos los elementos para un colado continuo. Durante el proceso que una vez iniciado no deberá interrumpirse, un grupo de trabajadores con los agregados y cemento de un mismo lote prepara el concreto y otro lo acarreará hasta el elevado (malacate) que lo conduzca al nivel de trabajo; los encargados de colado reciben el concreto, lo distribuyen dentro del área de trabajo y lo preparan para su vibrado, al tiempo que otro grupo va acomodando el acero de refuerzo sobre el nivel de colado. Colgado sobre la cimbra, existe un andamio perimetral desde el cual otras personas se hacen cargo de afinar el acabado que va quedando expuesto durante el avance de la cimbra.

Para garantizar que el manejo de los gatos de elevación se efectue en forma correcta, se requiere controlar topográficamente la verticalidad del fuste en los vértices principales, a una distancia promedio de 20 m notificando los operadores si se observan algunas variaciones a fin de que efectúen los ajustes convenientes.

## SUBCABINA Y CABINA

El área de subcabina esta integrada por elementos de concreto hidráulico, principalmente en los faldones perimetrales y en su parte central; continuación del fuste; su techo sirve para el desplante de la cabina. En esta subcabina se encuentra una serie de servicios tales como accesos para elevador y escalera, servicios sanitarios y áreas para el alojamiento de equipos.

En la parte central, que es en sí la continuación del fuste. Su ejecución puede hacerse en dos formas: La primera con la continuación del deslizamiento y la otra con el procedimiento normal de colocar la cimbra, el vaciado de concreto, vibrado y descimbrado; también es recomendable ejecutar estos trabajos primero porque posteriormente se cierra la subcabina con la ejecución del armado y vaciado de concreto en los muros perimetrales. Se deberá utilizar cimbra de buena calidad para dejar un buen acabado aparente del concreto.

La parte superior (techo de subcabina) esta compuesta por una losa maciza doblemente armada y con las preparaciones necesarias para recibir domos de iluminación y ventilación. Dentro de la estructura existen travesaños principales de carga donde se localizan dados para el desplante de columnas metálicas por medio de anclas y bases, para la estructura metálica de la cabina.

El proceso constructivo después de haberse efectuado los trabajos de armado, cimbrado y vaciado de concreto en los elementos estructurales de muros perimetrales y la distribución interior en la continuación del fuste, incluye la preparación del cimbrado para recibir el armado del área de domos y dejar las preparaciones necesarias para las instalaciones electromecánicas; paralelamente con la ejecución de estos se efectúan los trabajos de los armados de las travesaños localizadas en el piso de la cabina y cuya función principal es la de soportar la estructura metálica compuesta por 5 columnas tubulares inclinadas que llegan a los perfiles "I". Las uniones de los elementos metálicos de la cabina serán soldados de tal modo que se asegure la estabilidad.

## ESTRUCTURA

El acero de refuerzo debe estar formado por varillas corrugadas libre de mohos, óxido o cualquier recubrimiento que perjudique la adherencia.

En aquellos casos en que deban dejarse varillas de refuerzo a la intemperie como previsión para ligarlas con ampliaciones futuras, estas deberán protegerse a fin de evitar la corrosión de las mismas. En ningún caso debe recurrirse a calentar el fierro para facilitar el doblado. Debe vigilarse que todo el acero esté recto admitiendo que sea doblado sólo en aquellas partes que los cálculos lo indiquen.

El refuerzo deberá sujetarse firmemente con espaciadores o silletas metálicas y no deberán hacerse traslapes en puntos de esfuerzos máximos sin autorización; en aquellos casos en que se permitan deberán ser en forma tal que transmitan los esfuerzos entre las barras por adherencia y esfuerzo cortante. En todos los casos los traslapes deberán amarrarse perfectamente bien con alambre recocido de primera calidad.

El concreto es una piedra artificial el cual está compuesto por un agregado grueso, un agregado fino, un aglutinante (cemento Portland). Todos estos materiales deben de estar sujetos a especificaciones dadas por el laboratorio de ensaye.

### Agregado grueso.

Se considera aquel que pasa por una malla que tenga abertura cuadrada de 38 mm. El tamaño ideal para el agregado grueso es aquel cuyo 50% está comprendido entre 0.5 y 1.9 cm y el resto entre 1.9 y 3.8 cm

### Agregado fino

Deberá estar constituido por fragmentos de roca sana se considera agregado fino, aquel que pasa por la malla No.4 de 0.05 cm.

### Cribado y Lavado de los agregados

Es un trabajo que se considera indispensable, cuando se requiere obtener materiales inertes que garanticen la futura calidad de los concretos esta operación se puede hacer mediante sistemas mecánicos o manuales de acuerdo a la necesidad por satisfacer.

### Mezclado de concreto

Puede ser a mano o con revolvedora mecánica en ambos casos debe procurarse que el mezclado se haga lo más cerca posible de los elementos por colar.

Cualquier pieza insertada deberá estar colocada y fijada en su correcta posición con plantillas o cualquier otro método adecuado antes de vaciar el concreto.

Cuando por causas ajenas o por razones de trabajo sea preciso interrumpir el vaciado de concreto deben preverse juntas de construcción verticales donde el esfuerzo cortante sea nulo.

El concreto debe depositarse en los moldes de tal manera que se evite la segregación, y en capas no mayores a 20 cm de espesor, una a continuación de la otra sin dar tiempo a que empiece el fraguado.

Una vez que el concreto comience a fraguar se dejará reposar como mínimo 8 horas. En este lapso se vigila que sobre el elemento colado no se coloquen cargas.

Las formas serán construidas con el verdadero alineamiento y elevación, reforzadas de tal manera que no cedan para evitar fugas de mortero. Sus superficies serán planas y uniformes para dejar un buen acabado.

Al reanudar el vaciado del concreto interrumpido por cualquier causa, las uniones que se hagan en la sección suspendida, deberán tratarse, ya sea raspándoles el polvo que se haya adherido a la superficie y posteriormente rociándolas con abundante lechada de cemento o en su caso con aditivo de adherencia .

Posteriormente en elementos colados de concreto donde vayan a construirse muros, cadenas, trabes, etc.- y que vayan a ligarse se dejan previamente ahogadas, varillas en calidad de preparaciones para ligar el otro elemento estructural y evitar la necesidad de taladrear o romper; en su defecto se tendrá especial cuidado de picar y lavar perfectamente la superficie que va a recibir el nuevo componente regándola para hacer la unión lo mejor posible.

Antes de curar un concreto deben rellenarse las oquedades involuntarias con concreto de la misma resistencia de la mezcla usada en el colado, inmediatamente después de quitar la cimbra. Así mismo las salientes como alambres, tornillos, varillas, silletas que hayan quedado ahogadas en el concreto deben cortarse al ras, siempre y cuando no vayan a ser utilizadas esas salientes posteriormente.

El curado del concreto se hace regando con agua la superficie colada cubriendo cuidadosamente la superficie con yute o lonas mojadas que puedan retirarse al día siguiente a condición de que inmediatamente se inicie el riego sobre la superficie para conservar el concreto constantemente humedecido. Cuando menos durante 15 días es necesario vigilar la humedad del concreto.

En el mismo proceso constructivo las instalaciones (bajadas de agua pluviales , sanitarias, hidráulicas generales, ductos para instalaciones eléctricas, telefónicas), deben manejarse paralelamente con el proceso de construcción de la cimentación y estructura para evitar en lo posible demoliciones o perforaciones a elementos estructurales para el paso de las instalaciones antes mencionadas.

#### Trabes

La cimbra lleva sus paramentos perfectamente a plomo y a nivel debiendo tener un grueso mínimo de una por una y media pulgadas y soportada con suficientes puntales para evitar flexiones al centro del claro en el momento del vaciado del concreto.

Las aristas inferiores de las trabes llevan un chaflán triangular de tiras de madera en la parte inferior de los moldes con el fin de evitar su desportillamiento.

Para que el concreto no se pegue a la cimbra , se impregna esta por su parte interior antes del colado con aplicación de aceite o diesel antes de colocar el refuerzo.

#### Losas

Se vigila que las juntas entre la cimbra sean a tope para evitar el escurrimiento del concreto.

La colocación del armado se pinta sobre la cimbra y se revisa su correcta posición. Las varillas se amarran en todos sus cruces con alambre recocido del No. 18 y se vigila el correcto empleo de silletas para que las varillas queden perfectamente ahogadas y con el recubrimiento adecuado.

Se descimbra en un promedio de 15 días después de vaciado el concreto vigilando que queden puntales o pies derechos hasta completar 28 días.

En losas de concreto se dejan huecos o se hacen perforaciones de cualquier tamaño, este tipo de pasos son principalmente para instalaciones de tipo hidro-sanitarias, elevadores, escaleras y ductería del sistema de aire acondicionado.

#### Muros Interiores

Estos serán a base de tabla-roca que están formados por un bastidor de canales de lámina galvanizada calibre No.18 que representa el marco rígido del muro para que posteriormente se coloquen los paneles de tabla-roca fijados con tornillos o pijas.

Los paneles de tabla-roca están compuestos por un relleno de yeso con dos placas laterales de cartón comprimido teniendo un espesor máximo de 13mm. Su colocación y fijación es por medio de pijas al bastidor de metal ya plomeado y nivelado, con el junteado entre las placas a base de "blanco de españa" en forma de pasta o cinta adhesiva, y con acabado final de pintura vinilica con brocha o rodillo. También se le puede dar un acabado a base de tirol granulado o planchado.

### Acabados

En este punto sólo se harán algunos comentarios de importancia en lo concerniente a aquellos elementos que no tienen una función determinante en el comportamiento de la torre; es decir cuya finalidad no es otra más que brindar una sensación agradable a los usuarios de las instalaciones.

Los pisos necesitan tener ciertas cualidades de acuerdo a los problemas que deban resolver. Entre ellas se consideran las siguientes:

- Facilidad de limpieza e higiene.
- Aislamiento térmico y acústico.
- Impermeabilidad, flexibilidad, dureza, economía, etc.

Para los plafones se revisará antes de su colocación que estén aprobados todos los ductos y tuberías de instalaciones.

Los muros de concreto tendrán un acabado aparente en el exterior y en el interior tendrán un repellido lanzado por medios mecánicos, dándole a éste una textura rugosa y como acabado final se desgranará para poder tener una textura de acabado serroteado.

***CAPITULO V:***  
***CONCLUSIONES***

1.- Los métodos racionales empleados en la ingeniería permiten llegar a soluciones económicas, ya que al estudiar los fenómenos que actúan sobre los cuerpos y como reaccionan éstos a tales fenómenos, es posible modelar mediante expresiones matemáticas su comportamiento. De esta manera se puede calcular la cantidad de recursos necesarios para un comportamiento satisfactorio de un objeto.

2.- Es importante conocer los criterios con los que se diseñan las obras civiles, ya que éstas tienen gran impacto en el desarrollo humano.

Teniendo un diseño adecuado se puede garantizar que se facilitará la operación de cualquier obra.

La Torre de Control de un aeropuerto requiere de una serie de servicios y características propias indispensables para su funcionamiento, que quizá para otras estructuras pudieran ser irrelevantes. Su diseño está íntimamente relacionado con las características deseadas para este caso.

3.- La geometría y la altura de la estructura dependen de las características del aeropuerto. Entre más grande y complejo sea éste, mayor altura y área de trabajo se requiere.

4.- El problema estructural que se presenta en esta torre es de gran interés, ya que al tener una concentración de masa en el extremo superior de la estructura se puede idealizar como un péndulo invertido. Ante sollicitaciones laterales su comportamiento tiende a tener oscilaciones importantes en la punta. Dichas oscilaciones se deben de minimizar para no afectar el trabajo del personal de la cabina.

5.- Un aspecto muy importante de tomar en cuenta para la estructuración, es el referente a la exposición que tendrá la obra al viento. Al tenerse un terreno plano y libre de obstáculos en un radio considerable, se tendrán fuertes velocidades de éste, ocasionando presiones sobre los elementos expuestos al fenómeno.

6.- La elección de la estructuración de la torre marca el comportamiento que tendrá en su vida útil. El utilizar placas de concreto armado nos llevan a un estado de estabilidad de la estructura por la rigidez que distingue a ese material.

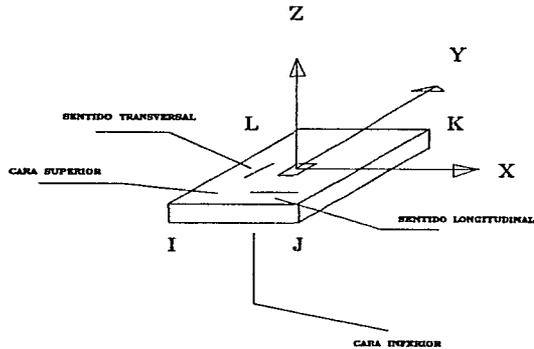
7.- No cabe duda que con la evolución de las computadoras se ha facilitado la tarea del calculista, ya que con una serie de instrucciones debidamente programadas, la máquina es capaz de procesar una gran cantidad de información en un lapso de tiempo muy breve. Permitiendo al proyectista fijar su atención a otras tareas como: interpretación de resultados, modificación de la estructuración, y aquellas que requieren de creatividad, experiencia y criterio.

8.- La cimbra deslizante permite un mejor colado del fuste, con una uniformidad del concreto que le da mayor estabilidad a la estructura, generando un comportamiento monolítico de ésta. Por otra parte, se acorta el tiempo de ejecución de obra.

***ANEXO:***

***DESGLOCE DEL CALCULO  
ESTRUCTURAL***

## CONSIDERACIONES PARA INTERPRETACION DE RESULTADOS



```
*****  
*  
*          S T A A D - III  
*          Revision 21.1  
*          Proprietary Program of  
*          Research Engineers, Inc.  
*          Date=   NOV 16, 1997  
*          Time=   17:53:14  
*  
*          USER ID:  
*****
```

1. STAAD SPACE ESTRUCTURA PARA TORRE DE CONTROL
2. INPUT WIDTH 72
3. UNIT METER MTON
4. JOINT COORDINATES
5. 1 2.859 0. 1.6; 2 2.859 3. 1.6; 3 2.859 6. 1.6; 4 2.859 9. 1.6
6. 5 2.859 12. 1.6; 6 2.859 15. 1.6; 7 2.859 18. 1.6; 8 2.859 21. 1.6
7. 9 2.859 24.1 1.6; 10 2.859 27. 1.6; 11 2.859 29.6 1.6; 12 2.403 0. 3.023
8. 13 2.403 3. 3.023; 14 2.403 6. 3.023; 15 2.403 9. 3.023
9. 16 2.403 12. 3.023; 17 2.403 15. 3.023; 18 2.403 18. 3.023
10. 19 2.403 21. 3.023; 20 2.403 24.1 3.023; 21 2.403 27. 3.023
11. 22 2.403 29.6 3.023; 23 1.932 0. 4.453; 24 1.932 3. 4.453
12. 25 1.932 6. 4.453; 26 1.932 9. 4.453; 27 1.932 12. 4.453
13. 28 1.932 15. 4.453; 29 1.932 18. 4.453; 30 1.932 21. 4.453
14. 31 1.932 24.1 4.453; 32 1.932 27. 4.453; 33 1.932 29.6 4.453
15. 34 3.359 0. 5.49; 35 3.359 3. 5.49; 36 3.359 6. 5.49; 37 3.359 9. 5.49
16. 38 3.359 12. 5.49; 39 3.359 15. 5.49; 40 3.359 18. 5.49
17. 41 3.359 21. 5.49; 42 3.359 24.1 5.49; 43 3.359 27. 5.49
18. 44 3.359 29.6 5.49; 45 4.359 0. 6.216; 46 4.359 3. 6.216
19. 47 4.359 6. 6.216; 48 4.359 9. 6.216; 49 4.359 12. 6.216
20. 50 4.359 15. 6.216; 51 4.359 18. 6.216; 52 4.359 21. 6.216
21. 53 4.359 24.1 6.216; 54 4.359 27. 6.216; 55 4.359 29.6 6.216
22. 56 5.359 0. 5.49; 57 5.359 3. 5.49; 58 5.359 6. 5.49; 59 5.359 9. 5.49
23. 60 5.359 12. 5.49; 61 5.359 15. 5.49; 62 5.359 18. 5.49
24. 63 5.359 21. 5.49; 64 5.359 24.1 5.49; 65 5.359 27. 5.49
25. 66 5.359 29.6 5.49; 67 6.786 0. 4.453; 68 6.786 3. 4.453
26. 69 6.786 6. 4.453; 70 6.786 9. 4.453; 71 6.786 12. 4.453
27. 72 6.786 15. 4.453; 73 6.786 18. 4.453; 74 6.786 21. 4.453
28. 75 6.786 24.1 4.453; 76 6.786 27. 4.453; 77 6.786 29.6 4.453
29. 78 6.33 0. 3.023; 79 6.33 3. 3.023; 80 6.33 6. 3.023; 81 6.33 9. 3.023
30. 82 6.33 12. 3.023; 83 6.33 15. 3.023; 84 6.33 18. 3.023
31. 85 6.33 21. 3.023; 86 6.33 24.1 3.023; 87 6.33 27. 3.023
32. 88 6.33 29.6 3.023; 89 5.859 0. 1.6; 90 5.859 3. 1.6; 91 5.859 6. 1.6
33. 92 5.859 9. 1.6; 93 5.859 12. 1.6; 94 5.859 15. 1.6; 95 5.859 18. 1.6
34. 96 5.859 21. 1.6; 97 5.859 24.1 1.6; 98 5.859 27. 1.6; 99 5.859 29.6 1.6
35. 100 4.359 0. 1.6; 101 4.359 3. 1.6; 102 4.359 6. 1.6; 103 4.359 9. 1.6
36. 104 4.359 12. 1.6; 105 4.359 15. 1.6; 106 4.359 18. 1.6
37. 107 4.359 21. 1.6; 108 4.359 24.1 1.6; 109 4.359 27. 1.6
38. 110 4.359 29.6 1.6; 111 3.359 0. 3.023; 112 4.359 0. 3.023
39. 113 5.359 0. 3.023; 114 3.359 3. 3.023; 115 4.359 3. 3.023
40. 116 5.359 3. 3.023; 117 3.359 6. 3.023; 118 4.359 6. 3.023
41. 119 5.359 6. 3.023; 120 3.359 9. 3.023; 121 4.359 9. 3.023

42. 122 5.359 9. 3.023; 123 3.359 12. 3.023; 124 4.359 12. 3.023  
 43. 125 5.359 12. 3.023; 126 3.359 15. 3.023; 127 4.359 15. 3.023  
 44. 128 5.359 15. 3.023; 129 3.359 18. 3.023; 130 4.359 18. 3.023  
 45. 131 5.359 18. 3.023; 132 3.359 21. 3.023; 133 4.359 21. 3.023  
 46. 134 5.359 21. 3.023; 135 3.359 24.1 3.023; 136 4.359 24.1 3.023  
 47. 137 5.359 24.1 3.023; 138 3.359 27. 3.023; 139 4.359 27. 3.023  
 48. 140 5.359 27. 3.023; 141 3.359 29.6 3.023; 142 4.359 29.6 3.023  
 49. 143 5.359 29.6 3.023; 144 1.665 0. 0.; 145 1.665 3. 0.; 146 1.665 6. 0.  
 50. 147 0.846 0. 2.555; 148 0.846 3. 2.555; 149 0.846 6. 2.555  
 51. 150 0. 0. 5.124; 151 0. 3. 5.124; 152 0. 6. 5.124; 153 2.563 0. 6.986  
 52. 154 2.563 3. 6.986; 155 2.563 6. 6.986; 156 4.359 0. 8.29  
 53. 157 4.359 3. 8.29; 158 4.359 6. 8.29; 159 6.155 0. 6.986  
 54. 160 6.155 3. 6.986; 161 6.155 6. 6.986; 162 8.72 0. 5.124  
 55. 163 8.72 3. 5.124; 164 8.72 6. 5.124; 165 7.899 0. 2.555  
 56. 166 7.899 3. 2.555; 167 7.899 6. 2.555; 168 7.053 0. 0.; 169 7.053 3. 0.  
 57. 170 7.053 6. 0.; 171 4.36 0. 0.; 172 7.055 0. 0.; 173 4.36 3. 0.  
 58. 174 7.055 3. 0.; 175 4.36 6. 0.; 176 7.055 6. 0.; 177 1.665 24.1 0.  
 59. 178 0.846 24.1 2.555; 179 0. 24.1 5.124; 180 2.563 24.1 6.986  
 60. 181 4.359 24.1 8.29; 182 6.155 24.1 6.986; 183 8.72 24.1 5.124  
 61. 184 7.899 24.1 2.555; 185 7.053 24.1 0.; 186 4.36 24.1 0.  
 62. 187 7.055 24.1 0.; 188 1.665 29.6 0.; 189 0.846 29.6 2.555  
 63. 190 0. 29.6 5.124; 191 2.563 29.6 6.986; 192 4.359 29.6 8.29  
 64. 193 6.155 29.6 6.986; 194 8.72 29.6 5.124; 195 7.899 29.6 2.555  
 65. 196 7.053 29.6 0.; 197 4.36 29.6 0.; 198 7.055 29.6 0.  
 66. 199 0.575 29.6 -1.5; 200 4.36 29.6 -1.5; 201 8.145 29.6 -1.5  
 67. 202 9.314 29.6 2.098; 203 10.483 29.6 5.696; 204 7.42 29.6 7.92  
 68. 205 4.36 29.6 10.143; 206 4.361 29.6 8.29; 207 2.565 29.6 6.986  
 69. 208 0.821 29.6 2.555; 209 1.667 29.6 0.; 210 -0.594 29.6 2.098  
 70. 211 -1.763 29.6 5.696; 212 1.3 29.6 7.92; 213 4.36 29.6 -2.7  
 71. 214 9.089 29.6 -2.7; 215 10.55 29.6 1.796; 216 12.011 29.6 6.292  
 72. 217 8.186 29.6 9.071; 218 4.36 29.6 11.849; 219 -0.369 29.6 -2.7  
 73. 220 -1.83 29.6 1.796; 221 -3.291 29.6 6.292; 222 0.534 29.6 9.071  
 74. 223 2.859 34. 1.6; 224 2.403 34. 3.023; 225 1.932 34. 4.453  
 75. 226 3.359 34. 5.49; 227 4.359 34. 6.216; 228 5.359 34. 5.49  
 76. 229 6.786 34. 4.453; 230 6.33 34. 3.023; 231 5.859 34. 1.6  
 77. 232 4.359 34. 1.6; 233 1.665 34. 0.; 234 0.846 34. 2.555  
 78. 235 0. 34. 5.124; 236 2.563 34. 6.986; 237 4.359 34. 8.29  
 79. 238 6.155 34. 6.986; 239 8.72 34. 5.124; 240 7.899 34. 2.555  
 80. 241 7.053 34. 0.; 242 4.36 34. 0.; 243 7.055 34. 0.; 244 0.575 34. -1.5  
 81. 245 4.36 34. -1.5; 246 8.145 34. -1.5; 247 9.314 34. 2.098  
 82. 248 10.483 34. 5.696; 249 7.42 34. 7.92; 250 4.36 34. 10.143  
 83. 251 4.361 34. 8.29; 252 2.565 34. 6.986; 253 0.821 34. 2.555  
 84. 254 1.667 34. 0.; 255 -0.594 34. 2.098; 256 -1.763 34. 5.696  
 85. 257 1.3 34. 7.92; 258 4.36 34. -2.7; 259 9.089 34. -2.7  
 86. 260 10.55 34. 1.796; 261 12.011 34. 6.292; 262 8.186 34. 9.071  
 87. 263 4.36 34. 11.849; 264 -0.369 34. -2.7; 265 -1.83 34. 1.796  
 88. 266 -3.291 34. 6.292; 267 0.534 34. 9.071; 268 4.36 34. 3.81  
 89. MEMBER INCIDENCES  
 90. 282 199 264; 283 211 266; 284 205 263; 285 203 261; 286 201 259  
 91. 287 264 258; 288 258 259; 289 259 260; 290 260 261; 291 261 262  
 92. 292 262 263; 293 263 267; 294 267 266; 295 266 265; 296 265 264  
 93. 297 258 245; 298 245 242; 299 242 232; 300 232 268; 301 268 227  
 94. 302 227 251; 303 251 250; 304 250 263; 305 266 256; 306 256 235  
 95. 307 235 225; 308 225 268; 309 268 229; 310 229 239; 311 239 248  
 96. 312 248 261; 323 77 194; 324 194 203; 325 203 216; 326 99 198  
 97. 327 198 201; 328 201 214; 329 11 209; 330 209 199; 331 199 219

98. 332 33 190; 333 190 211; 334 211 221; 335 55 192; 336 192 205  
 99. 337 205 218; 338 219 213; 339 213 214; 340 214 215; 341 215 216  
 100. 342 216 217; 343 217 218; 344 218 222; 345 222 221; 346 221 220  
 101. 347 220 219  
 102. ELEMENT INCIDENCES  
 103. 1 1 2 13 12; 2 2 3 14 13; 3 3 4 15 14; 4 4 5 16 15; 5 5 6 17 16  
 104. 6 6 7 18 17; 7 7 8 19 18; 8 8 9 20 19; 9 9 10 21 20; 10 10 11 22 21  
 105. 11 12 13 24 23; 12 13 14 25 24; 13 14 15 26 25; 14 15 16 27 26  
 106. 15 16 17 28 27; 16 17 18 29 28; 17 18 19 30 29; 18 19 20 31 30  
 107. 19 20 21 32 31; 20 21 22 33 32; 21 23 24 35 34; 22 24 25 36 35  
 108. 23 25 26 37 36; 24 26 27 38 37; 25 27 28 39 38; 26 28 29 40 39  
 109. 27 29 30 41 40; 28 30 31 42 41; 29 31 32 43 42; 30 32 33 44 43  
 110. 31 34 35 46 45; 32 35 36 47 46; 33 36 37 48 47; 34 37 38 49 48  
 111. 35 38 39 50 49; 36 39 40 51 50; 37 40 41 52 51; 38 41 42 53 52  
 112. 39 42 43 54 53; 40 43 44 55 54; 41 45 46 57 56; 42 46 47 58 57  
 113. 43 47 48 59 58; 44 48 49 60 59; 45 49 50 61 60; 46 50 51 62 61  
 114. 47 51 52 63 62; 48 52 53 64 63; 49 53 54 65 64; 50 54 55 66 65  
 115. 51 56 57 68 67; 52 57 58 69 68; 53 58 59 70 69; 54 59 60 71 70  
 116. 55 60 61 72 71; 56 61 62 73 72; 57 62 63 74 73; 58 63 64 75 74  
 117. 59 64 65 76 75; 60 65 66 77 76; 61 67 68 79 78; 62 68 69 80 79  
 118. 63 69 70 81 80; 64 70 71 82 81; 65 71 72 83 82; 66 72 73 84 83  
 119. 67 73 74 85 84; 68 74 75 86 85; 69 75 76 87 86; 70 76 77 88 87  
 120. 71 78 79 90 89; 72 79 80 91 90; 73 80 81 92 91; 74 81 82 93 92  
 121. 75 82 83 94 93; 76 83 84 95 94; 77 84 85 96 95; 78 85 86 97 96  
 122. 79 86 87 98 97; 80 87 88 99 98; 81 1 100 101 2; 82 100 89 90 101  
 123. 83 2 101 102 3; 84 101 90 91 102; 85 3 102 103 4; 86 102 91 92 103  
 124. 87 4 103 104 5; 88 103 92 93 104; 89 5 104 105 6; 90 104 93 94 105  
 125. 91 6 105 106 7; 92 105 94 95 106; 93 7 106 107 8; 94 106 95 96 107  
 126. 95 8 107 108 9; 96 107 96 97 108; 97 9 108 109 10; 98 108 97 98 109  
 127. 99 10 109 110 11; 100 109 98 99 110; 101 12 111 114 13  
 128. 102 111 112 115 114; 103 112 113 116 115; 104 113 78 79 116  
 129. 105 13 114 117 14; 106 114 115 118 117; 107 115 116 119 118  
 130. 108 116 79 80 119; 109 14 117 120 15; 110 117 118 121 120  
 131. 111 118 119 122 121; 112 119 80 81 122; 113 15 120 123 16  
 132. 114 120 121 124 123; 115 121 122 125 124; 116 122 81 82 125  
 133. 117 16 123 126 17; 118 123 124 127 126; 119 124 125 128 127  
 134. 120 125 82 83 128; 121 17 126 129 18; 122 126 127 130 129  
 135. 123 127 128 131 130; 124 128 83 84 131; 125 18 129 132 19  
 136. 126 129 130 133 132; 127 130 131 134 133; 128 131 84 85 134  
 137. 129 19 132 135 20; 130 132 133 136 135; 131 133 134 137 136  
 138. 132 134 85 86 137; 133 20 135 138 21; 134 135 136 139 138  
 139. 135 136 137 140 139; 136 137 86 87 140; 137 21 138 141 22  
 140. 138 138 139 142 141; 139 139 140 143 142; 140 140 87 88 143  
 141. 141 100 101 115 112; 142 101 102 118 115; 143 102 103 121 118  
 142. 144 103 104 124 121; 145 104 105 127 124; 146 105 106 130 127  
 143. 147 106 107 133 130; 148 107 108 136 133; 149 108 109 139 136  
 144. 150 109 110 142 139; 151 111 114 35 34; 152 114 117 36 35  
 145. 153 117 120 37 36; 154 120 123 38 37; 155 123 126 39 38  
 146. 156 126 129 40 39; 157 129 132 41 40; 158 132 135 42 41  
 147. 159 135 138 43 42; 160 138 141 44 43; 161 113 116 57 56  
 148. 162 116 119 58 57; 163 119 122 59 58; 164 122 125 60 59  
 149. 165 125 128 61 60; 166 128 131 62 61; 167 131 134 63 62  
 150. 168 134 137 64 63; 169 137 140 65 64; 170 140 143 66 65  
 151. 172 144 145 148 147; 173 145 146 149 148; 174 147 148 151 150  
 152. 175 148 149 152 151; 176 150 151 154 153; 177 151 152 155 154  
 153. 178 153 154 157 156; 179 154 155 158 157; 180 156 157 160 159

154. 181 157 158 161 160, 182 159 160 163 162; 183 160 161 164 163  
 155. 184 162 163 166 165; 185 163 164 167 166; 186 165 166 169 168  
 156. 187 166 167 170 169; 188 144 171 173 145; 189 171 172 174 173  
 157. 190 145 173 175 146; 191 173 174 176 175; 192 145 2 13 148  
 158. 193 148 151 24 13; 194 151 154 35 24; 195 154 157 46 35  
 159. 196 157 160 57 46; 197 160 163 68 57; 198 163 166 79 68  
 160. 199 79 166 169 90; 200 101 90 174 173; 201 2 101 173 145  
 161. 202 146 3 14 149; 203 149 152 25 14; 204 152 155 36 25  
 162. 205 155 158 47 36; 206 158 161 58 47; 207 161 164 69 58  
 163. 208 164 167 80 69; 209 80 167 170 91; 210 102 91 176 175  
 164. 211 3 102 175 146; 212 177 9 20 178; 213 178 179 31 20  
 165. 214 179 180 42 31; 215 180 181 53 42; 216 181 182 64 53  
 166. 217 182 183 75 64; 218 183 184 86 75; 219 86 184 185 97  
 167. 220 108 97 187 186; 221 9 108 186 177; 222 188 11 22 189  
 168. 223 189 190 33 22; 224 190 191 44 33; 225 191 192 55 44  
 169. 226 192 193 66 55; 227 193 194 77 66; 228 194 195 88 77  
 170. 229 88 195 196 99; 230 110 99 198 197; 231 11 110 197 188  
 171. 232 199 200 197 188; 233 200 201 196 197; 234 196 195 202 201  
 172. 235 195 194 203 202; 236 193 194 203 204; 237 192 193 204 205  
 173. 238 209 208 210 199; 239 208 190 211 210; 240 207 190 211 212  
 174. 241 206 207 212 205; 242 200 213 214 201; 243 201 214 215 202  
 175. 244 202 215 216 203; 245 203 216 217 204; 246 204 217 218 205  
 176. 247 200 213 219 199; 248 199 219 220 210; 249 210 220 221 211  
 177. 250 211 221 222 212; 251 212 222 218 205; 252 233 223 224 234  
 178. 253 234 235 225 224; 254 235 236 226 225; 255 236 237 227 226  
 179. 256 237 238 228 227; 257 238 239 229 228; 258 239 240 230 229  
 180. 259 230 240 241 231; 260 232 231 243 242; 261 223 232 242 233  
 181. 262 244 245 242 233; 263 245 246 241 242; 264 241 240 247 246  
 182. 265 240 239 248 247; 266 238 239 248 249; 267 237 238 249 250  
 183. 268 254 253 255 244; 269 253 235 256 255; 270 252 235 256 257  
 184. 271 251 252 257 250; 272 245 258 259 246; 273 246 259 260 247  
 185. 274 247 260 261 248; 275 248 261 262 249; 276 249 262 263 250  
 186. 277 245 258 264 244; 278 244 264 265 255; 279 255 265 266 256  
 187. 280 256 266 267 257; 281 257 267 263 250; 313 177 188 197 186  
 188. 314 186 197 196 185; 315 185 196 195 184; 316 184 195 194 183  
 189. 317 193 194 183 182; 318 193 182 181 192; 319 181 192 191 180  
 190. 320 191 180 179 190; 321 189 190 179 178; 322 178 177 188 189  
 191. MEMBER PROPERTY AMER  
 192. 282 TO 286 TABLE ST TUBE TH 0.016 WT 0.4 DT 0.4  
 193. 287 TO 312 TABLE ST W36X135  
 194. 323 TO 337 PRI YD 0.9 ZD 0.4  
 195. 338 TO 347 PRI YD 0.4 ZD 0.25  
 196. ELEMENT PROPERTY  
 197. 313 TO 322 TH 0.125  
 198. 9 10 19 20 29 30 39 40 49 50 59 60 69 70 79 80 97 TO 100 -  
 199. 133 TO 142 149 150 159 160 169 170 TH 0.2  
 200. 3 TO 8 13 TO 18 23 TO 28 33 TO 38 43 TO 48 53 TO 58 63 TO 68 -  
 201. 73 TO 78 85 TO 96 109 TO 132 143 TO 148 153 TO 158 163 TO 168 TH 0.2  
 202. 172 TO 191 TH 0.15  
 203. 1 2 11 12 21 22 31 32 41 42 51 52 61 62 71 72 81 TO 84 101 TO 108 151 -  
 204. 152 161 162 TH 0.3  
 205. 222 TO 251 TH 0.2  
 206. 252 TO 281 TH 0.12  
 207. 192 TO 221 TH 0.1  
 208. CONSTANTS  
 209. E 2387519.75 MEMB 1 TO 170 172 TO 251 313 TO 347

## ESTRUCTURA PARA TORRE DE CONTROL

-- PAGE NO. 5

ID:

210. E 2387519.75 MEMB 293 307 252 TO 281  
211. E STEEL MEMB 287 TO 312  
212. E STEEL MEMB 282 TO 286  
213. DENSITY CONCRETE MEMB 1 TO 170 172 TO 251 313 TO 347  
214. DENSITY CONCRETE MEMB 293 307 252 TO 281  
215. DENSITY STEEL MEMB 287 TO 312  
216. DENSITY STEEL MEMB 282 TO 286  
217. POISSON CONCRETE MEMB 1 TO 170 172 TO 251 313 TO 347  
218. POISSON CONCRETE MEMB 293 307 252 TO 281  
219. POISSON STEEL MEMB 287 TO 312  
220. POISSON STEEL MEMB 282 TO 286  
221. SUPPORTS  
222. 1 12 23 34 45 56 67 78 89 100 111 TO 113 144 147 150 153 156 159 162 -  
223. 165 168 171 172 FIXED  
224. LOAD 1 CARGA MUERTA  
225. SELFWEIGHT Y -1.  
226. ELEMENT LOAD  
227. 192 TO 201 222 TO 251 PR GY -0.151  
228. 202 TO 211 252 TO 281 PR GY -0.376  
229. JOINT LOAD  
230. 199 TO 205 210 TO 212 FY -0.56  
231. LOAD 2 CARGA VIVA  
232. ELEMENT LOAD  
233. 192 TO 201 222 TO 251 PR GY -0.25  
234. 202 TO 211 252 TO 281 PR GY -0.1  
235. LOAD 3 CARGA DE SISMO EN X-X  
236. JOINT LOAD  
237. 145 151 157 163 169 174 FX 0.835  
238. 146 152 158 164 170 176 FX 1.55  
239. 4 26 48 70 92 FX 0.736  
240. 5 27 49 71 93 FX 0.98  
241. 6 28 50 72 94 FX 1.23  
242. 7 29 51 73 95 FX 1.47  
243. 8 30 52 74 96 FX 1.74  
244. 177 179 181 183 185 187 FX 5.83  
245. 10 32 54 76 98 FX 3.76  
246. 214 216 218 219 221 FX 14.47  
247. LOAD 4 CARGA DE SISMO EN Z-Z  
248. JOINT LOAD  
249. 145 151 157 163 169 174 FZ -0.835  
250. 146 152 158 164 170 176 FZ -1.55  
251. 4 26 48 70 92 FZ -0.736  
252. 5 27 49 71 93 FZ -0.98  
253. 6 28 50 72 94 FZ -1.23  
254. 7 29 51 73 95 FZ -1.47  
255. 8 30 52 74 96 FZ -1.74  
256. 177 179 181 183 185 187 FZ -5.83  
257. 10 32 54 76 98 FZ -3.76  
258. 214 216 218 219 221 FZ -14.47  
259. LOAD 5 CARGA DE VIENTO X-X  
260. ELEMENT LOAD  
261. 3 13 23 33 172 TO 179 PR GX 0.192  
262. 4 14 24 34 PR GX 0.202  
263. 5 15 25 35 PR GX 0.215  
264. 6 16 26 36 PR GX 0.227  
265. 7 17 27 37 PR GX 0.237

266. 8 18 28 38 PR GX 0.246  
 267. 319 TO 322 PR GX 0.261  
 268. JOINT LOAD  
 269. 199 205 211 263 264 266 FX 2.88  
 270. LOAD 6 CARGA DE VIENTO EN Z-Z  
 271. ELEMENT LOAD  
 272. 176 TO 183 PR GZ -0.192  
 273. 23 33 43 53 PR GZ -0.192  
 274. 24 34 44 54 PR GZ -0.202  
 275. 25 35 45 55 PR GZ -0.215  
 276. 26 36 46 56 PR GZ -0.227  
 277. 27 37 47 57 PR GZ -0.237  
 278. 28 38 48 58 PR GZ -0.246  
 279. 317 318 320 PR GZ -0.261  
 280. 319 PR GZ -0.261  
 281. JOINT LOAD  
 282. 203 205 211 261 263 266 FZ -2.58  
 283. LOAD COMB 7 1.4 CM + 1.7 CV  
 284. 1 1.4 2 1.7  
 285. LOAD COMB 8 0.75(1.4CM + 1.7 \* 0.8 CV + 1.87 SX +0.3 SZ)  
 286. 1 1.05 2 1.02 3 1.4 4 0.42  
 287. LOAD COMB 9 0.75(1.4CM + 1.7 \* 0.8 CV - 1.87 SX -0.3 SZ)  
 288. 1 1.05 2 1.02 3 -1.4 -4 0.42 0.42  
 289. LOAD COMB 10 0.75(1.4CM + 1.7 \* 0.8 CV + 0.3 SX +1.87 SZ)  
 290. 1 1.05 2 1.02 3 0.42 4 1.87  
 291. LOAD COMB 11 0.75(1.4CM + 1.7 \* 0.8 CV -0.3 SX -1.87 SZ)  
 292. 1 1.05 2 1.02 3 -0.42 4 -1.87  
 293. LOAD COMB 12 0.75(1.4CM + 1.7 \* 0.8 CV +1.7 VTOX)  
 294. 1 1.05 2 1.02 5 1.275  
 295. LOAD COMB 13 0.75(1.4CM + 1.7 \* 0.8 CV -1.7 VTOX)  
 296. 1 1.05 2 1.02 5 -1.275  
 297. LOAD COMB 14 0.75(1.4CM + 1.7 \* 0.8 CV +1.7 VTOZ)  
 298. 1 1.05 2 1.02 6 1.275  
 299. LOAD COMB 15 0.75(1.4CM + 1.7 \* 0.8 CV -1.7 VTOZ)  
 300. 1 1.05 2 1.02 6 -1.275  
 301. LOAD COMB 16 1. CM + 1. CV  
 302. 1 1. 2 1.  
 303. LOAD COMB 17 0.75(CM + 0.8 CV + SX +0.3 SZ)  
 304. 1 0.75 2 0.6 3 0.75 4 0.3  
 305. LOAD COMB 18 0.75(CM + 0.8 CV - SX -0.3 SZ)  
 306. 1 0.75 2 0.6 3 -0.75 -4 0.3 0.3  
 307. LOAD COMB 19 0.75(CM + CV + 0.3 SX + SZ)  
 308. 1 0.75 2 0.6 3 0.3 4 0.75  
 309. LOAD COMB 20 0.75(CM + CV -0.3 SX - SZ)  
 310. 1 0.75 2 0.6 3 -0.3 4 -0.75  
 311. LOAD COMB 21 0.75(CM + 0.8 CV + VTOX)  
 312. 1 0.75 2 0.6 5 0.75  
 313. LOAD COMB 22 0.75(CM + 0.8 CV - VTOX)  
 314. 1 0.75 2 0.6 5 -0.75  
 315. LOAD COMB 23 0.75(CM + 0.8CV +VTOZ)  
 316. 1 0.75 2 0.6 6 0.75  
 317. LOAD COMB 24 0.75(CM + 0.8 CV -VTOZ)  
 318. 1 0.75 2 0.6 6 -0.75  
 319. PERFORM ANALYSIS

## P R O B L E M   S T A T I S T I C S

-----  
NUMBER OF JOINTS/MEMBER+ELEMENTS/SUPPORTS = 268/ 346/ 24  
ORIGINAL/FINAL BAND-WIDTH = 198/ 33  
TOTAL PRIMARY LOAD CASES = 6, TOTAL DEGREES OF FREEDOM = 1608  
SIZE OF STIFFNESS MATRIX = 328032 DOUBLE PREC. WORDS  
REQRD/AVAIL. DISK SPACE = 15.45/ 113.1 MB, EXMEM = 8.8 MB

++ Processing Element Stiffness Matrix. 17:53:38  
++ Processing Global Stiffness Matrix. 17:53:55  
++ Processing Triangular Factorization. 17:54: 1  
++ Calculating Joint Displacements. 17:54:30  
++ Calculating Member Forces. 17:54:45

320. LOAD LIST 1 2 3 4 5 6  
321. PRINT SUPPORT REACTIONS

## SUPPORT REACTIONS -UNIT MTON METE STRUCTURE TYPE = SPACE

JOINT	LOAD	FORCE-X	FORCE-Y	FORCE-Z	MOM-X	MOM-Y	MOM Z
1	1	2.67	41.68	4.19	-3.18	0.03	2.34
	2	0.19	2.95	0.32	-0.24	0.00	0.16
	3	-2.20	-125.88	-13.97	14.55	-0.44	-0.80
	4	14.51	166.25	6.43	-10.81	-0.18	15.64
	5	-0.29	-41.94	-5.03	4.71	-0.16	-0.39
	6	4.60	53.59	2.57	-3.30	-0.06	4.92
12	1	3.59	54.73	0.53	0.12	-0.01	0.85
	2	0.25	4.07	0.08	0.00	0.00	0.07
	3	-9.45	-215.72	-2.13	3.56	-0.20	-1.37
	4	9.45	76.16	-13.89	13.84	-0.99	6.10
	5	-2.98	-72.32	-1.30	1.13	-0.07	-0.51
	6	2.88	24.54	-3.72	4.54	-0.32	1.93
23	1	5.14	48.55	-1.20	0.20	-0.02	5.75
	2	0.41	3.84	-0.06	0.01	0.00	0.49
	3	-13.75	-204.23	11.16	-5.36	0.04	-23.11
	4	-8.59	-72.88	-11.13	10.30	-0.59	-14.88
	5	-5.35	-69.08	2.83	-1.90	0.03	-7.62
	6	-2.64	-23.35	-3.12	3.26	-0.20	-4.71
34	1	-0.06	78.24	-4.66	14.03	-0.01	-3.05
	2	0.02	6.34	-0.32	1.15	0.00	-0.26
	3	9.99	-166.87	15.32	-38.52	0.89	17.18
	4	-7.74	-223.26	-1.98	-17.14	-0.69	4.22
	5	2.17	-55.18	4.12	-12.75	0.32	5.83
	6	-2.05	-72.12	0.30	-5.40	-0.23	1.34
45	1	-0.02	39.12	-4.68	2.78	0.00	0.00
	2	0.00	3.29	-0.39	0.26	0.00	0.00
	3	9.93	3.52	-0.71	0.04	0.74	4.58
	4	-1.28	-182.37	18.72	-14.34	0.01	0.39
	5	1.99	1.30	-0.36	-0.03	0.28	1.69
	6	-0.31	-59.25	6.30	-4.56	0.00	0.10
56	1	0.08	78.29	-4.64	14.02	0.01	3.02
	2	-0.01	6.36	-0.32	1.15	0.00	0.26
	3	11.26	174.35	-17.92	38.48	0.88	17.21
	4	5.24	-233.34	2.60	-17.52	0.65	-4.82
	5	2.51	57.56	-4.86	12.80	0.30	5.91
	6	1.41	-75.16	1.55	-5.54	0.21	-1.54
67	1	-5.05	48.53	-1.07	0.25	0.03	-5.78
	2	-0.41	3.87	-0.06	0.01	0.00	-0.49
	3	-13.72	206.99	-11.13	5.90	-0.04	-23.21
	4	10.76	-84.48	-6.65	11.26	0.50	15.11
	5	-5.36	69.37	-2.81	2.09	0.00	-7.50
	6	3.36	-26.95	-1.89	3.53	0.17	4.78
78	1	-3.72	55.29	0.68	0.22	0.04	-0.97
	2	-0.26	4.12	0.09	0.01	0.00	-0.07
	3	-9.86	214.74	1.09	-3.54	-0.17	-1.99
	4	-7.18	69.64	-9.22	14.61	0.93	-6.45
	5	-3.35	71.86	1.04	-1.09	-0.05	-0.56
	6	-2.21	22.40	-2.40	4.76	0.30	-2.04

SUPPORT REACTIONS -UNIT MTON METE      STRUCTURE TYPE = SPACE

JOINT	LOAD	FORCE-X	FORCE-Y	FORCE-Z	MOM-X	MOM-Y	MOM Z
89	1	-2.87	42.80	4.16	-3.32	-0.03	-2.46
	2	-0.21	3.05	0.33	-0.24	0.00	-0.18
	3	1.17	120.40	10.56	-15.42	-0.44	-1.99
	4	-10.77	166.75	5.80	-12.09	0.29	-15.69
	5	0.59	40.38	3.97	-5.01	-0.15	-0.64
	6	-3.45	53.47	2.26	-3.70	0.09	-4.95
100	1	-0.19	52.06	2.44	-2.01	-0.01	-0.13
	2	-0.01	3.65	0.17	-0.15	0.00	-0.03
	3	8.61	-3.94	-0.35	0.00	-0.89	15.54
	4	2.93	220.32	5.56	-5.67	0.01	0.07
	5	3.02	-1.05	-0.10	0.00	-0.30	5.22
	6	0.84	70.63	2.06	-1.70	0.00	0.04
111	1	1.16	60.42	4.08	-12.32	0.07	0.04
	2	0.06	4.59	0.34	-1.00	0.01	0.01
	3	5.15	-128.67	-7.41	26.87	-0.12	4.00
	4	3.05	15.59	-7.84	18.81	0.18	-0.11
	5	1.25	-42.86	-2.72	8.87	-0.06	1.45
	6	0.93	5.72	-1.78	6.08	0.06	-0.04
112	1	-0.13	38.67	-1.11	2.54	0.00	0.07
	2	-0.02	2.81	-0.07	0.19	0.00	0.01
	3	6.53	-1.05	0.02	-0.17	-0.21	4.40
	4	1.13	67.01	-4.47	8.05	0.04	-0.13
	5	2.00	-0.28	0.00	-0.05	-0.07	1.47
	6	0.33	21.20	-1.17	2.66	0.01	-0.04
113	1	-1.30	60.81	4.13	-12.35	-0.08	0.12
	2	-0.08	4.62	0.34	-1.01	-0.01	0.01
	3	5.19	126.56	5.84	-27.53	-0.09	4.21
	4	-1.43	14.59	-5.95	20.03	-0.10	0.00
	5	1.40	42.32	2.30	-9.04	-0.04	1.47
	6	-0.43	5.29	-1.27	6.45	-0.04	0.00
144	1	0.76	7.69	0.48	-1.06	0.00	0.76
	2	0.08	0.56	0.04	-0.10	0.00	0.07
	3	-21.75	-42.47	6.81	6.99	0.07	-0.90
	4	-5.14	67.98	19.92	-7.37	0.04	5.98
	5	-7.17	-14.34	1.87	-2.34	0.02	-0.37
	6	-1.81	22.00	6.63	-2.35	0.01	1.95
147	1	0.14	7.64	-0.42	-0.15	0.00	-0.08
	2	0.02	0.63	-0.07	-0.03	0.00	-0.01
	3	-4.05	-47.18	11.87	2.99	0.02	1.46
	4	-9.89	20.15	30.55	9.29	0.11	2.87
	5	-1.87	-15.93	3.15	1.07	0.00	0.52
	6	-3.33	6.61	10.28	3.00	0.03	0.93
150	1	0.75	9.20	-0.57	0.10	0.00	1.87
	2	0.08	0.82	-0.09	0.00	0.00	0.20
	3	-19.41	-82.16	-4.04	-2.63	-0.04	-12.94
	4	5.27	-24.41	26.62	2.94	0.02	-6.05
	5	-8.13	-28.52	-2.45	-0.91	-0.01	-4.43
	6	1.95	-7.73	9.42	0.93	0.00	-1.97

## ESTRUCTURA PARA TORRE DE CONTROL

-- PAGE NO. 10  
ID:

SUPPORT REACTIONS -UNIT MTON METE STRUCTURE TYPE = SPACE

JOINT	LOAD	FORCE-X	FORCE-Y	FORCE-Z	MOM-X	MOM-Y	MOM Z
153	1	-0.21	8.35	-0.16	0.54	0.00	-0.78
	2	-0.04	0.79	-0.03	0.06	0.00	-0.08
	3	-22.25	-26.40	-15.94	-6.91	-0.09	9.96
	4	17.95	-43.48	13.30	1.01	0.08	-0.80
	5	-9.70	-8.87	-6.40	-2.34	-0.03	3.38
	6	6.20	-14.05	5.37	0.34	0.02	-0.27
156	1	0.01	7.93	-1.02	0.96	0.00	0.00
	2	0.00	0.78	-0.13	0.10	0.00	0.00
	3	-22.52	3.38	-0.96	0.19	-0.09	0.99
	4	-0.52	-75.06	13.94	-8.68	0.02	0.01
	5	-9.10	1.39	-0.46	0.03	-0.02	0.38
	6	-0.08	-24.91	5.38	-2.83	0.00	0.00
159	1	0.29	8.42	-0.22	0.54	0.01	0.78
	2	0.05	0.79	-0.04	0.06	0.00	0.08
	3	-20.36	30.67	14.57	7.04	-0.10	10.14
	4	-18.57	-43.42	13.78	0.79	-0.07	0.43
	5	-8.05	10.40	5.77	2.36	-0.04	3.41
	6	-6.21	-14.03	5.39	0.28	-0.02	0.16
162	1	-0.78	9.34	-0.74	0.08	0.00	-1.86
	2	-0.08	0.83	-0.10	0.00	0.00	-0.20
	3	-18.20	79.58	4.68	0.81	-0.03	-12.77
	4	-6.40	-22.86	26.78	3.99	-0.04	5.97
	5	-6.68	27.04	2.60	0.34	-0.01	-4.30
	6	-2.23	-7.22	9.26	1.26	-0.01	1.94
165	1	-0.21	7.42	-0.57	-0.17	0.02	0.07
	2	-0.03	0.59	-0.07	-0.03	0.00	0.01
	3	-0.40	10.89	-0.65	-12.41	-0.05	4.37
	4	8.25	39.92	25.86	14.09	-0.11	-4.58
	5	0.13	4.55	0.61	-3.91	-0.02	1.39
	6	2.71	12.91	8.49	4.51	-0.03	-1.46
168	1	0.12	3.08	0.37	-0.85	0.00	0.29
	2	0.01	0.18	0.03	-0.07	0.00	0.02
	3	-2.26	-23.07	-6.70	4.75	-0.03	-1.45
	4	7.39	61.17	22.30	-12.86	0.01	4.29
	5	-0.60	-6.35	-1.77	1.28	-0.01	-0.38
	6	2.41	19.68	7.28	-4.09	0.00	1.36
171	1	0.44	7.56	0.02	0.02	-0.02	0.09
	2	0.05	0.61	0.00	0.00	0.00	0.02
	3	-25.06	32.98	0.01	-0.04	0.09	17.98
	4	-7.93	23.26	0.15	0.32	0.08	-8.24
	5	-7.87	10.36	0.00	-0.01	0.03	5.81
	6	-2.73	7.54	0.06	0.11	0.03	-2.58
172	1	-0.63	3.79	0.00	0.01	0.00	-1.05
	2	-0.07	0.32	0.00	0.00	0.00	-0.11
	3	-23.79	63.56	-0.01	-0.01	-0.02	-14.06
	4	-0.49	-3.24	0.03	0.12	0.03	0.60
	5	-7.60	20.19	0.00	0.00	-0.01	-4.44
	6	-0.16	-0.82	0.01	0.04	0.01	0.10

SUPPORT REACTIONS -UNIT MTON METE STRUCTURE TYPE = SPACE

-----

JOINT	LOAD	FORCE-X	FORCE-Y	FORCE-Z	MOM-X	MOM-Y	MOM Z
-------	------	---------	---------	---------	-------	-------	-------

\*\*\*\*\* END OF LATEST ANALYSIS RESULT \*\*\*\*\*

322. LOAD LIST 7 8 9 10 11 12 13 14 15

323. START CONCRETE DESIGN

324. CODE ACI

325. FYMAIN 42000. ALL

326. FC 2500. ALL

327. TRACK 1.0 MEMB 323 TO 325 338 TO 340

328. DESIGN BEAM 323 TO 325 338 TO 340

=====

BEAM NO. 323 DESIGN RESULTS - FLEXURE

LEN - 2047. MM FY - 412. FC - 25. MPA, SIZE - 400. X 900. MMS

LEVEL	HEIGHT (MM)	BAR INFO	FROM (MM)	TO (MM)	ANCHOR STA	END
-------	-------------	----------	-----------	---------	------------	-----

1	59.	6 - 16MM	1172.	2047.	NO	YES
---	-----	----------	-------	-------	----	-----

CRITICAL POS MOMENT= 110.08 KN-MET AT 2047.MM, LOAD 13  
 REQD STEEL= 1127.MM2, ROW=0.0033, ROWMX=0.0191 ROWMN=0.0033  
 MAX/MIN/ACTUAL BAR SPACING= 282./ 41./ 56. MMS  
 BASIC/REQD. DEVELOPMENT LENGTH = 317./ 449. MMS

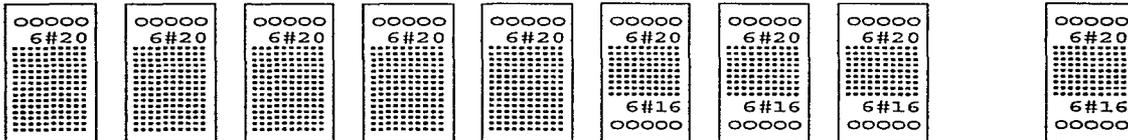
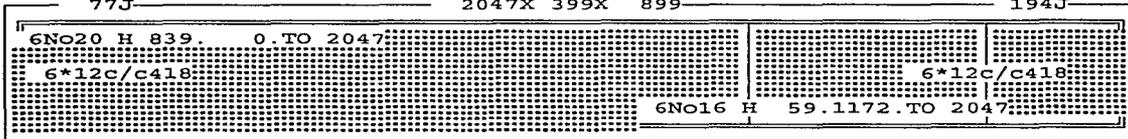
2	839.	6 - 20MM	0.	2047.	YES	YES
---	------	----------	----	-------	-----	-----

CRITICAL NEG MOMENT= 489.60 KN-MET AT 0.MM, LOAD 7  
 REQD STEEL= 1654.MM2, ROW=0.0049, ROWMX=0.0191 ROWMN=0.0033  
 MAX/MIN/ACTUAL BAR SPACING= 278./ 45./ 56. MMS  
 BASIC/REQD. DEVELOPMENT LENGTH = 496./ 1289. MMS

BEAM NO. 323 DESIGN RESULTS - SHEAR

AT START SUPPORT - Vu= 280.87 KNS Vc= 275.13 KNS Vs= 55.30 KNS  
 PROVIDE 12 MM BARS AT 418. MM C/C FOR 2047. MM  
 AT END SUPPORT - Vu= 276.43 KNS Vc= 275.13 KNS Vs= 50.08 KNS  
 PROVIDE 12 MM BARS AT 418. MM C/C FOR 2047. MM

77J ----- 2047X 399X 899 ----- 194J



-----  
B E A M N O . 3 2 4 D E S I G N R E S U L T S - F L E X U R E

LEN - 1853. MM FY - 412. FC - 25. MPA, SIZE - 400. X 900. MMS

-----  
LEVEL HEIGHT BAR INFO FROM TO ANCHOR  
(MM) (MM) STA END  
-----

1 59. 6 - 16MM 864. 1853. NO YES

-----  
CRITICAL POS MOMENT= 246.92 KN-MET AT 1853. MM, LOAD 7  
REQD STEEL= 1127. MM<sup>2</sup>, ROW=0.0033, ROWMX=0.0191 ROWMN=0.0033  
MAX/MIN/ACTUAL BAR SPACING= 282. / 41. / 56. MMS  
BASIC/REQD. DEVELOPMENT LENGTH = 317. / 449. MMS  
-----

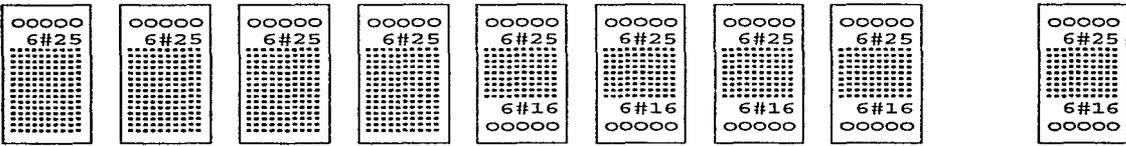
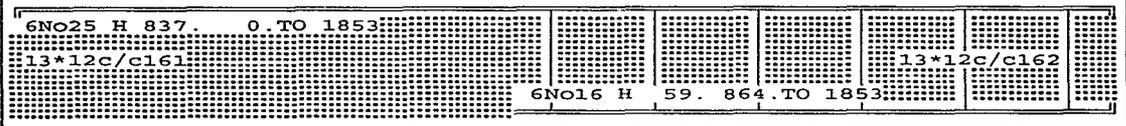
2 837. 6 - 25MM 0. 1853. YES YES

-----  
CRITICAL NEG MOMENT= 775.24 KN-MET AT 0. MM, LOAD 7  
REQD STEEL= 2718. MM<sup>2</sup>, ROW=0.0081, ROWMX=0.0191 ROWMN=0.0033  
MAX/MIN/ACTUAL BAR SPACING= 273. / 50. / 55. MMS  
BASIC/REQD. DEVELOPMENT LENGTH = 774. / 2013. MMS  
-----

B E A M N O . 3 2 4 D E S I G N R E S U L T S - S H E A R

AT START SUPPORT - Vu= 552.55 KNS Vc= 261.52 KNS vs= 388.54 KNS  
PROVIDE 12 MM BARS AT 161. MM C/C FOR 1853. MM  
AT END SUPPORT - Vu= 550.41 KNS Vc= 261.42 KNS vs= 386.12 KNS  
PROVIDE 12 MM BARS AT 162. MM C/C FOR 1853. MM

194J ----- 1853X 399X 899 ----- 203J



=====

B E A M N O . 3 2 5 D E S I G N R E S U L T S - F L E X U R E

LEN - 1640. MM FY - 412. FC - 25. MPA, SIZE - 400. X 900. MMS

LEVEL	HEIGHT (MM)	BAR INFO	FROM (MM)	TO (MM)	ANCHOR STA END
-------	----------------	----------	--------------	------------	-------------------

-----

1	59.	6 - 16MM	29.	1640.	NO YES
---	-----	----------	-----	-------	--------

-----

CRITICAL POS MOMENT= 18.66 KN-MET AT 1640.MM, LOAD 7  
 REQD STEEL= 1127.MM2, ROW=0.0033, ROWMX=0.0191 ROWMN=0.0033  
 MAX/MIN/ACTUAL BAR SPACING= 282./ 41./ 56. MMS  
 BASIC/REQD. DEVELOPMENT LENGTH = 317./ 449. MMS

-----

2	841.	6 - 16MM	0.	1445.	YES NO
---	------	----------	----	-------	--------

-----

CRITICAL NEG MOMENT= 17.97 KN-MET AT 0.MM, LOAD 7  
 REQD STEEL= 1127.MM2, ROW=0.0033, ROWMX=0.0191 ROWMN=0.0033  
 MAX/MIN/ACTUAL BAR SPACING= 282./ 41./ 56. MMS  
 BASIC/REQD. DEVELOPMENT LENGTH = 317./ 625. MMS

-----

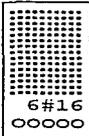
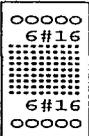
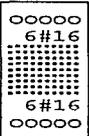
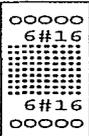
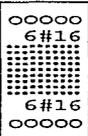
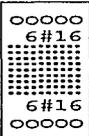
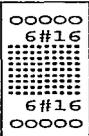
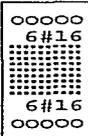
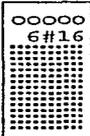
B E A M N O . 3 2 5 D E S I G N R E S U L T S - S H E A R

AT START SUPPORT - Vu= 22.14 KNS Vc= 275.13 KNS Vs= 0.00 KNS  
 STIRRUPS ARE NOT REQUIRED.  
 AT END SUPPORT - Vu= 22.53 KNS Vc= 275.13 KNS Vs= 0.00 KNS  
 STIRRUPS ARE NOT REQUIRED.

203J 1640X 399X 899 216J

6N016 H 841. 0.T0 1445:

6N016 H 59. 29.T0 1640:



=====

B E A M N O . 3 3 8 D E S I G N R E S U L T S - F L E X U R E

LEN - 4729. MM FY - 412. FC - 25. MPA, SIZE - 250. X 400. MMS

-----

LEVEL	HEIGHT (MM)	BAR INFO	FROM (MM)	TO (MM)	ANCHOR STA	END
-------	----------------	----------	--------------	------------	---------------	-----

-----

1	343.	3 - 12MM	0.	4729.	YES	YES
---	------	----------	----	-------	-----	-----

CRITICAL NEG MOMENT=	39.85 KN-MET	AT	4729.MM,	LOAD	7
REQD STEEL=	325.MM2,	ROW=0.0038,	ROWMX=0.0191	ROWMN=0.0033	
MAX/MIN/ACTUAL BAR SPACING=	136./	37./	68.	MMS	
BASIC/REQD. DEVELOPMENT LENGTH =	178./	469.	MMS		

-----

B E A M N O . 3 3 8 D E S I G N R E S U L T S - S H E A R

AT START SUPPORT - Vu=	5.03 KNS	Vc=	8.62 KNS	Vs=	0.00 KNS
	PROVIDE 12 MM BARS AT	118. MM	C/C FOR	197. MM	
AT END SUPPORT - Vu=	8.35 KNS	Vc=	14.12 KNS	Vs=	0.00 KNS
	PROVIDE 12 MM BARS AT	118. MM	C/C FOR	197. MM	

----- 219J ----- 4728X 249X 399 ----- 213J -----

3No12 H 343.	0 TO 4729	3*12c/c118
--------------	-----------	------------

000
3#12

000
3#12

000
3#12

000
3#12

000
3#12

000
3#12

## =====

## B E A M N O. 339 D E S I G N R E S U L T S - F L E X U R E

LEN - 4729. MM FY - 412. FC - 25. MPA, SIZE - 250. X 400. MMS

LEVEL	HEIGHT (MM)	BAR INFO	FROM (MM)	TO (MM)	ANCHOR STA	END END
1	343.	3 - 12MM	0.	4729.	YES	YES

-----

CRITICAL NEG MOMENT=	28.22 KN-MET	AT	0. MM,	LOAD	7
REQD STEEL=	287. MM <sup>2</sup> ,	ROW=0.0033,	ROWMX=0.0191	ROWMN=0.0033	
MAX/MIN/ACTUAL BAR SPACING=	136./	37./	68. MMS		
BASIC/REQD. DEVELOPMENT LENGTH =	178./	469. MMS			

## B E A M N O. 339 D E S I G N R E S U L T S - S H E A R

AT START SUPPORT - Vu=	7.18 KNS	Vc=	69.17 KNS	Vs=	0.00 KNS
	STIRRUPS ARE NOT REQUIRED.				
AT END SUPPORT - Vu=	6.20 KNS	Vc=	69.17 KNS	Vs=	0.00 KNS
	STIRRUPS ARE NOT REQUIRED.				

----- 213J ----- 4728X 249X 399 ----- 214J -----

3No12 H 343. 0. TO 4729.

000
3#12

000
3#12

000
3#12

000
3#12

000
3#12

000
3#12

=====

B E A M N O . 3 4 0 D E S I G N R E S U L T S - F L E X U R E

LEN - 4727. MM FY - 412. FC - 25. MPA, SIZE - 250. X 400. MMS

LEVEL	HEIGHT (MM)	BAR INFO	FROM (MM)	TO (MM)	ANCHOR STA END
-------	----------------	----------	--------------	------------	-------------------

1	343.	3 - 12MM	0.	4727.	YES YES
---	------	----------	----	-------	---------

-----

CRITICAL NEG MOMENT= 29.90 KN-MET AT 0. MM, LOAD 7  
 REQD STEEL= 287. MM2, ROW=0.0033, ROWMX=0.0191 ROWMN=0.0033  
 MAX/MIN/ACTUAL BAR SPACING= 136./ 37./ 68. MMS  
 BASIC/REQD. DEVELOPMENT LENGTH = 178./ 469. MMS

-----

B E A M N O . 3 4 0 D E S I G N R E S U L T S - S H E A R

AT START SUPPORT - Vu= 7.85 KNS Vc= 69.17 KNS Vs= 0.00 KNS  
 STIRRUPS ARE NOT REQUIRED.  
 AT END SUPPORT - Vu= 5.53 KNS Vc= 69.17 KNS Vs= 0.00 KNS  
 STIRRUPS ARE NOT REQUIRED.

214J----- 4727X 249X 399----- 215J

3N012 H 343. 0. TO 4727

000  
3#12

000  
3#12

000  
3#12

000  
3#12

000  
3#12

000  
3#12

\*\*\*\*\*END OF BEAM DESIGN\*\*\*\*\*

329. DESIGN ELEMENT 1 TO 170 172 TO 281 313 TO 322

## ELEMENT DESIGN SUMMARY

ELEMENT	LONG. REINF (SQ.MM/MM)	MOM-X /LOAD (KN-MM/MM)	TRANS. REINF (SQ.MM/MM)	MOM-Y /LOAD (KN-MM/MM)
1 TOP :	0.600	5.77 / 9	0.600	0.43 / 9
BOTT:	0.600	5.48 / 8	0.600	0.42 / 8
2 TOP :	0.600	6.86 / 9	0.600	1.11 / 8
BOTT:	0.600	5.06 / 8	0.600	0.96 / 9
3 TOP :	0.400	2.88 / 9	0.400	0.50 / 8
BOTT:	0.400	2.25 / 8	0.400	0.46 / 11
4 TOP :	0.400	2.56 / 9	0.400	0.37 / 10
BOTT:	0.400	2.12 / 8	0.400	0.37 / 11
5 TOP :	0.400	1.93 / 9	0.400	0.09 / 13
BOTT:	0.400	1.64 / 8	0.400	0.08 / 12
6 TOP :	0.400	1.40 / 9	0.400	0.11 / 13
BOTT:	0.400	1.22 / 8	0.400	0.12 / 12
7 TOP :	0.400	1.00 / 9	0.400	0.23 / 11
BOTT:	0.400	0.80 / 8	0.400	0.21 / 10
8 TOP :	0.400	0.91 / 9	0.400	0.21 / 13
BOTT:	0.400	0.11 / 8	0.000	0.00 / 10
9 TOP :	0.400	2.04 / 7	0.400	0.57 / 9
BOTT:	0.000	0.00 / 8	0.000	0.00 / 10
10 TOP :	0.400	9.88 / 7	0.400	1.67 / 7
BOTT:	0.000	0.00 / 8	0.000	0.00 / 10
11 TOP :	0.600	5.43 / 9	0.600	0.78 / 9
BOTT:	0.600	4.54 / 8	0.600	0.58 / 8
12 TOP :	0.600	7.25 / 9	0.600	0.36 / 8
BOTT:	0.600	6.19 / 8	0.600	0.36 / 9
13 TOP :	0.400	3.00 / 9	0.400	0.32 / 8
BOTT:	0.400	2.65 / 8	0.400	0.32 / 9
14 TOP :	0.400	2.52 / 9	0.400	0.18 / 10
BOTT:	0.400	2.16 / 8	0.400	0.18 / 11
15 TOP :	0.400	1.90 / 9	0.400	0.14 / 9
BOTT:	0.400	1.63 / 8	0.400	0.13 / 12
16 TOP :	0.400	1.40 / 9	0.400	0.27 / 9
BOTT:	0.400	1.22 / 8	0.400	0.24 / 8

## ESTRUCTURA PARA TORRE DE CONTROL

-- PAGE NO. 19

							ID:
17	TOP :	0.400	1.02 /	9	0.400	0.41 /	9
	BOTT:	0.400	0.84 /	8	0.400	0.39 /	8
18	TOP :	0.400	0.85 /	9	0.400	0.46 /	9
	BOTT:	0.400	0.20 /	8	0.400	0.24 /	8
19	TOP :	0.400	1.21 /	7	0.400	0.69 /	9
	BOTT:	0.000	0.00 /	8	0.400	0.52 /	C
20	TOP :	0.400	7.70 /	7	0.400	1.52 /	9
	BOTT:	0.000	0.00 /	8	0.000	0.02 /	8
21	TOP :	0.600	7.19 /	11	0.600	1.46 /	11
	BOTT:	0.600	7.22 /	10	0.600	1.38 /	10
22	TOP :	0.600	8.89 /	11	0.600	1.12 /	9
	BOTT:	0.600	8.43 /	10	0.600	0.86 /	8
23	TOP :	0.400	3.92 /	11	0.400	0.57 /	9
	BOTT:	0.400	3.86 /	10	0.400	0.53 /	8
24	TOP :	0.400	3.27 /	11	0.400	0.33 /	9
	BOTT:	0.400	3.16 /	10	0.400	0.33 /	8
25	TOP :	0.400	2.40 /	11	0.400	0.28 /	12
	BOTT:	0.400	2.33 /	10	0.400	0.27 /	13
26	TOP :	0.400	1.84 /	11	0.400	0.30 /	12
	BOTT:	0.400	1.77 /	10	0.400	0.31 /	13
27	TOP :	0.400	1.38 /	11	0.400	0.29 /	12
	BOTT:	0.400	1.22 /	10	0.400	0.33 /	13
28	TOP :	0.400	1.13 /	11	0.400	0.03 /	11
	BOTT:	0.400	0.45 /	10	0.400	0.38 /	10
29	TOP :	0.400	1.41 /	7	0.400	0.48 /	8
	BOTT:	0.000	0.00 /	10	0.400	0.27 /	9
30	TOP :	0.400	7.23 /	7	0.400	1.14 /	7
	BOTT:	0.000	0.00 /	10	0.000	0.00 /	9
31	TOP :	0.600	6.67 /	11	0.600	0.84 /	9
	BOTT:	0.600	6.77 /	10	0.600	0.98 /	8
32	TOP :	0.600	9.38 /	11	0.600	0.65 /	11
	BOTT:	0.600	8.99 /	10	0.600	0.75 /	10
33	TOP :	0.400	4.11 /	11	0.400	0.67 /	11
	BOTT:	0.400	4.06 /	10	0.400	0.71 /	10
34	TOP :	0.400	3.55 /	11	0.400	0.70 /	11
	BOTT:	0.400	3.44 /	10	0.400	0.71 /	10

## ESTRUCTURA PARA TORRE DE CONTROL

-- PAGE NO. 20

						ID:
35	TOP :	0.400	2.50 /	11	0.400	0.25 / 11
	BOTT:	0.400	2.43 /	10	0.400	0.27 / 10
36	TOP :	0.400	1.77 /	11	0.400	0.08 / 8
	BOTT:	0.400	1.74 /	10	0.400	0.10 / 9
37	TOP :	0.400	1.26 /	11	0.400	0.20 / 8
	BOTT:	0.400	1.10 /	10	0.400	0.24 / 7
38	TOP :	0.400	1.17 /	11	0.400	0.43 / 8
	BOTT:	0.400	0.15 /	10	0.000	0.00 / 9
39	TOP :	0.400	1.67 /	7	0.400	0.29 / 8
	BOTT:	0.000	0.00 /	10	0.400	0.14 / 9
40	TOP :	0.400	6.81 /	7	0.400	0.91 / 7
	BOTT:	0.000	0.00 /	10	0.000	0.00 / 9
41	TOP :	0.600	4.76 /	11	0.600	0.77 / 8
	BOTT:	0.600	4.86 /	10	0.600	0.87 / 9
42	TOP :	0.600	7.09 /	11	0.600	0.42 / 9
	BOTT:	0.600	6.70 /	10	0.600	0.34 / 11
43	TOP :	0.400	2.86 /	11	0.400	0.28 / 8
	BOTT:	0.400	2.81 /	10	0.400	0.25 / 9
44	TOP :	0.400	2.50 /	11	0.400	0.60 / 8
	BOTT:	0.400	2.38 /	10	0.400	0.50 / 9
45	TOP :	0.400	1.77 /	11	0.400	0.31 / 10
	BOTT:	0.400	1.71 /	10	0.400	0.33 / 11
46	TOP :	0.400	1.26 /	11	0.400	0.36 / 13
	BOTT:	0.400	1.23 /	10	0.400	0.38 / 12
47	TOP :	0.400	0.91 /	11	0.400	0.45 / 13
	BOTT:	0.400	0.72 /	10	0.400	0.33 / 12
48	TOP :	0.400	0.93 /	11	0.400	0.52 / 13
	BOTT:	0.000	0.00 /	10	0.000	0.01 / 12
49	TOP :	0.400	1.79 /	7	0.400	0.68 / 9
	BOTT:	0.000	0.00 /	10	0.000	0.00 / 12
50	TOP :	0.400	7.14 /	7	0.400	1.50 / 7
	BOTT:	0.000	0.00 /	10	0.000	0.00 / 12
51	TOP :	0.600	6.25 /	11	0.600	0.93 / 11
	BOTT:	0.600	6.29 /	10	0.600	0.85 / 10
52	TOP :	0.600	5.65 /	11	0.600	1.12 / 8
	BOTT:	0.600	5.17 /	10	0.600	0.80 / 11

## ESTRUCTURA PARA TORRE DE CONTROL

-- PAGE NO. 21

						ID:
53 TOP :	0.400	2.34 /	11	0.400	0.66 /	8
BOTT:	0.400	2.28 /	10	0.400	0.60 /	11
54 TOP :	0.400	2.30 /	11	0.400	0.42 /	8
BOTT:	0.400	2.19 /	10	0.400	0.34 /	11
55 TOP :	0.400	1.81 /	11	0.400	0.17 /	12
BOTT:	0.400	1.73 /	10	0.400	0.17 /	13
56 TOP :	0.400	1.40 /	11	0.400	0.18 /	9
BOTT:	0.400	1.34 /	10	0.400	0.20 /	8
57 TOP :	0.400	1.07 /	11	0.400	0.31 /	9
BOTT:	0.400	0.93 /	10	0.400	0.36 /	8
58 TOP :	0.400	0.89 /	11	0.400	0.03 /	9
BOTT:	0.400	0.24 /	10	0.400	0.34 /	8
59 TOP :	0.400	1.43 /	7	0.400	0.55 /	9
BOTT:	0.000	0.00 /	10	0.400	0.18 /	8
60 TOP :	0.400	7.52 /	7	0.400	1.42 /	7
BOTT:	0.000	0.00 /	10	0.000	0.00 /	8
61 TOP :	0.600	5.55 /	8	0.600	0.77 /	8
BOTT:	0.600	4.82 /	9	0.600	0.67 /	9
62 TOP :	0.600	7.59 /	8	0.600	0.22 /	8
BOTT:	0.600	6.45 /	9	0.600	0.16 /	9
63 TOP :	0.400	3.12 /	8	0.400	0.23 /	9
BOTT:	0.400	2.75 /	9	0.400	0.23 /	8
64 TOP :	0.400	2.58 /	8	0.400	0.21 /	9
BOTT:	0.400	2.25 /	9	0.400	0.22 /	8
65 TOP :	0.400	1.96 /	8	0.400	0.13 /	8
BOTT:	0.400	1.70 /	9	0.400	0.14 /	9
66 TOP :	0.400	1.47 /	8	0.400	0.28 /	8
BOTT:	0.400	1.27 /	9	0.400	0.26 /	9
67 TOP :	0.400	1.07 /	8	0.400	0.41 /	8
BOTT:	0.400	0.88 /	9	0.400	0.40 /	9
68 TOP :	0.400	0.90 /	8	0.400	0.55 /	8
BOTT:	0.400	0.18 /	9	0.400	0.18 /	9
69 TOP :	0.400	1.34 /	7	0.400	0.81 /	8
BOTT:	0.000	0.00 /	9	0.400	0.27 /	9
70 TOP :	0.400	7.99 /	7	0.400	1.64 /	8
BOTT:	0.000	0.00 /	9	0.000	0.00 /	9

## ESTRUCTURA PARA TORRE DE CONTROL

-- PAGE NO. 22

ID:							
71	TOP :	0.600	5.42 /	8	0.600	0.30 /	8
	BOTT:	0.600	5.18 /	9	0.600	0.41 /	9
72	TOP :	0.600	7.86 /	8	0.600	1.30 /	9
	BOTT:	0.600	6.54 /	11	0.600	1.23 /	8
73	TOP :	0.400	3.05 /	8	0.400	0.42 /	9
	BOTT:	0.400	2.54 /	9	0.400	0.46 /	8
74	TOP :	0.400	2.44 /	8	0.400	0.27 /	11
	BOTT:	0.400	2.13 /	9	0.400	0.31 /	10
75	TOP :	0.400	1.90 /	8	0.400	0.19 /	11
	BOTT:	0.400	1.69 /	9	0.400	0.21 /	10
76	TOP :	0.400	1.39 /	8	0.400	0.15 /	11
	BOTT:	0.400	1.32 /	9	0.400	0.21 /	10
77	TOP :	0.400	0.98 /	8	0.400	0.27 /	11
	BOTT:	0.400	0.92 /	9	0.400	0.29 /	10
78	TOP :	0.400	0.74 /	8	0.000	0.00 /	11
	BOTT:	0.400	0.25 /	9	0.400	0.23 /	10
79	TOP :	0.400	1.66 /	7	0.400	0.09 /	8
	BOTT:	0.000	0.00 /	9	0.400	0.25 /	9
80	TOP :	0.400	8.59 /	7	0.400	1.28 /	7
	BOTT:	0.000	0.00 /	9	0.000	0.00 /	9
81	TOP :	0.600	1.31 /	10	0.600	7.36 /	10
	BOTT:	0.600	1.30 /	11	0.600	7.66 /	11
82	TOP :	0.600	0.36 /	10	0.600	6.78 /	10
	BOTT:	0.600	0.44 /	11	0.600	7.09 /	11
83	TOP :	0.600	1.04 /	10	0.600	9.48 /	10
	BOTT:	0.600	0.92 /	11	0.600	9.49 /	11
84	TOP :	0.600	1.53 /	11	0.600	10.25 /	10
	BOTT:	0.600	1.56 /	10	0.600	10.27 /	11
85	TOP :	0.400	0.25 /	10	0.400	4.21 /	10
	BOTT:	0.400	0.22 /	11	0.400	4.28 /	11
86	TOP :	0.400	0.48 /	11	0.400	4.17 /	10
	BOTT:	0.400	0.48 /	10	0.400	4.26 /	11
87	TOP :	0.400	0.13 /	10	0.400	3.38 /	10
	BOTT:	0.400	0.11 /	11	0.400	3.43 /	11
88	TOP :	0.400	0.16 /	11	0.400	3.22 /	10
	BOTT:	0.400	0.14 /	10	0.400	3.29 /	11

## ESTRUCTURA PARA TORRE DE CONTROL

-- PAGE NO. 23

							ID:
89	TOP :	0.400	0.16 /	10	0.400	2.53 /	10
	BOTT:	0.400	0.14 /	11	0.400	2.60 /	11
90	TOP :	0.400	0.10 /	9	0.400	2.49 /	10
	BOTT:	0.400	0.06 /	11	0.400	2.58 /	11
91	TOP :	0.400	0.23 /	10	0.400	1.89 /	10
	BOTT:	0.400	0.20 /	11	0.400	1.95 /	11
92	TOP :	0.400	0.19 /	10	0.400	1.88 /	10
	BOTT:	0.400	0.14 /	11	0.400	1.97 /	11
93	TOP :	0.400	0.37 /	10	0.400	1.40 /	10
	BOTT:	0.400	0.25 /	11	0.400	1.36 /	11
94	TOP :	0.400	0.33 /	10	0.400	1.35 /	10
	BOTT:	0.400	0.26 /	11	0.400	1.38 /	11
95	TOP :	0.400	0.78 /	10	0.400	1.18 /	10
	BOTT:	0.400	0.56 /	11	0.400	0.60 /	11
96	TOP :	0.400	0.24 /	11	0.400	0.93 /	10
	BOTT:	0.000	0.00 /	11	0.400	0.49 /	11
97	TOP :	0.400	1.15 /	10	0.400	1.93 /	7
	BOTT:	0.400	0.37 /	11	0.000	0.00 /	11
98	TOP :	0.400	0.36 /	9	0.400	1.69 /	7
	BOTT:	0.000	0.00 /	11	0.000	0.00 /	11
99	TOP :	0.400	2.01 /	7	0.400	9.26 /	7
	BOTT:	0.000	0.00 /	11	0.000	0.00 /	11
100	TOP :	0.400	1.40 /	10	0.400	8.26 /	7
	BOTT:	0.000	0.00 /	11	0.000	0.00 /	11
101	TOP :	0.600	1.41 /	10	0.600	8.17 /	10
	BOTT:	0.600	1.52 /	11	0.600	8.35 /	11
102	TOP :	0.600	1.35 /	10	0.600	8.65 /	10
	BOTT:	0.600	1.32 /	11	0.600	8.70 /	11
103	TOP :	0.600	1.02 /	9	0.600	8.67 /	10
	BOTT:	0.600	0.91 /	11	0.600	8.71 /	11
104	TOP :	0.600	0.51 /	9	0.600	8.31 /	10
	BOTT:	0.600	0.59 /	11	0.600	8.50 /	11
105	TOP :	0.600	2.94 /	10	0.600	9.25 /	10
	BOTT:	0.600	2.95 /	11	0.600	9.25 /	11
106	TOP :	0.600	2.03 /	11	0.600	8.88 /	10
	BOTT:	0.600	2.03 /	10	0.600	8.97 /	11

## ESTRUCTURA PARA TORRE DE CONTROL

-- PAGE NO. 24

ID:							
107	TOP :	0.600	1.63 /	9	0.600	9.14 /	10
	BOTT:	0.600	1.53 /	8	0.600	9.22 /	11
108	TOP :	0.600	1.18 /	9	0.600	8.64 /	10
	BOTT:	0.600	1.46 /	8	0.600	8.68 /	11
109	TOP :	0.400	1.44 /	10	0.400	4.12 /	10
	BOTT:	0.400	1.43 /	11	0.400	4.23 /	11
110	TOP :	0.400	1.11 /	11	0.400	3.61 /	10
	BOTT:	0.400	1.14 /	10	0.400	3.76 /	11
111	TOP :	0.400	0.47 /	9	0.400	3.74 /	10
	BOTT:	0.400	0.45 /	8	0.400	3.89 /	11
112	TOP :	0.400	0.49 /	11	0.400	3.65 /	10
	BOTT:	0.400	0.54 /	10	0.400	3.77 /	11
113	TOP :	0.400	0.81 /	10	0.400	3.11 /	10
	BOTT:	0.400	0.80 /	11	0.400	3.19 /	11
114	TOP :	0.400	0.43 /	11	0.400	2.86 /	10
	BOTT:	0.400	0.43 /	10	0.400	2.98 /	11
115	TOP :	0.400	0.28 /	9	0.400	2.94 /	10
	BOTT:	0.400	0.22 /	8	0.400	3.06 /	11
116	TOP :	0.400	0.57 /	11	0.400	2.92 /	10
	BOTT:	0.400	0.59 /	10	0.400	3.01 /	11
117	TOP :	0.400	0.21 /	8	0.400	2.48 /	10
	BOTT:	0.400	0.18 /	9	0.400	2.57 /	11
118	TOP :	0.400	0.26 /	10	0.400	2.50 /	10
	BOTT:	0.400	0.23 /	11	0.400	2.60 /	11
119	TOP :	0.400	0.17 /	10	0.400	2.48 /	10
	BOTT:	0.400	0.17 /	11	0.400	2.60 /	11
120	TOP :	0.400	0.42 /	11	0.400	2.42 /	10
	BOTT:	0.400	0.40 /	10	0.400	2.49 /	11
121	TOP :	0.400	0.16 /	11	0.400	1.85 /	10
	BOTT:	0.400	0.22 /	10	0.400	1.94 /	11
122	TOP :	0.400	0.50 /	10	0.400	1.97 /	10
	BOTT:	0.400	0.40 /	11	0.400	2.05 /	11
123	TOP :	0.400	0.41 /	10	0.400	1.96 /	10
	BOTT:	0.400	0.39 /	11	0.400	2.06 /	11
124	TOP :	0.400	0.43 /	11	0.400	1.82 /	10
	BOTT:	0.400	0.46 /	10	0.400	1.91 /	11

## ESTRUCTURA PARA TORRE DE CONTROL

-- PAGE NO. 25

						ID:
125	TOP :	0.400	0.37 /	11	0.400	1.29 / 10
	BOTT:	0.400	0.34 /	10	0.400	1.37 / 11
126	TOP :	0.400	0.58 /	10	0.400	1.44 / 10
	BOTT:	0.400	0.43 /	11	0.400	1.49 / 11
127	TOP :	0.400	0.74 /	10	0.400	1.47 / 10
	BOTT:	0.400	0.67 /	11	0.400	1.54 / 11
128	TOP :	0.400	0.66 /	11	0.400	1.23 / 10
	BOTT:	0.400	0.68 /	10	0.400	1.32 / 11
129	TOP :	0.400	0.08 /	8	0.400	0.85 / 10
	BOTT:	0.400	0.24 /	9	0.400	0.85 / 11
130	TOP :	0.400	0.72 /	9	0.400	0.92 / 10
	BOTT:	0.400	0.21 /	11	0.400	0.90 / 11
131	TOP :	0.400	1.39 /	10	0.400	1.03 / 10
	BOTT:	0.400	0.91 /	11	0.400	1.01 / 11
132	TOP :	0.400	0.48 /	11	0.400	0.66 / 10
	BOTT:	0.400	1.10 /	10	0.400	0.73 / 11
133	TOP :	0.400	0.34 /	11	0.400	0.45 / 10
	BOTT:	0.400	0.17 /	10	0.400	0.38 / 11
134	TOP :	0.400	0.77 /	9	0.400	0.55 / 10
	BOTT:	0.400	0.52 /	11	0.400	0.55 / 11
135	TOP :	0.400	1.72 /	10	0.400	0.70 / 10
	BOTT:	0.400	0.81 /	11	0.400	0.60 / 11
136	TOP :	0.400	0.16 /	11	0.400	0.22 / 10
	BOTT:	0.400	1.46 /	10	0.400	0.33 / 11
137	TOP :	0.400	1.09 /	11	0.400	1.11 / 7
	BOTT:	0.000	0.00 /	10	0.000	0.00 / 11
138	TOP :	0.400	0.56 /	10	0.400	0.23 / 11
	BOTT:	0.400	1.20 /	11	0.400	0.14 / 10
139	TOP :	0.400	1.10 /	8	0.400	0.37 / 11
	BOTT:	0.400	0.34 /	11	0.400	0.08 / 10
140	TOP :	0.400	0.12 /	11	0.400	0.82 / 11
	BOTT:	0.400	0.79 /	10	0.000	0.00 / 10
141	TOP :	0.400	1.94 /	9	0.400	0.39 / 9
	BOTT:	0.400	1.93 /	8	0.400	0.34 / 8
142	TOP :	0.400	1.94 /	9	0.400	0.32 / 10
	BOTT:	0.400	1.90 /	8	0.400	0.30 / 11

## ESTRUCTURA PARA TORRE DE CONTROL

-- PAGE NO. 26

						ID:
143	TOP :	0.400	2.84 /	9	0.400	0.43 / 10
	BOTT:	0.400	2.77 /	8	0.400	0.41 / 11
144	TOP :	0.400	2.25 /	9	0.400	0.19 / 10
	BOTT:	0.400	2.21 /	8	0.400	0.18 / 11
145	TOP :	0.400	1.82 /	9	0.400	0.03 / 12
	BOTT:	0.400	1.79 /	8	0.400	0.03 / 13
146	TOP :	0.400	1.41 /	9	0.400	0.08 / 8
	BOTT:	0.400	1.37 /	8	0.400	0.09 / 9
147	TOP :	0.400	1.02 /	9	0.400	0.17 / 8
	BOTT:	0.400	0.93 /	8	0.400	0.18 / 9
148	TOP :	0.400	0.71 /	9	0.400	0.47 / 10
	BOTT:	0.400	0.53 /	8	0.400	0.41 / 11
149	TOP :	0.400	0.36 /	9	0.400	0.61 / 10
	BOTT:	0.400	0.16 /	8	0.400	0.24 / 11
150	TOP :	0.400	0.37 /	8	0.400	0.33 / 8
	BOTT:	0.400	0.04 /	9	0.000	0.01 / 9
151	TOP :	0.600	6.10 /	9	0.600	0.72 / 9
	BOTT:	0.600	6.12 /	8	0.600	0.72 / 8
152	TOP :	0.600	6.47 /	9	0.600	1.14 / 10
	BOTT:	0.600	6.39 /	8	0.600	1.07 / 11
153	TOP :	0.400	2.91 /	9	0.400	0.57 / 10
	BOTT:	0.400	2.89 /	8	0.400	0.55 / 11
154	TOP :	0.400	2.27 /	9	0.400	0.24 / 10
	BOTT:	0.400	2.26 /	8	0.400	0.23 / 11
155	TOP :	0.400	1.81 /	9	0.400	0.08 / 12
	BOTT:	0.400	1.79 /	8	0.400	0.08 / 13
156	TOP :	0.400	1.42 /	9	0.400	0.20 / 11
	BOTT:	0.400	1.38 /	8	0.400	0.22 / 10
157	TOP :	0.400	1.06 /	9	0.400	0.28 / 11
	BOTT:	0.400	0.95 /	8	0.400	0.31 / 10
158	TOP :	0.400	0.72 /	9	0.400	0.13 / 11
	BOTT:	0.400	0.54 /	8	0.400	0.42 / 10
159	TOP :	0.400	0.29 /	9	0.400	0.31 / 11
	BOTT:	0.400	0.19 /	8	0.400	0.39 / 10
160	TOP :	0.400	1.09 /	7	0.400	0.53 / 11
	BOTT:	0.000	0.00 /	8	0.400	0.12 / 10

## ESTRUCTURA PARA TORRE DE CONTROL

-- PAGE NO. 27

							ID:
161	TOP :	0.600	6.16 /	9	0.600	0.81 /	9
	BOTT:	0.600	6.03 /	8	0.600	0.70 /	8
162	TOP :	0.600	6.48 /	9	0.600	0.11 /	11
	BOTT:	0.600	6.54 /	8	0.600	0.14 /	10
163	TOP :	0.400	2.93 /	9	0.400	0.13 /	11
	BOTT:	0.400	2.94 /	8	0.400	0.14 /	10
164	TOP :	0.400	2.26 /	9	0.400	0.09 /	13
	BOTT:	0.400	2.25 /	8	0.400	0.10 /	12
165	TOP :	0.400	1.79 /	9	0.400	0.15 /	10
	BOTT:	0.400	1.82 /	8	0.400	0.16 /	11
166	TOP :	0.400	1.38 /	9	0.400	0.23 /	10
	BOTT:	0.400	1.43 /	8	0.400	0.23 /	11
167	TOP :	0.400	0.94 /	9	0.400	0.36 /	10
	BOTT:	0.400	1.07 /	8	0.400	0.34 /	11
168	TOP :	0.400	0.54 /	9	0.400	0.54 /	10
	BOTT:	0.400	0.71 /	8	0.400	0.21 /	11
169	TOP :	0.400	0.21 /	9	0.400	0.62 /	10
	BOTT:	0.400	0.28 /	8	0.400	0.28 /	11
170	TOP :	0.000	0.00 /	9	0.400	0.19 /	10
	BOTT:	0.400	1.17 /	7	0.400	0.31 /	11
172	TOP :	0.300	0.50 /	9	0.300	0.04 /	9
	BOTT:	0.300	0.38 /	8	0.300	0.04 /	8
173	TOP :	0.300	0.38 /	8	0.300	0.46 /	8
	BOTT:	0.300	0.48 /	9	0.300	0.43 /	9
174	TOP :	0.300	0.49 /	9	0.300	0.10 /	10
	BOTT:	0.300	0.43 /	8	0.300	0.11 /	11
175	TOP :	0.300	0.57 /	11	0.300	0.47 /	11
	BOTT:	0.300	0.71 /	10	0.300	0.50 /	10
176	TOP :	0.300	0.50 /	11	0.300	0.15 /	11
	BOTT:	0.300	0.50 /	10	0.300	0.15 /	10
177	TOP :	0.300	0.37 /	10	0.300	0.37 /	10
	BOTT:	0.300	0.51 /	11	0.300	0.40 /	11
178	TOP :	0.300	0.57 /	11	0.300	0.08 /	9
	BOTT:	0.300	0.57 /	10	0.300	0.07 /	8
179	TOP :	0.300	0.26 /	8	0.300	0.19 /	8
	BOTT:	0.300	0.41 /	9	0.300	0.20 /	9

## ESTRUCTURA PARA TORRE DE CONTROL

-- PAGE NO. 28

						ID:
180	TOP :	0.300	0.46 /	11	0.300	0.08 / 8
	BOTT:	0.300	0.46 /	10	0.300	0.08 / 9
181	TOP :	0.300	0.39 /	9	0.300	0.29 / 9
	BOTT:	0.300	0.54 /	8	0.300	0.32 / 8
182	TOP :	0.300	0.33 /	11	0.300	0.08 / 11
	BOTT:	0.300	0.33 /	10	0.300	0.07 / 10
183	TOP :	0.300	0.45 /	10	0.300	0.54 / 10
	BOTT:	0.300	0.59 /	11	0.300	0.56 / 11
184	TOP :	0.300	0.53 /	8	0.300	0.14 / 10
	BOTT:	0.300	0.42 /	11	0.300	0.16 / 11
185	TOP :	0.300	0.79 /	11	0.300	0.75 / 11
	BOTT:	0.300	0.93 /	10	0.300	0.79 / 10
186	TOP :	0.300	0.80 /	8	0.300	0.16 / 8
	BOTT:	0.300	0.67 /	9	0.300	0.20 / 9
187	TOP :	0.300	0.51 /	9	0.300	0.13 / 10
	BOTT:	0.300	0.80 /	8	0.300	0.23 / 11
188	TOP :	0.300	0.12 /	8	0.300	0.72 / 10
	BOTT:	0.300	0.12 /	11	0.300	0.72 / 11
189	TOP :	0.300	0.24 /	9	0.300	1.05 / 10
	BOTT:	0.300	0.18 /	8	0.300	1.07 / 11
190	TOP :	0.300	0.74 /	11	0.300	0.79 / 11
	BOTT:	0.300	0.77 /	10	0.300	0.94 / 10
191	TOP :	0.300	0.09 /	10	0.300	0.74 / 11
	BOTT:	0.300	0.18 /	11	0.300	1.00 / 10
192	TOP :	0.200	0.57 /	10	0.200	0.68 / 11
	BOTT:	0.200	0.50 /	11	0.200	0.72 / 10
193	TOP :	0.001	0.02 /	10	0.200	0.78 / 8
	BOTT:	0.200	0.03 /	11	0.200	0.94 / 9
194	TOP :	0.001	0.02 /	11	0.200	0.81 / 10
	BOTT:	0.000	0.01 /	10	0.200	0.95 / 11
195	TOP :	0.200	0.10 /	10	0.200	1.29 / 10
	BOTT:	0.200	0.12 /	11	0.200	1.48 / 11
196	TOP :	0.200	0.07 /	10	0.200	1.13 / 10
	BOTT:	0.200	0.09 /	11	0.200	1.32 / 11
197	TOP :	0.001	0.02 /	8	0.200	0.58 / 10
	BOTT:	0.000	0.01 /	9	0.200	0.73 / 11

## ESTRUCTURA PARA TORRE DE CONTROL

-- PAGE NO. 29  
ID:

198	TOP :	0.001	0.02 /	10	0.200	0.84 /	9
	BOTT:	0.200	0.03 /	11	0.200	0.94 /	8
199	TOP :	0.200	0.89 /	9	0.200	0.07 /	9
	BOTT:	0.200	1.06 /	8	0.200	0.05 /	8
200	TOP :	0.200	0.05 /	11	0.200	1.25 /	11
	BOTT:	0.200	0.05 /	10	0.200	1.39 /	10
201	TOP :	0.200	0.02 /	8	0.200	0.96 /	11
	BOTT:	0.200	0.02 /	9	0.200	1.10 /	10
202	TOP :	0.200	1.77 /	10	0.200	1.60 /	11
	BOTT:	0.200	1.54 /	11	0.200	1.65 /	10
203	TOP :	0.200	0.07 /	10	0.200	2.26 /	8
	BOTT:	0.200	0.09 /	11	0.200	2.71 /	9
204	TOP :	0.200	0.10 /	11	0.200	2.20 /	10
	BOTT:	0.200	0.09 /	10	0.200	2.61 /	11
205	TOP :	0.200	0.10 /	10	0.200	3.42 /	10
	BOTT:	0.200	0.14 /	11	0.200	3.95 /	11
206	TOP :	0.200	0.13 /	10	0.200	3.00 /	10
	BOTT:	0.200	0.17 /	11	0.200	3.53 /	11
207	TOP :	0.200	0.10 /	11	0.200	1.66 /	9
	BOTT:	0.200	0.09 /	10	0.200	1.74 /	11
208	TOP :	0.200	0.08 /	10	0.200	2.39 /	9
	BOTT:	0.200	0.10 /	11	0.200	2.80 /	8
209	TOP :	0.200	2.43 /	9	0.200	0.21 /	9
	BOTT:	0.200	2.96 /	8	0.200	0.22 /	8
210	TOP :	0.200	0.27 /	11	0.200	3.71 /	11
	BOTT:	0.200	0.29 /	10	0.200	4.10 /	10
211	TOP :	0.200	0.06 /	8	0.200	2.97 /	11
	BOTT:	0.200	0.05 /	9	0.200	3.36 /	10
212	TOP :	0.000	0.00 /	8	0.200	0.27 /	10
	BOTT:	0.200	3.61 /	7	0.200	0.21 /	11
213	TOP :	0.200	0.46 /	7	0.380	8.19 /	7
	BOTT:	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 /	11
214	TOP :	0.200	0.42 /	11	0.303	6.61 /	7
	BOTT:	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 /	11
215	TOP :	0.200	1.50 /	7	0.369	7.97 /	7
	BOTT:	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 /	11

## ESTRUCTURA PARA TORRE DE CONTROL

-- PAGE NO. 30

ID:						
216	TOP :	0.200	1.48 /	7	0.361	7.80 /
	BOTT:	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 / 11
217	TOP :	0.200	0.39 /	7	0.305	6.65 /
	BOTT:	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 / 11
218	TOP :	0.200	0.36 /	8	0.375	8.09 /
	BOTT:	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 / 11
219	TOP :	0.263	7.03 /	7	0.200	0.90 /
	BOTT:	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 / 11
220	TOP :	0.000	0.00 /	7	0.333	7.24 /
	BOTT:	0.200	0.71 /	7	0.000	0.00 / 11
221	TOP :	0.200	0.67 /	7	0.330	7.18 /
	BOTT:	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 / 11
222	TOP :	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 /
	BOTT:	0.400	12.90 /	7	0.400	23.16 /
223	TOP :	0.400	17.19 /	7	0.839	47.78 /
	BOTT:	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 /
224	TOP :	0.400	14.75 /	7	0.680	39.09 /
	BOTT:	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 /
225	TOP :	0.400	24.91 /	7	0.734	42.07 /
	BOTT:	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 /
226	TOP :	0.400	23.48 /	7	0.641	36.95 /
	BOTT:	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 /
227	TOP :	0.400	13.54 /	7	0.625	36.05 /
	BOTT:	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 /
228	TOP :	0.400	15.74 /	7	0.747	42.80 /
	BOTT:	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 /
229	TOP :	0.518	32.51 /	7	0.400	19.24 /
	BOTT:	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 /
230	TOP :	0.400	21.33 /	7	0.754	43.15 /
	BOTT:	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 /
231	TOP :	0.400	18.35 /	7	0.510	29.68 /
	BOTT:	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 /
232	TOP :	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 /
	BOTT:	0.400	22.54 /	7	0.846	48.16 /
233	TOP :	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 /
	BOTT:	0.400	19.92 /	7	0.768	43.92 /

## ESTRUCTURA PARA TORRE DE CONTROL

-- PAGE NO. 31

ID:	TOP :	BOTT:	0.400	15.38 /	7	0.527	30.60 /	7
234	TOP :	BOTT:	0.400	15.38 /	7	0.527	30.60 /	7
	BOTT:		0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 /	7
235	TOP :	BOTT:	0.400	15.45 /	7	0.400	11.69 /	7
	BOTT:		0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 /	7
236	TOP :	BOTT:	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 /	7
	BOTT:		0.400	13.42 /	7	0.400	8.03 /	7
237	TOP :	BOTT:	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 /	7
	BOTT:		0.400	15.44 /	7	0.400	8.68 /	7
238	TOP :	BOTT:	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 /	7
	BOTT:		0.400	9.13 /	7	0.400	6.68 /	7
239	TOP :	BOTT:	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 /	7
	BOTT:		0.400	22.78 /	7	0.400	18.80 /	7
240	TOP :	BOTT:	0.400	15.91 /	7	0.400	10.43 /	7
	BOTT:		0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 /	7
241	TOP :	BOTT:	0.400	5.92 /	7	0.400	6.01 /	7
	BOTT:		0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 /	7
242	TOP :	BOTT:	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 /	7
	BOTT:		0.400	4.41 /	7	0.400	11.92 /	7
243	TOP :	BOTT:	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 /	7
	BOTT:		0.400	6.93 /	7	0.400	9.07 /	7
244	TOP :	BOTT:	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 /	7
	BOTT:		0.400	5.89 /	7	0.400	11.96 /	7
245	TOP :	BOTT:	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 /	7
	BOTT:		0.400	7.00 /	7	0.400	7.23 /	7
246	TOP :	BOTT:	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 /	7
	BOTT:		0.400	5.01 /	7	0.400	11.21 /	7
247	TOP :	BOTT:	0.400	4.95 /	7	0.400	17.16 /	7
	BOTT:		0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 /	7
248	TOP :	BOTT:	0.400	4.15 /	7	0.400	2.86 /	14
	BOTT:		0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 /	7
249	TOP :	BOTT:	0.400	7.48 /	7	0.400	18.42 /	7
	BOTT:		0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 /	7
250	TOP :	BOTT:	0.400	8.17 /	7	0.400	7.90 /	7
	BOTT:		0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 /	7
251	TOP :	BOTT:	0.400	5.56 /	7	0.400	10.44 /	7
	BOTT:		0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 /	7

## ESTRUCTURA PARA TORRE DE CONTROL

-- PAGE NO. 32

						ID:
252	TOP :	0.240	4.02 /	7	0.449	12.88 / 7
	BOTT:	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 / 7
253	TOP :	0.000	0.00 /	7	0.240	3.09 / 7
	BOTT:	0.240	4.87 /	7	0.000	0.00 / 7
254	TOP :	0.240	7.56 /	7	0.241	7.09 / 7
	BOTT:	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 / 7
255	TOP :	0.000	0.00 /	7	0.240	1.97 / 7
	BOTT:	0.240	2.72 /	7	0.000	0.00 / 7
256	TOP :	0.000	0.00 /	7	0.240	0.18 / 15
	BOTT:	0.240	2.17 /	7	0.000	0.00 / 7
257	TOP :	0.240	3.59 /	7	0.240	5.38 / 7
	BOTT:	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 / 7
258	TOP :	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 / 7
	BOTT:	0.240	1.76 /	7	0.240	4.80 / 7
259	TOP :	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 / 7
	BOTT:	0.240	7.92 /	7	0.430	12.37 / 7
260	TOP :	0.240	7.13 /	7	0.240	2.90 / 7
	BOTT:	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 / 7
261	TOP :	0.240	3.89 /	7	0.000	0.00 / 7
	BOTT:	0.000	0.00 /	7	0.240	3.01 / 7
262	TOP :	0.240	0.70 /	7	0.240	1.66 / 7
	BOTT:	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 / 7
263	TOP :	0.240	4.88 /	7	0.240	0.41 / 7
	BOTT:	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 / 7
264	TOP :	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 / 7
	BOTT:	0.245	8.36 /	7	0.273	8.02 / 7
265	TOP :	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 / 7
	BOTT:	0.240	2.19 /	7	0.240	6.86 / 7
266	TOP :	0.240	2.37 /	7	0.240	4.34 / 7
	BOTT:	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 / 7
267	TOP :	0.240	3.65 /	7	0.240	5.41 / 7
	BOTT:	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 / 7
268	TOP :	0.240	5.99 /	7	0.000	0.00 / 7
	BOTT:	0.000	0.00 /	7	0.240	4.72 / 7
269	TOP :	0.000	0.00 /	7	0.240	2.74 / 7
	BOTT:	0.240	0.21 /	15	0.000	0.00 / 7

## ESTRUCTURA PARA TORRE DE CONTROL

-- PAGE NO. 33

						ID:
270	TOP :	0.240	0.37 /	7	0.240	0.77 / 7
	BOTT:	0.000	0.00 /	15	0.000	0.00 / 7
271	TOP :	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 / 7
	BOTT:	0.240	3.21 /	7	0.240	0.90 / 7
272	TOP :	0.000	0.00 /	7	0.240	2.19 / 7
	BOTT:	0.240	4.49 /	7	0.000	0.00 / 7
273	TOP :	0.000	0.00 /	7	0.240	5.35 / 7
	BOTT:	0.240	2.25 /	7	0.000	0.00 / 7
274	TOP :	0.240	5.58 /	7	0.240	3.13 / 7
	BOTT:	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 / 7
275	TOP :	0.240	0.42 /	7	0.240	3.29 / 7
	BOTT:	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 / 7
276	TOP :	0.240	2.82 /	7	0.240	2.41 / 7
	BOTT:	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 / 7
277	TOP :	0.240	7.04 /	7	0.000	0.00 / 7
	BOTT:	0.000	0.00 /	7	0.240	2.54 / 7
278	TOP :	0.240	5.47 /	7	0.000	0.00 / 7
	BOTT:	0.000	0.00 /	7	0.240	5.40 / 7
279	TOP :	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 / 7
	BOTT:	0.240	4.91 /	7	0.240	2.91 / 7
280	TOP :	0.240	0.36 /	7	0.000	0.00 / 7
	BOTT:	0.000	0.00 /	7	0.240	2.16 / 7
281	TOP :	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 / 7
	BOTT:	0.240	2.07 /	7	0.240	2.38 / 7
313	TOP :	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 / 7
	BOTT:	0.250	1.35 /	7	0.250	0.36 / 7
314	TOP :	0.000	0.00 /	7	0.250	0.09 / 8
	BOTT:	0.250	1.33 /	7	0.250	0.27 / 9
315	TOP :	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 / 8
	BOTT:	0.250	1.22 /	7	0.250	0.38 / 8
316	TOP :	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 / 8
	BOTT:	0.250	1.25 /	7	0.250	0.25 / 10
317	TOP :	0.250	0.24 /	7	0.250	1.27 / 7
	BOTT:	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 / 10
318	TOP :	0.250	1.32 /	7	0.250	0.24 / 7
	BOTT:	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 / 10

## ESTRUCTURA PARA TORRE DE CONTROL

-- PAGE NO. 34  
ID:

319	TOP :	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 /	7
	BOTT:	0.250	1.50 /	7	0.250	0.22 /	9
320	TOP :	0.250	1.53 /	7	0.250	0.26 /	11
	BOTT:	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 /	9
321	TOP :	0.250	0.35 /	10	0.250	1.54 /	7
	BOTT:	0.000	0.00 /	7	0.000	0.00 /	9
322	TOP :	0.250	0.18 /	11	0.250	1.28 /	7
	BOTT:	0.250	0.07 /	10	0.000	0.00 /	9

\*\*\*\*\*END OF ELEMENT DESIGN\*\*\*\*\*

330. CONCRETE TAKE OFF  
331. END CONCRETE DESIGN

\*\*\*\*\* CONCRETE TAKE OFF \*\*\*\*\*  
(FOR BEAMS AND COLUMNS DESIGNED ABOVE)

TOTAL VOLUME OF CONCRETE = 120.53 CU.FT

BAR SIZE NUMBER	WEIGHT (in lbs)
12	291.27
16	102.55
20	66.63
25	94.27
*** TOTAL=	554.73

332. LOAD LIST 16 17 18 19 20 21 22 23 24  
333. PARAMETER  
334. CODE AISC  
335. BEAM 1. MEMB 282 TO 312  
336. KY 1.2 MEMB 282 TO 286  
337. KZ 1.2 MEMB 282 TO 286  
338. CHECK CODE 282 TO 312

## STAAD-III CODE CHECKING - (AISC)

\*\*\*\*\*

ALL UNITS ARE - MTON METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
282	ST TUB E	PASS	AISC- H1-3	0.769	16
		26.32 C	1.18	-26.50	0.00
283	ST TUB E	PASS	AISC- H1-3	0.492	16
		28.79 C	-0.40	-15.78	0.00
284	ST TUB E	PASS	AISC- H1-3	0.574	16
		27.63 C	0.91	-18.74	0.00
285	ST TUB E	PASS	AISC- H1-3	0.579	16
		28.02 C	-0.91	-18.86	0.00
286	ST TUB E	PASS	AISC- H1-3	0.652	16
		27.49 C	0.90	-21.91	0.00
287	ST W36 X135	PASS	AISC- H2-1	0.489	16
		3.64 T	0.01	50.76	4.73
288	ST W36 X135	PASS	AISC- H2-1	0.482	16
		3.45 T	-0.02	-49.99	0.00
289	ST W36 X135	PASS	AISC- H2-1	0.258	16
		3.47 T	0.02	26.76	4.73
290	ST W36 X135	PASS	AISC- H2-1	0.227	16
		3.09 T	0.00	-23.61	0.00
291	ST W36 X135	PASS	AISC- H2-1	0.264	16
		2.38 T	0.02	27.34	4.73
292	ST W36 X135	PASS	AISC- H2-1	0.270	16
		2.59 T	-0.02	-27.99	0.00
293	ST W36 X135	PASS	AISC- H2-1	0.259	16
		2.93 T	-0.01	26.93	4.73
294	ST W36 X135	PASS	AISC- H2-1	0.248	16
		2.19 T	-0.02	-25.60	0.00
295	ST W36 X135	PASS	AISC- H2-1	0.208	16
		2.55 T	0.00	21.65	4.73
296	ST W36 X135	PASS	AISC- H2-1	0.251	16
		4.03 T	-0.03	-25.88	0.00
297	ST W36 X135	PASS	AISC- H1-3	0.161	16
		1.21 C	-0.02	18.73	1.20
298	ST W36 X135	PASS	AISC- H2-1	0.340	16
		0.11 T	-0.01	40.71	1.50
299	ST W36 X135	PASS	AISC- H2-1	0.413	16
		1.16 T	-0.01	49.16	1.60
300	ST W36 X135	PASS	AISC- H2-1	0.434	16
		2.40 T	-0.02	51.16	2.21
301	ST W36 X135	PASS	AISC- H2-1	0.278	16
		1.41 T	0.00	-32.99	0.00
302	ST W36 X135	PASS	AISC- H2-1	0.268	16
		2.37 T	0.03	-31.25	0.00

ALL UNITS ARE - MTON METE (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
303	ST W36 X135	PASS	AISC- H2-1	0.160	16
		2.03 T	-0.03	-18.31	0.00
304	ST W36 X135	PASS	AISC- H2-1	0.210	16
		3.28 T	-0.02	-24.00	1.71
305	ST W36 X135	PASS	AISC- H2-1	0.296	16
		3.06 T	-0.03	34.34	0.00
306	ST W36 X135	PASS	AISC- H2-1	0.247	16
		2.82 T	-0.02	28.62	1.85
307	ST W36 X135	PASS	AISC- H2-1	0.323	16
		2.02 T	0.01	38.07	2.05
308	ST W36 X135	PASS	AISC- H2-1	0.316	16
		1.94 T	0.02	-37.23	0.00
309	ST W36 X135	PASS	AISC- H2-1	0.314	16
		1.96 T	0.00	37.12	2.51
310	ST W36 X135	PASS	AISC- H2-1	0.320	16
		1.65 T	0.00	-37.87	0.00
311	ST W36 X135	PASS	AISC- H2-1	0.213	16
		2.43 T	0.00	-24.75	0.00
312	ST W36 X135	PASS	AISC- H2-1	0.268	16
		3.20 T	0.02	-30.98	1.64
339.	PRINT JOINT DISPLACEMENTS LIST 70 TO 74 161 163 164 167 183 193 194 -				
340.	203 216 225 235 256 261 268				

JOINT DISPLACEMENT (CM      RADIANS)      STRUCTURE TYPE = SPACE

JOINT	LOAD	X-TRANS	Y-TRANS	Z-TRANS	X-ROTAN	Y-ROTAN	Z-ROTAN
70	16	0.0024	-0.0401	0.0066	0.0000	0.0000	0.0000
	17	0.2814	-0.1684	-0.1020	-0.0002	-0.0001	-0.0007
	18	-0.2793	0.1446	0.0599	0.0001	0.0001	0.0007
	19	0.1072	-0.0371	-0.2783	-0.0006	-0.0001	-0.0003
	20	-0.1037	-0.0222	0.2880	0.0006	0.0001	0.0003
	21	0.0969	-0.0826	0.0041	0.0000	0.0000	-0.0002
	22	-0.0934	0.0233	0.0056	0.0000	0.0000	0.0002
	23	-0.0004	-0.0117	-0.0860	-0.0002	0.0000	0.0000
	24	0.0039	-0.0475	0.0956	0.0002	0.0000	0.0000
71	16	0.0023	-0.0552	0.0136	0.0000	0.0000	0.0000
	17	0.5309	-0.2280	-0.1993	-0.0003	0.0000	-0.0010
	18	-0.5286	0.1945	0.1213	0.0002	0.0000	0.0010
	19	0.2081	-0.0505	-0.5279	-0.0008	0.0000	-0.0004
	20	-0.2047	-0.0310	0.5476	0.0009	0.0000	0.0003
	21	0.1790	-0.1118	0.0070	0.0000	0.0000	-0.0003
	22	-0.1756	0.0303	0.0128	0.0000	0.0000	0.0003
	23	0.0000	-0.0166	-0.1602	-0.0003	0.0000	0.0000
	24	0.0034	-0.0648	0.1799	0.0003	0.0000	0.0000
72	16	0.0023	-0.0694	0.0235	0.0000	0.0000	0.0000
	17	0.8430	-0.2770	-0.3201	-0.0004	0.0000	-0.0012
	18	-0.8406	0.2331	0.1987	0.0002	0.0000	0.0012
	19	0.3336	-0.0624	-0.8398	-0.0010	0.0000	-0.0004
	20	-0.3302	-0.0399	0.8740	0.0011	0.0000	0.0004
	21	0.2810	-0.1367	0.0121	0.0000	0.0000	-0.0004
	22	-0.2776	0.0343	0.0220	0.0000	0.0000	0.0004
	23	0.0002	-0.0220	-0.2516	-0.0003	0.0000	0.0000
	24	0.0032	-0.0803	0.2857	0.0004	0.0000	0.0000
73	16	0.0025	-0.0827	0.0363	0.0000	0.0000	0.0000
	17	1.2039	-0.3165	-0.4592	-0.0004	0.0000	-0.0013
	18	-1.2013	0.2609	0.2895	0.0002	0.0000	0.0013
	19	0.4780	-0.0732	-1.2009	-0.0012	0.0000	-0.0005
	20	-0.4743	-0.0487	1.2537	0.0012	0.0000	0.0005
	21	0.3986	-0.1576	0.0196	0.0000	0.0000	-0.0004
	22	-0.3950	0.0357	0.0332	0.0000	0.0000	0.0004
	23	0.0003	-0.0279	-0.3561	-0.0004	0.0000	0.0000
	24	0.0034	-0.0939	0.4088	0.0004	0.0000	0.0000
74	16	0.0035	-0.0949	0.0523	0.0000	0.0000	0.0000
	17	1.6012	-0.3468	-0.6112	-0.0005	0.0000	-0.0014
	18	-1.5973	0.2789	0.3909	0.0003	0.0000	0.0014
	19	0.6367	-0.0829	-1.5975	-0.0013	0.0000	-0.0005
	20	-0.6316	-0.0569	1.6736	0.0014	0.0000	0.0005
	21	0.5283	-0.1748	0.0293	0.0000	0.0000	-0.0005
	22	-0.5233	0.0349	0.0467	0.0000	0.0000	0.0004
	23	0.0008	-0.0341	-0.4696	-0.0004	0.0000	0.0000
	24	0.0043	-0.1057	0.5456	0.0004	0.0000	0.0000
161	16	0.0008	-0.0038	0.0029	-0.0001	0.0000	0.0001
	17	0.0726	-0.0037	-0.0213	-0.0001	0.0000	0.0000
	18	-0.0747	0.0053	0.0062	0.0000	0.0000	0.0000

JOINT DISPLACEMENT (CM      RADIANS)      STRUCTURE TYPE = SPACE

JOINT	LOAD	X-TRANS	Y-TRANS	Z-TRANS	X-ROTAN	Y-ROTAN	Z-ROTAN
	19	0.0148	0.0066	-0.0968	0.0000	0.0000	0.0000
	20	-0.0136	-0.0121	0.1011	-0.0001	0.0000	0.0001
	21	0.0285	-0.0046	0.0082	-0.0001	0.0000	0.0000
	22	-0.0274	-0.0009	-0.0039	0.0000	0.0000	0.0000
	23	-0.0051	0.0010	-0.0326	0.0000	0.0000	0.0000
163	24	0.0062	-0.0066	0.0368	-0.0001	0.0000	0.0001
	16	0.0009	-0.0026	0.0010	0.0000	0.0000	0.0000
	17	0.0308	-0.0195	-0.0070	0.0000	0.0000	-0.0001
	18	-0.0294	0.0191	0.0028	0.0000	0.0000	0.0001
	19	0.0128	-0.0043	-0.0286	0.0000	0.0000	0.0000
	20	-0.0114	0.0005	0.0301	0.0000	0.0000	0.0000
	21	0.0112	-0.0086	0.0016	0.0000	0.0000	0.0000
	22	-0.0098	0.0048	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	23	0.0008	-0.0002	-0.0095	0.0000	0.0000	0.0000
	24	0.0006	-0.0037	0.0110	0.0000	0.0000	0.0000
164	16	0.0014	-0.0040	0.0019	0.0000	0.0000	0.0000
	17	0.0893	-0.0305	-0.0031	0.0001	-0.0001	-0.0002
	18	-0.0899	0.0317	-0.0069	-0.0001	0.0001	0.0003
	19	0.0239	-0.0044	-0.0598	0.0000	-0.0001	0.0000
	20	-0.0218	-0.0014	0.0626	0.0000	0.0001	-0.0001
	21	0.0331	-0.0137	0.0079	0.0000	0.0000	-0.0001
	22	-0.0310	0.0078	-0.0051	0.0000	0.0000	0.0001
	23	-0.0035	0.0007	-0.0214	0.0000	0.0000	0.0000
	24	0.0056	-0.0066	0.0242	0.0000	0.0000	-0.0001
167	16	0.0011	-0.0033	0.0015	0.0000	0.0000	0.0001
	17	0.1162	-0.0089	-0.0251	0.0001	0.0001	0.0002
	18	-0.1104	0.0023	0.0125	0.0000	-0.0001	-0.0001
	19	0.0526	-0.0134	-0.0776	0.0000	0.0001	0.0001
	20	-0.0509	0.0086	0.0797	0.0001	-0.0001	0.0000
	21	0.0383	-0.0035	0.0017	0.0000	0.0000	0.0001
	22	-0.0367	-0.0013	0.0004	0.0000	0.0000	0.0000
	23	0.0030	-0.0056	-0.0250	0.0000	0.0000	0.0001
	24	-0.0014	0.0008	0.0272	0.0000	0.0000	0.0001
183	16	0.0191	-0.6345	0.0726	0.0009	0.0000	-0.0016
	17	2.0513	-1.0042	-0.7834	0.0001	0.0000	-0.0027
	18	-2.0241	0.2179	0.5100	0.0010	0.0000	0.0003
	19	0.8256	-0.4895	-2.0416	-0.0008	0.0001	-0.0018
	20	-0.7977	-0.4369	2.1472	0.0021	-0.0001	-0.0006
	21	0.6853	-0.6741	0.0310	0.0007	0.0001	-0.0017
	22	-0.6574	-0.2523	0.0746	0.0007	-0.0001	-0.0007
	23	0.0118	-0.3904	-0.5923	0.0002	0.0000	-0.0012
	24	0.0161	-0.5360	0.6980	0.0012	0.0000	-0.0012
193	16	0.0073	-0.6524	0.1226	0.0026	0.0000	-0.0022
	17	2.8427	-0.5365	-1.0641	0.0013	0.0000	-0.0030
	18	-2.8319	-0.1050	0.7174	0.0022	0.0000	-0.0001
	19	1.1404	-0.0785	-2.8098	0.0004	0.0000	-0.0021
	20	-1.1298	-0.8739	2.9881	0.0034	0.0000	-0.0010
	21	0.9511	-0.5642	0.0820	0.0019	0.0001	-0.0021

JOINT DISPLACEMENT (CM RADIANS)		STRUCTURE TYPE = SPACE					
JOINT	LOAD	X-TRANS	Y-TRANS	Z-TRANS	X-ROTAN	Y-ROTAN	Z-ROTAN
	22	-0.9404	-0.3882	0.0964	0.0019	-0.0001	-0.0010
	23	0.0033	-0.3159	-0.8116	0.0014	0.0000	-0.0016
	24	0.0073	-0.6365	0.9899	0.0024	0.0000	-0.0016
194	16	0.0208	-0.6768	0.1179	0.0011	0.0000	-0.0024
	17	2.8477	-1.0348	-1.0744	0.0002	0.0000	-0.0032
	18	-2.8183	0.1869	0.7194	0.0012	0.0000	-0.0003
	19	1.1435	-0.5203	-2.8234	-0.0007	0.0000	-0.0023
	20	-1.1131	-0.4677	2.9949	0.0023	0.0000	-0.0012
	21	0.9497	-0.7065	0.0631	0.0008	0.0001	-0.0023
	22	-0.9194	-0.2815	0.1084	0.0008	-0.0001	-0.0012
	23	0.0126	-0.4204	-0.8161	0.0003	0.0000	-0.0017
	24	0.0178	-0.5675	0.9876	0.0013	0.0000	-0.0018
203	16	0.0169	-1.2758	0.1177	0.0011	0.0000	-0.0031
	17	2.8475	-1.6940	-1.0803	0.0002	0.0000	-0.0037
	18	-2.8235	0.0263	0.7238	0.0011	0.0000	-0.0008
	19	1.1434	-0.9735	-2.8316	-0.0007	0.0001	-0.0028
	20	-1.1187	-0.8875	3.0029	0.0023	-0.0001	-0.0016
	21	0.9506	-1.2523	0.0522	0.0007	0.0001	-0.0029
	22	-0.9259	-0.6087	0.1191	0.0008	-0.0001	-0.0015
	23	0.0100	-0.8219	-0.8172	0.0001	0.0000	-0.0022
	24	0.0147	-1.0391	0.9885	0.0014	0.0000	-0.0022
216	16	0.0157	-1.8061	0.1190	0.0010	0.0000	-0.0030
	17	2.8501	-2.2675	-1.0862	0.0002	0.0000	-0.0037
	18	-2.8273	-0.1174	0.7300	0.0011	0.0000	-0.0008
	19	1.1464	-1.3594	-2.8406	-0.0007	0.0001	-0.0028
	20	-1.1235	-1.2744	3.0137	0.0023	-0.0001	-0.0016
	21	0.9533	-1.7408	0.0438	0.0007	0.0001	-0.0029
	22	-0.9304	-0.8930	0.1293	0.0008	-0.0001	-0.0015
	23	0.0094	-1.1690	-0.8170	0.0001	0.0000	-0.0022
	24	0.0135	-1.4648	0.9901	0.0014	0.0000	-0.0022
225	16	-0.0680	-2.9923	0.0785	-0.0056	0.0001	0.0000
	17	3.4246	-1.7854	-1.3502	-0.0047	0.0001	-0.0015
	18	-3.5251	-2.5114	0.8212	-0.0038	0.0000	0.0014
	19	1.3319	-1.9227	-3.4932	-0.0056	0.0001	-0.0006
	20	-1.4306	-2.4503	3.6076	-0.0026	0.0000	0.0006
	21	1.3080	-2.0434	0.0873	-0.0041	0.0001	-0.0006
	22	-1.4067	-2.3296	0.0271	-0.0041	-0.0001	0.0006
	23	-0.0554	-2.1502	-1.2405	-0.0047	0.0000	0.0000
	24	-0.0433	-2.2228	1.3549	-0.0035	0.0000	0.0000
235	16	-0.0656	-2.4913	0.0878	-0.0022	0.0000	-0.0023
	17	3.4279	-1.0987	-1.3391	-0.0022	0.0001	-0.0032
	18	-3.5246	-2.4029	0.8245	-0.0012	0.0000	-0.0003
	19	1.3355	-1.3441	-3.4811	-0.0031	0.0001	-0.0023
	20	-1.4307	-2.2955	3.6091	-0.0001	0.0000	-0.0011
	21	1.3166	-1.5619	0.1133	-0.0016	0.0001	-0.0023
	22	-1.4118	-2.0777	0.0147	-0.0016	-0.0001	-0.0011
	23	-0.0536	-1.7401	-1.2335	-0.0022	0.0000	-0.0017
	24	-0.0416	-1.8995	1.3615	-0.0010	0.0000	-0.0017

## JOINT DISPLACEMENT (CM RADIANS) STRUCTURE TYPE = SPACE

JOINT	LOAD	X-TRANS	Y-TRANS	Z-TRANS	X-ROTAN	Y-ROTAN	Z-ROTAN
256	16	-0.0637	-1.8806	0.0970	-0.0019	0.0000	-0.0028
	17	3.4306	-0.3621	-1.3286	-0.0020	0.0001	-0.0035
	18	-3.5243	-2.1930	0.8279	-0.0011	0.0000	-0.0006
	19	1.3385	-0.7098	-3.4696	-0.0029	0.0001	-0.0027
	20	-1.4309	-2.0361	3.6109	0.0001	0.0000	-0.0015
	21	1.3238	-1.0057	0.1374	-0.0014	0.0001	-0.0027
	22	-1.4162	-1.7403	0.0039	-0.0014	-0.0001	-0.0014
	23	-0.0522	-1.2543	-1.2267	-0.0020	0.0000	-0.0021
	24	-0.0402	-1.4916	1.3681	-0.0008	0.0000	-0.0021
261	16	-0.0545	-1.2682	0.0294	-0.0009	0.0001	0.0027
	17	3.4386	-1.8762	-1.4083	-0.0013	0.0001	0.0005
	18	-3.5186	0.2751	0.8039	-0.0004	0.0000	0.0034
	19	1.3468	-0.9673	-3.5567	-0.0022	0.0001	0.0014
	20	-1.4258	-0.8831	3.5998	0.0008	0.0000	0.0026
	21	1.3355	-1.3940	-0.0483	-0.0007	0.0001	0.0013
	22	-1.4144	-0.4564	0.0914	-0.0007	-0.0001	0.0027
	23	-0.0450	-0.7616	-1.2784	-0.0013	0.0001	0.0020
	24	-0.0339	-1.0888	1.3216	0.0000	0.0000	0.0020
268	16	-0.0702	-3.1828	0.0668	-0.0007	0.0001	0.0001
	17	3.4217	-2.3151	-1.3641	-0.0011	0.0001	-0.0014
	18	-3.5255	-2.3198	0.8171	-0.0002	0.0000	0.0015
	19	1.3286	-2.2984	-3.5084	-0.0020	0.0001	-0.0005
	20	-1.4304	-2.3537	3.6058	0.0009	0.0000	0.0007
	21	1.2999	-2.3229	0.0548	-0.0005	0.0001	-0.0005
	22	-1.4017	-2.3291	0.0426	-0.0006	-0.0001	0.0007
	23	-0.0571	-2.3285	-1.2495	-0.0011	0.0000	0.0001
	24	-0.0447	-2.3235	1.3469	0.0000	0.0000	0.0001

\*\*\*\*\* END OF LATEST ANALYSIS RESULT \*\*\*\*\*

341. PLOT DISPLACEMENT FILE  
 342. PLOT STRESS FILE  
 343. PLOT BENDING FILE  
 344. FINISH

\*\*\*\*\* END OF STAAD-III \*\*\*\*\*

\*\*\*\* DATE= NOV 16,1997 TIME= 18: 1:15 \*\*\*\*

\*\*\*\*\*  
 \* For questions on STAAD-III, contact: \*  
 \* Research Engineers, Inc at \*  
 \* West Coast: Ph- (714) 974-2500 Fax- (714) 921-2543 \*  
 \* East Coast: Ph- (508) 688-3626 Fax- (508) 685-7230 \*  
 \*\*\*\*\*

# **BIBLIOGRAFÍA**

**El vuelo  
1981**

**Colección científica de Time-Life**

**Diseño Estructural  
Roberto Meli Piralla  
Limusa**

**Concreto Reforzado  
González Cuevas, Robles  
Limusa**

**Mecánica de Suelos  
Juárez Badillo, Rico Rodríguez  
Limusa**

**Aeropuertos  
Apuntes de clase  
Facultad de Ingeniería**

**Análisis Estructural  
Apuntes de clase  
Facultad de Ingeniería**

**Reglamento de Obras Civiles  
1979  
Comisión Federal de Electricidad**