

24. 101



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

**ESTUDIO COMPARATIVO DE DIFERENTES SOLUCIONES
ESTRUCTURALES PARA ESTACIONAMIENTOS
EN LA CIUDAD DE MEXICO.**

T E S I S

Que para obtener el título de:

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

P r e s e n t a :

ARISTIDES FERNANDO MATEOS MARCOS

México, D. F.

1981



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

| | Página |
|---|--------|
| INTRODUCCION | 1 |
| TEMA I.- DESCRIPCION DE LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS | 4 |
| I.1.- ESPECIFICACIONES DE PROYECTO | 5 |
| I.2.- TIPOS DE ESTRUCTURA | 7 |
| I.3.- DESCRIPCION DE CADA ALTERNATIVA | 8 |
| I.3.1.- ALTERNATIVA "A" | 9 |
| I.3.2.- ALTERNATIVA "B" | 12 |
| I.3.3.- ALTERNATIVA "C" | 15 |
| I.3.4.- ALTERNATIVA "D" | 18 |
| I.4.- ASPECTOS GENERALES DE LAS CUATRO ALTERNATIVAS | 21 |
| I.5.- FACTORES QUE INCLUYEN EN EL PROYECTO | 23 |
| TEMA II.- ASPECTOS CONSTRUCTIVOS | 24 |
| II.1.- FUNCIONAMIENTO | 25 |
| II.2.- FLEXIBILIDAD | 27 |
| II.3.- TIEMPO DE CONSTRUCCION | 29 |
| II.4.- CONCLUSIONES | 30 |
| TEMA III.- ANALISIS DE COSTOS Y RENTABILIDAD | 36 |
| III.1.- ANALISIS DE COSTOS | 37 |
| III.2.- ESTUDIO DE FACTIBILIDAD ECONOMICA | 40 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 46 |

I N T R O D U C C I O N

En la actualidad la ciudad de México y su área metropolitana cuentan con una población aproximada de 15 millones de habitantes y presenta una de las mayores tasas de crecimiento demográfico anual en el mundo, siendo ésta del 5.6%, lo cual trae como consecuencia una gran cantidad de problemas de gran magnitud y de compleja solución, como lo es el transporte urbano -- uno de los tantos que necesitan una atención especial e inmediata solución. Es por ello que se avoque a buscar y determinar soluciones que alivien la situación actual, permitiéndolo en lo futuro, con alternativas óptimas tanto desde el punto de vista económico como de funcionalidad.

Para esto se han creado organismos que han realizado importantes obras de beneficio social con objeto de resolver dicho problema, como lo ha sido la construcción de los ejes viales, la ampliación y construcción de varias líneas del Metro de la ciudad de México y la ampliación de otras obras viales ya existentes.

Sin embargo, resulta también necesario resolver otros proble--

mas colaterales íntimamente relacionados con el problema del transporte; uno de ellos y al cual se enfoca este estudio es el del deficit de cajones para estacionamiento de vehículos -- existente en la ciudad de México debido a que para la creación de ejes viales se han suprimido las áreas de estacionamiento; -- pues la falta de transporte implica que los usuarios de vehículos particulares opten por hacer uso de sus automoviles en lugar de los medios de transporte colectivo ya saturado como lo son: metro, autobuses, trolebuses, etc., agravándose con éstos los problemas de trafico deteriorandose gradualmente el entorno ecológico y al estacionarse los vehículos en sitios inadecuados por la falta de cajones, obstruyen en muchos casos las ya de por si congestionadas vías de comunicación urbanas.

Mediante el programa de estacionamientos creado, se han venido realizando diferentes tipos de proyectos de edificios para estacionamientos de automoviles analizandose en cada caso sus características y evaluando el costo de todos aquellos elementos que forman parte integrante del edificio, con ésto se busca de terminar soluciones de edificios que reúnan las condiciones -- adecuadas de funcionalidad, eficiencia y economía, utilizando los procedimientos constructivos más adecuados a las condiciones del terreno aprovechando óptimamente los recursos humanos y materiales disponibles.

Como parte de este programa de estacionamientos se realizó el-

presente estudio en el cual se hace un análisis comparativo de un mismo proyecto de edificio para estacionamiento de vehículos diseñado para cuatro tipos diferentes de estructura.

T E M A I

DESCRIPCION DE LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS

T E M A I

DESCRIPCION DE LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS

I.1.- ESPECIFICACIONES DE PROYECTO

Es de primordial importancia para la elaboración de cualquier proyecto estructural o arquitectónico, el contar con las normas vigentes que permitan realizar el diseño de los edificios de acuerdo a los mínimos de funcionalidad, seguridad y comportamiento; siendo estos elementos importantes para la realización de las actividades diarias del usuario de una manera adecuada y eficiente.

En cuanto a estructura se refiere, para este estudio comparativo se utilizó el Reglamento de Construcción del Departamento del Distrito Federal y las normas complementarias del mismo; así como también las normas de proyecto para estacionamientos verticales, definiendo con éstas las características básicas a cumplir por los proyectos estructurales de estos edificios para su óptimo funcionamiento.

A continuación se proporcionan algunas de las principales especificaciones utilizadas de las normas antes men-

cionadas:

- Disposiciones de los espacios para estacionamientos según las diferentes posiciones de acomodo, y sus correspondientes dimensiones. Se recomienda la utilización de acomodo en "Bateria" a 45°, 60° y 90°.
- Dimensiones mínimas para los cajones, para acomodo de vehículos en bateria y en cordón.
- Dimensiones promedio de los automóviles, clasificándolos en: Grandes, medianos y chicos.
- Dimensiones mínimas para los pasillos y espacios para maniobras, definidas éstas en función del ángulo de acomodo y tamaño del automóvil.
- Formas o medios de circulación vertical; pudiendo ser por rampas rectas entre niveles normales, rampas helicoidales, rampas rectas entre medios niveles a alturas alternas, estacionamientos en las propias rampas (denominado rampante) y medios electromecánicos (elevadores).
- Se recomienda el buscar la forma de acomodo de los cajones para estacionamiento de manera que no sean interferidos por las columnas.

I.2.- TIPOS DE ESTRUCTURA

Se refiere en este caso al tipo de material utilizado en la estructura, es decir, si los elementos estructurales son metálicos o si son de concreto reforzado y si se cuenta con muros de mampostería o de concreto. También interviene el aspecto referente al proceso constructivo, ésto es, si dichos elementos son de concreto colados en sitio o si son prefabricados (parcial o totalmente).

Los tipos de estructuras que se analizan en este estudio son:

- En la que tanto el sistema de piso y la estructura son de concreto reforzado colado en sitio.
- Constituidas por el sistema de piso de concreto prefabricado - presforzado y la estructura de concreto reforzado colado en sitio. Conviene señalar que dichos elementos prefabricados trabajan en conjunto con un firme estructural colado en sitio.
- Las formadas por el sistema de piso de concreto prefabricado - presforzado y la estructura de concreto reforzado prefabricada, trabajando los elementos prefabricados en conjunto con la estructura mediante un firme estructural colado en sitio.
- En la que el sistema de piso es a base de lámina de

acero y firme estructural, y estructura metálica.

I.3.- DESCRIPCION DE CADA ALTERNATIVA.

Como se mencionó anteriormente, para este estudio se analizaron los cuatro tipos de estructuras, que se denominarán de la siguiente forma:

- Alternativa "A".- Estructura de concreto parcialmente prefabricada.
- Alternativa "B".- Estructura de concreto reforzado colada en sitio.
- Alternativa "C".- Estructura de concreto totalmente prefabricada.
- Alternativa "D".- Estructura de acero o metálica.

A continuación se describen brevemente cada una de las cuatro alternativas:

I.3.1.- Alternativa "A".

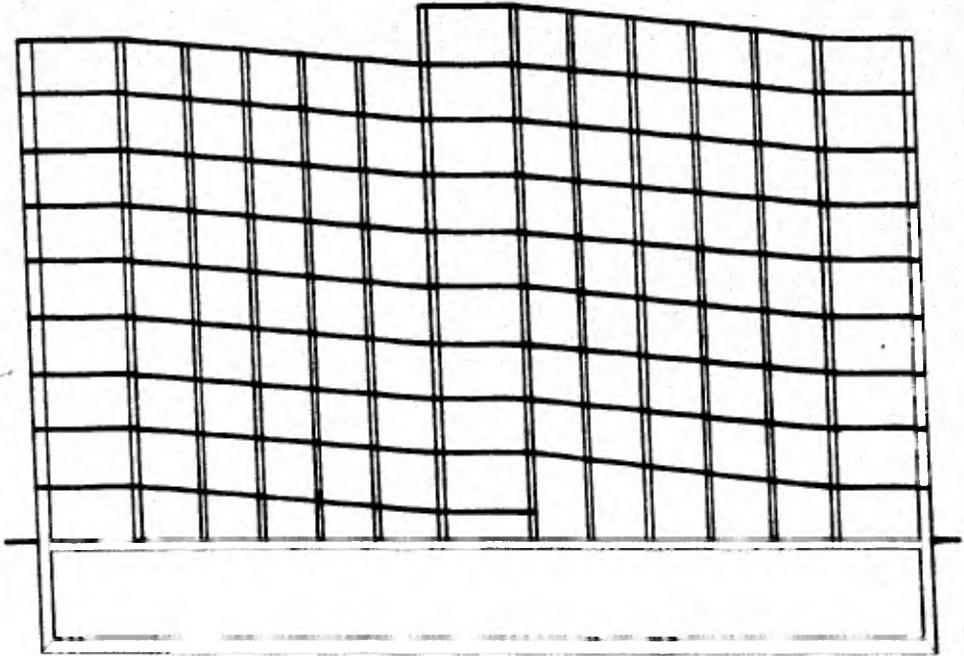


Fig. 1.- Corte esquemático longitudinal del edificio. Solución semiprefabricado.

El inmueble consta de 10 niveles para estacionamiento de vehículos, con un nivel destinado a locales comerciales y otro considerado es el de la azotea (Fig. 1).

Su característica o medio de circulación vertical es el de rampante doble.

En esta alternativa, tanto las columnas como las trabes-
portantes son de concreto reforzado coladas en sitio y -
las losas son de concreto prefabricadas y pretensadas.

Las columnas son de sección rectangular de 80 x 40 cms.-
coladas en sitio y de concreto reforzado. Las trabes, --
también de concreto reforzado y coladas en sitio son de
sección "L" de 70 cms. de peralte.

El sistema de piso está resuelto a base de losa-trabe --
"TT" de concreto prefabricadas y pretensadas, se utiliza
ron como elementos rigidizantes a las propias trabes-lo-
sas que coinciden con los ejes de las columnas y que tie
nen un ancho de patín, menor que el de los elementos em-
pleados, para complementar la rigidización, se utiliza--
ron muros de concreto acartelados.

Las trabes-losas "TT" están trabajando en conjunto me--
diante un firme estructural de 5 cms. colado en sitio -
antes mencionado, y tienen un peralte de 70 cms. y un -
ancho de 1.00 y 2.50 m.

El claro principal de la estructura está libre de colum
nas con una longitud de 16.80 m. y el claro secundario
es de 8.00 m.

En el nivel de azotea se contempla una estructura lige-

ra a base de armaduras metálicas en voladizo y techado con lámina de asbesto para cubrir los cajones de estacionamiento que ahí se alojan. Esta planta tiene un área total de 1,544 m² en la que se tienen distribuidos 122 cajones para estacionamiento de autos. (Pl. 1).

En la planta baja donde se localizan los locales comerciales y servicios para los usuarios, así como también el área de escaleras y elevadores, tienen un área total de 3,272 m². Conviene señalar que en esta planta no se contemplan cajones para estacionamiento.

La planta de arranque y salida de vehículos consta de 3,611 m² de área efectiva con 129 cajones para estacionamiento. (Pl. 2).

Además se cuenta con 7 plantas tipo de estacionamiento (Pl. 3) con un área total por planta de 3,272 m² en la que se localizan 122 cajones para estacionamiento por planta; lo que nos da un total de 22,904 m² de área total de estacionamiento por las 7 plantas tipo y un total de 854 cajones para estacionamiento de vehículos.

En resumen, el área total de estacionamiento (sin incluir los comercios) es de 28,726 m² y un total de 1,105 cajones para estacionamiento de autos. (Tabla 1).

El acomodo de vehículos en todo el edificio para estacio-

namiento está tomado a 90° con una libre para circulación horizontal de 6.00 m.

I.3.2.- Alternativa "B"

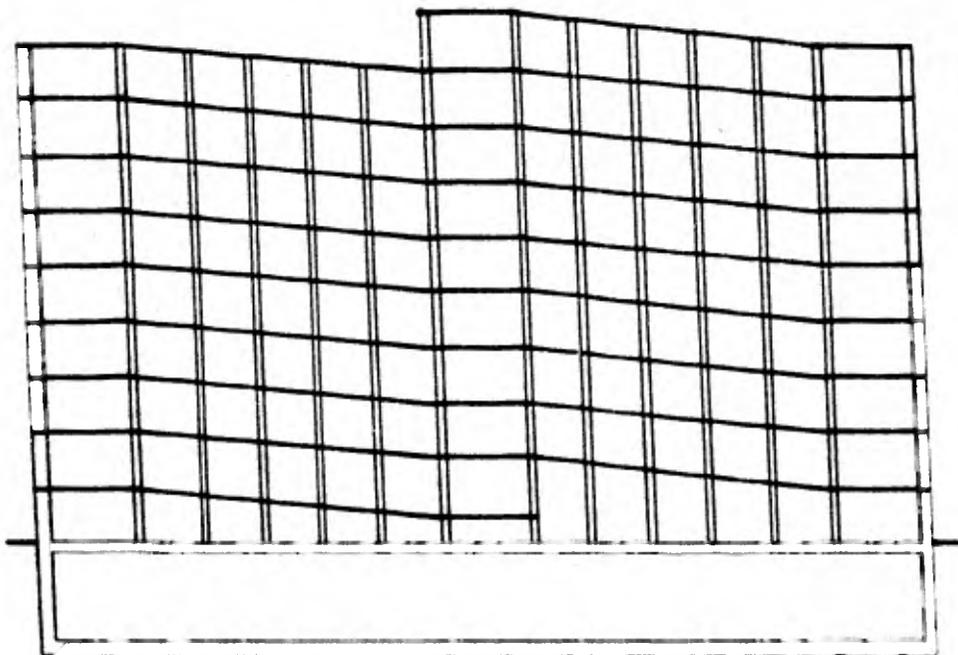


Fig. 2.- Corte esquemático longitudinal del edificio. Solución colado en sitio.

Al igual que las demás alternativas el edificio consta de 10 niveles dispuestos de la siguiente forma: un nivel en planta baja donde se tienen dispuestos los locales co

merciales y servicios; una planta de arranque y salida de vehículos; siete plantas tipo de estacionamiento; y una planta o nivel de azotea, también para estacionamiento. (Fig. 2).

La planta baja de locales comerciales y servicios para los usuarios junto con el de escaleras y elevadores ocupan un área total de 3,204 m².

Distribuidos sobre 3,573 m² se encuentran la planta de arranque y salida o entrada y salida de vehículos, albergando ésta a 132 cajones para estacionamiento en dicha planta (Pl. 4).

En la azotea se localizan 122 cajones en un área total de 1,643 m². Este nivel cuenta con una estructura metálica ligera en voladizo cubierta con lámina de asbesto con la finalidad de techar los cajones para estacionamiento de autos que ahí se localizan (Pl. 5).

Como se mencionó anteriormente, existen 7 plantas tipo de estacionamiento, cada una con un área total de 3,204 m² y con 122 cajones para estacionamiento cada una. En total las 7 plantas tipo suman un total de 22,431 m² de área y 854 cajones para estacionamiento (Pl. 6).

El acomodo de los cajones que alberga este edificio es a

90° y con una franja de circulación horizontal de 6.00 m., permitiendo con ésto las maniobras para el estacionamiento de vehículos de una forma rápida.

El claro principal de la estructura es de 14.50 m., con columnas intermedias a cada 12.00 m., siendo el claro secundario de 10.00 m.

Esta alternativa está estructurada totalmente a base de elementos de concreto reforzado colados en sitio, así como también el sistema de piso es una losa maciza de concreto reforzado colada en el lugar.

Las columnas de concreto reforzado coladas en sitio son de sección rectangular de 130 x 50 cms. La losa, de concreto reforzado maciza colada en sitio.

En esta alternativa la rigidización ha sido resuelta en base a la interacción muros de concreto acartelados y --marcos en ambas direcciones.

El sistema de circulación vertical en este caso se solucionó con el sistema rampante doble, ya que por constitución del proyecto de esta alternativa dicha solución es la más eficiente.

En resumen, esta alternativa tiene un total de 28,401 m²

de área efectiva de estacionamiento (sin incluir los locales comerciales) y 1,108 cajones de estacionamiento para autos. (Tabla II).

1.3.3.- Alternativa "C"

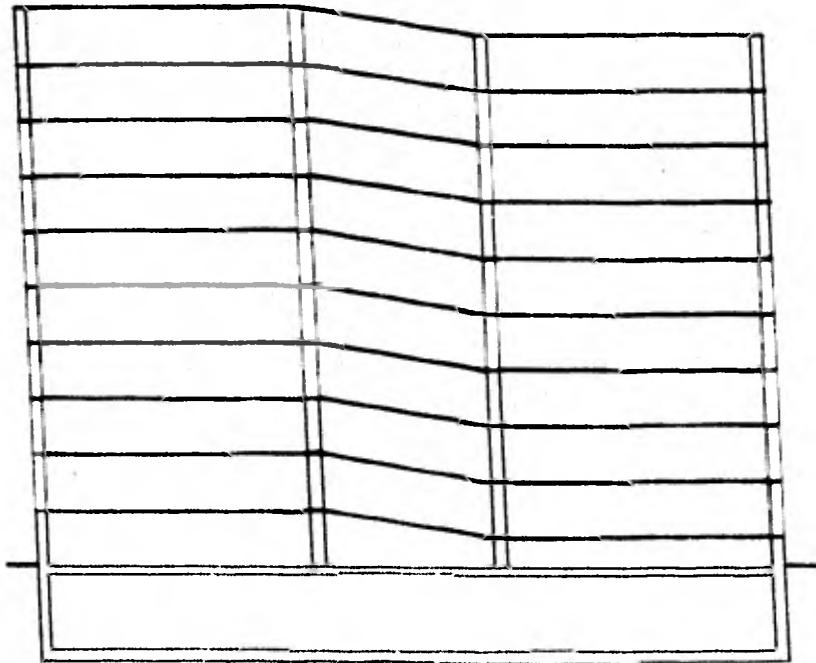


Fig. 3.- Corte esquemático transversal del edificio. Solución prefabricado.

Esta alternativa se estructuró a base de elementos de --
concreto prefabricados y pretensados.

El sistema de piso se solucionó mediante travesaños ---
"TT" prefabricadas pretensadas, de 50 cms. de peralte y---
con anchos variables desde 90 cms. hasta 3.00 m. traba---
jando estos elementos en conjunto mediante un firme es---
tructural de 5 cms. de espesor.

El claro principal es de 16.80 m. y está libre, es decir,
no existen columnas intermedias, en tanto que el claro se-
cundario es de 8.00 m.

Las columnas son de concreto reforzado y prefabricadas de
sección rectangular de 60 x 60 cms.

Las travesaños al igual que las columnas son de concreto re-
forzado y pretensadas con sección rectangular de 40 x 70-
cms.

Para la rigidización de la estructura se utilizaron a las
propias travesaños "TT" en una dirección y muros de con-
creto acartelados en la otra.

Este proyecto consta de las siguientes plantas o niveles:
(Fig 3).

- La planta baja para locales comerciales y servicios in-
cluyendo la zona de elevadores y escaleras, dicha plan-
ta presenta 3,058 m² para la distribución de los concep-
tos anteriores.

- El nivel de arranque y salida de automóviles, el cual cuenta con 34 cajones para estacionamiento de vehículos y un área total de 785 m² (Pl. 7).
- La azotea, en la cual se localiza, al igual que en -- las otras alternativas una estructura accesoria de -- acero ligera, con lámina de asbesto, en voladizo, para el techado de los vehículos alojados en esta planta. (Pl. 8).

El área total de la azotea es de 1,280 m² con un total de 91 cajones para el estacionamiento de automóviles.

- Las plantas tipo, que suman 8 en total, tiene un área efectiva de estacionamiento por planta de 3,058 m² con 110 cajones en total cada una. Las 8 plantas en total suman 24,464 m² de área para alojar a 880 cajones para estacionamiento de autos (Pl. 9).

La franja de circulación horizontal existente en todas las plantas de estacionamiento es de 6.00 m. y el acomodo de los cajones es a 90°.

El sistema de circulación vertical es el denominado medios niveles o mixto rampante.

En resumen, el área efectiva de estacionamiento, sin incluir la destinada para locales comerciales y servicios,

es de 27,037 m², con un total de 1,005 cajones para esta
cionamiento de vehículos. (Tabla III).

I.3.4.- Alternativa "D"

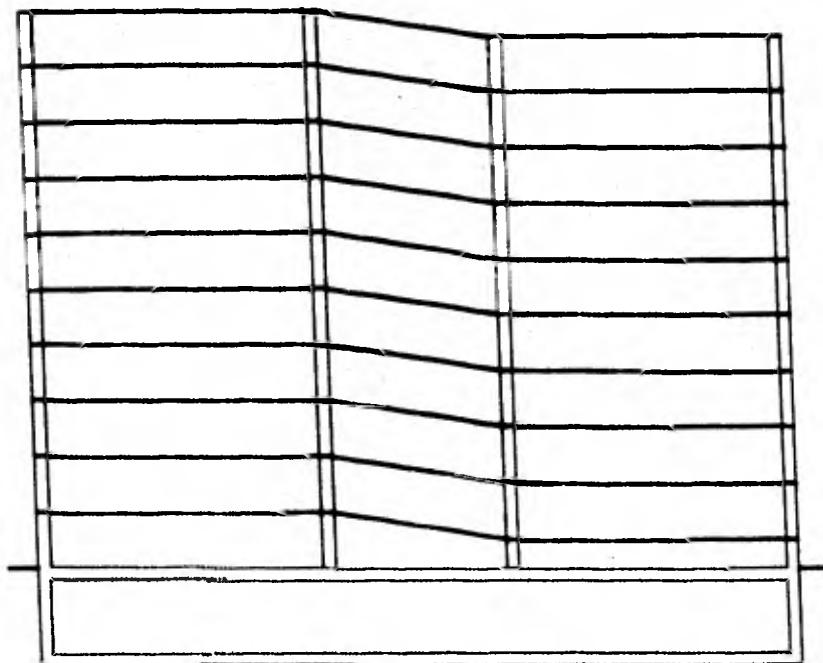


Fig. 4.- Corte esquemático transversal del edificio. Solución metálica.

La rigidización de la estructura está resuelta a base de
marcos rígidos en una dirección y contravientos metáli--

cos en la otra.

La estructura está compuesta en su totalidad por elementos metálicos, excluyéndose únicamente el sistema de piso, el cual es de lámina acanalada de acero, soportada sobre tacones, y un firme de concreto reforzado colado en sitio de 7 cms. de espesor.

Las columnas en esta alternativa son de sección rectangular y están integradas por cuatro placas soldadas formando cajón.

Las armaduras están en forma de retícula en cada planta, compuestas por cuerdas inferiores y superiores definidas por perfiles, ángulos estándares y por diagonales también formadas con perfiles angulares de acero estructural.

Para esta alternativa, con el objeto de reducir el claro y adecuarlo a la capacidad de la losa empleada; se utilizaron traveses metálicos secundarios.

La circulación en el sentido vertical está resuelta con el sistema denominado de medios niveles al igual que la anterior alternativa.

El edificio consta de las siguientes plantas o niveles: -
(Fig. 4).

- La planta baja donde se alojan los locales comerciales y servicios junto con los vestíbulos de elevadores y escaleras. Lo anterior está distribuido en un área total de 2,485 m². Conviene señalar también que en esta planta no se tienen dispuestos cajones para estacionamiento.
- El nivel de arranque y salida de vehículos en el que se localizan 34 cajones para estacionamiento, dispuestos en un área de 773 m². (Pl. 10).
- La Planta de azotea, la cual está dotada de una estructura de techo metálica con cubierta de lámina de acero acanalada, en voladizo, para cubrir los cajones que en dicha planta se alojan. El área ocupada por la plantas de 1,268 m² con una capacidad de 91 cajones para estacionamiento. (Pl. 11).
- Este proyecto cuenta con 8 plantas tipo para estacionamiento, con un área efectiva por planta de 2,981 m² y con 110 cajones cada una. En total, las plantas tipo suman 23,848 m² de área para 880 cajones para estacionamiento de vehículos. (Pl. 12).

En resumen esta alternativa consta de un área total para estacionamiento (sin incluir los locales comerciales) de

26,385 m² con 1005 cajones para estacionamiento. (Tabla-IV).

El ancho de la franja de circulación horizontal proyectada para esta alternativa es de 6.00 m. con el acomodo de cajones a 90°.

I.4.- ASPECTOS GENERALES DE LAS 4 ALTERNATIVAS.

En todas las propuestas en estudio se ha tomado como altura libre de entrepiso 2.20 m., por lo que la altura total de los edificios variará en cada uno de los casos, - en función del peralte de los elementos del sistema de - piso.

La cimentación en los cuatro casos en estudio se resolvió por medio de una cimentación semicompensada con cajón y pilotes de fricción, debido a la capacidad y características del terreno en la zona del lago, área metropolitana, de la ciudad de México.

La cimentación para otro tipo de terreno podría modificarse de acuerdo a las características y capacidad del mismo.

El predimensionamiento estructural de estas cuatro alternativas ha sido obtenido en base a proyectos estructura-

les ya realizados anteriormente y de acuerdo a la experiencia de los mismos, así se establecieron las dimensiones transversales de cada uno de los elementos integrantes de estas estructuras en estudio.

Partiendo de este estudio y con especificaciones dadas por el Reglamento de Construcción operante en el Distrito Federal, se han establecido solicitudes actuantes en cada pieza integrante de cada uno de los sistemas estructurales que aquí se estudian.

Ya con la información obtenida de los puntos anteriores se llevó a cabo un análisis estructural elástico definitivo para cada uno de los sistemas estructurales, obteniéndose con ésto los elementos mecánicos correspondientes a cada solución estructural. Con ésto, se procedió a dimensionar las piezas y modificarlas, en cada caso con las secciones propuestas anteriormente.

Como se ha podido observar, en los cuatro casos se tiene un número similar de niveles, así como también son iguales dos a dos, los casos de sistemas de circulación vertical; siendo éstos el rampante doble y el mixto rampante o de medios niveles.

I.5.- FACTORES QUE INFLUYEN EN EL PROYECTO.

Existen diversos factores que influyen en el diseño y construcción, principalmente, aunque también en el costo y operación de los edificios para estacionamiento de automóviles. Los más importantes que se han considerado son:

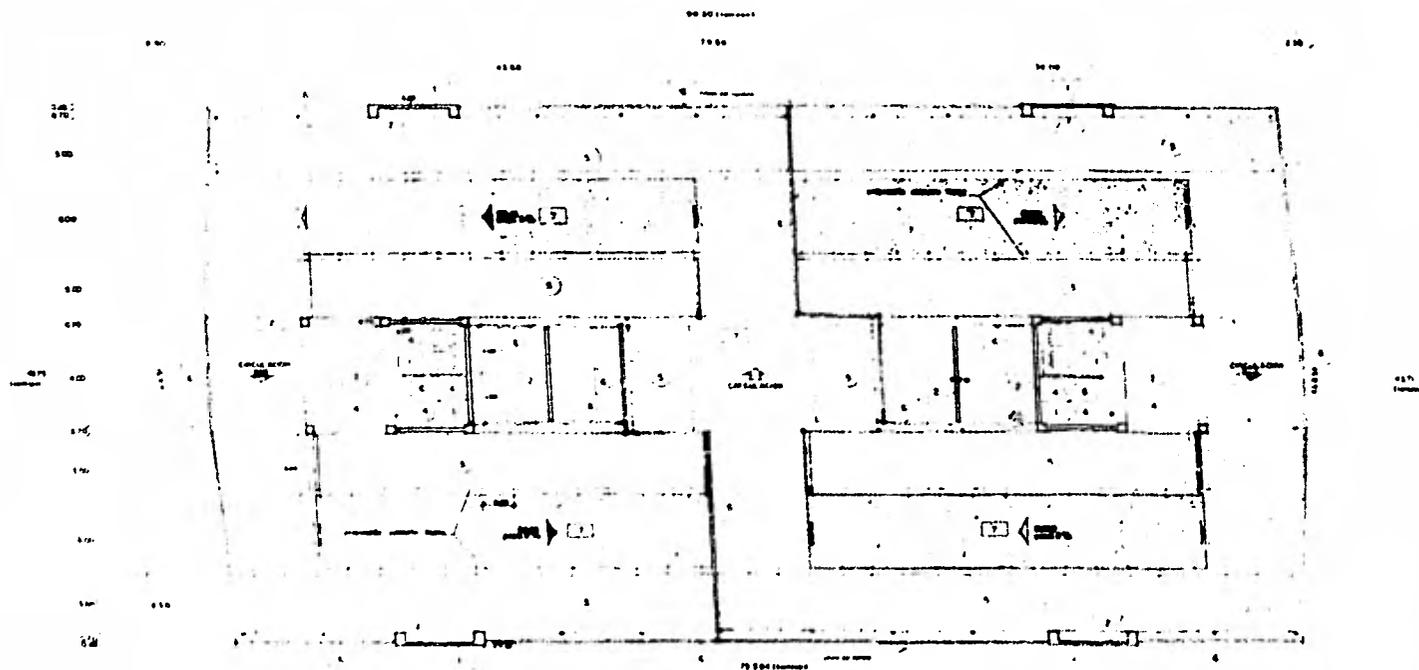
- La ubicación, forma y dimensionamiento del terreno -- donde se va a construir el edificio, son factores muy importantes al seleccionar tanto el número de niveles, medio de circulación vertical, acomodo de autos y la propia estructuración del edificio; así como el tipo de material a emplearse en la estructura y los procesos constructivos.

En función de las características del predio, los requerimientos de cada obra y la demanda, se podrá seleccionar el número de niveles, aunque conviene señalar el aspecto económico como un elemento básico en la elección del número de niveles para este tipo de estructuras.

* mixto rampante

PLANO - I

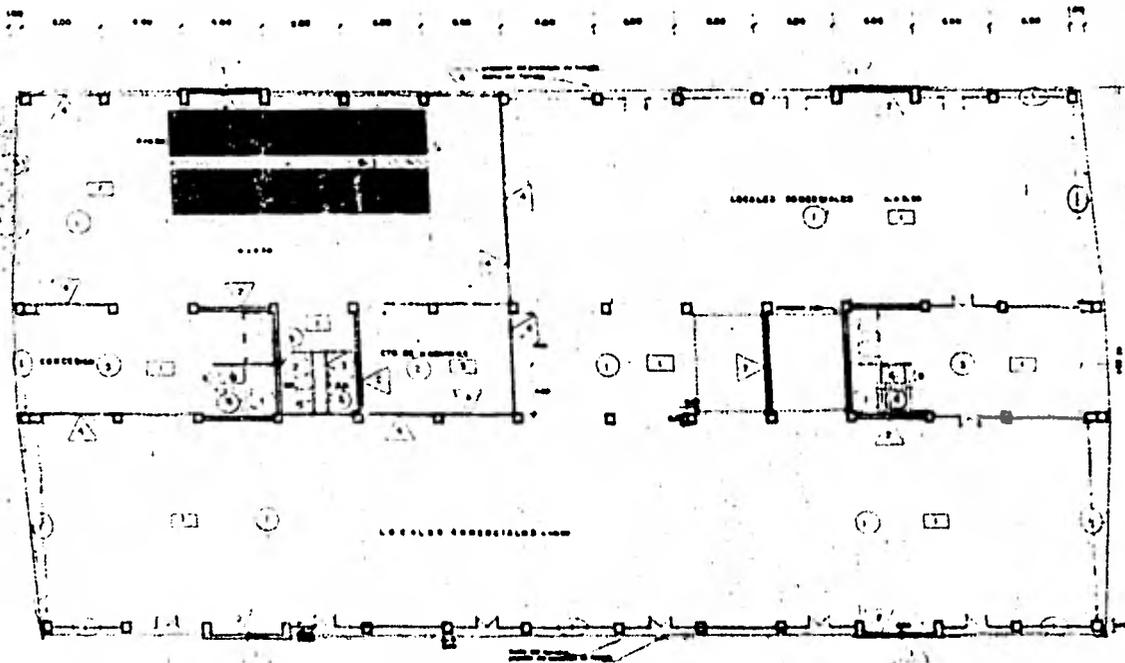
planta azotea



* mixto rampante

PLANO-2

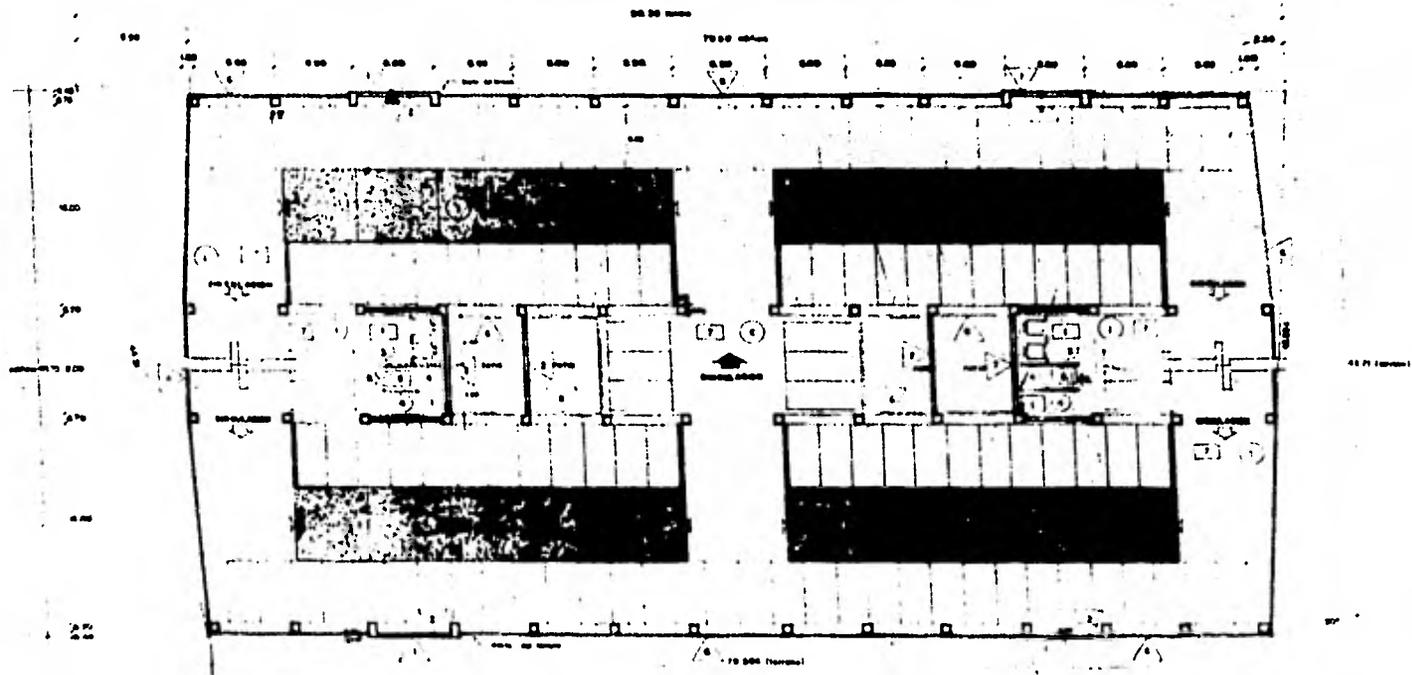
planta baja



* mixto rampante

PLANO - 3

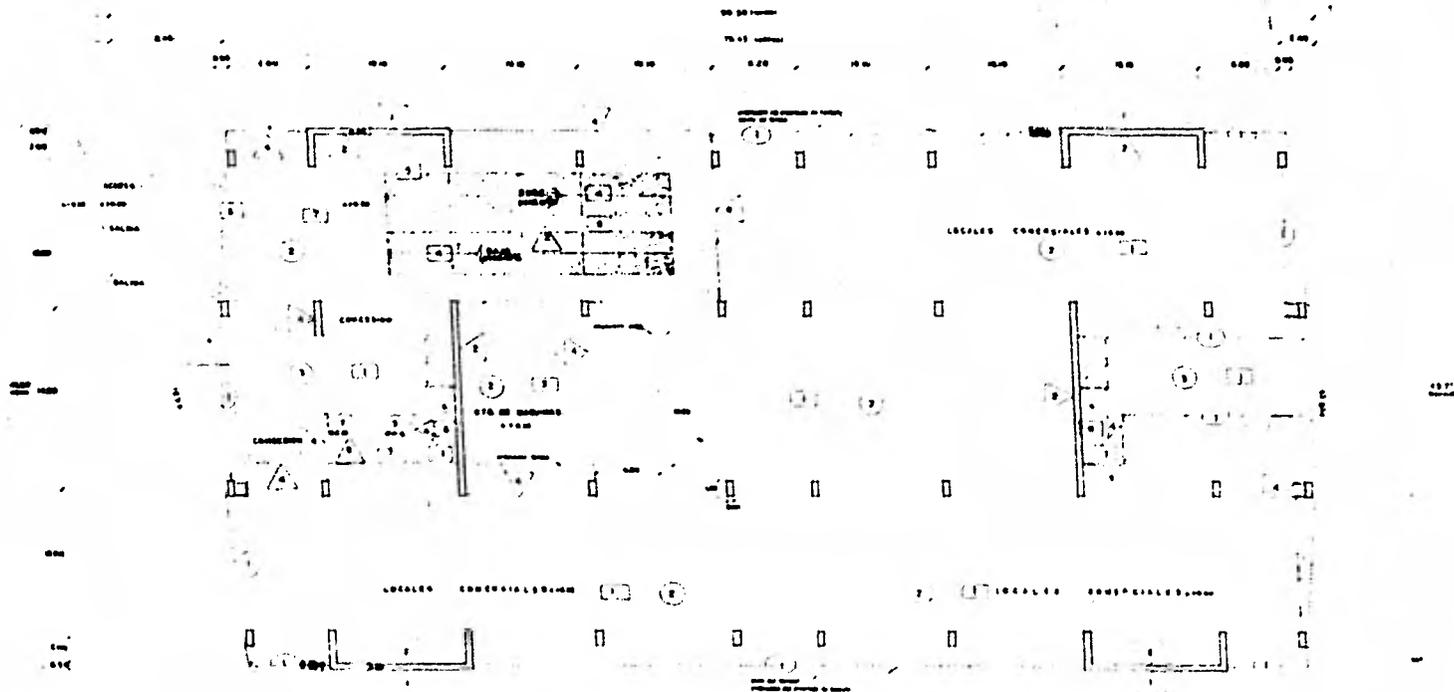
planta tipo ESCALA 1:200



*colado en sitio rampante

PLANO-4

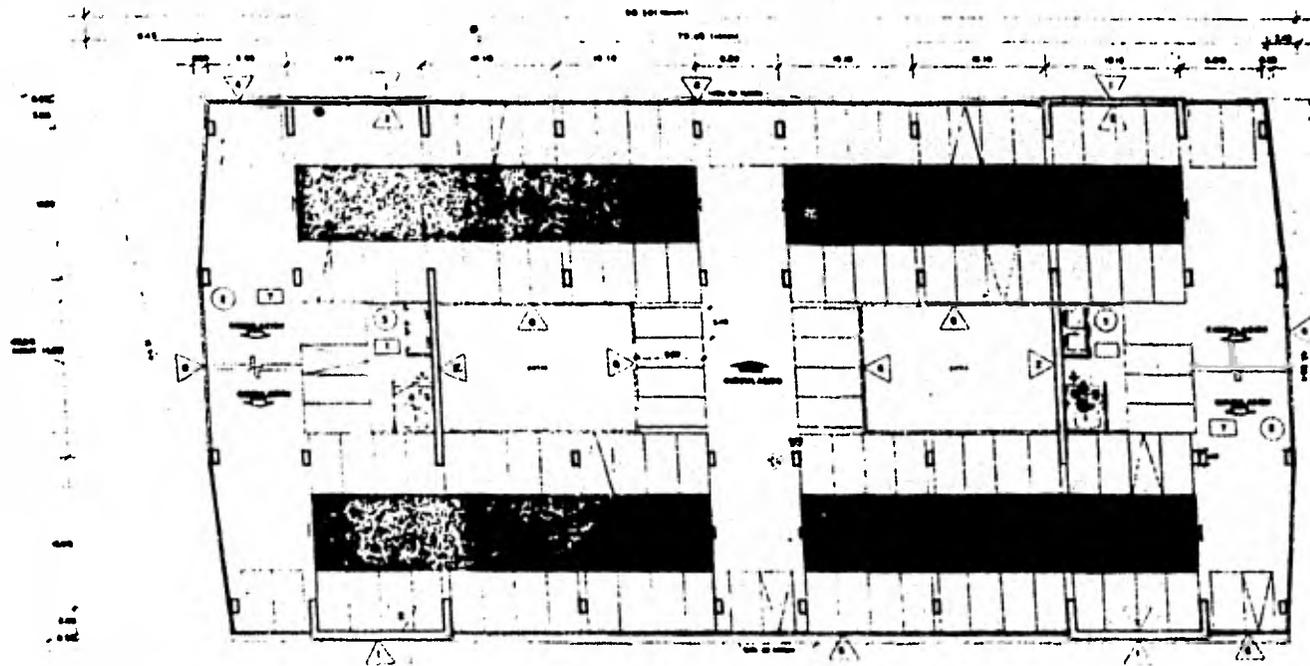
planta baja



*colado en sitio rampante

PLANO-6

planta tipo escala 1:100

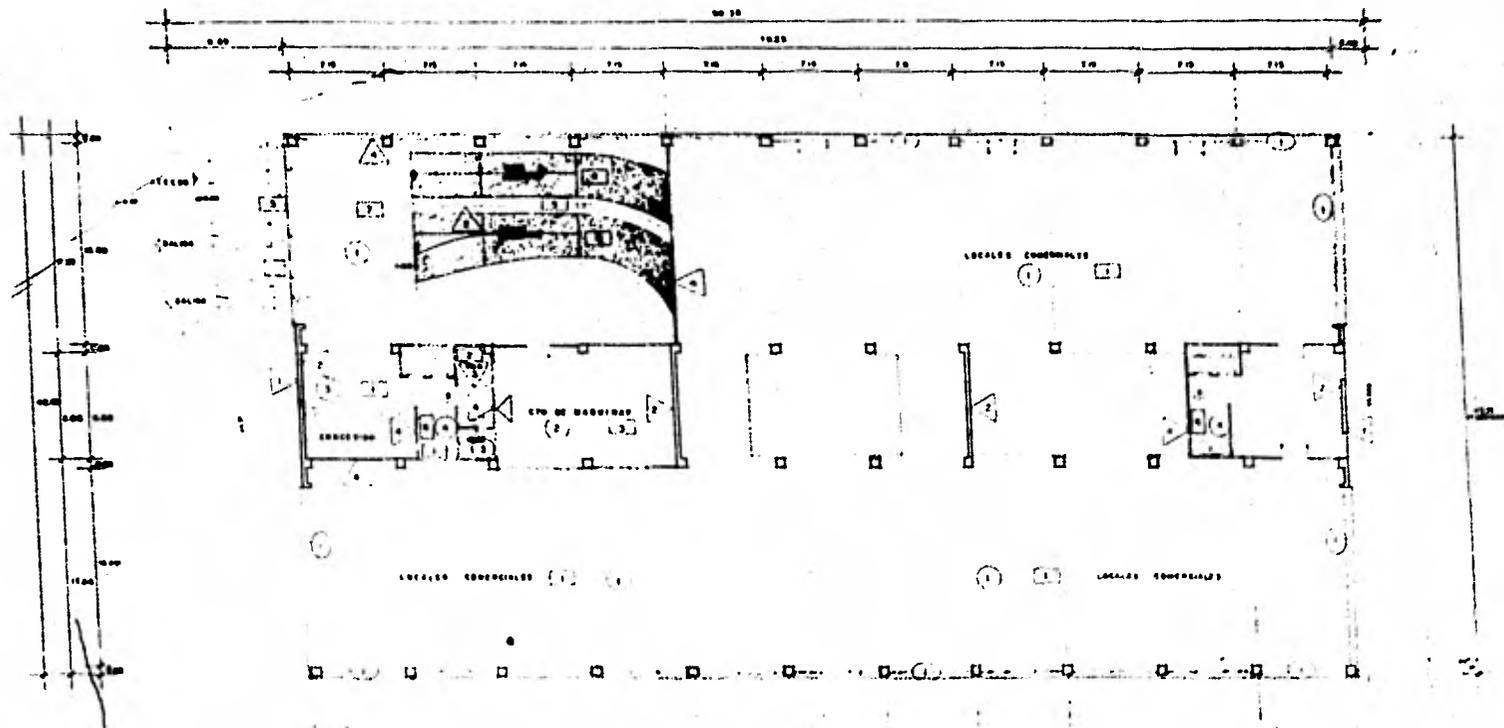


*prefabricado medias naves

PLANO-7

planta baja

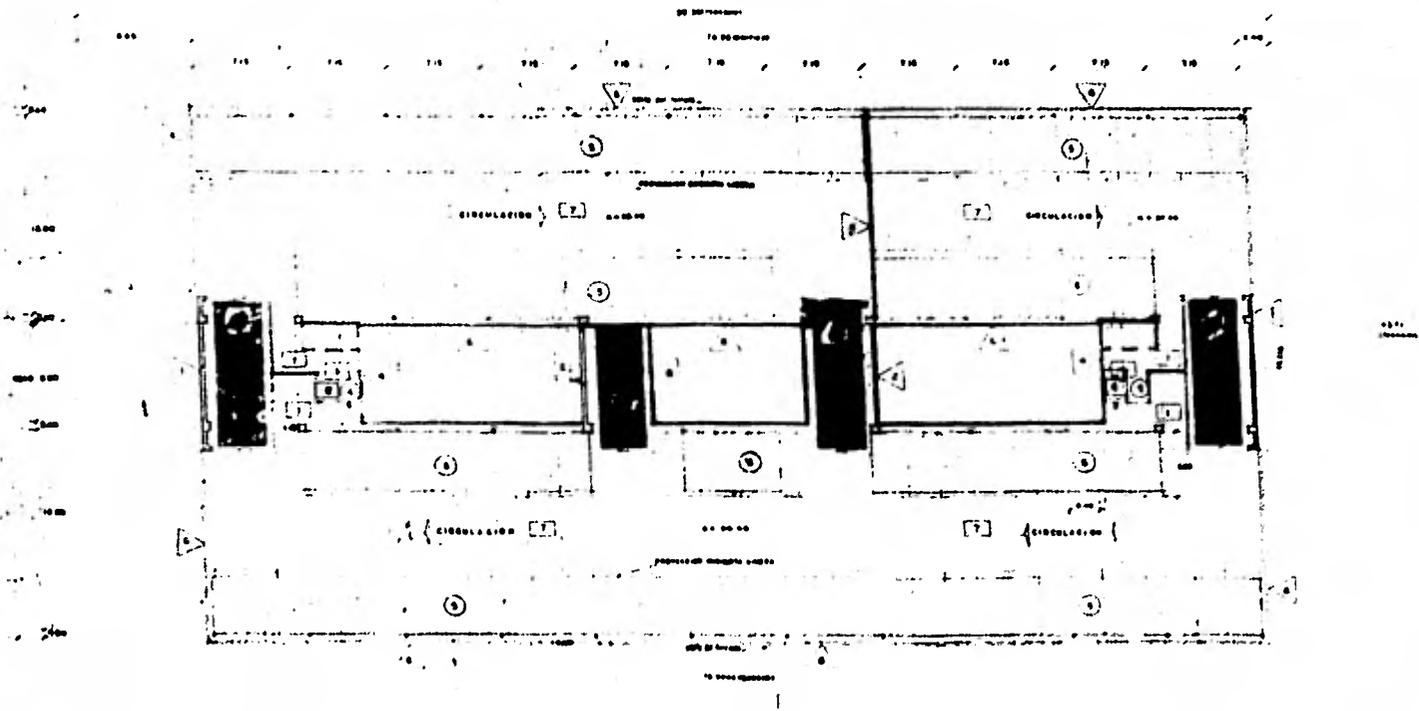
ESCALA 1:500



* prefabricados medios niveles

PLANO-8

planta azotea



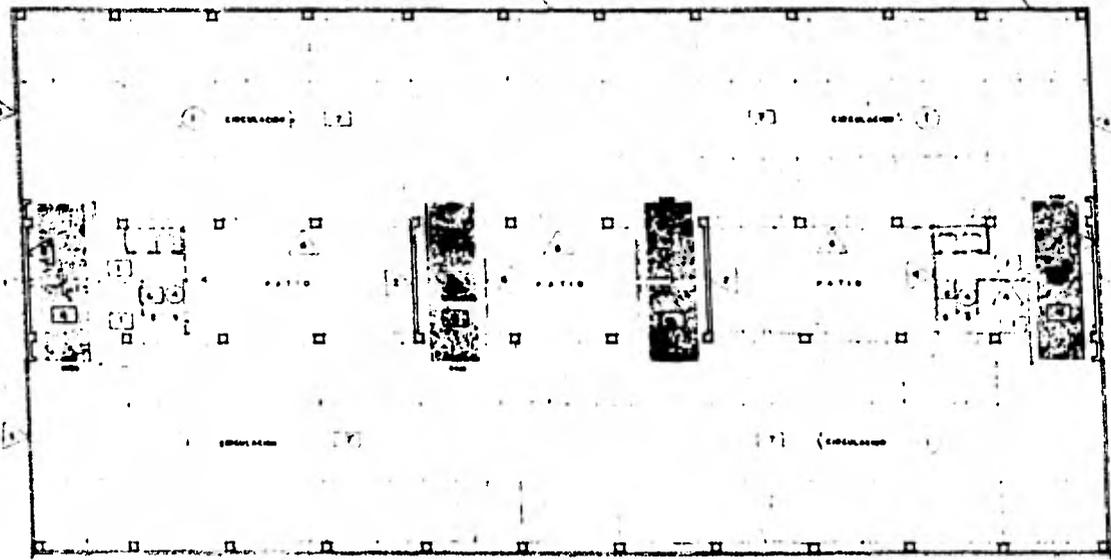
*prefabricado medios niveles

PLANO-9

planta tipo 1700

00 00 1700000

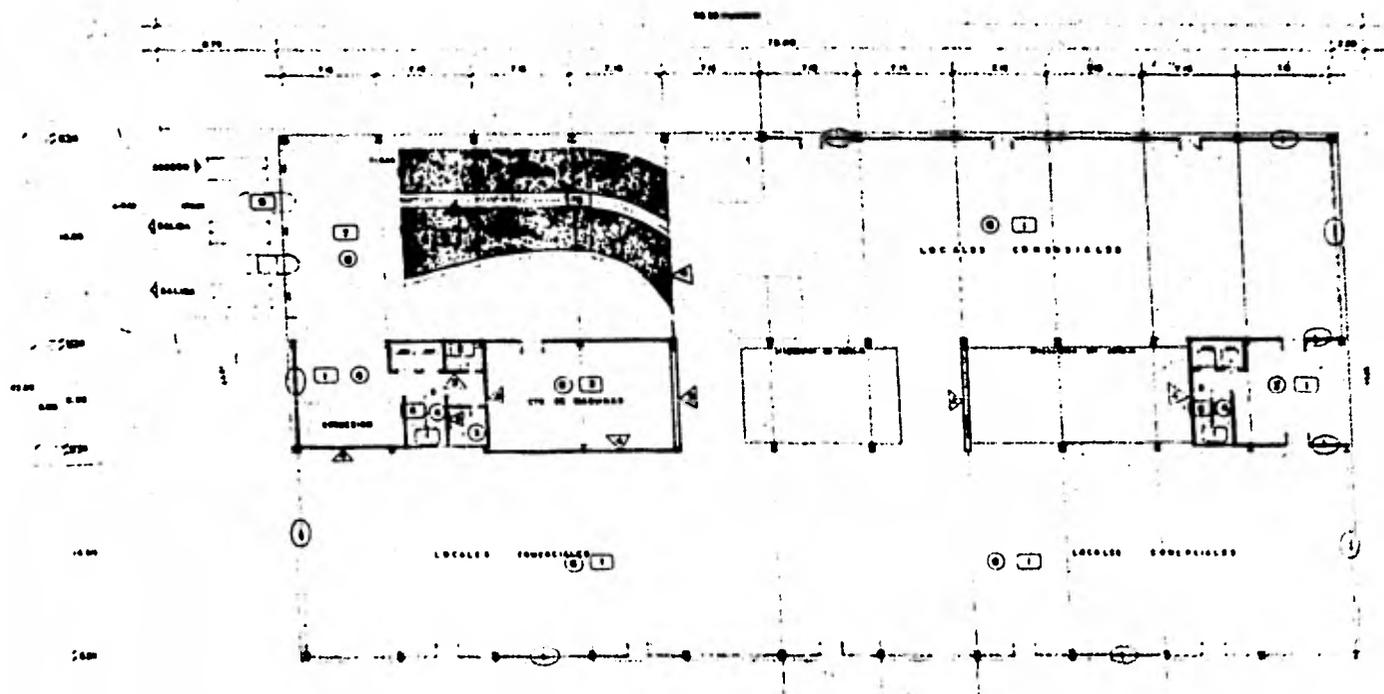
1700



* esero medice niveles

PLANO-10

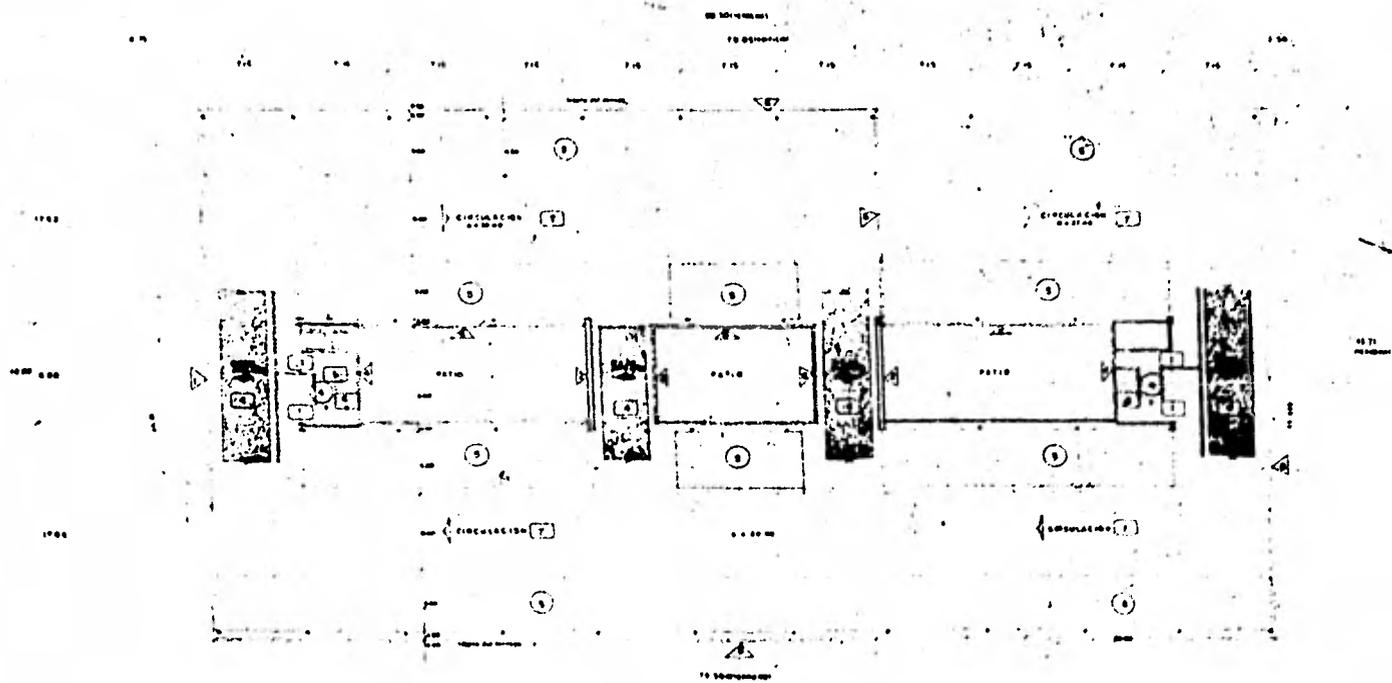
planta baja



*acero medios niveles

PLANO-II

planta azotea



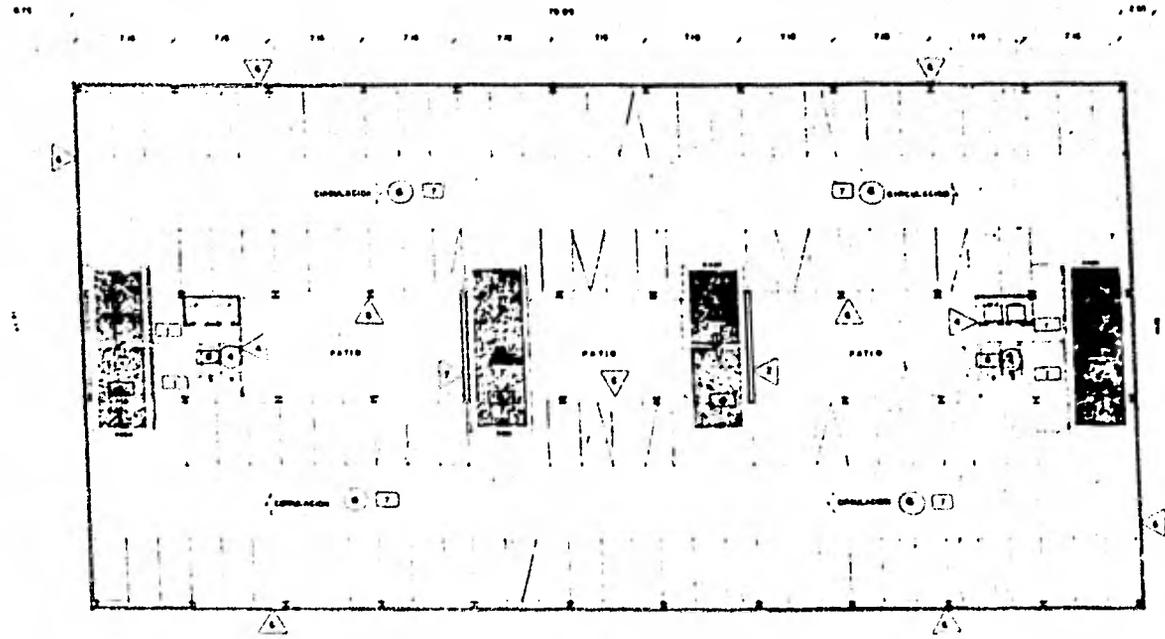
*acero medios niveles

PLANO-12

planta tipo 12

00 00 00 00 00

70 00



T E M A I I

ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

T E M A I I
ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

II.1.- FUNCIONAMIENTO

Desde el punto de vista de funcionamiento, se ha determinado mediante este estudio, que las alternativas que presentan un mejor funcionamiento son las estructuradas a base de elementos prefabricados pretensados como sistema de piso y estructura portante de concreto reforzado colado en sitio o prefabricada (Alternativa A y C), - y la estructura con elementos metálicos (Alternativa D).

Lo anterior se debe a que dichas alternativas por su estructuración tienen el claro principal libre de colum--nas, facilitando con ésto el acomodo de vehículos. El - caso contrario se presenta en la alternativa estructura da con elementos de concreto reforzado colados en sitio (Alternativa B), que por su diseño y estructuración presenta el claro principal con columnas intermedias, en--torpeciendo con ésto la facilidad para el acomodo de vehículos y limitando la maniobrabilidad de los mismos. - La distribución de columnas en la alternativa "B" está-

de acuerdo a la optimización realizada para lograr los claros libres mayores, permisibles que para este tipo de estructura son adecuados.

Existe otro concepto de gran importancia dentro del funcionamiento de un edificio para estacionamiento de automóviles, éste es el de la eficiencia en las maniobras de los vehículos.

Lo anterior está ligado directamente con el sistema de circulación vertical de los vehículos dentro del estacionamiento, los cuales se han proyectado con el objeto de que por el tipo de estructuración, los automóviles se logren estacionar en el menor tiempo posible y recorriendo la menor distancia, para evitar en dado caso un congestionamiento de autos dentro del edificio, causando con ésto molestias a los usuarios.

En cuanto a esto último, se determinó en este estudio, que las alternativas que tienen el sistema de circulación vertical denominado "Rampante Doble" (semiprefabricado y colado en sitio) son las que presentan mayor eficiencia, mientras que las alternativas restantes (prefabricado y metálico) tienen menor eficiencia que las anteriores ya que el sistema de circulación vertical que hemos llamado de "rampas rectas entre dos niveles" resulta un poco mayor el tiempo que se invierte para esta

cionar los vehículos.

II.2.- FLEXIBILIDAD.

Este concepto de flexibilidad se refiere principalmente a que el estacionamiento tenga la posibilidad de que tan to el tamaño de los cajones para automóviles como el án gulo de acomodo de los mismos, puedan ser modificados -- con relativa facilidad cuando por determinadas condicio- nes así se requiera, como por ejemplo para ampliar la ca pacidad de estacionamiento de autos en el edificio. Este aspecto es también básico debido a la creciente tenden- cia que existe en la reducción del tamaño de los vehícu- los y del aumento a la demanda de cajones para estaciona- miento en la ciudad de México.

Desde este punto de vista, las soluciones estructurales- en estudio que resultan más convenientes son las resuel- tas a base de elementos de concreto prefabricados preten- sados como sistema de piso y estructura de concreto co- lada en sitio o prefabricada, y la estructurada con ele- mentos metálicos, ya que por tener el claro principal li bre de columnas permiten fácilmente la modificación tan- to del tamaño de los cajones como del ángulo de acomodo- de los mismos a 45°, 60° y 90° (Fig. 5, 6 y 7), siendo - por este motivo la alternativa menos flexible la estruc-

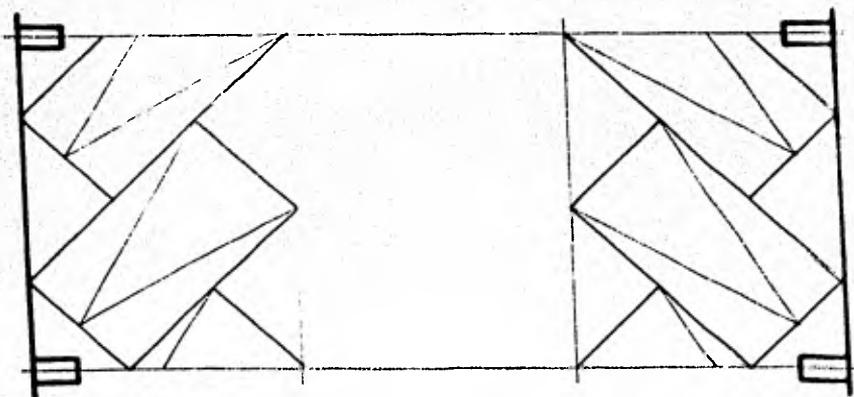


Fig. 5.- Croquis de planta acomodo de cajones a 45° para alternativas A, C y D.

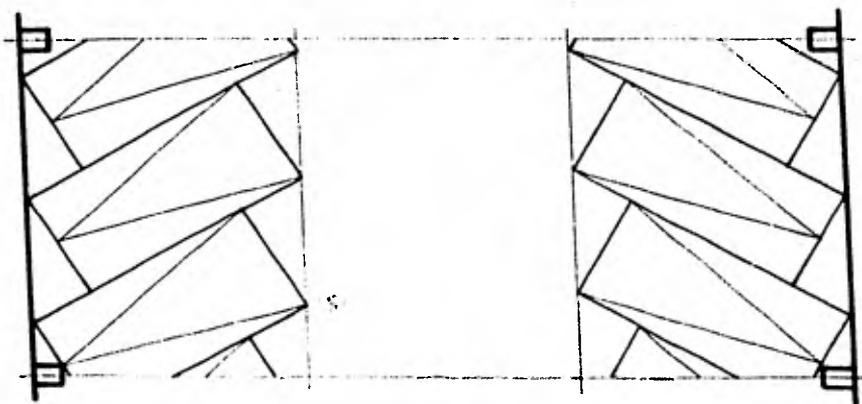


Fig. 6.- Croquis de planta acomodo de cajones a 80° para alternativas A, C y D.

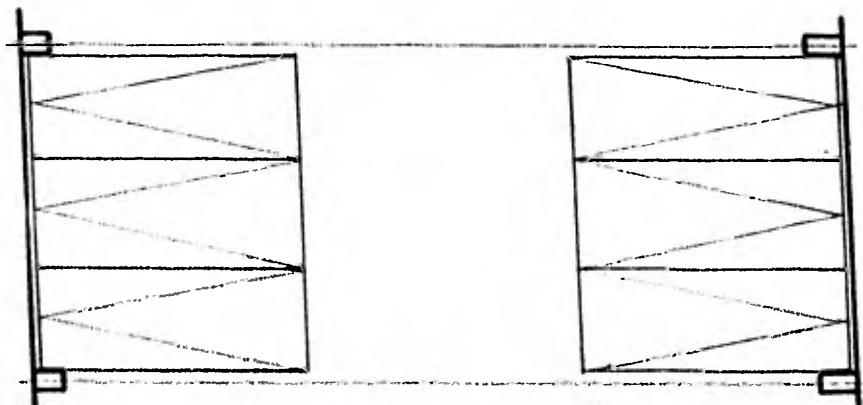


Fig. 7.- Croquis de planta acomodo de cajones a 90° para alternativas A, C y D.

turada totalmente con elementos de concreto reforzado co-
lado en sitio, ya que las columnas que interfieren el --
claro principal no permiten el cambio de tamaño y ángulo
de acomodo de los cajones para estacionamiento. (Fig. 8)

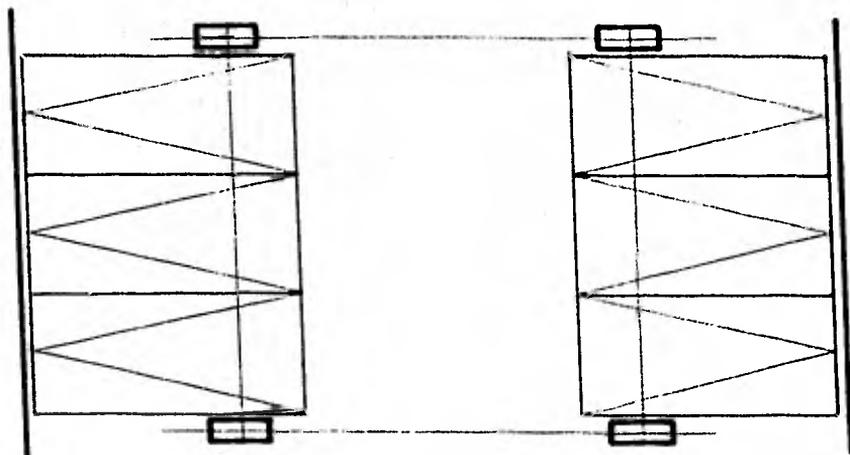


Fig. 8.- Croquis de planta acomodo de cajones a 90° --
Únicamente para la alternativa B.

II.3.- TIEMPO DE CONSTRUCCION

Para este estudio comparativo se analizaron los tiempos
aproximados de construcción de cada una de las Alternati-
vas propuestas, de acuerdo a su estructuración y ti-
pos de materiales por emplear, pudiéndose constatar que
las soluciones estructurales que presentan o resultan -
con menores tiempos de construcción son las alternati-
vas "C" (prefabricada) y "D" (metálica) con 24 y 29 se-

manas respectivamente, de tiempo de ejecución aproximado (Tablas III y IV), ésto se debe principalmente a la ventaja de la prefabricación de elementos y montaje de los mismos en el ahorro de tiempo. Mientras que las alternativas "A" (semiprefabricada) y "B" (colada en sitio) presentan un tiempo aproximado de construcción de 30 y 40 semanas respectivamente, ya que el proceso constructivo de cada una de las alternativas es más lento - debido a que hay que esperar al fraguado y descimbrado de los elementos estructurales portantes.

Este factor de tiempo de construcción, es de gran importancia no sólo en el aspecto político como normalmente ocurre con este tipo de obras, sino también desde el punto de vista económico, ya que el tiempo para la recuperación de la inversión debe de ser el más bajo por un lado y por el otro en el incremento del costo debido a la inflación que impacta en una obra con mayor duración.

II.4.- CONCLUSIONES.

Como resumen de los puntos anteriormente tratados podemos concluir que de las cuatro alternativas en estudio, las que más ventajas presentan desde el punto de vista constructivo son las alternativas o soluciones que he-

mos llamado en este estudio "Prefabricada o Alternativa C" y "Metálica o Alternativa D"; resultando con menos ventajas las alternativas "A" (semiprefabricado) y "B" (colado en sitio), siendo esta última la solución que más desventajas presenta.

Conviene señalar que en el concepto referente al tiempo de construcción, las cuatro alternativas podrán llevarse a cabo en menos o más tiempo que el calculado para este estudio, ya que el tiempo dependerá principalmente en un momento determinado de diferentes factores no contemplados ni previstos en este estudio y que pueden afectar, en algún momento, directamente el tiempo de construcción programado. Esto último se deberá de resolver propiamente en el momento de construcción.

T E M A I I I

ANALISIS DE COSTOS Y RENTABILIDAD

T E M A I I I
ANALISIS DE COSTOS Y RENTABILIDAD

III.1.- ANALISIS DE COSTOS

Para la realización del análisis de costos de construcción de cada una de las alternativas propuestas en este estudio, se utilizaron los precios unitarios conforme -- al catálogo del Departamento del Distrito Federal actualmente vigente, ya que se estima son acordes con el tipo de obra en estudio.

Con los datos obtenidos del dimensionamiento estructural y detalles del proyecto arquitectónico, se procedió con la cuantificación de todos los elementos de cada una de las alternativas en estudio. Posteriormente a las cubicaciones, se tomaron los precios unitarios correspondientes a cada concepto, con lo cual se determinaron los costos de cada una de las siguientes partidas:

- Trabajos preliminares
- Cimentación
- Estructura
- Albañilería

- Acabados
- Instalación Hidrosanitaria
- Instalación Eléctrica
- Instalaciones especiales

Estos costos se aprecian claramente en las hojas resumen de costos adjuntas, correspondientes a cada una de las alternativas propuestas. Cabe la aclaración, que dichos costos involucran los indirectos y utilidad ya que para efectos de este estudio comparativo, se requieren únicamente los índices generales de costo de construcción.

Ya con los datos obtenidos se determinaron los índices por metro cuadrado de construcción tanto de cimentación como de estructura, así como el costo por cajón para estacionamiento.

Para el costo por metro cuadrado se tomaron por separado los montos de los conceptos de cimentación y estructura, considerando en éste último tanto la albañilería y acabados como las instalaciones en general. Posteriormente fueron analizados dichos costos globalmente. (Tablas I, II, III y IV).

Respecto al cálculo de los índices por cajón, se consideraron los costos de cimentación y estructura en con-

junto, descontando únicamente los costos de los conceptos correspondientes a los locales comerciales, esto con el fin de proporcionar mayor objetividad a dicho factor.

Para el análisis del factor de rendimiento (m^2 por cajón) se determinó primeramente el área efectiva de estacionamiento y se relacionó directamente con el número de cajones con que cuenta cada alternativa. Este factor es de gran importancia para la determinación del rendimiento que por proyecto pueda ser mayor o menor en cada una de las alternativas en estudio.

Con el objeto de simplificar el análisis económico, se elaboró una tabla comparativa para cada una de las soluciones estructurales propuestas, en las que se aprecian claramente los factores antes mencionados, así como los costos individuales y globales de: cimentación, estructura sin azotea y estructura. (Tablas I, II, III y IV).

De esta tabla comparativa se aprecia fácilmente que la alternativa que presenta un mayor costo per metro cuadrado de construcción es la estructurada a base de elementos metálicos, siguiendo en orden descendente de costos la solución prefabricada, colada en sitio y por último, la semiprefabricada.

| TIPO DE ESTRUCTURA CONCEPTO | I SEMIPREFABRICADO. | | | |
|-------------------------------------|---|----------------------------|------------|-------------|
| | COMERCIO | ESTACIONAMIENTO SIN AZOTEA | AZOTEA | TOTAL |
| COSTO DEL EDIFICIO (\$) | 11' 388,718 | 80' 114,344 | 1' 215,895 | 92' 718,957 |
| SUPERFICIE | 3,272 | 26,289 | 1,544 | 31,105 |
| NUMERO DE CAJONES A 90° | — | 983 | 122 | 1,105 |
| COSTO POR CAJON (\$) | — | 81,499 | 9,966 | 73,602 |
| COSTO POR m. ² (\$) | 3,480 | 3,047 | 787 | 2,980 |
| NUMERO DE m. ² POR CAJON | — | 26.74 | 12,65 | 26.00 |
| NUMERO DE NIVELES | 10 | | | |
| TIEMPO APROXIMADO DE CONSTRUCCION. | 30 SEMANAS | | | |
| FACTOR BENEFICIO / COSTO | 1.14 | | | |
| FUNCIONAMIENTO. | RAMPANTE DOBLE | | | |
| ESTRUCTURACION | INTERACCION MURO MARCO EN AMBAS DIRECCIONES. CLARO PRINCIPAL LIBRE | | | |
| FLEXIBILIDAD | ACOMODO A 45°, 60° y 90° PERMITE CAJONES DIFERENTES | | | |
| COSTO CIMENTACION | 15' 989,45 | | | |
| COSTO ESTRUCTURA | 52' 319,310 | | | |

• NO INCLuye CIMENTACION

| TIPO DE ESTRUCTURA. CONCEPTO | 3 PREFABRICADO | | | |
|------------------------------------|---|----------------------------|-----------|------------|
| | COMERCIOS | ESTACIONAMIENTO SIN AZOTEA | AZOTEA | TOTAL |
| COSTO DEL EDIFICIO (\$) | 11'784,795 | 85'555,082 | 1'825,795 | 99'170,676 |
| SUPERFICIE | 3,256 | 25,249 | 1,280 | 29,587 |
| NUMERO DE CAJONES A 90° | --- | 914 | 91 | 1,005 |
| COSTO POR CAJON (\$) | --- | 93,605 | 20,063 | 86,946 |
| COSTO POR m ² (\$) | 1,555 | 3,388 | 1,426 | 3,351 |
| NUMERO DE m ² POR CAJON | --- | 27.62 | 14.10 | 26.90 |
| NUMERO DE NIVELES | 10 | | | |
| TIEMPO APROXIMADO DE CONSTRUCCION. | 24 SEMANAS | | | |
| FACTOR BENEFICIO / COSTO | 1.11 | | | |
| FUNCIONAMIENTO. | MEDIOS NIVELES | | | |
| ESTRUCTURACION | MARCOS RIGIDOS EN UNA DIFICION E INTERACCION MURO-MAR EN LA OTRA. CLARO PRINCIPAL LIBRE | | | |
| FLEXIBILIDAD | ACOMODO A 45°, 60° y 90° PERMITE CAJONES DIFERENTES | | | |
| COSTO CIMENTACION | 17' 859, 625 | | | |
| COSTO ESTRUCTURA | 60' 297, 000 | | | |

► NO INCLUYE COMERCIOS

| TIPO DE ESTRUCTURA. CONCEPTO | 4 METALICO | | | |
|-------------------------------------|--|----------------------------|------------|--------------|
| | COMERCIOS | ESTACIONAMIENTO SIN AZOTEA | AZOTEA | TOTAL |
| COSTO DEL EDIFICIO (\$) | 12' 112,631 | 87' 929,338 | 1' 935,756 | 101' 977,703 |
| SUPERFICIE | 2,981 | 24,621 | 1,268 | 28,870 |
| NUMERO DE CAJONES A 90° | — | 914 | 95 | 1,009 |
| COSTO POR CAJON (\$) | — | 96,202 | 20,376 | 89,417* |
| COSTO POR m. ² (\$) | 4,063 | 3,571 | 1,526 | 3,532 |
| NUMERO DE m. ² POR CAJON | — | 26.94 | 13.93 | 26.25* |
| NUMERO DE NIVELES | 10 | | | |
| TIEMPO APROXIMADO DE CONSTRUCCION. | 28 SEMANAS | | | |
| FACTOR BENEFICIO / COSTO | 1.08 | | | |
| FUNCIONAMIENTO. | MEDIOS NIVELES | | | |
| ESTRUCTURACION | MARCOS RIGIDOS EN UNA DIRECCION Y CONTRAVENTEADO EN LA OTRA, CLARO PRINCIPAL LIBRE | | | |
| FLEXIBILIDAD | ACOMODO A 45°, 60° y 90° PERMITE CAJONES DIFERENTES | | | |
| COSTO CIMENTACION | 9' 649,799 | | | |
| COSTO ESTRUCTURA | 73' 679,694 | | | |

* NO INCLUYE COMERCIOS.

Lo mismo sucede en la comparación de los costos por ca
jón de las cuatro alternativas propuestas.

Desde el punto de vista de costos, se puede resumir, --
que la alternativa que en general presenta los más ba--
jos y por tanto más convenientes, es la estructurada --
con elementos de concreto reforzado colado en sitio y -
sistema de piso a base de losas "T" prefabricadas pre--
tensadas, denominada en este estudio como semiprefabri--
cada.

III.2.- ESTUDIO DE FACTIBILIDAD ECONOMICA.

El presente estudio tiene la finalidad de averiguar en--
primer lugar la posibilidad, desde el punto de vista --
económico, de realizar la construcción del edificio pa--
ra estacionamiento de vehículos y en siguiente término--
el período de recuperación de la inversión.

Las consideraciones y estudios que se realizaron para -
tal efecto se presentan enseguida, para cada una de las
alternativas en estudio:

- INGRESOS:

En el cuadro (1A, 1B, 1C y 1D) se muestra el desglo--
se que se percibirán a lo largo del período en estu--

dio.

Los ingresos por concepto del estacionamiento de vehículos se estimaron de acuerdo con los pronósticos de demanda elaborados en el estudio de Oferta-Demanda del estacionamiento y en base a la tarifa vigente para ese tipo de edificio, que también se consigna en dicho estudio. Según estos datos, en 1981 los ingresos serán de:

12.3 Millones de pesos

y ascenderán hasta:

14.6 Millones de pesos

en 1990, estabilizándose a partir de esa fecha.

Los ingresos debidos a la renta de los locales comerciales se consideraron variables con una tasa de incremento del 15% bianual, tomando rentas mensuales de \$ 100.00/m² en los años iniciales.

Finalmente se consideró un valor de rescate del edificio y del equipo existente así como un ingreso por concepto de la venta del terreno. Para el edificio, el valor de rescate al final del período es del 250% de su valor inicial debido principalmente a la plusvalía; para ésto se realizó una proyección económica de costos de construcción (al décimo año), dando por resultado el valor antes mencionado.

El rubro de equipos está formado por el equipo de bombeo y contra incendio y el sistema de elevadores. Para éstos el valor de rescate es del 20% de su valor inicial: mientras que el de los equipos de bombeo y contra incendios es del 15%. La zona donde se localiza el predio para la construcción del estacionamiento presenta una alta densidad de población y en general, una gran actividad, por lo que se estima que al final del período el valor del terreno sea el triple de su valor en 1980.

- COSTOS:

En el cuadro (2A, 2B, 2C y 2D) se presenta la relación de los costos del proyecto, los cuales están integrados por:

1.- La inversión inicial en la compra del terreno, - cotizándose en \$2,800.00/m², y en la construcción -- del estacionamiento, que se estimó en:

- 92.7 Millones para el semiprefabricado.
- 98.7 Millones para el de concreto colado en sitio.
- 99.1 Millones para el prefabricado.
- 101.9 Millones para el metálico.

2.- El costo del equipo que consta de bombas con un costo de \$ 147,000.00 y una vida útil de 6 años; gabinets contra incendios con un costo de \$ 205,000.00 y el sistema de elevadores que asciende a 3.5 millones de pesos.

3.- La recuperación del estacionamiento, que cubre -- los aspectos de:

3.1.- Recursos humanos, que se refiere a los empleados necesarios para operarlo. Habrá 2 empleados y un vigilante con salario mínimo en los dos -- turnos, y por las noches se contará con un velador con salario mínimo.

3.2.- Servicios, que incluyen los consumos de agua y electricidad, el costo de agua se estima en - - \$ 1,800.00 anuales y el de electricidad en - - - \$ 96,000.00 también anuales.

4.- El rubro de mantenimiento, que incluye:

4.1.- Recursos humanos, ya que se consideró un empleado con salario mínimo encargado del mantenimiento del edificio.

4.2.- Mantenimiento del equipo, que para las bombas - se calculó en el 5% de su valor en los años lo.,

3o. y 5o., de su vida útil (6 años) y del 10% - en los años restantes; para el equipo contra incendios es del 2% anual y para el sistema de -- elevadores de 4% anual.

5.- El monto del seguro contra incendio, explosión y temblor del edificio, que es de \$ 446,119.00 anuales y el del seguro contra robo total de vehículos ahí es estacionados, que asciende a \$ 80,000.00 anuales.

- CONCLUSIONES:

Para determinar el período de recuperación de la inversión en el proyecto se utilizó el método de la relación beneficio-costos, como se muestra en el cuadro (3A, 3B, 3C y 3D). En éste se presenta el flujo de ingresos (beneficios) y costos a lo largo del período, así como en el flujo neto correspondiente, y la actualización de estos flujos a una tasa del 18% anual. De acuerdo con el análisis efectuado, el período de recuperación resultó ser de 10 años, ya que para este período la relación beneficio-costos es de:

- 1.14 Para el semiprefabricado
- 1.11 Para el de concreto colado en sitio
- 1.11 Para el prefabricado
- 1.08 Para el metálico

Por lo tanto es variable desde el punto de vista económico en cada una de las cuatro alternativas en estudio.

ALTERNATIVA: - SEMI-PREFABRICADO
 INGRESOS

| AÑO | ESTACIONAMIENTO DE VEHICULOS | RENTA LOCALES | VALORES DE RESCATE | | VENTA DEL TERRENO | TOTAL |
|-------|---------------------------------|------------------|--------------------|---------|----------------------|-------------|
| | | | CONSTRUCCION | EQUIPO | | |
| 1980 | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1981 | 12'294,034 | 3'126,000 | --- | --- | --- | 15'420,034 |
| 1982 | 12'824,045 | 3'126,000 | --- | --- | --- | 15'950,045 |
| 1983 | 13'175,314 | 3'594,900 | --- | --- | --- | 16'770,214 |
| 1984 | 13'532,808 | 3'594,900 | --- | --- | --- | 17'127,708 |
| 1985 | 13'851,428 | 4'134,135 | --- | --- | --- | 17'986,563 |
| 1986 | 14'117,211 | 4'134,135 | --- | --- | --- | 18'251,346 |
| 1987 | 14'381,477 | 4'754,225 | --- | --- | --- | 19'135,702 |
| 1988 | 14'647,222 | 4'754,225 | --- | --- | --- | 19'401,447 |
| 1989 | 14'647,222 | 5'467,393 | --- | --- | --- | 20'114,615 |
| 1990 | 14'647,222 | 5'467,393 | 231'797,390 | 771,714 | 20'292,480 | 281'976,299 |
| TOTAL | 138'117,983 | 54'728,322 | 231'797,390 | 771,714 | 20'292,480 | 342'177,889 |

CUADRO II

ALTERNATIVA: - SEMI-PREFABRICADO
COSTOS

| AÑO | TERRENO Y CONSTRUCCION | EQUIPO | OPERACION | | MANTENIMIENTO | | EQUIPO | SEGUROS | TOTAL |
|-------|------------------------|-----------|------------------|-----------|------------------|--------------|-----------|-----------|-------------|
| | | | RECURSOS HUMANOS | SERVICIOS | RECURSOS HUMANOS | CONSTRUCCION | | | |
| 1980 | 102'449,293 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 102'449,293 |
| 1981 | --- | 3'964,777 | 397,440 | 98,000 | 74,520 | 97,000 | 154,534 | 530,000 | 5'136,271 |
| 1982 | --- | --- | 397,440 | 98,000 | 74,520 | 97,000 | 147,136 | 530,000 | 1,344,096 |
| 1983 | --- | --- | 397,440 | 98,000 | 74,520 | 97,000 | 154,534 | 530,000 | 1'351,594 |
| 1984 | --- | --- | 397,440 | 98,000 | 74,520 | 97,000 | 147,136 | 530,000 | 1'344,096 |
| 1985 | --- | --- | 397,440 | 98,000 | 74,520 | 97,000 | 154,534 | 530,000 | 1'351,594 |
| 1986 | --- | --- | 397,440 | 98,000 | 74,520 | 97,000 | 147,136 | 530,000 | 1'344,096 |
| 1987 | --- | 147,956 | 397,440 | 98,000 | 74,520 | 97,000 | 154,534 | 530,000 | 1'499,450 |
| 1988 | --- | --- | 397,440 | 98,000 | 74,520 | 97,000 | 147,136 | 530,000 | 1'344,096 |
| 1989 | --- | --- | 397,440 | 98,000 | 74,520 | 97,000 | 154,534 | 530,000 | 1'351,594 |
| 1990 | --- | --- | 397,440 | 98,000 | 74,520 | 97,000 | 147,136 | 530,000 | 1'344,096 |
| TOTAL | 102'449,293 | 4'112,733 | 3'974,400 | 960,000 | 745,200 | 970,000 | 1'523,146 | 5'300,000 | 120'040,276 |

ALTERNATIVA: - SEMI-PREFABRICADO
RELACION BENEFICIO-COSTO

| AÑO | INGRESOS | COSTOS | FLUJO NETO* | FACTOR ACTUALIZADO DEL DINERO | INGRESOS ACTUALIZADOS | COSTOS ACTUALIZADOS | FLUJO NETO ACTUALIZADO |
|-------|-------------|-------------|---------------|-------------------------------|-----------------------|---------------------|------------------------|
| 0 | --- | 102'449,293 | - 102'449,293 | 1.0000 | --- | 102'449,293 | - 102'449,293 |
| 1 | 15'420,034 | 5'136,271 | 10'283,763 | 0.8475 | 13'069,478 | 4'352,989 | 8'715,489 |
| 2 | 15'950,045 | 1'344,096 | 14'605,949 | 0.7182 | 11'455,322 | 965,329 | 10'489,993 |
| 3 | 16'770,214 | 1'351,594 | 15'418,620 | 0.6086 | 10'206,352 | 822,580 | 9'383,772 |
| 4 | 17'127,708 | 1'344,096 | 15'783,612 | 0.5158 | 8'834,471 | 693,284 | 8'141,187 |
| 5 | 17'986,563 | 1'351,594 | 16'634,969 | 0.4371 | 7'861,926 | 590,781 | 7'271,145 |
| 6 | 18'251,346 | 1'344,096 | 16'907,250 | 0.3704 | 6'760,298 | 497,853 | 6'262,445 |
| 7 | 19'135,732 | 1'499,450 | 17'636,282 | 0.3139 | 6'006,706 | 470,677 | 5'536,029 |
| 8 | 19'401,477 | 1'344,096 | 18'057,381 | 0.2660 | 5'106,792 | 357,529 | 4'803,263 |
| 9 | 20'114,615 | 1'351,594 | 18,763,021 | 0.2225 | 4'475,501 | 300,729 | 4'174,772 |
| 10 | 281'976,201 | 1'344,096 | 280'632,105 | 0.1911 | 53'885,652 | 256,856 | 53'628,795 |
| TOTAL | 442'133,935 | 119'860,276 | 322'273,659 | | 127'661,498 | 111'757,900 | 15'957,597 |

CUADRO I

ALTERNATIVA: - COLADO EN SITIO

INGRESOS

| AÑO | ESTACIONAMIENTO DE VEHICULOS | RENTA LOCALES | VALORES DE RESCATE | | VENTA DEL TERRENO | TOTAL |
|-------|------------------------------|---------------|--------------------|---------|-------------------|-------------|
| | | | CONSTRUCCION | EQUIPO | | |
| 1980 | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1981 | 12'294,034 | 3'126,000 | --- | --- | --- | 15'420,034 |
| 1982 | 12'824,045 | 3'126,000 | --- | --- | --- | 15'950,045 |
| 1983 | 13'175,314 | 3'594,900 | --- | --- | --- | 16'770,214 |
| 1984 | 13'532,808 | 3'594,900 | --- | --- | --- | 17'127,708 |
| 1985 | 13'851,428 | 4'134,135 | --- | --- | --- | 17'986,563 |
| 1986 | 14'117,211 | 4'134,135 | --- | --- | --- | 18'251,346 |
| 1987 | 14'381,477 | 4'754,225 | --- | --- | --- | 19'135,732 |
| 1988 | 14'647,222 | 4'754,225 | --- | --- | --- | 19'401,477 |
| 1989 | 14'647,222 | 5'467,393 | --- | --- | --- | 20'114,615 |
| 1990 | 14'647,222 | 5'467,393 | 246'714,960 | 771,716 | 29'292,480 | 296'893,771 |
| | | | | | | |
| TOTAL | 133'117,985 | 54'728,372 | 246'714,960 | 771,716 | 29'292,480 | 457'051,505 |

ALTERNATIVA:- COLADO EN SITIO

COSTOS

| AÑO | TERRENO Y CONSTRUCCION | EQUIPO | OPERACION | | MANTENIMIENTO | | EQUIPO | SEGUROS | TOTAL |
|--------|------------------------|-----------|------------------|-----------|------------------|--------------|-----------|-----------|-------------|
| | | | RECURSOS HUMANOS | SERVICIOS | RECURSOS HUMANOS | CONSTRUCCION | | | |
| 1980 | 108'416,320 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 108'416,320 |
| 1981 | --- | 3'964,777 | 397,440 | 98,000 | 74,520 | 62,000 | 154,534 | 530,000 | 5'101,271 |
| 1982 | --- | --- | 397,440 | 98,000 | 74,520 | 62,000 | 147,136 | 530,000 | 1'309,096 |
| 1983 | --- | --- | 397,440 | 98,000 | 74,520 | 62,000 | 154,534 | 530,000 | 1'316,594 |
| 1984 | --- | --- | 397,440 | 98,000 | 74,520 | 62,000 | 147,136 | 530,000 | 1'309,096 |
| 1985 | --- | --- | 397,440 | 98,000 | 74,520 | 62,000 | 154,534 | 530,000 | 1'316,594 |
| 1986 | --- | --- | 397,440 | 98,000 | 74,520 | 62,000 | 147,136 | 530,000 | 1'309,096 |
| 1987 | --- | 147,956 | 397,440 | 98,000 | 74,520 | 62,000 | 154,534 | 530,000 | 1'464,450 |
| 1988 | --- | --- | 397,440 | 98,000 | 74,520 | 62,000 | 147,136 | 530,000 | 1'309,096 |
| 1989 | --- | --- | 397,440 | 98,000 | 74,520 | 62,000 | 154,534 | 530,000 | 1'316,594 |
| 1990 | --- | --- | 397,440 | 98,000 | 74,520 | 62,000 | 147,136 | 530,000 | 1'309,096 |
| TOTAL. | 108'416,320 | 4'112,733 | 3'974,400 | 980,000 | 745,200 | 620,000 | 1'523,146 | 5'300,000 | 25'477,303 |

CUADRO III

ALTERNATIVA:- COLADO EN SITIO
RELACION BENEFICIO-COSTO

| ASO | INGRESOS | COSTOS | FLUJO NETO* | FACTOR ACTUALIZADO DEL DINERO | INGRESOS ACTUALIZADOS | COSTOS ACTUALIZADOS | FLUJO NETO ACTUALIZADO |
|-------|-------------|-------------|---------------|-------------------------------|-----------------------|---------------------|------------------------|
| 0 | --- | 108'416,320 | - 108'416,320 | 1.0000 | --- | 108'416,320 | - 108'416,320 |
| 1 | 15'420,034 | 5'136,271 | 10'103,763 | 0.8475 | 13'068,478 | 4'352,989 | 8'715,489 |
| 2 | 15'950,045 | 1'344,096 | 14'605,949 | 0.7182 | 11'455,322 | 965,329 | 10'489,993 |
| 3 | 16'770,214 | 1'351,594 | 15'418,629 | 0.6086 | 10'206,352 | 822,580 | 9'383,772 |
| 4 | 17'127,708 | 1'344,096 | 15'783,612 | 0.5158 | 8'834,471 | 693,284 | 8'141,187 |
| 5 | 17'986,563 | 1'351,594 | 16'634,969 | 0.4371 | 7'861,926 | 590,781 | 7'271,145 |
| 6 | 18'251,346 | 1'344,096 | 16'907,250 | 0.3704 | 6'760,298 | 497,853 | 6'262,445 |
| 7 | 19'135,732 | 1'499,450 | 17'636,282 | 0.3139 | 6'006,706 | 479,677 | 5'536,029 |
| 8 | 19'401,477 | 1'344,096 | 18'057,381 | 0.2660 | 5'106,792 | 357,529 | 4'803,263 |
| 9 | 20'114,615 | 1'351,594 | 18'763,021 | 0.2225 | 4'475,501 | 300,729 | 4'174,772 |
| 10 | 296'893,771 | 1'344,096 | 295'549,675 | 0.1911 | 56'736,399 | 256,856 | 56'479,543 |
| TOTAL | 457'051,505 | 125'827,303 | 331'044,211 | | 130'512,245 | 117'733,927 | 12'841,318 |

FACTOR $\frac{\text{BENEFICIO}}{\text{COSTO}} = \frac{130'512,245}{117,733,927} = 1.11$

* FLUJO NETO = INGRESOS-COSTOS

CUADRO I

ALTERNATIVA:- PREFABRICADO
INGRESOS

| AÑO | ESTACIONAMIENTO DE VEHICULOS | RENTA LOCALES | VALORES DE RESCATE | | VENTA DEL TERRENO | TOTAL |
|--------|---------------------------------|------------------|--------------------|---------|----------------------|-------------|
| | | | CONSTRUCCION | EQUIPO | | |
| 1980 | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1981 | 12'294,034 | 3'126,000 | --- | --- | --- | 15'420,034 |
| 1982 | 12'824,045 | 3'126,000 | --- | --- | --- | 15'950,045 |
| 1983 | 13'175,314 | 3'594,900 | --- | --- | --- | 16'770,214 |
| 1984 | 13'532,808 | 3'594,900 | --- | --- | --- | 17'127,708 |
| 1985 | 13'851,428 | 4'134,135 | --- | --- | --- | 17'986,563 |
| 1986 | 14'117,211 | 4'134,135 | --- | --- | --- | 18'251,346 |
| 1987 | 14'381,477 | 4'754,225 | --- | --- | --- | 19'135,732 |
| 1988 | 14'647,222 | 4'754,225 | --- | --- | --- | 19'401,477 |
| 1989 | 14'647,222 | 5'467,393 | --- | --- | --- | 20'114,615 |
| 1990 | 14'647,222 | 5'467,393 | 247'926,690 | 771,716 | 29'292,480 | 298'105,501 |
| TOTAL. | 138'117,983 | 54'728,372 | 247'926,690 | 771,716 | 29'292,480 | 458'263,235 |

CUADRO II

ALTERNATIVA: - PREFABRICADO

COSTOS

| AÑO | TERRENO Y CONSTRUCCION | EQUIPO | OPERACION | | MANTENIMIENTO | | EQUIPO | SEGUROS | TOTAL |
|-------|------------------------|-----------|------------------|-----------|------------------|--------------|-----------|-----------|-------------|
| | | | RECURSOS HUMANOS | SERVICIOS | RECURSOS HUMANOS | CONSTRUCCION | | | |
| 1980 | 108'901,012 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 108'901,012 |
| 1981 | --- | 3'964,777 | 397,440 | 98,000 | 74,520 | 97,000 | 154,534 | 530,000 | 5'136,271 |
| 1982 | --- | --- | 397,440 | 98,000 | 74,520 | 97,000 | 147,136 | 530,000 | 1'344,096 |
| 1983 | --- | --- | 397,440 | 98,000 | 74,520 | 97,000 | 154,534 | 530,000 | 1'351,594 |
| 1984 | --- | --- | 397,440 | 98,000 | 74,520 | 97,000 | 147,136 | 530,000 | 1'344,096 |
| 1985 | --- | --- | 397,440 | 98,000 | 74,520 | 97,000 | 154,534 | 530,000 | 1'351,594 |
| 1986 | --- | --- | 397,440 | 98,000 | 74,520 | 97,000 | 147,136 | 530,000 | 1'344,096 |
| 1987 | --- | 147,956 | 397,440 | 98,000 | 74,520 | 97,000 | 154,534 | 530,000 | 1'499,450 |
| 1988 | --- | --- | 397,440 | 98,000 | 74,520 | 97,000 | 147,136 | 530,000 | 1'344,096 |
| 1989 | --- | --- | 397,440 | 98,000 | 74,520 | 97,000 | 154,534 | 530,000 | 1'351,594 |
| 1990 | --- | --- | 397,440 | 98,000 | 74,520 | 97,000 | 147,136 | 530,000 | 1'344,096 |
| TOTAL | 108'901,012 | 4'112,733 | 3'974,400 | 980,000 | 745,200 | 970,000 | 1'523,146 | 5'300,000 | 129'311,995 |

ALTERNATIVA:- PREFABRICADO
RELACION BENEFICIO-COSTO

| AÑO | INGRESOS | COSTOS | FLUJO NETO* | FACTOR ACTUALIZADO DEL DINERO | INGRESOS ACTUALIZADOS | COSTOS ACTUALIZADOS | FLUJO NETO ACTUALIZADO |
|-------|-------------|-------------|---------------|-------------------------------|-----------------------|---------------------|------------------------|
| 0 | --- | 108'901,012 | - 108'901,012 | 1.0000 | --- | 108'901,012 | - 108,901,012 |
| 1 | 15'420,034 | 5'136,271 | 10'283,763 | 0.8475 | 13'068,478 | 5'352,989 | 8'715,489 |
| 2 | 15'950,045 | 1'344,096 | 14'605,949 | 0.7182 | 11'455,322 | 965,329 | 10'489,993 |
| 3 | 16'770,214 | 1'251,594 | 15'418,620 | 0.6086 | 10'206,352 | 822,580 | 9'383,772 |
| 4 | 17'127,708 | 1'344,096 | 15'783,612 | 0.5158 | 8'834,471 | 693,284 | 8'141,187 |
| 5 | 17'986,563 | 1'351,594 | 16'634,969 | 0.4371 | 7'861,926 | 590,781 | 7'271,145 |
| 6 | 18'251,346 | 1'344,096 | 16'907,250 | 0.3704 | 6'760,298 | 497,853 | 6'262,445 |
| 7 | 19'135,732 | 1'499,450 | 17'636,282 | 0.3139 | 6'006,706 | 470,677 | 5'536,029 |
| 8 | 19'401,477 | 1,344,096 | 18'057,381 | 0.2660 | 5'106,792 | 357,529 | 4'803,263 |
| 9 | 20'114,615 | 1'351,594 | 18'763,021 | 0.2225 | 4'475,501 | 300,729 | 4'174,772 |
| 10 | 298,105,501 | 1'344,096 | 296'761,405 | 0.1911 | 56'967,961 | 256,856 | 56'711,104 |
| TOTAL | 458'263,235 | 126'311,995 | 331,951,240 | | 130'743,807 | 118'209,619 | 12'588,187 |

FACTOR $\frac{\text{BENEFICIO}}{\text{COSTO}} = \frac{130'743,807}{118'209,619} = 1.11$

* FLUJO NETO - INGRESOS-COSTOS

CUADRO I

ALTERNATIVA:- METALICO

INGRESOS

| AÑO | ESTACIONAMIENTO DE VEHICULOS | RENTA LOCALES | VALORES DE RESCATE | | VENTA DEL TERRENO | TOTAL |
|-------|---------------------------------|------------------|--------------------|---------|----------------------|-------------|
| | | | CONSTRUCCION | EQUIPO | | |
| 1980 | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1981 | 12'294,034 | 3'126,000 | --- | --- | --- | 15'420,034 |
| 1982 | 12'824,045 | 3'126,000 | --- | --- | --- | 15'950,045 |
| 1983 | 13'175,314 | 3'594,900 | --- | --- | --- | 16'770,214 |
| 1984 | 13'532,808 | 3'594,900 | --- | --- | --- | 17'127,708 |
| 1985 | 13'851,428 | 4'134,135 | --- | --- | --- | 17'986,563 |
| 1986 | 14'117,211 | 4'134,135 | --- | --- | --- | 18'251,346 |
| 1987 | 14'381,477 | 4'754,225 | --- | --- | --- | 19'135,732 |
| 1988 | 14'647,222 | 4'754,225 | --- | --- | --- | 19'401,477 |
| 1989 | 14'647,222 | 5'467,393 | --- | --- | --- | 20'114,615 |
| 1990 | 14'647,222 | 5'467,393 | 254'944,260 | 771,716 | 29'292,480 | 305'123,071 |
| | | | | | | |
| TOTAL | 138'117,983 | 54'728,372 | 254'944,260 | 771,716 | 29'292,480 | 645'280,805 |

C U A D R O I I

ALTERNATIVA: - METALICO
COSTOS

| AÑO | TERRENO Y CONSTRUCCION | EQUIPO | OPERACION | | MANTENIMIENTO | | EQUIPO | SEGUROS | TOTAL |
|-------|------------------------|-----------|------------------|-----------|------------------|--------------|-----------|-----------|-------------|
| | | | RECURSOS HUMANOS | SERVICIOS | RECURSOS HUMANOS | CONSTRUCCION | | | |
| 1980 | 111'708,039 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | 111'708,039 |
| 1981 | --- | 3'964,777 | 397,440 | 98,000 | 74,520 | 400,000 | 154,534 | 640,000 | 5'729,271 |
| 1982 | --- | --- | 397,440 | 98,000 | 74,520 | 62,000 | 147,136 | 640,000 | 1'357,096 |
| 1983 | --- | --- | 397,440 | 98,000 | 74,520 | 400,000 | 154,534 | 640,000 | 1'426,494 |
| 1984 | --- | --- | 397,440 | 98,000 | 74,520 | 62,000 | 147,136 | 640,000 | 1'419,096 |
| 1985 | --- | --- | 397,440 | 98,000 | 74,520 | 400,000 | 154,534 | 640,000 | 1'764,494 |
| 1986 | --- | --- | 397,440 | 98,000 | 74,520 | 62,000 | 147,136 | 640,000 | 1'419,096 |
| 1987 | --- | 147,956 | 397,440 | 98,000 | 74,520 | 400,000 | 154,534 | 640,000 | 1'912,450 |
| 1988 | --- | --- | 397,440 | 98,000 | 74,520 | 62,000 | 147,136 | 640,000 | 1'419,096 |
| 1989 | --- | --- | 397,440 | 98,000 | 74,520 | 400,000 | 154,534 | 640,000 | 1'764,494 |
| 1990 | --- | --- | 397,440 | 98,000 | 74,520 | 62,000 | 147,136 | 640,000 | 1'419,096 |
| TOTAL | 111'708,039 | 4'112,733 | 3'974,400 | 980,000 | 745,200 | 2'310,000 | 1'523,146 | 6'400,000 | 131'338,722 |

CUADRO III

ALTERNATIVO:- METALICO
RELACION BENEFICIO-COSTO

| AÑO | INGRESOS | COSTOS | FLUJO NETO* | FACTOR ACTUALIZADO DEL DINERO | INGRESOS ACTUALIZADOS | COSTOS ACTUALIZADOS | FLUJO NETO ACTUALIZADO |
|-------|-------------|-------------|---------------|-------------------------------|-----------------------|---------------------|------------------------|
| 0 | --- | 111'708,039 | - 111'708,039 | 1.0000 | --- | 111'708,039 | - 111'708,039 |
| 1 | 15'420,034 | 5'729,271 | 9'690,763 | 0.8475 | 13'068,478 | 4'855,557 | 8'212,921 |
| 2 | 15'950,045 | 1'357,096 | 14'592,949 | 0.7182 | 11'455,322 | 974,666 | 10'480,656 |
| 3 | 16'770,214 | 1'426,494 | 15'343,723 | 0.6086 | 10'206,352 | 868,154 | 9'338,198 |
| 4 | 17'127,708 | 1'419,096 | 15'708,612 | 0.5158 | 8'834,471 | 731,969 | 8'102,502 |
| 5 | 17'986,563 | 1'764,494 | 16'222,069 | 0.4371 | 7'861,926 | 771,260 | 8'090,669 |
| 6 | 18'251,346 | 1'419,096 | 16'832,225 | 0.3704 | 6'760,298 | 525,633 | 6'234,665 |
| 7 | 19'135,732 | 1'912,450 | 17'223,282 | 0.3139 | 6'006,706 | 660,318 | 5'346,388 |
| 8 | 19'401,477 | 1'419,096 | 17'982,381 | 0.2660 | 5'106,792 | 377,479 | 4'729,313 |
| 9 | 20'114,615 | 1'764,499 | 18'350,121 | 0.2225 | 4'475,501 | 392,599 | 4'082,902 |
| 10 | 305'123,071 | 1'419,096 | 303'703,975 | 0.1911 | 58'309,019 | 271,189 | 58'037,830 |
| TOTAL | 465,280,805 | 131'338,722 | 333'942,061 | | 132'084,865 | 122'136,863 | 9'947,995 |

$$\text{FACTOR} \frac{\text{BENEFICIO}}{\text{COSTO}} = \frac{132'084,865}{122'136,863} = 1.08$$

*FLUJO NETO = INGRESOS-COSTOS

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De la información obtenida como resultado de este estudio comparativo, se pueden señalar los siguientes puntos:

- Las alternativas que presentan los costos más óptimos, en cuanto al monto integrado por cimentación y estructura se refiere, son en primer lugar la alternativa "A" (Estructura semiprefabricada) y en segundo la alternativa "B" (Estructura colada en sitio), quedando en tercero y cuarto orden la alternativa "C" (Estructura prefabricada) y "D" (estructura metálica) respectivamente.

La alternativa "B", si bien, en cuanto a estructura se refiere presenta costos por metro cuadrado muy convenientes, aunque desde el punto de vista global no son tan adecuados, esto debido al elevado costo de su cimentación; caso contrario al anterior es el de la alternativa "D" estructurada con elementos metálicos, que pese al bajo costo de su cimentación el concepto de estructura resulta muy elevado en cuanto a costo, aunque en sí la estructuración está optimizada al mayor grado, muestra de esto es la aligeración realizada mediante la utilización de "tacones" para hacer con esto una losa hueca; lo anterior hace que el costo por metro cuadrado

resulte más elevado.

En cuanto a las dos alternativas restantes "A" y "C" resultan sus costos intermedios a los de las alternativas anteriores, ya que los montos de cimentación y estructura son proporcionales y ésto hace que los costos por metro cuadrado sean más estables.

- Desde el punto de vista de funcionamiento, las alternativas más recomendables son la estructurada con elementos portantes de concreto colados en sitio y sistema de piso con elementos prefabricados pretensados, y la estructura de concreto reforzado colado en sitio, ésto se debe como se mencionó en el capítulo correspondiente, al sistema de circulación vertical, el cual resulta más adecuado para estos tipos de estructura, mientras que en las otras dos alternativas es menos aconsejable su utilización debido a la estructuración.

Ahora bien, la solución al sistema de circulación vertical en las alternativas "A" y "B" presenta la ventaja de que los autos que están subiendo para estacionarse lo hacen por las rampas en las que se estacionaran usando un cuerpo del edificio y los autos que salen lo hacen mediante las rampas del otro cuerpo del edificio, por lo que no se llegará a producir un congestionamiento dentro del edificio.

En las alternativas "C" y "D" el sistema de circulación ver-

tical presenta una ventaja en cuanto a la rapidez en la salida de vehículos, ya que las rampas rectas de un cuerpo del edificio hacen las veces de una rampa express de salida, - - mientras que la desventaja que ésto ocasiona es el aumento - al tiempo que se requiere para que los autos que entran puedan estacionarse debido a que tanto los automoviles que entran como los que salen convergen en las rampas usadas como express entorpeciendo con ésto el flujo de autos dentro del estacionamiento.

- Respecto a la flexibilidad, es decir, para la modificación del ángulo de acomodo y tamaño de los cajones para estacionamiento, las alternativas más recomendables son la "A", "C" y "D" ya que pueden cambiarse fácilmente en un momento dado -- tanto el ángulo de acomodo a 45°, 60° y 90° como también el tamaño de los cajones; mientras que la alternativa "B" (estructura colada en sitio) es muy inconveniente debido a que su estructuración implica por las columnas intermedias el cambio del ángulo de acomodo haciéndolo rígido para 90°.

De los puntos anteriores se desprende como resultado de este estudio que las alternativas con más ventajas y por tanto la más conveniente es la estructurada a base de elementos portantes de concreto reforzado colados en sitio y sistema de piso con traveses "TT" de concreto prefabricadas pretensadas, - que para efectos de este estudio se le ha denominado "Semi--

prefabricado o alternativa "A".

Cabe hacer mención, que por el tipo de solución al sistema de circulación vertical de cada alternativa, las ventajas y desventajas que en un futuro pudieran presentarse en cuanto a la utilización del edificio difieren de las que actualmente se proporcionan, ésto es, que si en caso de que la demanda en la zona donde se ubica el estacionamiento disminuyera, y se pensara en destinar el edificio para otro uso como pueden ser locales comerciales o de oficinas o como bodega, - - etc. la solución que podría ser flexible en lo futuro es la que presentan las alternativas "C" y "D" ya que las plantas para estacionamiento son horizontales y podrían adaptarse en un momento dado para un uso distinto al de estacionamiento, sin embargo ésto podría hacerse con las soluciones de las alternativas "A" y "B" que por tener sus plantas de estacionamiento formadas por losas inclinadas (rampas) no podría adaptarse fácilmente para otro uso.

De los puntos anteriores se puede señalar que no es sencilla la obtención de soluciones óptimas para cada uno de los factores involucrados en este estudio, sin embargo, cada uno de ellos tiene importancia relativa a la cual se le dará mayor o menor peso según el criterio del proyectista y las necesidades del dueño, ésto con el fin de obtener la o las soluciones más recomendables para la construcción de edificios para

estacionamiento de vehículos en la ciudad de México.

Se pretende con este estudio el orientar a las personas que de alguna forma se encuentren involucradas en el diseño de edificios para estacionamiento de automoviles para la obtención de las soluciones más adecuadas y optimización de las mismas para compensar debidamente el deficit de cajones que actualmente presenta la ciudad de México y que seguirá aumentando año con año.