

5
21j



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Escuela Nacional de Estudios Profesionales

ARAGON

“SISTEMA PARA CONSTRUIR EDIFICACIONES MONOLITICAS DE CONCRETO CON CIMBRA METALICA”

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A
ISRAEL GARCIA CHAVEZ

SAN JUAN DE ARAGON, EDO. DE MEXICO

1986



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 está 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.



ESCUELA NACIONAL
DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGON

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGON
SECCION

ISRAEL GARCIA CHAVEZ
P R E S E N T E .

En contestación a su solicitud de fecha 4 de febrero del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. AMILCAR GALINDO SOLORZANO pueda dirigirle el trabajo de Tesis denominado " SISTEMA PARA CONSTRUIR EDIFICACIONES MONOLITICAS DE CONCRETO CON CIMBRA METALICA ", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para reiterar a usted las bondades de mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
San Juan de Aragón, Edo. de Méx., febrero 13 de 1986
EL DIRECTOR

LIC. SERGIO ROSAS ROMERO

c.c.p. Coordinación de Ingeniería
Unidad Académica
Departamento de Servicios Escolares
Asesor de Tesis

SISTEMA PARA CONSTRUIR EDIFICACIONES MONOLITICAS DE CONCRETO
CON CIMBRA METALICA

- I.- INTRODUCCION.
- II.- DESCRIPCION DEL SISTEMA DE CIMBRA METALICA
- III.- COMPARACION CON OTROS SISTEMAS DE CONSTRUCCION.
ASPECTOS TECNICOS Y ECONOMICOS.
- IV.- RECOMENDACIONES DE CONSTRUCCION PARA APLICACION
DEL SISTEMA PROPUESTO
- V.- DESARROLLO DE PROYECTOS DE VIVIENDAS TIPICAS, EMPLEANDO
EL SISTEMA. ANALISIS, DISEÑO Y PROCEDIMIENTO DE
CONSTRUCCION.
- VI.- DESARROLLO DEL PROYECTO DE UN EDIFICIO TIPICO, EMPLEANDO
EL SISTEMA. ANALISIS, DISEÑO Y PROCEDIMIENTO DE
CONSTRUCCION.
- VII.- CONCLUSIONES.

I.- INTRODUCCION

La vivienda en México es un problema angustiante; actualmente se requiere la construcción de más de 600 mil viviendas anuales, tanto por incremento poblacional (2.5%) como para abatir el déficit acumulado y reponer las pérdidas por deterioro. El déficit actual, de tres millones de casas-habitación, afecta a más de 18 millones de personas. De mantenerse esta tendencia, en el año 2000, ese déficit será de 10 millones de viviendas de las que carecerán 40 millones de mexicanos. Esta es solo una proyección aritmética, por lo que resulta conservadora, dadas las tendencias de crecimiento de la nación.

Por sus dimensiones, el problema de la vivienda parece no tener solución. El dinero caro y escaso como nunca en nuestra historia convierte todo lo que se refiere a la vivienda en una estricta especulación. El mercado de materiales regido por la oferta y la demanda se convierte en un mercado negro regulado por la especulación y el ocultamiento, llevando a la anarquía en los precios; todo ello produce un encarecimiento artificial de consecuencias lamentables: la vivienda en México es un sueño cada día más lejano para la mayoría de sus habitantes.

Los precios de los terrenos y de la construcción en general han cambiado radicalmente en los últimos años. El proceso

inflacionario ha hecho para algunos estratos sociales prácticamente imposible la compra de algún bien inmueble. Su ingreso limitado, la pérdida de su poder adquisitivo y el nivel de gasto familiar impiden a un amplio sector de la población destinar presupuesto alguno para la compra de vivienda.

En vivienda, México encara una demanda creciente, cada día somos más, ante una oferta que languidece.

El sector público ha hecho esfuerzos importantes para incrementar la oferta de viviendas. En 1925 construyó 60 mil unidades; de 1925 a 1973 realizó un total de 600 mil unidades; y de 1976 a la fecha, 800 mil viviendas, las que superan la suma realizada en los 47 años anteriores.

Sin embargo estos esfuerzos se ven rebasados por las necesidades planteadas por nuestro crecimiento demográfico y por nuestro proceso de urbanización que atrae cada día a más población rural a las ciudades, a la búsqueda de empleo y satisfactores.

El problema masivo que representa la carencia de viviendas sólo podrá resolverse realizando programas de construcción también masiva. El sector público, además de emprender estos programas en forma directa debe fomentar el desarrollo de los mismos en los sectores privado y social. Estas accio-

nes tendrán la ventaja de que la construcción de viviendas - vendrá a representar no solamente la solución a la carencia - de las mismas sino un factor multiplicador de recursos que es - timulará la economía del país.

Esto significa para los encargados o responsables de pro - ducir vivienda, un reto a su capacidad de eficiencia e inge - nio para hallar nuevos caminos y tecnología que permitan cons - truir casas habitación que satisfagan no sólo la demanda plan - teada, sino también las necesidades de la población con opor - tunidad y a precios adecuados a los salarios que ésta recibe.

El problema de la vivienda puede atacarse mediante la au - toconstrucción y la construcción organizada. Se denomina au - toconstrucción al proceso por el cual la vivienda es construí - da por el propio beneficiario el cual puede contar o no con - asistencia técnica. Ampliamente difundida en nuestro país -- por sus características de subdesarrollo económico, la auto - construcción es el procedimiento por el que se construyen ac - tualmente el 40% de nuestras viviendas, aunque las tendencias actuales de la sociedad hacen que la autoconstrucción esté -- perdiendo importancia. Tiene la ventaja de abatir los costos indirectos, pero la desventaja de producir diseños arquitectó - nicos, estructurales y de instalaciones poco eficientes, de - adquirir los materiales a muy alto precio y ser de naturaleza errática.

Se denomina construcción organizada aquella que se planea para tener la máxima productividad con el empleo eficiente de recursos técnicos, materiales y financieros. Puede estar dirigida por organismos del Estado o por grandes empresas privadas. Requiere de una gran inversión, de tecnificación y de una organización adecuada. Permite mejorar la productividad, abatir costos y reducir los tiempos de ejecución. Este sistema, sin embargo tiene como desventaja la de ser poco flexible para atender problemas de pequeño volumen o muy dispersos como son los que pueden presentarse en las comunidades rurales de nuestro país. También tiene la desventaja de que en sistemas sociales poco desarrollados puede conducir al burocratismo y a la ineficiencia.

De lo anterior se concluye que la autoconstrucción es un proceso que para amplios sectores del país resulta adecuado para la solución de sus problemas de vivienda. Sin embargo este proceso no será tratado en esta tesis.

Dentro de los sistemas de construcción organizada se tienen varias posibilidades. Señalaremos dos de ellas; la planta de prefabricados que provee de elementos sueltos a obras diversas para ser ensamblados en sitio y los sistemas racionalizados que no se separan del método tradicional de construcción en el mismo sitio de la obra, pero que buscan mejorar las técnicas tradicionales para aumentar la productividad.

Estos sistemas aparecidos a raíz de la terminación de la segunda guerra mundial, han estado cosechando éxito tras éxito en la construcción masiva de viviendas en todos los países en los que se han implantado.

En Europa, en los últimos diez años y a partir del alza de los energéticos, su avance ha sido tan significativo que han conseguido casi desplazar a los sistemas industrializados (prefabricados) a excepción de la Unión Soviética, donde la construcción masiva de vivienda aún hace rentable la instalación (con la consiguiente inversión) de grandes plantas industrializadoras con radios de acción no superiores a los 50 kilómetros.

En esencia, los sistemas racionalizados operan como mini-industrializadoras, aptos para realizar vaciados en sitio, susceptibles de ser transformados con gran facilidad en distintos tipos de viviendas, conformados por piezas y accesorios de gran duración y de fácil sustitución en caso de deterioro.

La diferencia entre los sistemas industrializados y los racionalizados estriba en que los primeros requieren de altas inversiones de equipo y de mano de obra altamente calificada, en tanto que los segundos se encuentran en una situación de carácter intermedio por lo que se refiere a estos dos aspectos.

Por lo anterior resulta evidente que en nuestro país la situación actual es más propicia para la implantación de sistemas racionalizados, como queda de manifiesto por el lamentable fracaso que han experimentado en nuestro medio plantas de prefabricación bien conocidas.

En esta tesis se presenta uno de los sistemas racionalizados de construcción que se han desarrollado con mayor éxito. Se trata del sistema de construcción de edificaciones monolíticas de concreto empleando cimbras metálicas.

Como se expondrá más adelante en detalle, este sistema es muy versátil, abarata el costo porque utiliza eficientemente los materiales y la mano de obra y reduce el tiempo requerido para la ejecución.

Se estima que en comparación con los sistemas convencionales de construcción pueden obtenerse ahorros hasta de un 50%, sin tomar en cuenta el ahorro financiero derivado por la reducción en el tiempo de ejecución, el cual en tiempos inflacionarios como el actual puede resultar muy importante.

El sistema a que nos referimos es aplicable a numerosos tipos de edificaciones tales como conjuntos habitacionales -- multifamiliares, viviendas únicas, centros educativos, de salud, de recreación, edificaciones hoteleras, turísticas, industriales y comerciales.

El sistema aventaja a otros sistemas industrializados en que los moldes se manejan manualmente, se reutilizan inmediatamente y no requieren equipo sofisticado ni maquinaria para su instalación y remoción.

Otras ventajas que tiene radica en el empleo intensivo de la mano de obra no calificada, en la rapidez de la construcción, en la estandarización de proyectos, en la minimización de los desperdicios permitiendo la cuantificación garantizada de los materiales, en la eliminación de enyesados y otros acabados, en la simplificación de trabajos de instalaciones de electricidad y plomería, en la facilitación de trabajos de herrería carpintería y resaneo.

En cada una de las fases o actividades de construcción arriba señaladas se logran ahorros importantes en los costos frente a los sistemas tradicionales.

Naturalmente, todo lo anterior será válido únicamente si el sistema propuesto se aplica a la ejecución de grandes proyectos que como hemos visto son los que deben emprenderse para resolver en forma masiva el problema gigantesco de la vivienda ante el que se enfrenta nuestro país.

II.- DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CIMBRA METALICA

Para resolver los problemas prácticos que plantea toda construcción, la Ingeniería Civil puede considerarse dividida en las siguientes ramas:

Investigación

Desarrollo

Planeación

Diseño

Construcción

Operación y Mantenimiento.

Esto significa que el proyecto de una obra debe basarse en estudios científicos sobre su comportamiento ante acciones posibles (Investigación), en experimentos que comprueben las teorías planteadas por dichos estudios (Desarrollo) y en la recopilación de datos en el sitio que permitan definir el diseño y los procedimientos de construcción (Planeación). El proyecto involucra la selección del tipo de estructura, el dimensionamiento detallado de la misma (Diseño), la formulación de un procedimiento de construcción, la formulación de planos constructivos y especificaciones de proyecto (Construcción). Finalmente, la obra debe operar para las necesidades previstas y debe mantenerse para que esta operación sea duradera (Operación y Mantenimiento).

Dentro de cada una de estas etapas se plantean diversas alternativas que permiten resolver eficientemente una obra.

Se considera que la obra se resuelve eficientemente cuando cumple con los objetivos de satisfacción de necesidades para los que fue planeada, en un tiempo oportuno y con una relación óptima costo-beneficio.

Cada una de las alternativas planteadas puede idealizarse como un conjunto de elementos diversos interconectados entre sí cuyo producto final son los beneficios que la obra física ha de aportar. Estos elementos están condicionados por las limitantes que imponen el entorno natural y el económico-social. A estos elementos se les pueden aplicar razonamientos lógicos que permitan definirlos, alterarlos y evaluarlos.

A estos elementos y a sus interrelaciones se les denomina Sistema.

En otras palabras, puede definirse como sistema a un conjunto de elementos interrelacionados que a partir de una entrada produce una respuesta, la cual puede predecirse y evaluarse a partir de razonamientos lógicos aplicados a cada uno de dichos elementos.

Un sistema constructivo, será entonces, el conjunto de procedimientos, técnicas, características geométricas y físi-

cas del proyecto que considerando las limitantes naturales (Clima, tipo de suelo, materiales disponibles, sismicidad, etc.) y las limitantes socio-económicas (Presupuesto, nivel económico de los beneficiarios, necesidades sociales, etc.) - permite que la obra satisfaga eficientemente las necesidades planteadas (Vivienda, salud, alimentación, educación, diversión, etc.).

En esta tesis plantearemos un sistema constructivo aplicado a necesidades de vivienda.

Este sistema lo consideraremos formado por los siguientes elementos:

- 1.- Proyecto arquitectónico
- 2.- Proyecto estructural
- 3.- Proyecto de instalaciones
- 4.- Procedimiento de construcción.

Como limitantes naturales consideraremos las que impone la zona de suelos blandos en el área metropolitana de la Ciudad de México.

Como limitantes socio-económicas consideraremos que estas viviendas estarán destinadas a usuarios de bajo nivel económico y que corresponden a las llamadas viviendas de interés social. Además consideraremos que el sistema propuesto será apli

cado a programas de construcción masiva de viviendas y no a problemas aislados de construcción de viviendas unifamiliares por procedimientos artesanales tradicionales.

En el pasado cada uno de los elementos anotados anteriormente era objeto de un diseño independiente. Pero al considerarlos parte de un sistema es fácil darse cuenta que se trata de subsistemas interactuantes entre sí, por lo que es necesario definirlo en forma conjunta y de preferencia mediante la acción de un equipo interdisciplinario de diseño.

Aún cuando en lo que sigue describiremos cada uno de estos elementos en forma independiente y como si hubieran sido concebidos en una sola operación, debe entenderse que cada uno de ellos es el resultado de un proceso cíclico de aproximaciones sucesivas mediante las cuales cada elemento se fue refinando para tomar en cuenta los efectos de los restantes.

II.1 Características del Proyecto Arquitectónico.

Desde el punto de vista arquitectónico la vivienda puede concebirse como el conjunto de espacios que satisfacen las diferentes necesidades del residente. Es por esto que un proyecto arquitectónico debe considerar espacios tales como: recámara, cocina, baño, estancia, comedor y área de servicios, los cuales deberán satisfacer las necesidades fisiológicas, -

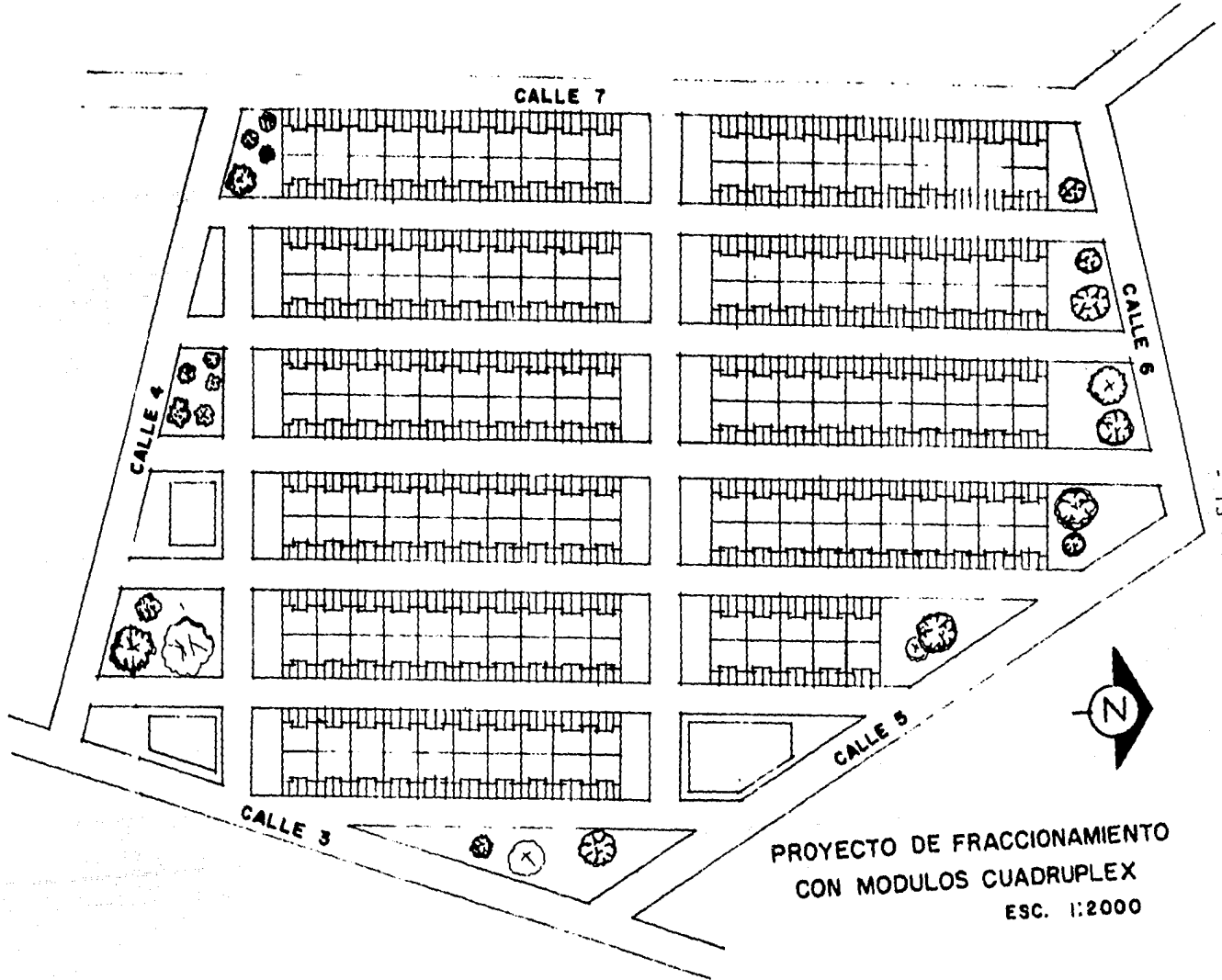
descanso, recreación y comunicación social, alimentación, lavado y planchado etc., respectivamente.

Las dimensiones y los enlaces de estos espacios se definen de acuerdo con el nivel socio-económico del usuario. En nuestro caso considerando que las viviendas serán de interés social, en el proyecto arquitectónico consideraremos que la vivienda estará formada por dos recámaras, una cocina, un baño, una estancia, un patio de servicio y un cajón para estacionamiento de un automóvil. Además se contará con un espacio denominado alcoba, ligado con la estancia, el cual podrá usarse optativamente como estudio, como recámara o para ampliar la estancia que en su dimensión original hace más la función de comedor que de sala.

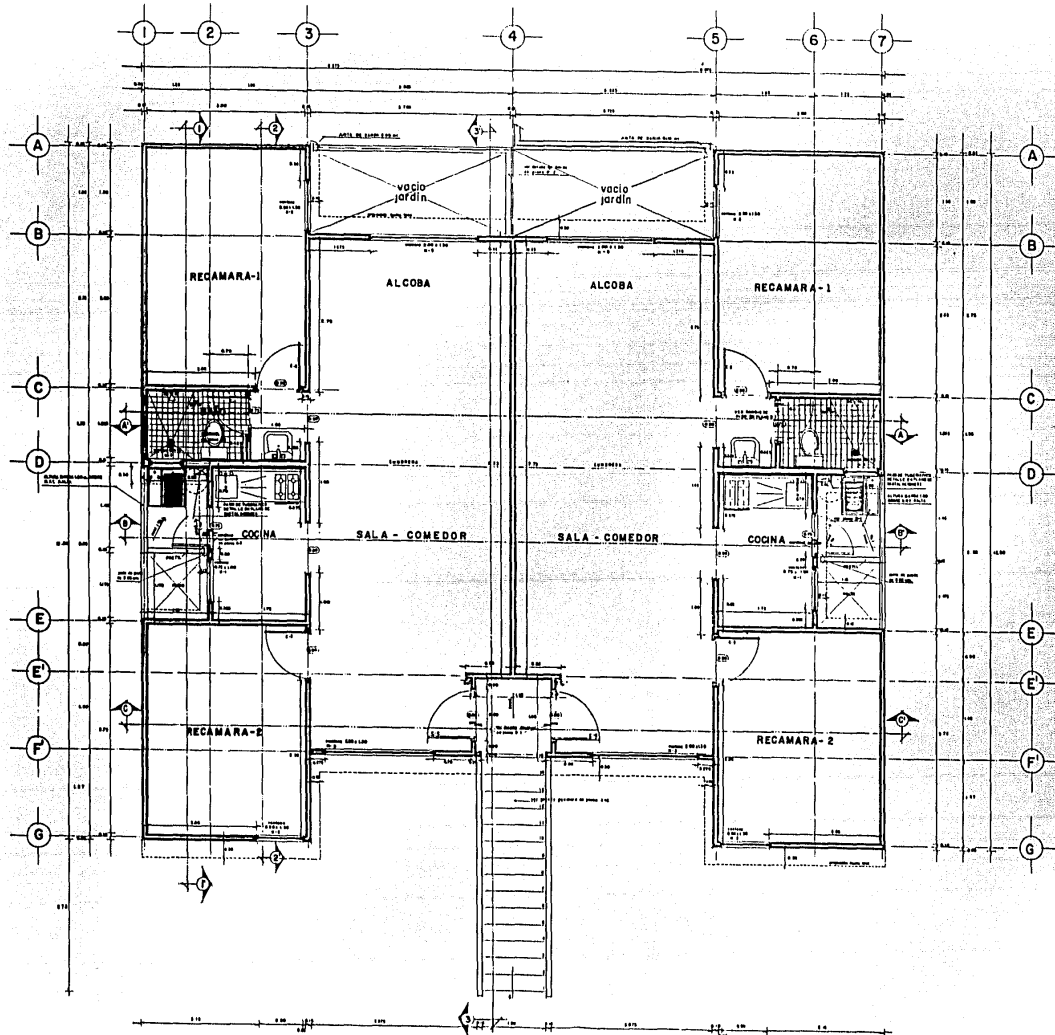
El baño se ubica entre las dos recámaras para su mejor aprovechamiento.

Cuatro viviendas como la anteriormente descrita se integran en un solo módulo de dos plantas, con dos viviendas cada una. Estas viviendas tienen un acceso común pero que permite la independencia de los cuatro usuarios. El estacionamiento se ubica frente a este acceso.

Las fachadas son simples, sin salidas o nichos, con iluminación y ventilación al natural. Los acabados, tanto interiores como exteriores, son de concreto con un recubrimiento de



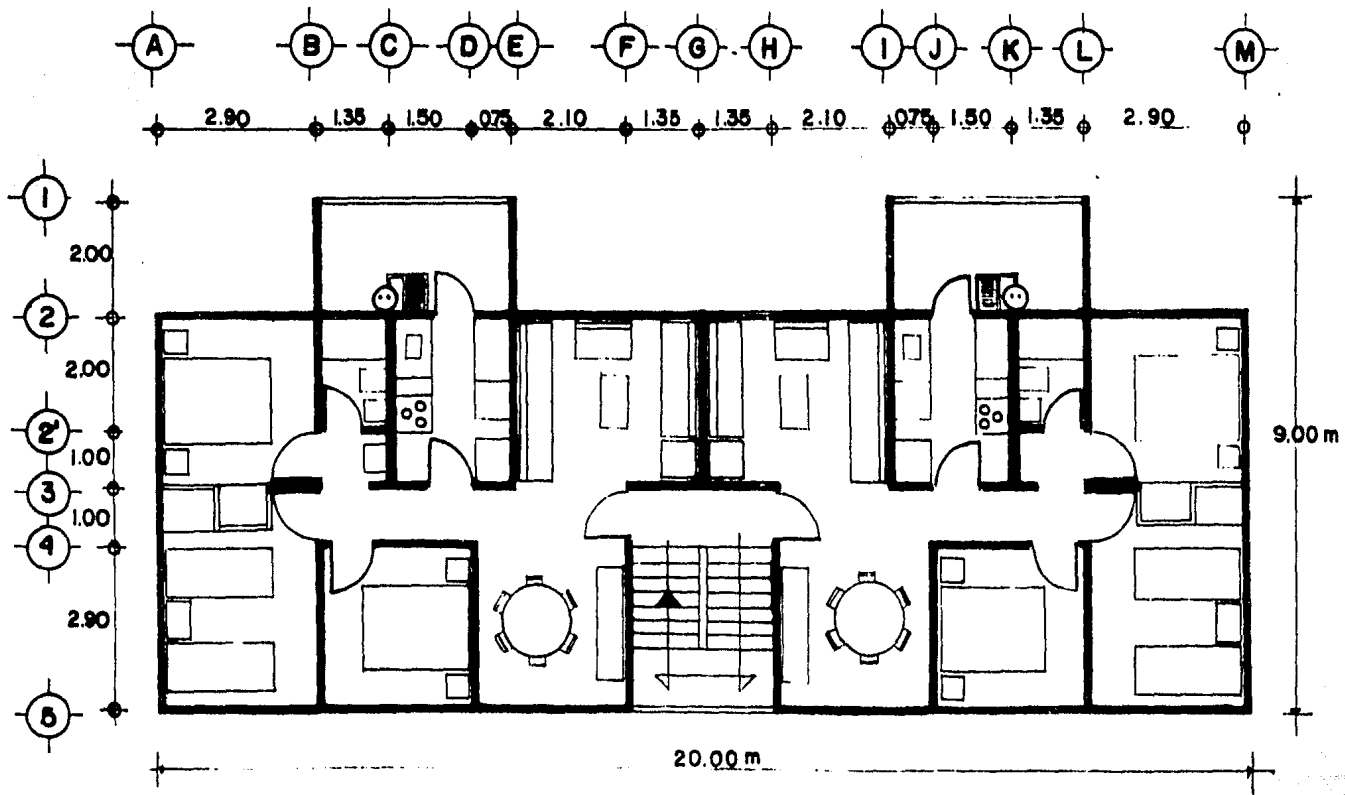
PROYECTO DE FRACCIONAMIENTO
CON MODULOS CUADRUPLIX
ESC. 1:2000



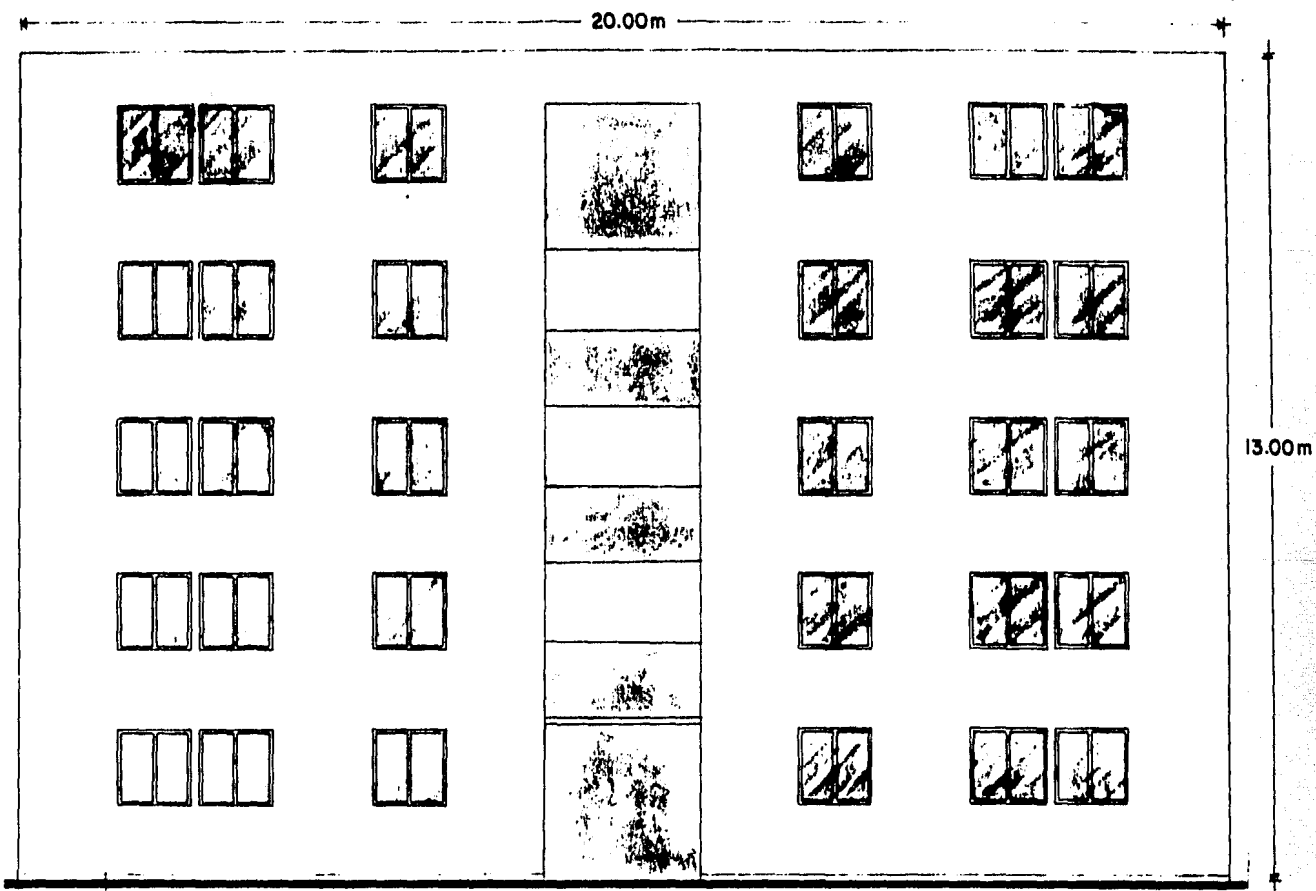
Rep. CONSTRUIDA P.A.	146.76 m ²
Rep. CONSTRUIDA P.A.	169.68 m ²
ESCALERA	6.56 m ²
TOTAL	322.99 m²
Rep. VENDIBLE P.A.	146.76 m ²
Rep. VENDIBLE P.A.	141.67 m ²
AREA COMUN	7.56 m ²
TOTAL	326.26 m²

NOTAS: La cota predomina sobre el dibujo.
 Checar carpintería y concreto en plano correspondiente.
 Checar especificaciones.

UNAM	ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ARAGON"	
	MODULO PARA CUATRO VIVIENDAS PLANTA TIPO P.A.	PLANO A-1
ISRAEL GARCIA CHAVEZ TESIS PROFESIONAL.		
SAN JUAN DE ARAGON EDO. DE MEX. ENERO 1986		



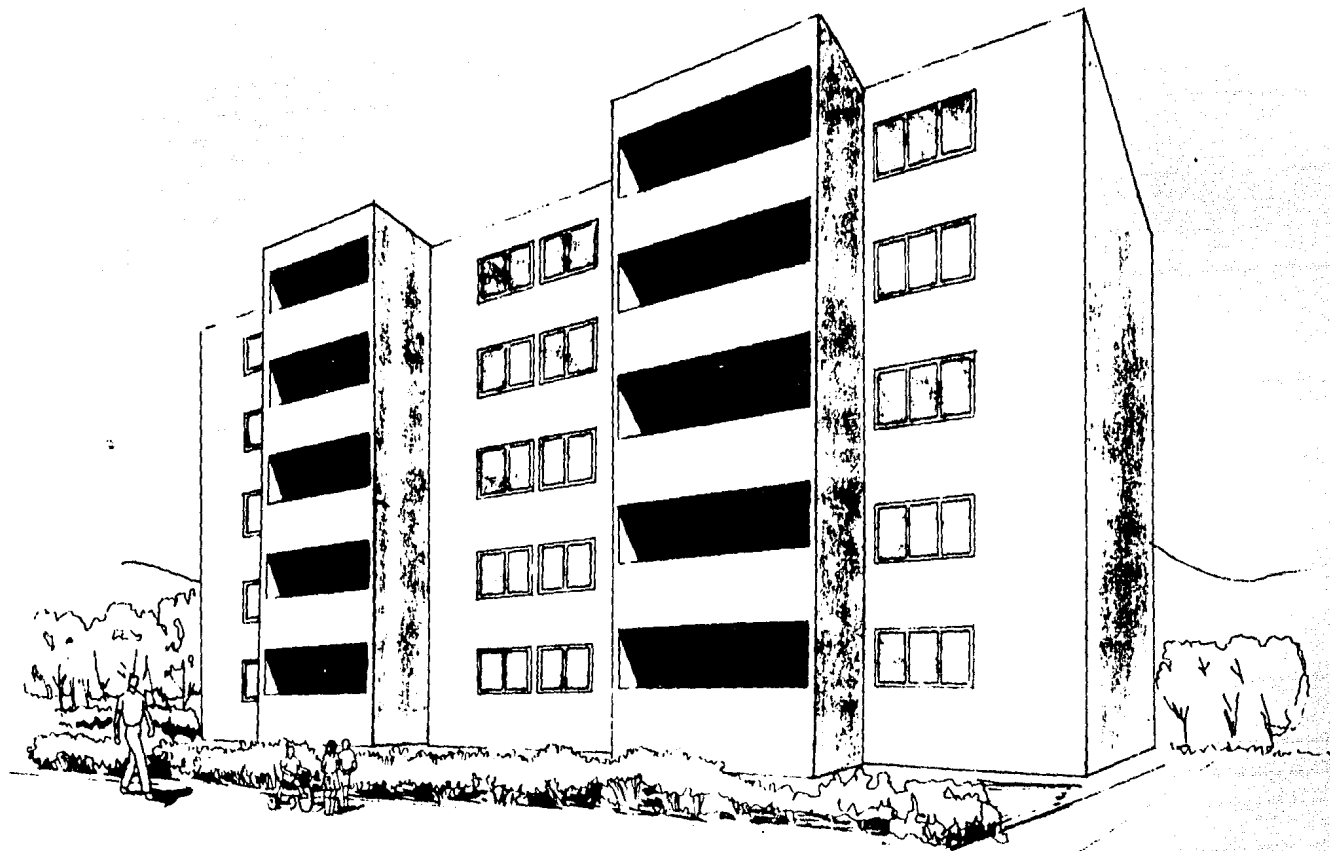
PLANTA TIPO PARA EDIFICIO DE CINCO NIVELES



20.00m

13.00m

FACHADA PRINCIPAL



FACHADA POSTERIOR

pintura. La techumbre es una losa con pendiente a dos aguas, dicha losa va recubierta únicamente con una membrana impermeabilizante.

Aparte de este proyecto de módulos de cuatro viviendas de dos niveles, en esta tesis consideraremos la aplicación del sistema propuesto a un proyecto de departamentos en condominio formado por edificios de cinco plantas (planta baja y cuatro pisos superiores) con dos departamentos en cada planta. Las características del proyecto arquitectónico de cada uno de estos departamentos son similares a las descritas para el módulo de dos niveles, con la diferencia de que los departamentos tienen tres recámaras bien definidas y de que la sala y el comedor están separados.

Se adjuntan los planos arquitectónicos de los dos proyectos descritos.

II.2 Características del Proyecto Estructural.

Con el objeto de obtener un proyecto estructural sencillo y económico, tanto el módulo como el edificio, se resolverán a base de entrepisos de losa maciza de concreto reforzado sobre muros del mismo material que tendrán como función tomar las cargas verticales y horizontales.

Considerando que las construcciones se ubicarán en zonas de suelo blando la cimentación se resolverá en el caso del módulo mediante una losa extendida a toda la planta que servirá como base de cimentación y como piso. En el caso del edificio, por el mayor peso de éste, será necesario disponer de una cimentación por compensación parcial mediante un cajón formado por dos losas de concreto reforzado separadas por una retícula de traveses del mismo material.

Todos los elementos estructurales descritos irán interconectados mediante varillas de anclaje, lo que permitirá disponer de una estructura monolítica de gran resistencia ante las acciones sísmicas y ante los hundimientos diferenciales de la cimentación que son característicos del Valle de México.

Para el dimensionamiento de los elementos estructurales se tomarán en cuenta fundamentalmente aspectos de tipo constructivo, ya que el sistema propuesto por su alta hiperestaticidad tiene una gran resistencia; desde el punto de vista de capacidad estructural los miembros podrían tener espesores muy reducidos que tendrían inconveniencias prácticas para su construcción y para su funcionamiento como aislantes térmicos y acústicos.

Sin embargo, como se verá más adelante el dimensionamiento de los elementos se revisa aplicando normas del reglamento

de construcciones del Departamento del Distrito Federal (DDF) vigente hasta Septiembre de 1985 y aplicando también algunas normas del reglamento del Instituto Americano del Concreto -- (ACI).

Esta tesis fue elaborada antes del macrosismo del 1º de Septiembre de 1985; sin embargo la capacidad estructural de los miembros considerados en el proyecto es tan amplia que cubre con holgura las prescripciones contenidas en las normas de emergencia decretadas por las autoridades a raíz de dicho siniestro.

11.3 Características del Proyecto de Instalaciones.

Por tratarse de edificaciones para viviendas de interés social las únicas instalaciones que se consideraron son las básicas: hidráulica, sanitaria y eléctrica. No procederemos a la descripción detallada de estos proyectos de instalaciones, únicamente haremos referencia a algunos detalles de las mismas que repercuten en la concepción del conjunto.

Todos los ductos (eléctricos, hidráulicos y sanitarios) se alojan en el interior de los muros y losas, por lo que deben disponerse junto con el refuerzo antes del colado de los elementos. Para disminuir las probabilidades de errores en la construcción, es útil el emplear diseños estandarizados de ta

bleros de muros y losas con las instalaciones presentadas de antemano para que su colocación sea rápida y precisa. Se observará que los proyectos arquitectónicos disponen los baños-adyacentes a las cocinas, lo que permite alojar las instalaciones de ambos en el muro común a esos espacios. Este muro por razones constructivas, tendrá un espesor mayor que el resto de los muros de la planta.

II.4 Características del Procedimiento Constructivo.

Este sistema constructivo consiste en una serie de cimbras y elementos de acero que unidos entre sí por medio de tornillos de acero autocentrantes, conforman un molde completo para la construcción de una vivienda completa en un solo colado y en una operación única.

Las cimbras se fabrican en diferentes medidas en forma estándar de centímetro en centímetro, en forma rectangular, además para usos específicos se fabrican piezas en formas triangulares, trapezoidales, curvas etc. Sus características son las siguientes:

Peso; 36.00 kg/m²

Material; Acero A-36, lámina calibre 11; $F_y = 2530 \text{ Kg/cm}^2$

Alargamiento a la ruptura = 25%

Resistencia; 1000 kg/m² (presión del concreto).

Las cimbras tienen nervaduras a cada 250 mm. Los bordes de las cimbras, de lámina de acero de 5 cm, llevan perforaciones de 15 mm \emptyset cada 5 cm y por todos sus bordes. Estas perforaciones existen en todas las piezas a la misma distancia, -- por lo que, las cimbras se pueden utilizar indistintamente en cualquier posición.

Las cimbras disponen de dos perforaciones reforzadas de 15 mm de diámetro, por medio de las cuales se colocan los correspondientes distanciadores, que determinan el espesor de los muros a colar.

Los accesorios que se utilizan son:

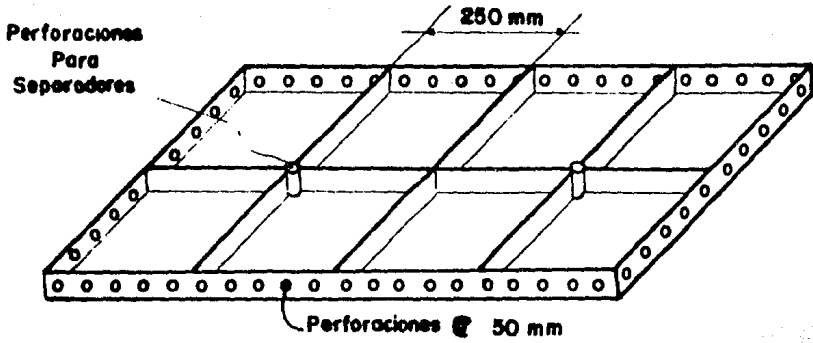
Viguetas de refuerzo; permiten alinear la cimbra y darle resistencia al colar y así evitar abombamientos.

Ganchos de unión de la vigueta panel; son pequeños ángulos con dos perforaciones, una en cada ángulo, que permiten unir las viguetas con los paneles.

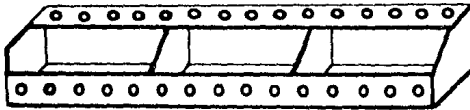
Las pasarelas de seguridad; son una especie de andamios que permiten caminar a niveles altos para trabajos de ensamblado y desensamblado etc.

Puntales telescópicos; pueden ser de apoyo fijo o articulado.

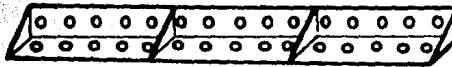
Carros elevadores; son dispositivos herramientales del sis



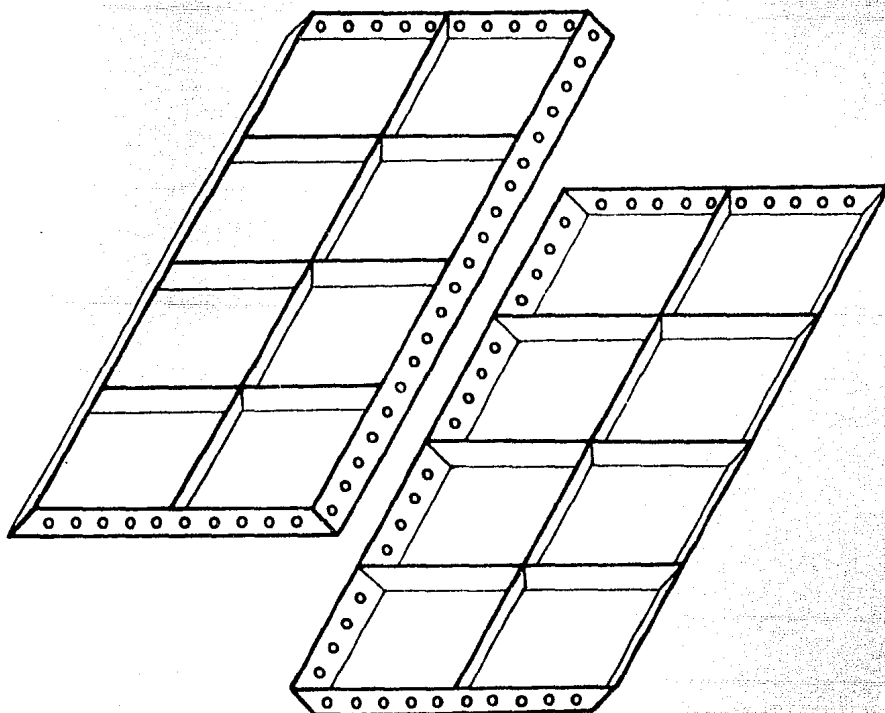
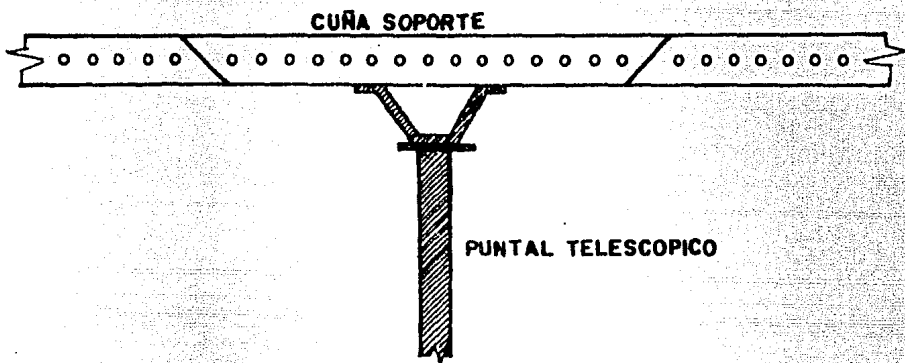
PANEL DE CIMBRA PARA MUROS



ESQUINERO INTERIOR



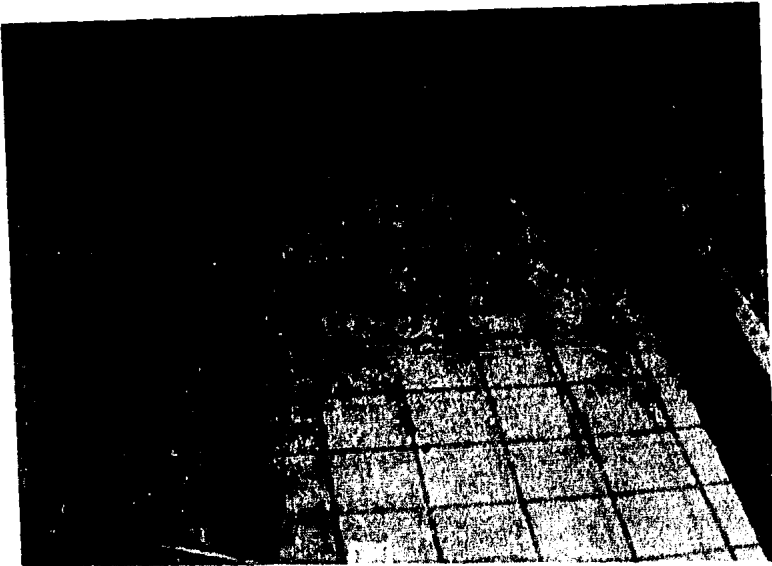
ESQUINERO EXTERIOR



**PANELES CON BORDES INCLINADOS
PARA TECHOS**



Puntales telescópicos



Ensamble del refuerzo para losa de azotea.

tema que ayudan a colocar la cimbra en el techo y en los muros, están hechos de tubos de acero y tienen como dispositivo un pequeño malacate manual que permite maniobrar subiendo o bajando los paneles.

Estabilizadores de muros; son dispositivos que permiten estabilizar la cimbra y soportar la carga cuando se efectúa el colado.

Platinas; son placas fabricadas previamente en taller y sirven para sujetar los marcos de ventanas y puertas etc.

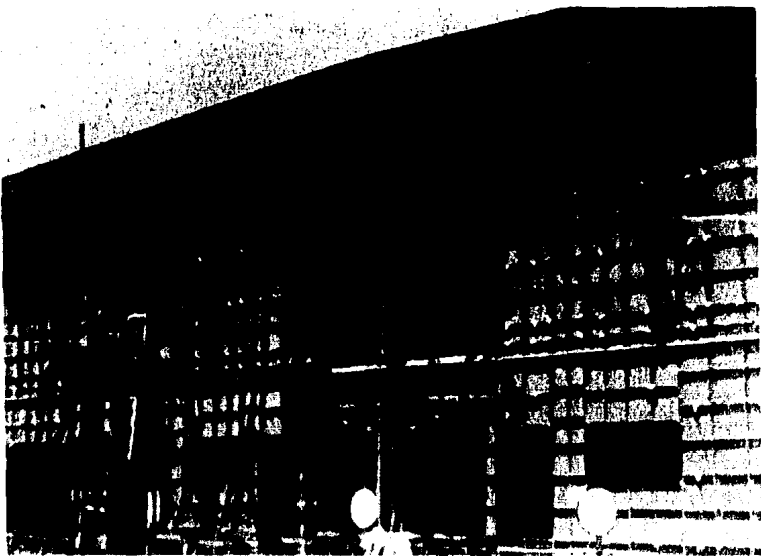
Las herramientas necesarias para la utilización de las cimbras son: las palancas cónicas, tienen en la punta un cono que permite centrar los paneles y efectuar el apretado de los tornillos; Ratchet manual, neumático o eléctrico, con dado de 3/4" para tornillos de unión; mazos de nylon, pues no deben golpearse los paneles con martillo; rodillo para aplicar diesel a las cimbras; niveles, escuadras y cintas para comprobaciones de replanteo.

Los nasos para construir son los siguientes:

1.- Colado de concreto de losa de cimentación. Sobre una superficie previamente compactada se construye una losa de cimentación de concreto armado. Para el colado de la losa se utiliza una cimbra especial de fácil alineación y nivelación, sobre la que se apoya la plantilla, que marca completamente -



Colado de losa de cimentación.



Moldes para módulo cuadruplex.

la vivienda, e indica los sitios en donde deben colocarse las tuberías de agua, drenajes, electricidad, gas y teléfono.

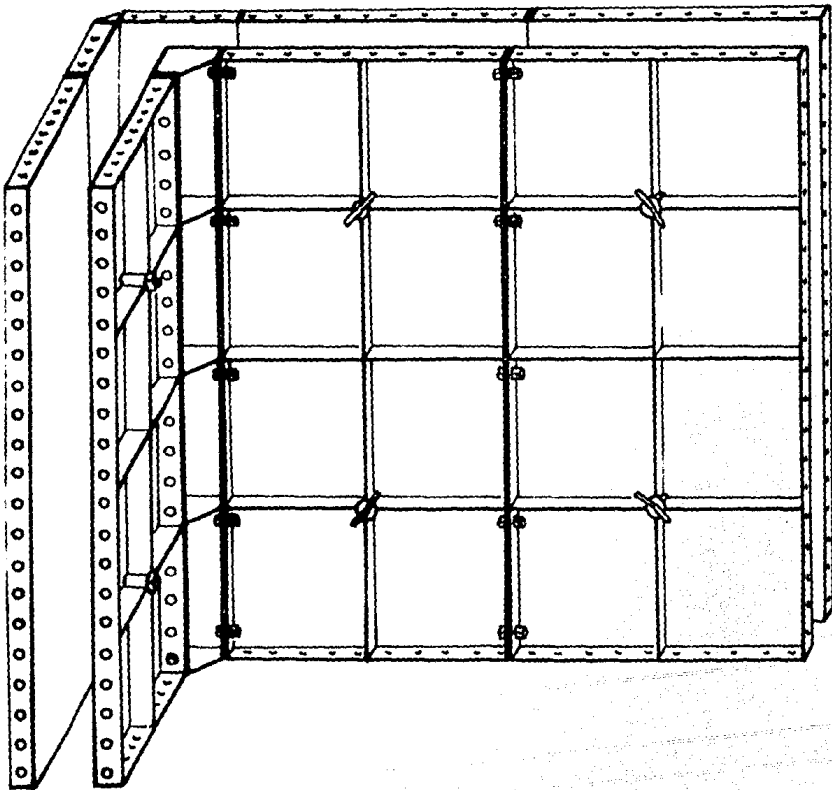
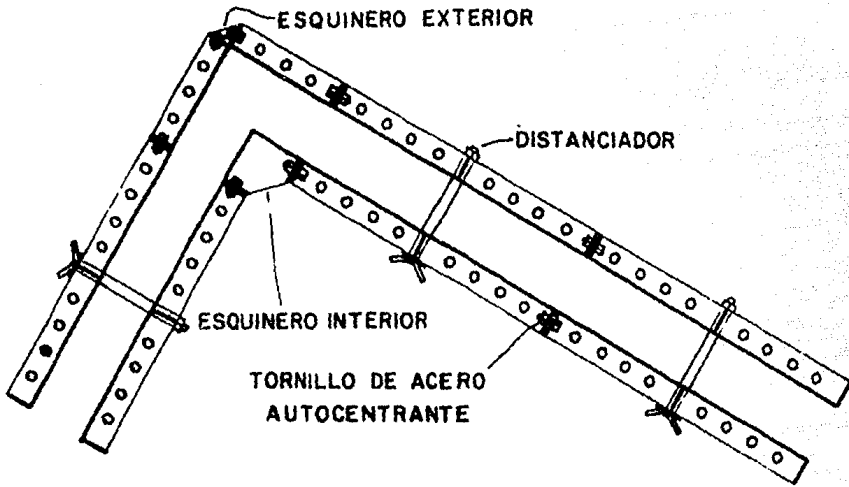
Se colocan anclas de acero al piso previamente, para evitar desplazamientos y prevenir desalineamientos.

Los pasos para su colocación son los siguientes:

- a) Nivelación del piso.
- b) Instalación de la cimbra-losa de cimentación de acuerdo al proyecto.
- c) Fijación de la cimbra.
- d) Renivelación para revisar si hubo algún desajuste.

2.- Instalaciones eléctricas y de plomería en muros y techos. El armado de acero requerido para la estructura de los muros, así como del techo, es amarrado a las varillas que sobresalen de la losa de cimentación. Las instalaciones eléctricas son colocadas y aseguradas a el armado de acero o malla electrosoldada. Las cajas serán fijadas posteriormente a los paneles del molde mediante la utilización de alambres pasados por los huecos abiertos en las cimbras. En el molde se prevén las salidas de tubería hidráulica y de drenaje.

3.- Instalación de los paneles de molde para muros y techos. Previamente limpiados los paneles con diesel se colocan los correspondientes a muros, según su numeración, de acuerdo



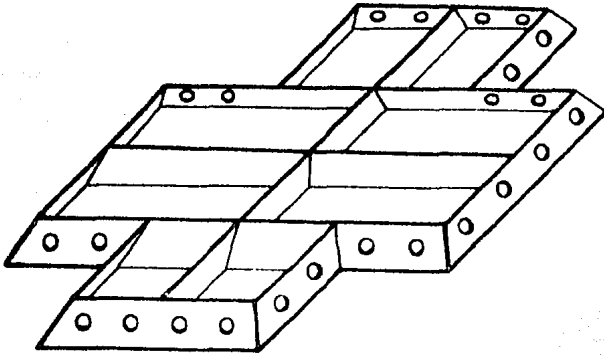
a los planos de armado. Los paneles del techo se suben por medio de carros elevadores manuales y se apoyan en puntales telescónicos con rosca. Los paneles se unen entre sí por medio de tornillos cónicos, que garantizan una unión perfecta. Los marcos de las puertas y ventanas son colocados en sus respectivos lugares y soportados por cubremarcos a los paneles del molde, lo que asegura medidas y nivelación perfectas.

Para colocar y unir los paneles de muro con los paneles de techo se coloca en el remate superior de los paneles de muro al doblar a 90° una escuadra llamada interior, que permite sujetar los paneles de techo. Las esquinas de muros se forman con ángulos reforzados (esquineros), interiores y exteriores.

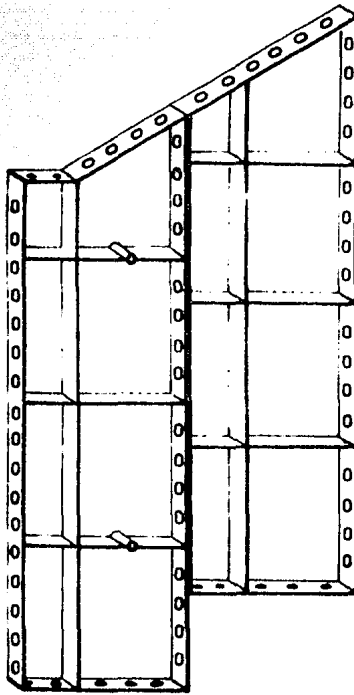
En este sistema de construcción se puede utilizar cualquier tipo de puertas y ventanas; en el caso que sean de acero, se colocan los marcos de acero previamente, después del colado el herrero suelda las puertas y ventanas y quedan integradas al edificio o vivienda.

4.- Una vez terminado el montaje del molde, previa supervisión general de todas sus partes, se realiza el colado desde el techo, para el colado de los moldes, los concretos deben ser muy fluidos, para conseguir acabados perfectos y uniformes.

5.- Descimbrado de paneles de molde. Al día siguiente de



CRUCETA CUÑA PARA TECHO



PIEZAS PARA EL MOLDE DE LA ESCALERA



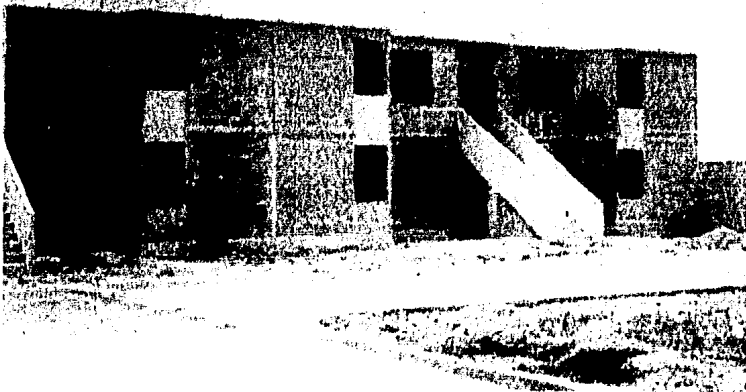
Colado de azotea con bomba.



Terminación de obra negra.



Módulos cuadruplex terminados.
(Construidos con cimbra metálica)



Módulos cuadruplex terminados.
(Construidos con sistema tradicional)

haber colado el molde, se comienzan las tareas de descimbrado de la vivienda y paralelamente, el montaje de otra.

La losa de techo se dejará apuntalada los días necesarios para su fraguado, aunque se retirarán los paneles, dejando solo las crucetas cuñas que se encuentran en la parte central de la losa en cada una de las áreas de la vivienda.

Realizada la tarea de descimbrado, inmediatamente se inician los trabajos de acabados de la construcción, consistentes en; colocación de puertas y ventanas, cerraduras, pisos, aparatos sanitarios y de cocina, vidrios, pintura e impermeabilizantes, banquetas y bardas que también se pueden colar con el mismo sistema.

III.- COMPARACION CON OTROS SISTEMAS DE CONSTRUCCION ASPECTOS TECNICOS Y ECONOMICOS.

III.1 Clasificación de sistemas de construcción.

Para construir viviendas se han desarrollado diversos sistemas constructivos con el objeto de lograr competitividad mediante la aplicación de desarrollo tecnológico y del conocimiento experimental. Los diversos sistemas pueden clasificarse en tres grupos:

- a).- Sistema Convencional.
- b).- Sistemas de Prefabricados.
- c).- Sistemas Racionalizados.

El sistema convencional comprende una larga secuencia de actividades interrelacionadas, de desarrollo lento y una gran cantidad de mano de obra. Por tradición goza de la confianza del público, sin embargo sus costos son elevados para grandes proyectos de vivienda.

Los sistemas prefabricados requieren de elementos fabricados en un taller y trasladados a la obra donde son ensamblados en su posición definitiva. Pueden aplicar o no la técnica del preesfuerzo. Una variante de estos sistemas es la que emplea elementos prefabricados contruidos al pie de obra.

El tamaño de los elementos prefabricados se fija en fun--

ción de las limitaciones del transporte y del equipo que se emplea. En general se busca no exceder un ancho máximo de 3 m y los elementos se modulan a múltiplos de 30 cm. La longitud máxima es de 6 m y también se modula a múltiplos de 30 cm.

Las dimensiones y formas de los elementos prefabricados se fija de acuerdo con el número de viviendas por construir y con su distancia a la planta prefabricadora, tomando en cuenta que a mayor tamaño mayor peso pero menor número de juntas, -- las cuales son en general de difícil ejecución y mantenimiento.

Los sistemas racionalizados buscan incrementar la eficiencia de los procesos productivos en la misma, aplicando desarrollos tecnológicos.

El sistema constructivo propuesto en esta tesis queda incluido en el tercer grupo ya que el empleo de cimbras metálicas únicamente permite reducir los tiempos de construcción de ejecución de obra y mejorar la calidad de los elementos colados en sitio.

III.2 Comparación del sistema propuesto con el sistema tradicional.

El sistema tradicional consiste generalmente en una estructura con zapatas corridas de piedra braza, muros de ladrí

llo confinados con dalas y castillos de concreto reforzado y losas de concreto reforzado macizas o aligeradas. Ocasionalmente se añaden vigas y columnas de concreto reforzado en zonas donde la distribución arquitectónica impide tomar cargas como muros.

El sistema propuesto permite acortar considerablemente -- los tiempos de ejecución con relación a un sistema tradicional. Permite cuando se trata de grandes conjuntos habitacionales reducir apreciablemente el costo por m² de construcción, -- obteniéndose en algunos casos ahorros hasta del 50%. Sin embargo cabe mencionar que el sistema tradicional es mejor aceptado por el público ya que los sistemas racionalizados le dan a la vivienda un aspecto industrializado que puede resultar monótono.

III.3 Comparación del sistema propuesto con sistemas de prefabricados.

En general los sistemas de prefabricados pueden clasificarse en grupos, según estén enfocados a la solución de:

- a) Vivienda unifamiliar hasta de dos niveles.
- b) Vivienda multifamiliar de más de dos niveles.

Procederemos en lo que sigue a describir algunos de los sistemas de prefabricación que se han desarrollado en nuestro país para cada uno de estos grupos:

III.3 a) Vivienda unifamiliar hasta de dos niveles.

Sistema PANELCRETO SEPSA: consiste en un panel mixto compuesto de un marco o bastidor metálico, a base de lámina calibre 14, 15 ó 16 doblada en forma de canal, que puede ser hecho de un ancho de 2, 3 ó 4 módulos y una altura de 2 a 20 módulos de 30 cm. Cuando se usa como muro para casa de dos niveles y como losa entre 4.00 a 5.00 m de claro, se utiliza el canal de 15 cm de peralte con lámina 14; cuando se usa como muro de un nivel y como losa de hasta 4.00 m de largo, se emplea lámina calibre 15 y con 10 cm de peralte.

A los bastidores metálicos anteriormente descritos se les adosa una o dos caras de fibrocemento (mortero de cemento reforzado con fibra de polipropileno) de 2 cm de espesor; así, el panel queda hueco, listo para montarse y pintarse.

Cuando así se requiere (por ejemplo en muros con instalaciones hidráulicas, etc.) el panel se puede dejar en la fábrica, con el azulejo o mosaico veneciano integrado a la cara húmeda, y colocar en la obra la otra cara con hojas de yeso tipo tabla-roca, lo que permite que las instalaciones sean registrables. Asimismo, para montar a mano entrepisos hasta de 4 módulos y hasta 4.00 m de claro, es posible fabricar los paneles con una sola cara (peso aproximado de 200 kg) y ya montados se les puede colocar tabla-roca o cualquier otro plafón falso.

Mediante pruebas realizadas por el fabricante, se han obtenido las resistencias a compresión axial de paneles de 4 módulos de ancho colocados verticalmente utilizados como muros y a la flexión como losas, antes de presentarse agrietamiento alguno como se muestra en la siguiente tabla:

CARGA AXIAL			FLEXION			
d	h	p	d	(L 4.00m)	(L 5.00m)	(L 5.00m)
10 cm	260 cm	10 ton	10 cm	250 kg/m ²	125 kg/m ²	70 kg/m ²
15 cm	520 cm	11 ton	15 cm	350 kg/m ²	250 kg/m ²	125 kg/m ²

Esto se explica por la interacción de las dos caras de fierro con el bastidor metálico, lo que integra un panel de alta resistencia con las siguientes ventajas:

Producción industrializada; gran producción, acabado uniforme y bajo costo.

Gran capacidad de carga; con las dos caras de ferrocemento, se usa como muro de carga y como techo, salvando claros hasta de 6.00 m con sobrecargas de 200 kg/m².

Ligero; su peso propio es de 100 kg/m², por lo que es manejable a mano o con equipo ligero.

Aislante térmico y acústico; por ser hueco aísla el calor y el sonido.

Fácil de colocar y conectarse entre sí; mediante tornillos, pijas y soldadura se conectan puertas, ventanas y pane-

les adyacentes para formar muros y techos de casas.

Instalaciones eléctricas e hidráulicas; integradas o colocadas en obra dentro del panel sin tener que romper o resanar.

Acabado liso o rugoso; listo para usarse a la interperie o en interiores.

Bajo costo; su producción industrializada y acabado integral mejora el precio del muro de tabique o bloque de concreto con aplanado.

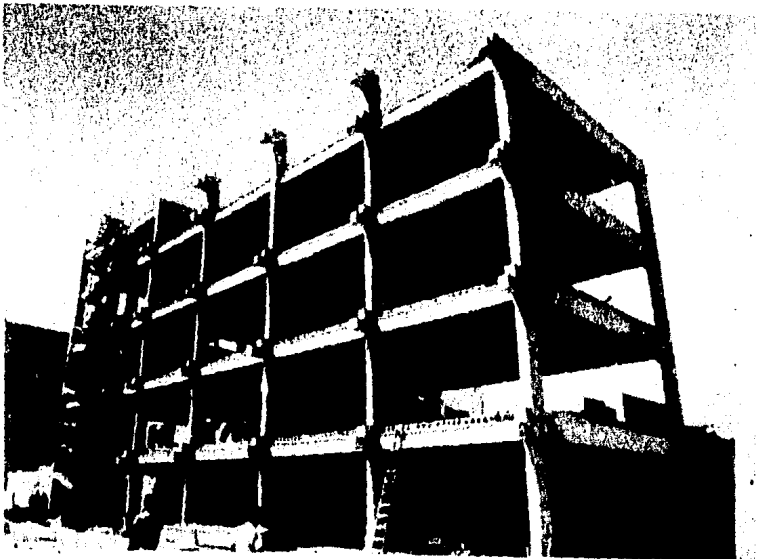
Para autoconstrucción, pueden utilizarse panelcretos cuyas dimensiones aseguren que su peso no exceda de 200 kg para que los puedan manejar cuatro hombres o equipos muy ligeros de montaje como tirfors y plumas, polipastos de cadena, grúas sobre camión etc.

Sistema COMPRECASA: consiste en muros nervados prefabricados de concreto reforzado y entrepisos y techos con losas de concreto pretensado (huecas, aligeradas, extruidas, nervadas, etc.).

Al igual que el sistema anteriormente descrito, el número de módulos de cada elemento de muro o losa debe ser proyectado conforme al máximo peso que pueda ser manejado por el equipo de transporte y montaje de que se disponga. De esta manera, la cantidad de juntas obtenidas será mínima.



Sistema "COMPRECASA"



Sistema de Esqueleto o Reticular.

Los elementos prefabricados de fachada sirven como trabes de rigidez en un nivel y como portantes del techo en el siguiente.

La cimentación, también colada en obra, puede realizarse con zapatas candelero, que se integran al piso de la casa.

Las instalaciones eléctricas e hidráulicas pueden quedar alojadas en los firmes que se cuelan sobre las losas y en los muros prefabricados antes de colarlos.

El muro con instalaciones hidráulicas puede llevar integrado el acabado de azulejo o similar para el baño y la cocina.

III.3 b) Vivienda multifamiliar de más de dos niveles.

SISTEMA RETICULAR O DE ESQUELETO; tiene muchas variantes tanto en dimensiones como en tipo de componentes y puede combinar diversos elementos. En principio su diseño y comportamiento estructural es igual al de una estructura similar colada en obra, después de haber ejecutado correctamente sus conexiones. Sus componentes básicos son:

Elementos verticales; muros, columnas de uno o varios niveles.

Elementos horizontales; trabes portantes, trabes de rigi-

dez, losas de entrepiso y techo.

Elementos varios; escaleras, prefabricados de fachada, - etc.

Columnas y muros. Su sección transversal y armado estarán de acuerdo con los esfuerzos máximos a que estarán sometidos en sus etapas de fabricación, transporte, montaje y debidos a todas las cargas, verticales y horizontales cuando ya forme parte de la estructura.

Deberán llevar integrados los elementos de conexión a cimentación, trabes y muros que queden en contacto con ellos -- (ductos, varillas o barbas, ménsulas, placas, etc.).

Mientras más niveles alcancen de una sola pieza, habrá menos problemas de conexiones y el montaje de la estructura se llevará a cabo con mayor rapidez.

Trabes; también la forma, dimensiones, armados, preesforzados, etc., están en función de los esfuerzos a que se someterán en todas las etapas de su vida útil.

No se puede soslayar o minimizar la importancia de la conexión de cada trabe con el elemento que la carga y con los que soporta. Casi siempre trabajará como sección compuesta con los colados en obra; es necesario tomar en cuenta que se deben ligar a todos los elementos de cada piso; además, pueden quedar ahogados los refuerzos que den continuidad y capa-

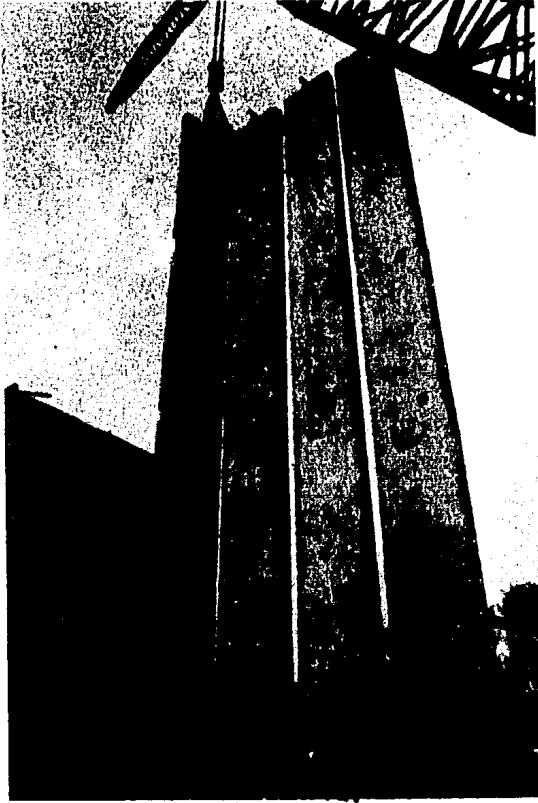
cidad para momento negativo en todas las zonas de nudos.

Losas; como las traves y columnas, las losas serán dimensionadas, reforzadas conforme lo soliciten los esfuerzos que se presentarán en la vida útil.

Las secciones más usuales son; vigueta y bovedilla, losas huecas extruidas, losas canal doble T, losas macizas o nervadas, losas aligeradas.

Casi siempre trabajan en una sola dirección apoyándose en sus extremos sobre dos traves portantes o sobre muros de carga.

Sistema SEPSA: para la realización de edificios hasta de cinco niveles este sistema constructivo emplea como elemento-estructural básico losa extruida hueca de concreto pretensado, para muro de carga y de rigidez sísmica de una sola pieza, -- hasta de 15.00 m de altura y de 1.20 m de ancho. De este modo, cada 20 minutos se puede montar un muro estructural para edificios de 5 niveles y cubrir así 18 m², lo que cubre el peso de muros divisorios ligeros y la carga viva habitacional del reglamento. La misma losa, colocada de canto, sirve como trabe pretil o faldón de 1.20 m de peralte y puede, mediante las conexiones adecuadas, integrarse a los muros-columna y -- formar marcos estructurales resistentes a cargas verticales y horizontales. Como es de suponerse, la losa llevará, para -



Sistema "SEPSA" de varios niveles.



Sistema "CORTINA"

cada uso que se haga de ella, un presfuerzo y características diferentes.

SISTEMA CORTINA: se inició en México en 1973, como una variante del sistema "Lift-Slab", que consiste en que además de los entresijos, bajo cada uno de ellos se cuelan los muros que los soportarán y que se sujetarán mediante bisagras, las que permiten que se desplieguen los muros conforme se va izando el conjunto, al llegar a cada nivel, los muros quedan en posición vertical y se conectan de modo que no giren y así soporten entresijos superiores. Se pueden levantar edificios hasta de 5 niveles conforme al siguiente procedimiento:

Cimentación convencional de acuerdo a las condiciones del subsuelo. Prefabricación de losas y muros de concreto reforzado directamente sobre la plataforma de cimentación.

Cimbrado únicamente en los bordes de los muros y losas, los cuales, al colarse en posición horizontal, sirven de molde a la siguiente capa de losa y muros. Los huecos exactos para la colocación de puertas y ventanas quedan integrados en el colado mismo de los muros.

Elevación y colocación de muros y losas prefabricadas mediante estructura metálica temporal y gatos hidráulicos sincronizados. La estructura y los gatos hidráulicos se usarán tantas veces como el número de edificios que tenga el proyecto.

Todas las redes internas de conducción eléctrica, hidráulica y sanitaria quedan integradas en las losas y muros prefabricados. El acabado pulido de losas y muros permite la aplicación directa de pintura, tirol, etc., sin necesidad de aplastados.

El proceso de acabado posterior puede realizarse en condiciones de obra satisfactorias para permitir la industrialización de los mismos.

Sistema CONYTEC, S.A: se ha desarrollado este sistema para construcción de edificios prefabricados hasta de 14 niveles mediante diversos elementos verticales y horizontales de grandes dimensiones. En resumen, se puede describir el sistema de la siguiente forma:

En una cimentación colada en obra según la capacidad del terreno y el peso del edificio por realizar (zapatas, losa corrida, cascarones, con o sin pilotes, etc.), se dejan ancladas barras de acero de alto carbono en posición vertical y en lugares estratégicos que servirán para ir sujetando los muros y losas de cada nivel, desde el primero hasta el último, a la propia cimentación.

Los muros y losas son de concreto prefabricado, reforzado o presforzado según convenga, y llevan ductos y anclajes para el postensado vertical, mismo que servirá sobre todo para dar

le a la estructura capacidad para resistir fuerzas horizontales (sismos y vientos).

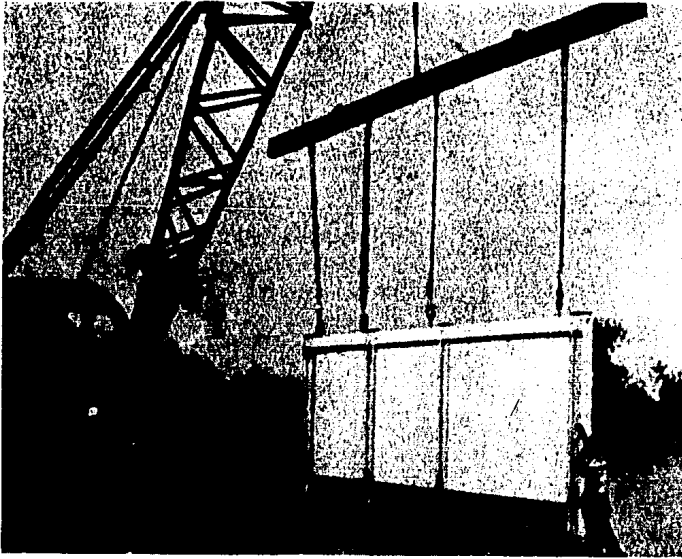
Mediante el aligeramiento de sus componentes (losas con poliestireno, losas nervadas de claros grandes), se puede reducir el peso entre un 20% y un 30% del peso de una estructura convencional, para disminuir los costos de cimentación y de la propia estructura.

Los muros alojan las instalaciones necesarias, así como los conectores para unirse a los demás elementos estructurales, se puede adaptar a casi cualquier proyecto arquitectónico.

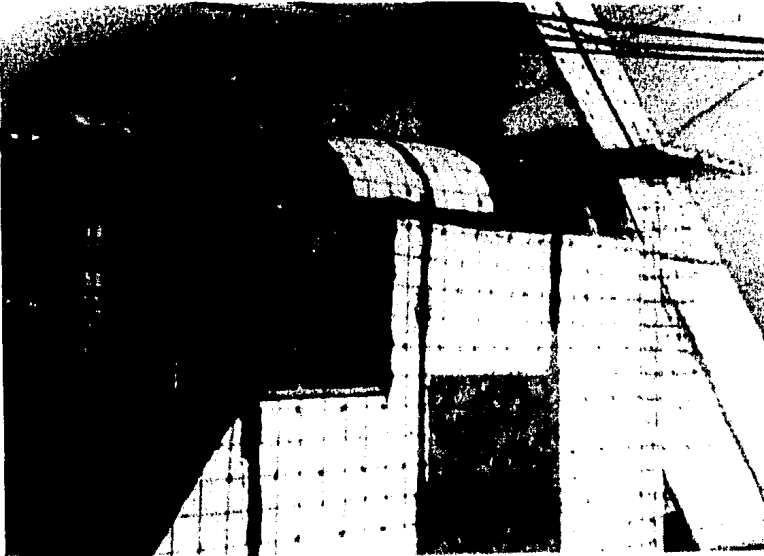
Las piezas sólo requieren pintura después de haberse montado, ya que se cuelan con moldes metálicos.

Sistema TICONSA: Consiste en lo siguiente: desde el punto de vista estructural, los elementos verticales están integrados por columnas, muros y traveses de grandes dimensiones, lo cual reduce el número de juntas. Las columnas están provistas de ranuras en 4 direcciones, en las que se insertan los muros necesarios en los que a su vez, se introduce la trabe cabezal para formar el conjunto de columna, muro, trabe, llamado panel de carga.

El tramo inferior de las columnas se inserta en los cande



Sistema "TICONSA"



Sistema de Mortero Lanzado.

leros de cimentación, los cuales quedan empotrados en ella. - Antes de colarse los muros, pueden alojar las instalaciones, - ventanas y puertas que se requieran de acuerdo con el proyecto. Las losas de entrepiso y techo tienen las dimensiones de cada cuarto y se apoyan en los paneles de carga.

Este sistema se adapta a las construcciones hasta de cinco niveles, conforme a las normas de vivienda de interés social.

Cuando el volumen de viviendas lo justifique, el fabricante podrá instalar a pie de la obra una planta portátil que le permita fabricar los componentes en el lugar de la construcción.

Comparemos ahora los sistemas de prefabricados con el sistema de cimbra metálica.

Desde el punto de vista técnico cabe señalar que los sistemas prefabricados requieren de un equipo especial para la fabricación de elementos y para el montaje de los mismos. Requieren además de una mano de obra calificada y de una supervisión estricta especialmente para la ejecución de conexiones que son los puntos débiles de la construcción sobre todo en zonas sujetas a sismos o a vientos fuertes.

Por el contrario el sistema de cimbra metálica produce una

estructura monolítica de gran resistencia a las acciones eventuales del sismo y del viento. Permite simplificar las instalaciones de electricidad y sanitarias ya que pueden estas prefabricarse. Los obreros no requieren una preparación especial ya que sus funciones se limitan al ajuste de los paneles convenientemente numerados así como el traslado al sitio en que habrán de usarse.

Los sistemas prefabricados tienen pocas posibilidades de ajuste ante variaciones en la profundidad de la cimentación por características del terreno o ante ajustes de nivel por posibles errores o variaciones del proyecto. La rigidez del diseño a menudo obliga a combinar elementos prefabricados con elementos colados en sitio. Por el contrario el sistema de cimbra metálica por usar elementos colados en sitio es flexible para hacer los ajustes necesarios.

Desde el punto de vista económico los sistemas prefabricados requieren de grandes inversiones para poder crear plantas productivas y se requiere de un gran mercado para que fructifiquen, además son necesarios equipos de flete y montaje cuyo costo incide en el costo financiero por tiempos y mantenimiento de la planta. El sistema de cimbra metálica requiere de menores inversiones que los prefabricados, ya que los elementos se fabrican en la misma obra, este sistema requiere de equipo poco sofisticado y fácil de manejar, no reporta costos

de montaje y flete. Al realizar la fabricación de las viviendas en una sola operación por cada nivel y dentro de un molde, se garantiza el uso de los materiales a utilizar, al eliminar la posibilidad de desperdicio.

Todo esto produce un ahorro notable en comparación con los sistemas prefabricados ya que estos pueden lograr ahorros de hasta un 20% en comparación con los sistemas convencionales, y esto lo logran debido al poco tiempo que se requiere para la ejecución de la obra completa, ya que los materiales usados por lo general no son más económicos que los convencionales. El sistema de cimbra metálica propuesto puede producir ahorros más allá del 20%, entre mayor sea el proyecto por realizar mayor será el ahorro del costo unitario, ya que el molde que forma la vivienda está calculado para lograr 500 colados aproximadamente, dependiendo del cuidado con que sean tratados los elementos que forman el molde.

III.4 Comparación del sistema propuesto con otros sistemas racionalizados.

En seguida se describen algunos de los sistemas racionalizados usados en México:

Sistema SOFRE: es a base de grandes paneles precolados de concreto. Como parte medular del sistema podemos citar el ca-

setón empleado en las losas de entepiso y azotea, que consiste en un precolado de 8 cm de espesor con un dobléz en su perímetro que se apoya en muros y trabes, este dobléz facilita la unión entre paneles y losas, pues crea un gran espacio trapezoidal de 23 x 23 cm sin necesidad de condicionar el espesor de los elementos concurrentes. Esta unión no sólo conecta -- los elementos precolados, sino que forma una dala de distribución o trabe donde se empotran las losas y los muros, creando una estructura hiperestática.

Complementando el sistema se tiene una serie de soluciones para la construcción de muros, creando sistemas de alta - productividad para realizar muros de cerámica, de block de cemento o paneles de concreto.

Distribuyendo el trabajo por especialidades, se hacen grupos de obreros que se programan y coordinan para realizar cada evento sin cambiar de actividad obra tras obra. No se requiere de obreros calificados, sólo se les da una pequeña capacitación previa, evitando procesos artesanales.

La planta de producción se localiza en pie de obra, ahorrándose fletes y movimientos innecesarios y evitándose los gastos fijos de una fábrica no eventual, ello no impide que el manejo de materiales y la planeación de la planta se haga siguiendo los lineamientos de todo proceso industrializado, -

además de su extrema sencillez y ligereza, se puede cambiar de ubicación en cada obra en un máximo de 15 días. Se puede construir una casa diaria (obra negra), empleando 15 horas -- hombre por cada metro cuadrado con una calidad homogénea y -- con una supervisión mínima.

SISTEMA DE MORTERO LANZADO: existen diversas modalidades desarrolladas en la década de los años setentas, conocidas algunas como: "Impac Panel", "Panel W", "Covington Brothers System", "Covintec", etc. El elemento básico es un tablero de 2 a 3 m² de superficie, manejable, de poco peso y que básicamente consiste en una estructura tridimensional de alambre que forma una unidad con una placa de poliuretano o poliestireno-expandido y cuyo espesor es de 2.5 a 5 cm. Sobre los tableros se colocan ductos para la instalación eléctrica y las tuberías sanitarias e hidráulicas. Los techos se forman del mismo modo, aunque con refuerzos metálicos convencionales y una estructura ligera y provisional de apoyo.

Sobre esta "casa" de tableros ya formada se lanza mortero de cemento y arena mediante bomba aspersora hasta formar capas superpuestas en ambas caras con un espesor definido en el proyecto. La flexibilidad en el diseño es total, el proceso rápido y el aislamiento térmico muy bueno.

Se ha creado un sistema a base de mortero lanzado, basado en los anteriormente descritos, cuyos elementos correctivos o

adaptables son:

En lugar de tableros, una malla electrosoldada de calibre 10 que forma un medio continuo al configurar todos los muros de la casa, la malla es soportada provisionalmente con una estructura metálica muy elemental, recuperable, que puede ser usada numerosas veces.

Sobre la malla de alambre se dispone una tela metálica (desplegado metálico) en la cual se lanza el mortero. En la malla se colocan los ductos de las diversas instalaciones y se fijan los marcos metálicos de las ventanas.

La estructura del techo es soportada por elementos provisionales metálicos de los cuales se cuelga el entramado de varillas de acero para el refuerzo de la losa, entre el entramado de varillas y la estructura del soporte provisional se coloca el aislamiento térmico, que además de aislante servirá, durante el proceso constructivo, como una pantalla, a partir de la cual y hacia abajo, se irá acumulando el mortero en capas sucesivas.

Terminada la estructura metálica de muros y techo se lanza el mortero con bomba aspersora a través de una boquilla, impulsado por un compresor, que asegura la correcta dispersión del fluido. El espesamiento ocurre simultáneamente y la estructura provisional se puede retirar en un plazo máximo de 5

días. Mediante la espersora se pueden recubrir de 6 a 10 viviendas diarias con un tamaño de 50 m² cubiertos.

Comparación; Los sistemas racionalizados que tienen por objeto desarrollar tecnologías para lograr mayor eficiencia en la construcción de viviendas organizando sistemáticamente el trabajo, han logrado algunas ventajas técnicas y económicas sobre los sistemas convencionales y prefabricados. Estos sistemas requieren menores inversiones que los prefabricados ya que los elementos se hacen en la misma obra. Técnicamente estos simplifican los elementos que forman la vivienda y buscan lograr mayor seguridad en la elaboración de conexiones para soportar las cargas eventuales de sismos y vientos fuertes.

Entre los sistemas racionalizados el sistema de cimbra metálica es el más simple y proporciona mayor seguridad por ser monolítico. Este sistema puede lograr mayores ahorros avanzando a los demás sistemas racionalizados, entre mayor sea el número de viviendas por realizar.

El ahorro económico se debe principalmente a la menor cantidad de mano de obra requerida, ya que el tiempo de ejecución de la obra es mucho menor que en el sistema de construcción convencional.

Además de la obra negra, se obtienen ahorros notables en-

las instalaciones eléctricas, hidráulicas y sanitarias. En el caso de las instalaciones eléctricas e hidráulicas se evita el trabajo de ranurar los muros ya que éstas se colocan previamente al colado del concreto, además existe la posibilidad de hacer las instalaciones prefabricadas ya que las viviendas se hacen en serie con el mismo molde.

Se logran ahorros económicos en los aplanados ya que el hecho de usar cimbra metálica sujeta con tornillos de acero, permite lograr acabados aparentes de gran calidad y no se requiere de aplanado de muros para lograr una apariencia aceptable.

Entre los inconvenientes del sistema propuesto cabe señalar que el concreto no tiene propiedades térmicas adecuadas para su empleo en viviendas, Especialmente cuando se deja aparente es muy mal aislante del frío y la humedad por lo que los recintos rodeados por muros y losas de concreto tienden a ser excesivamente húmedos o muy fríos por lo que tienen ambientes poco confortables. Este inconveniente podría subsanarse mediante la aplicación de acabados sobre las paredes desnudas de concreto. Estos acabados podrían ser plafones, recubrimientos de yeso, alfombras, lambrines de madera, etc. Sin embargo estos acabados son costosos y desvirtuarían los objetivos económicos que se persiguen con el sistema propuesto.

Costos directos más importantes de un módulo de vivienda cuádruplex con el sistema tradicional.

C o n c e p t o		Cantidad	Costo por Unidad	Importe
1.	Trabajos Preliminares			
1.1	Trazo y nivelación	402.31 m ²	\$ 112.50/m ²	\$ 45259.87
2.	Cimentación (Losa corrida)			
2.1	Excavación por superf. mat. Tipo I	7.74 m ³	\$ 1246.10/m ³	\$ 9644.81
2.2	Acarreo en carretilla mat. de excavación	14.52 m ³	\$ 751.00/m ³	\$ 10904.52
2.3	Acarreo en camión de carga 1er. Km.	23.86 m ³	\$ 329.57/m ³	\$ 7863.47
2.4	Acarreo en camión Km. Sub-sec.	23.86 m ³	\$ 277.52/m ³	\$ 6621.58
2.5	Losa de cimentación	311.74 m ²	\$ 3249.03/m ²	\$ 1012852.60
2.6	Acabado pulido y/o escobillado	311.74 m ²	\$ 403.67/m ²	\$ 125840.08
3.	Superestructura			
3.1	Muro de tabique recocido de .14 cm	476.41 m ²	\$ 2320.67/m ²	\$ 1105590.30
3.2	Losa de concreto f'c=200 kg/cm ² 10 cm.	304.18 m ²	\$ 4526.94/m ²	\$ 1377004.60
3.3.1	Castillos 15x15 (4 var # 3)	149.10 m ¹	\$ 1949.16/m ¹	\$ 290619.75
3.3.2	Castillos 15x20 (4 var # 3)	129.22 m ¹	\$ 2288.19/m ¹	\$ 295679.91
3.3.3	Castillos 20x20 (4 var # 5)	59.64 m ¹	\$ 3435.18/m ¹	\$ 204874.13
3.3.4	Cerramiento 15x20 (4 var # 3)	80.00 m ¹	\$ 2288.19/m ¹	\$ 183055.20
3.3.5	Cerramiento 15x35 (4 var # 3)	33.00 m ¹	\$ 3589.07/m ¹	\$ 118439.31
3.3.6	Trabe 20x50 (6 var # 5)	30.60 m ¹	\$ 6548.47/m ¹	\$ 200383.18
3.3.7	Trabe 20x35 (6 var # 3)	65.40 m ¹	\$ 4347.08/m ¹	\$ 284299.03
3.4	Escalera de acceso	1 pza.	\$ 141866.52/pza	\$ 141866.52
3.5	Aplanado fino en plafones p 1:5	283.34 m ²	\$ 978.50/m ²	\$ 277248.19
3.5	Aplanado fino en muros p 1:5	476.41 m ²	\$ 978.50/m ²	\$ 466167.18
				\$ 6118953.80

Costos directos más importantes para la construcción de un módulo cuádruplex con el sistema de cimbra metálica.

		Cantidad de Proyecto	Costo por Unidad	Importe
1.	Trabajos Preliminares			
1.1	Traza y nivelación	402.31 m ²	\$ 112.50/m ²	\$ 45259.87
2.	Cimentación (Losa corrida)			
2.1	Excavación a mano por superf. Mat Tipo I	7.74 m ³	\$ 1246.10/m ³	\$ 9644.81
2.2	Acarreo en carretilla Mat. de excavación	14.52 m ³	\$ 751.00/m ³	\$ 10904.52
2.3	Acarreo en camión de carga 1er. Km.	23.86 m ³	\$ 329.57/m ³	\$ 7863.47
2.4	Acarreo en camión Km. Sub-sec.	23.86 m ³	\$ 277.52/m ³	\$ 6621.58
2.5	Losa de cimentación	311.74 m ²	\$ 3249.03/m ²	\$ 1012852.60
2.6	Acabado pulido y escobillado	311.74 m ²	\$ 403.67/m ²	\$ 125840.08
3.	Superestructura			
3.1	Muro de concreto de 10 cm f'c=150 Kg/cm ²	446.17 m ²	\$ 4048.88/m ²	\$ 1806488.70
3.2	Muro de concreto de 15 cm f'c=150 Kg/cm ²	30.24 m ²	\$ 5237.48/m ²	\$ 158381.39
3.3	Escalera de acceso	1 pza.	\$93673.37/pza	\$ 93673.37
3.4	Losa de concreto f'c=200 Kg/cm ² 10 cmts.	304.18 m ²	\$ 4043.31/m ²	\$ 1229894.00
				\$ 4462164.10

IV.- RECOMENDACIONES DE CONSTRUCCION PARA APLICACION DEL SISTEMA PROPUESTO.

En seguida se mencionan algunos problemas que se pueden presentar en la construcción de viviendas monolíticas con cimbra metálica, y sus posibles soluciones:

El problema que se vislumbra en un sistema monolítico integrado al colar los muros con las losas del techo, es que se obtienen colados con grandes volúmenes de concreto, y pueden surgir agrietamientos.

La mayor causa del agrietamiento del concreto es la restricción al movimiento. El fondo del cimiento está restringido por la fricción con el suelo, la parte alta por el muro; el muro está restringido por el cimiento y la parte superior por el sistema de piso. Si todas las partes de la estructura de concreto estuvieran libres para moverse cuando el concreto se expande o se contrae, no habría agrietamiento ocasionado por el cambio de volumen, estas diferentes limitaciones causan esfuerzos en el concreto. Cuando las fuerzas exceden la capacidad de tensión del concreto, ocurre el agrietamiento (fig. IV.1).

Una posible solución es poner juntas en los muros para permitir un leve movimiento al concreto, los movimientos en los muros son causados por asentamientos, contracción del con

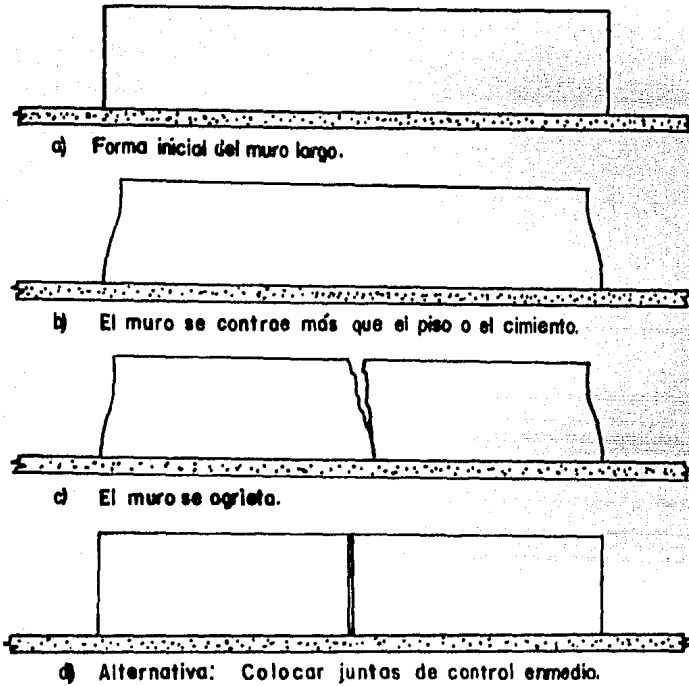


Fig.IV.1 Agrietamiento de un muro largo ocasionado por la contracción.

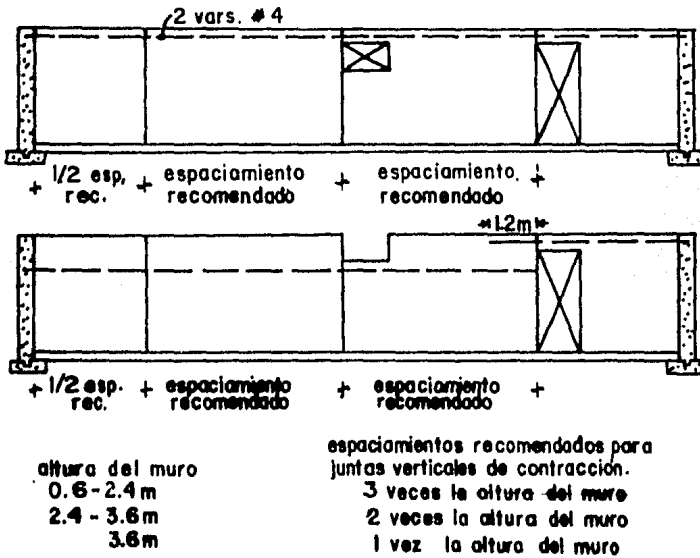


Fig.IV.2 Recomendación del espaciamiento y ubicación de las juntas de contracción verticales.

creto, cambios de temperatura y cargas. Si estas juntas no existen, el concreto tiende a absorber estos movimientos.

Juntas de contracción verticales. La fig. IV.2 indica el espaciamiento y ubicación recomendadas de las juntas de contracción verticales para diferentes alturas de muros, y colocación del refuerzo para impedir que las juntas de los muros se abran demasiado.

Una junta de contracción recta vertical puede hacerse en el muro colocando una tira proyectada sobre la superficie del molde que formará una ranura en el concreto. Las tiras pueden hacerse adecuadamente con madera, metal y plástico. Es importante conservar el alineamiento exacto de esas tiras ya que cualquier desviación de una línea recta podrá notarse en la superficie del concreto. Cuando sea posible se hará que la junta forme parte del acabado arquitectónico del muro.

La fig. IV.3 muestra algunos métodos para formar juntas. El lado exterior deberá rellenarse con un sellador tal como polisulfuro resistente al intemperismo, un poliuretano o un silicón, los que seguirán siendo flexibles después de la colocación.

Juntas de construcción. Se presentan donde termina el lado de un día y empieza el del día siguiente.

Si un muro es demasiado alto para construirse en un solo-

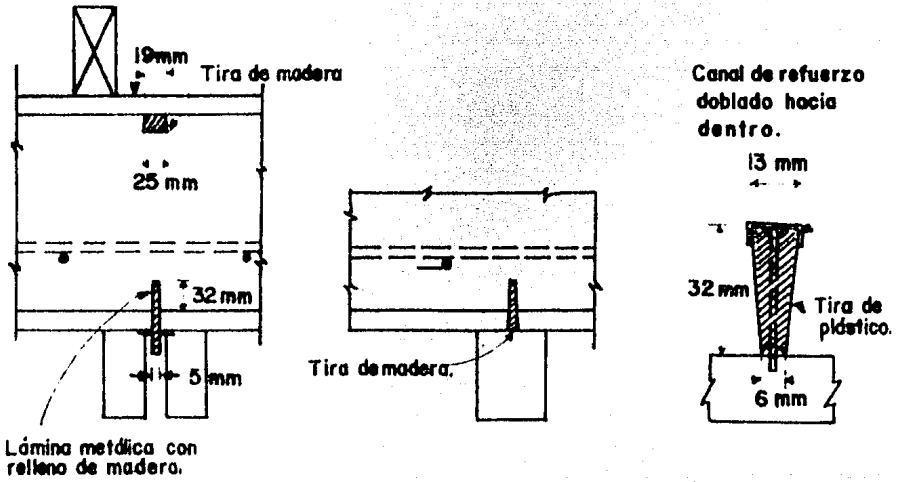


Fig. IV.3

Concreto colocado
antes del fondo de
la tira.

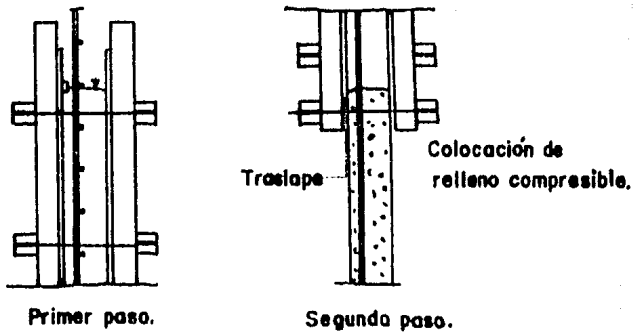


Fig. IV.4

colado, se requiere una junta de construcción horizontal. Una ranura horizontal en la superficie a la altura de la junta, - puede ayudar a disimular la junta y puede formar parte del -- acabado arquitectónico.

Una junta machiembrada o saliente no se notará si se hace con cuidado. En la fig. IV.4 se indica un amarre de varilla - ubicado no más de 10 cm por debajo de la junta, el que debe - prepararse para soportar los moldes para el segundo colado. - Cuando se colocan los moldes para el segundo colado, la cara de contacto de la cubierta debe trasladarse al concreto endurecido 2 cm aproximadamente y ponerse un relleno delgado compresible para minimizar las filtraciones.

Los grandes traslapes propician más infiltraciones ocasionadas por irregularidades en la cara del muro.

Una hilera de separadores debe ubicarse siempre por encima de la junta para resistir la presión del concreto en vez - de confiar en los separadores de abajo. Durante el primer colado, el concreto se lleva hasta un poco arriba del fondo de la tira. Cuando se cuele la siguiente etapa, tendremos una - junta exacta y recta.

Juntas frías. Ocurren cuando una capa de concreto endurece antes que la próxima capa se coloque, debido a un retraso en el colado. Las juntas frías no son deseables debido a que

pueden generar una debilidad, un aspecto desagradable, y la posibilidad de un aumento de infiltración en ese lugar. Estas se presentan muy a menudo en la construcción de muros de concreto. Pero si se reconoce la posibilidad de una junta fría (tal como un retraso en la llegada del siguiente camión de concreto) el daño puede minimizarse.

Mientras un vibrador trabajando pueda hundirse en el concreto parcialmente endurecido, por su propio peso, no es demasiado tarde para evitar la junta fría. La mayor parte del concreto es revibrada en algún grado involuntariamente, mientras se colocan capas sucesivas de concreto, porque el vibrador baja hasta la capa inferior ya que había sido previamente vibrada.

Si la capa parcialmente endurecida no puede ser revibrada, la superficie entre las dos etapas se tratará como una junta de construcción. La superficie debe ser limpiada de exceso de agua y del agregado suelto y escombros, y mantenerse limpia hasta que el concreto fresco se cuele.

Selladores. Son tiras de material colocado a través de la junta para obstruir la filtración del agua. Estas se fabrican de metal, hule o plástico. Ejemplos de varios selladores se muestran en la fig. IV.5. Los selladores de PVC son los más comunes y usualmente los más efectivos.

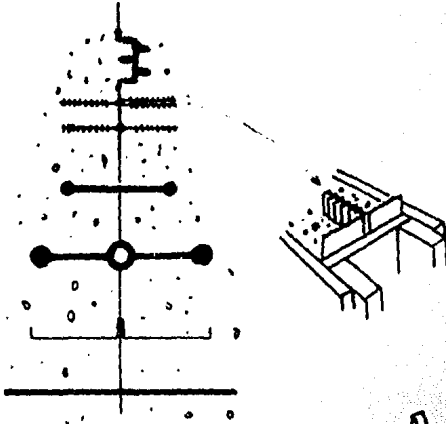


Fig IV.5 Varios tipos de selladores.

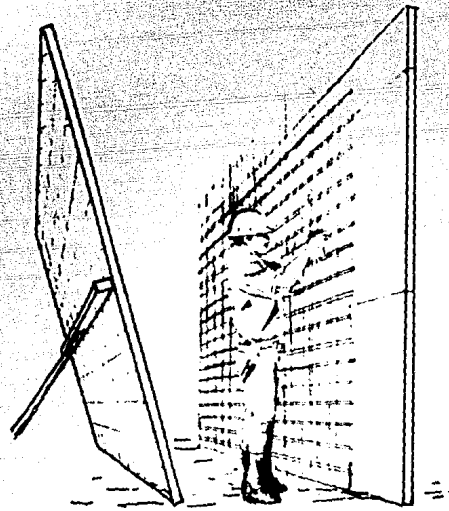


Fig IV.6. Colocación del ocero de refuerzo.

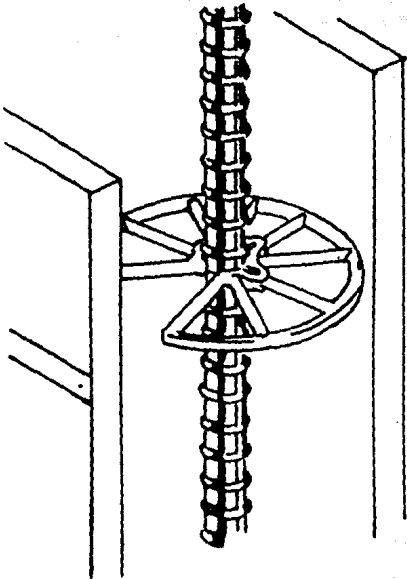


Fig-IV.7. Espaciador de plástico.

Los selladores pueden usarse horizontalmente en el fondo de un muro o en construcciones horizontales y en juntas de construcción. Pueden también usarse verticalmente en muros en juntas de construcción verticales. Los selladores deben colocarse de modo que el bulbo central, si se usa, quede exactamente en la junta para permitir el movimiento. Nunca deben colocarse dentro del concreto fresco mientras se cuela el concreto.

Usualmente los selladores se colocan en el molde, se aseguran en su posición para prevenir movimientos durante la colocación y vibración del concreto, esto puede hacerse uniéndolos con alambre al refuerzo adyacente o a los moldes. Las partes expuestas de los selladores deberán limpiarse completamente antes del segundo colado para asegurar buen contacto entre el concreto y el sellador. Para juntas verticales se dispone de selladores partidos, que pueden colocarse planos sobre el muro y luego doblarse hacia atrás juntos antes del siguiente colado, esto facilita la construcción del muro con junta a media cuña. Los materiales de las juntas en selladores deben ser impermeables. Los materiales plásticos pueden ser pegados o soldados por calor según las recomendaciones del fabricante.

Acero de refuerzo. Para colocar el acero de refuerzo al construir un muro usualmente se coloca primero el molde exterior, luego la narrilla de refuerzo (fig. IV.6) y finalmente-

el molde interior del muro se levanta y se asegura en su lugar. Para muros que forman parte de un núcleo tales como cubos de elevadores o escaleras, se colocan primero los moldes interiores.

Las varillas de refuerzo deben asegurarse firmemente en su posición mientras el concreto se cuele, esto se logra amarrando las juntas en sus intersecciones (no necesariamente en todas) con alambre recocado y blando, debe tenerse cuidado en doblar las puntas del alambre de modo que éstas no toquen la superficie de la cimbra y la deterioren.

La posición de las varillas de refuerzo o de las parrillas completas, dentro de los moldes es muy importante. Generalmente en los planos debe estar indicado el recubrimiento requerido, si no lo indican, deben respetarse los siguientes recubrimientos mínimos:

a) Para un concreto colado contra el terreno y expuesto permanentemente a él (tal como el caso de las zapatas y estructuras principales). 7.5 cm

b) Para un concreto expuesto al terreno o al intemperismo después de retirar la cimbra (como en cimentaciones o en muros de sótano). Vars. #6 al # 18 5 cm
Vars. #5 o menores 4 cm

c) Para el concreto no expuesto al intemperismo ni al con

tacto con el suelo (tales como muros interiores de concreto).
Vars. # 14 y # 18 4 cm
Vars. # 11 y menores 2 cm

Se requiere algún dispositivo o método para mantener el refuerzo vertical y horizontal en su posición correcta. Los separadores laterales en el molde mantienen la distancia deseada entre el molde vertical y las varillas. Se han empleado con éxito espaciadores hechos en fábrica como hechos en obra, incluyendo bloques de concreto y madera, formas de plástico, y también los mismos soportes metálicos que se usan para el refuerzo horizontal.

Los espaciadores laterales de plástico que se cierran sobre las varillas de refuerzo son anticorrosivos y vienen disponibles en tonos grises o blanco aproximándose al color del concreto (fig. IV. 7).

Otro método consiste en cortar tiras largas de madera de 5 cm. para las dimensiones requeridas para el recubrimiento e insertarlas a intervalos entre el molde del muro y el emparillado de acero antes que el concreto sea colado. Las tiras se van levantando a medida que el concreto se va colando. Debe tenerse cuidado de verificar que se retiren completamente antes de acabar de llenar la cimbra.

Las crucetas cuffas son piezas de la cimbra de la losa de

entrepiso, en forma de cruz, que permanecen en el centro del claro de la losa con el fin de que no haya movimiento en la losa en el momento en que se descimbra, cuando las demás piezas del molde se han retirado, las crucetas cuñas se dejarán apuntaladas durante más tiempo hasta que la losa tenga la resistencia requerida para su funcionamiento. Se tiende a evitar el uso de las crucetas con el fin de simplificar el trabajo y ahorrar el gasto extra que representa el uso de estas piezas. Esto se puede lograr usando los paneles del techo iguales o sea rectángulos de iguales dimensiones, así se simplifica el trabajo, el uso de las crucetas obliga a que haya piezas de diferentes formas y tamaños, En el caso de usar piezas iguales rectangulares solo se tienen que ajustar las medidas del proyecto con piezas más pequeñas, en este caso al descimbrar y antes de quitar el puntal telescópico, se coloca otro puntal cerca en un lugar donde ya se haya quitado una pieza de la cimbra, y ya apuntalada la losa directamente con los puntales, se puede quitar el resto de la cimbra y los demás puntales sin que se provoque algún movimiento en la losa.

Antes de cada colado se le aplicará diesel a la superficie de contacto de la cimbra para evitar la adherencia entre ésta y el concreto y facilitar el descimbrado, así también se prolongará el buen estado del molde. También a los separadores se les aplicará diesel en la parte que estará en contacto con el concreto pues éstos, por cuestión económica deben ser recuperables.

Se debe evitar el uso del vibrador y de martillos para evitar golpes en la cimbra metálica, y en su lugar se usarán mazos de nylon y golpeando la cimbra con éstos se logrará acomodar el concreto (que debe ser muy fluido) sin provocar deformaciones en los paneles.

Se debe usar un concreto con acelerantes para lograr un fraguado rápido, esto es con el fin de que se pueda lograr un vaciado diario del molde y al día siguiente descimbrar y paralelamente cimbrar la siguiente vivienda. En cuanto al número de obreros necesarios para la realización de proyectos con este sistema, se calculará tomando en cuenta que dos ensambladores en una hora arman un promedio de 4 m^2 de cimbra (superficie de contacto) con todos los accesorios necesarios.

Recomendaciones para el colado. El procedimiento de construcción a base de cimbras metálicas requerirá para su más eficiente aplicación el empleo de concreto premezclado surtido desde una planta de fabricación con el auxilio de ollas revolveras.

Al recibirse las ollas el ingeniero residente deberá tener especial cuidado en verificar la calidad del concreto para cerciorarse de que éste se apeque a las características especificadas en el proyecto.

La prueba más común que se aplica, por su facilidad de --

ejecución, es la del revenimiento. Esta prueba nos mide la manejabilidad del concreto y es un índice de la resistencia del mismo.

Si el concreto no presenta la manejabilidad adecuada pueden presentarse problemas en el momento del colado.

Si el revenimiento fuera demasiado bajo, la potencia de la bomba podría resultar insuficiente para impulsar el concreto ya que este material obtura la tubería, especialmente cuando no se ha tenido la precaución de lubricar ésta previamente. También en este caso existe el riesgo de que el concreto no penetre en todos los espacios en el interior de la cimbra, dejando cavernas, huecos, acero de refuerzo al descubierto o un acabado apanalado.

Por otra parte si el concreto tiene un revenimiento demasiado alto puede ocurrir la segregación de los materiales y producirse concentraciones de agregados en la parte inferior los que al carecer de lechada tendrán poca resistencia y un aspecto de garapiñado. Además si los materiales se segregan, en las zonas en donde se concentren los finos se producirán grandes agrietamientos al fraguar el concreto.

El ingeniero residente deberá tener también especial cuidado en vigilar la hora de arribo de las ollas de concreto. Si éstas llegan con retraso o el colado se retrasa por alguna

otra razón, el concreto dentro de la olla podría empezar a fraguar antes de tiempo lo que impediría realizar un buen colado y por lo tanto evitaría alcanzar la resistencia de proyecto.

Recomendaciones de armado. En los ejemplos desarrollados en esta tesis el armado de los muros se ha diseñado empleando varillas de refuerzo. En la práctica, para acelerar la construcción estas varillas se arman fuera de la cimbra para formar parrillas completas que se manejan como una sola unidad una vez terminadas y se colocan en su posición final frente a una de las caras del molde, posteriormente se tapa con la otra cara para poder proceder al colado.

Otra práctica usual para armar los muros es el empleo de mallas de refuerzo electrosoldado. Estas mallas facilitan grandemente la construcción. Sin embargo, solo podrán usarse en aquellos casos en que el diseño requiera pequeñas cuantías de refuerzo.

Tanto en el caso de mallas como en el de parrillas de varillas comunes deberá tenerse cuidado en los traslapes especialmente en las esquinas. Los traslapes deben ser de la longitud de desarrollo requerida en función del diámetro del refuerzo, de la calidad del concreto y del tipo de sollicitación. Si el traslape fuera insuficiente las contracciones del con-

creto por fraguado y por cambio de temperatura podrían ocasionar grandes agrietamientos.

Cálculo de la cimbra metálica.

El diseño de la cimbra metálica del sistema de construcción propuesto en esta tesis debe basarse en los siguientes criterios:

a) Criterio de resistencia. Los diversos elementos debenser capaces de resistir los efectos de las cargas aplicadas.

b) Criterio de deformación. La cimbra no debe tener deformaciones excesivas, para que el aspecto final de los diversos elementos sea satisfactorio.

c) Criterio constructivo. Los detalles de diseño de la cimbra deben racionalizarse a fin de que la erección y el ensamblado de los distintos elementos resulten operaciones sencillas, rápidas, precisas y seguras. A continuación se detalla el cálculo de los diversos elementos de la cimbra metálica.

Se usará el método propuesto por el IMCYC (Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto). Se usarán las gráficas de presión del concreto basadas en la fórmula incluida en el Informe CIRIA (Construction Industry Research and Information Association, de Londres) "Presiones del concreto sobre la cimbra".

Cálculo de la Cimbra.

Datos:

Muro de 10 cm de espesor y 2.70 m de altura

Velocidad de colado = 1.5 m/h

Temperatura de concreto = 20°C

Revenimiento = 7.5 cm

Presión hidrostática = $2.70 \times 24 = 60 \text{ KN/m}^2$

Efecto de arco

Con una velocidad de colocación de 1M/h y línea $d = 10 \text{ cm}$ se obtiene una presión de 28 KN/m^2

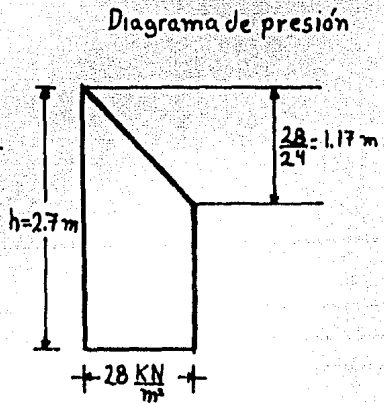
Endurecimiento

Con una velocidad de colocación de 1M/h y línea de 20°C con $S = 7.5 \text{ cm}$ (Revenimiento) se obtiene una presión de 28.5 KN/m^2 .

Por lo tanto:

Presión máxima = 28 KN/m^2

Diagrama $\left\{ \begin{array}{l} h = 0 \quad P = 0 \text{ KN/m}^2 \\ h = 1.17 \quad P = 28 \text{ KN/m}^2 \\ P = 28 \text{ KN para} \\ h = 1.13 \text{ m en adelante.} \end{array} \right.$



Cálculo de la Cimbra.

Datos:

Muro de 10 cm de espesor y 2.70 m de altura

Velocidad de colado = 1.5 m/h

Temperatura de concreto = 20°C

Revenimiento = 7.5 cm

Presión hidrostática = $2.70 \times 24 = 60 \text{ KN/m}^2$

Efecto de arco

Con una velocidad de colocación de 1M/h y línea d = 10 cm se obtiene una presión de 28 KN/m²

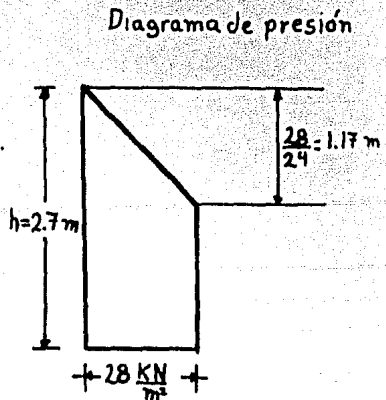
Endurecimiento

Con una velocidad de colocación de 1M/h y línea de 20°C con S = 7.5 cm (Revenimiento) se obtiene una presión de 28.5 KN/m².

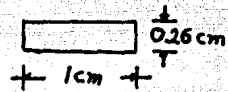
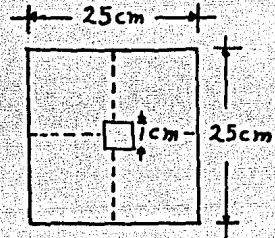
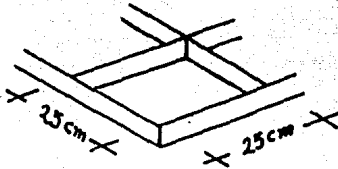
Por lo tanto:

Presión máxima = 28 KN/m²

Diagrama $\left\{ \begin{array}{l} h = 0 \quad P = 0 \text{ KN/m}^2 \\ h = 1.17 \quad P = 28 \text{ KN/m}^2 \\ P = 28 \text{ KN para} \\ h = 1.13 \text{ m en adelante.} \end{array} \right.$



Cálculo de la cimbra.



$$2800 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} = 0.28 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

En cada dirección $p = 0.14 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$

$$M = 0.14 \times \frac{25^2}{10} = 8.44 \text{ Kg } \frac{\text{cm}}{\text{cm}}$$

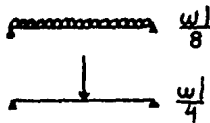
$$I = \frac{bh^3}{12} \quad V = \frac{M}{I} y = \frac{M}{\frac{bh^3}{12}} \frac{h}{2}$$

$$V = \frac{6M}{bh^2} = \frac{6 \times 8.44}{1 \times (0.26)^2} = 749 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$V_{perm} = 2500 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \times 0.55 = 1375 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \quad 749 < 1375$$

Nervaduras.

$$w = 0.25 \times \frac{0.25}{2} \times \frac{1}{2} \times 2 \times 2800 = 87.5 \text{ Kg}$$



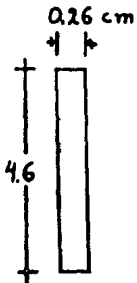
$$M = \frac{\frac{w}{8} + \frac{w}{4}}{2} = \frac{w}{6} = \frac{87.5 \times 25}{6} = 365 \text{ Kg-cm}$$

$$V = \frac{6M}{bh^2} = \frac{6 \times 365}{(0.26)(4.6)^2} = 398 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} < 1375 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

Por cortante

$$V = \frac{w}{2} = \frac{87.5}{2} = 44 \text{ Kg}$$

$$\frac{44}{4.6 \times 0.26} = 36.8 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} < 700 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$



Cálculo de la cimbra

Separadores.

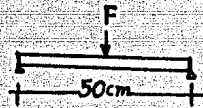
$$\text{Area Tributaria} = 0.50 \times 0.50 = 0.25 \text{ m}^2$$

$$P = 0.25 \text{ m}^2 \times 2800 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} = 700 \text{ Kg}$$

$$\phi = \frac{5}{8}'' = 1.98 \text{ cm}^2$$

$$v = \frac{P}{A} = \frac{700}{1.98} = 354 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} < 1400 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

Conectores @ 25 cm



$$F = 0.50 \times 0.25 \times 2800 = 350 \text{ Kg}$$

$$\phi \frac{5}{8}'' = 1.98 \text{ cm}^2$$

$$v = \frac{350}{1.98} = 177 < 700 \text{ Kg}$$

V.- DESARROLLO DE PROYECTOS DE VIVIENDAS TÍPICAS, EMPLEANDO EL SISTEMA. ANALISIS, DISEÑO Y PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION.

INTRODUCCION. En este capítulo se desarrollan los cálculos que justifican el dimensionamiento de un módulo de cuatro viviendas típicas construidas con el sistema de cimbra metálica.

El módulo que presentaremos es el mismo al que se hizo referencia en el capítulo II y los planos arquitectónicos correspondientes son los que se presentan en el punto II.1.

Como ya se describió anteriormente la estructura del módulo está formada por losas macizas de concreto reforzado que se apoyan sobre muros de carga del mismo material. Estos muros a su vez tienen resistencia suficiente para resistir los cortantes inducidos por el sismo. La cimentación es una losa corrida monolítica con los muros que desempeña también la función de piso.

Los materiales con que se construirá el módulo son de concreto de $f'c=200 \text{ kg/cm}^2$ en losas y $f'c=150 \text{ kg/cm}^2$ en muros; el acero de refuerzo será corrugado redondo, con límite de fluencia superior a 4200 kg/cm^2 .

El módulo se considerará apoyado en un manto arcilloso con capacidad de trabajo a compresión de 5 Ton/m^2 .

Como los módulos se construirán en la zona metropolitana de la Ciudad de México para el cálculo de los mismos aplicaremos el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal - - (1976).

Por tratarse de una estructura muy simple se analizará únicamente el efecto de dos tipos de cargas: las cargas gravitacionales y las cargas horizontales eventuales.

Dentro de las cargas gravitacionales consideraremos la carga muerta y la carga viva. La carga muerta se determinará a partir de los pesos volumétricos de los materiales:

Concreto reforzado	2400 kg/m ³
Aplanado de yeso	1500 kg/m ³
Granito de terrazo	65 kg/m ³

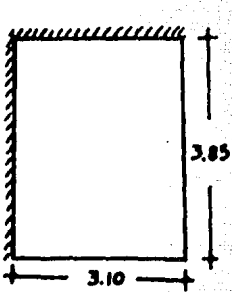
Para las cargas vivas se tomarán los siguientes valores del reglamento:

Carga vertical	$120 + 420A^{-1/2}$ Kg/m ²
Carga sísmica	90 kg/m ²
Carga por asentamiento diferenciales	70 kg/m ²

ANÁLISIS POR CARGAS VERTICALES. Los tableros de losa se calculan directamente aplicando el método 3 recomendado por el ACI.

A continuación se presenta un ejemplo del cálculo de un -

tablero.



$$\frac{3.10}{3.85} = 0.80$$

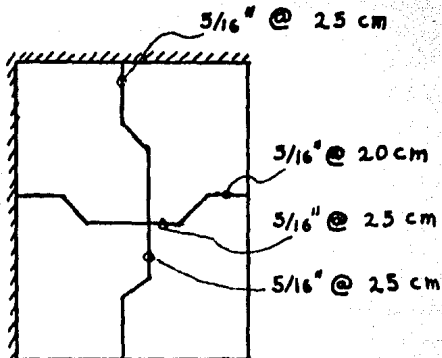
$$Ma+ = 0.048 \times 550 \times 3.10^2 = 253.70 \text{ Kg-m}$$

$$Mb+ = 0.020 \times 550 \times 3.85^2 = 163.05 \text{ Kg-m}$$

$$Ma- = 0.071 \times 550 \times 3.10^2 = 375.27 \text{ Kg-m}$$

$$Mb- = 0.029 \times 550 \times 3.85^2 = 236.42 \text{ Kg-m}$$

			Teórico	Práctico
Asa+	$= \frac{25370}{2000 \times 0.90 \times 7.5} = 1.88 \text{ cm}^2$		5/16" @ 26 cm	≈ @ 25 cm
Asb+	$= \frac{16305}{2000 \times 0.90 \times 7.5} = 1.20 \text{ cm}^2$		5/16" @ 42 cm	≈ @ 25 cm
Asa-	$= \frac{37527}{2000 \times 0.90 \times 7.5} = 2.78 \text{ cm}^2$		5/16" @ 18 cm	≈ @ 20 cm
Asb-	$= \frac{23642}{2000 \times 0.90 \times 7.5} = 1.75 \text{ cm}^2$		5/16" @ 28 cm	≈ @ 25 cm



ANALISIS POR CARGAS HORIZONTALES. Como única carga horizontal consideraremos la acción del sismo. Según reglamento, para un edificio en la zona metropolitana (Zona B) sobre terreno blando (Tipo III) y no importante el coeficiente sísmico vale $C = 0.24$.

ANALISIS ESTÁTICO. En los dos proyectos de esta tesis se usará este método de cálculo ya que se trata de construcciones a base de muros de carga. En este método se propone una distribución de fuerzas laterales tal que su efecto en cada piso es aproximadamente equivalente a los efectos dinámicos de un sismo.

Las fuerzas equivalentes consideradas en este análisis no tienen relación directa con el comportamiento de la estructura ante un sismo. El objetivo es obtener una estructura con determinada resistencia lateral, capaz de resistir un movimiento sísmico sin sufrir daños estructurales importantes. Es un diseño conservador para edificios regulares sin cambios bruscos en la distribución de masas, rigideces etc. Se obtiene una distribución adecuada de cortantes en el caso de estructuras en las que la contribución del modo fundamental de vibración representa un porcentaje elevado de la respuesta máxima en todos los pisos.

En este análisis, para calcular las fuerzas cortantes de diseño a diferentes niveles de un edificio se supondrá un con

junto de fuerzas horizontales que actúan en los puntos en los que se suponen concentradas las masas de la estructura. Cada una de las fuerzas se obtiene con el producto del peso de la masa correspondiente, por un coeficiente que varía linealmente desde un valor nulo en la base o nivel a partir del cual las deformaciones de la estructura pueden ser apreciables, -- hasta un máximo en el extremo superior, de tal modo que la relación V/W en la base sea igual a C/Q pero no menor que "ao".

Análisis por torsión. La torsión se genera por la distribución asimétrica de las cargas y de las rigideces de los diferentes elementos resistentes de la estructura.

Se denomina "centro de masas" a la ubicación en una planta del centro de gravedad de las cargas que en ella actúan y "centro de rigidez" al punto en el que tiene que actuar la -- carga para producir únicamente desplazamientos entre dos entrepisos consecutivos.

En general en un nivel cualquiera, no coincidirá la resultante de las fuerzas producidas por el sismo con la resultante de las fuerzas resistentes del entrepiso. La fuerza sísmica actúa en el centro de gravedad de las masas de cada piso -- mientras que la fuerza resistente pasa por el centro de torsión o centroide de rigidez de los elementos resistentes en -- el sentido del mismo. Esto produce un par de torsión de mag-

nitudo igual al producto de la fuerza cortante por su distancia al centro de torsión o punto en el que debe pasar la fuerza sísmica con objeto de que el movimiento relativo entre dos niveles, sea de traslación exclusivamente. En estructuras comunes formadas por muros ortogonales el efecto torsionante se toma en cuenta estáticamente como sigue:

- Se determina para cada entrepiso el centro de gravedad de las cargas verticales en que se supone aplicada la fuerza horizontal.
- Por estática se define en cada entrepiso la línea de acción del cortante en las direcciones ortogonales paralelas a los elementos resistentes.
- Se determina la posición del centro de torsión para cada entrepiso.

$$X_{ct} = \frac{\sum R_i y_i}{\sum R_i}$$

$$Y_{ct} = \frac{\sum R_i x_i}{\sum R_i}$$

R_{iy} = Rigidez de cada elemento resistente del entrepiso, orientados según el eje y.

R_{ix} = Rigidez de cada elemento resistente del entrepiso, orientados según el eje x.

La excentricidad de diseño que especifica el reglamento - se define como:

$$(e \text{ diseño})_1 = 1.5 e \text{ calculada} + 0.1L$$

$$(e \text{ diseño})_2 = e \text{ calculada} - 0.1L$$

L = máxima dimensión del piso medida en la dirección normal a la fuerza por sismo.

- La fuerza cortante que debe ser resistida por cada elemento es igual a la suma de dos efectos: El del cortante directo actuando en el centro de torsión y el del momento torsionante.

Para el sismo en la dirección x:

$$V_{jx} = \frac{V}{\sum R_{jx}} R_{jx} \quad (\text{Cortante directo})$$

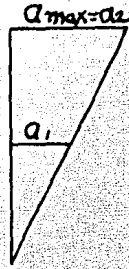
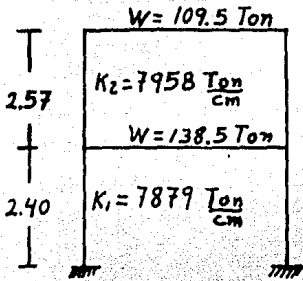
Por efecto de torsión:

$$V_{jx} = \frac{M_T}{\sum R_{jx} Y_j^2 t + \sum R_{jy} X_j^2 t} R_{jx} Y_j t$$

$$V_{jy} = \frac{M_T}{\sum R_{jx} Y_j^2 t + \sum R_{jy} X_j^2 t} R_{jy} X_j t$$

Para cada elemento se tomarán 100% del efecto del sismo - en una dirección + 30% del efecto en la otra dirección o viceversa. Rige el mayor.

Análisis sísmico estático.



$$Q = 2$$

Zona B

Terreno tipo III

$$a_0 = 0.06$$

Coefficiente sísmico basal

$$c' = \frac{c}{Q} = \frac{0.24}{2} = 0.12 > 0.06$$

$$W_2 h_2 = 109.5 \text{ Ton} \times 4.97 = 544.22$$

$$W_1 h_1 = 138.5 \text{ Ton} \times 2.40 = 332.40$$

$$\Sigma w_i = 248.00$$

$$\Sigma w_i h_i = 876.62$$

Cortante en la base

$$0.12 \times \Sigma w_i = 0.12 \times 248 = 29.78 \text{ Ton}$$

$$a_{\max} = a_2 = 0.12 \times 4.97 \times \frac{248}{876.62} = 0.1687$$

$$a_1 = \frac{0.1687}{4.79} \times 2.40 = 0.08$$

$$F_2 = 0.1687 (109.50) = 18.47 \text{ Ton}$$

$$V_2 = 18.47 \text{ Ton}$$

$$F_1 = 0.08 (138.50) = 11.08 \text{ Ton}$$

$$V_1 = 29.55 \text{ Ton}$$

$$\Delta = \left(\frac{V}{K}\right) a$$

$$\Delta_2 = \frac{18.47 \text{ Ton}}{7958 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}}} = 0.0046 \text{ cm}$$

$$\Delta_1 = \frac{29.55 \text{ Ton}}{7879 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}}} = 0.0075 \text{ cm}$$

$$y_s = 0.0121 \text{ cm}$$

Cálculo de Rigideces

$$K = G e L \quad G = 0.45 E$$

$$K = \frac{0.45 E e L}{h} \quad E = 1000 \sqrt{f'c} \quad f'c = 150 \text{ Kg/cm}^2$$

Azotea

Entrepiso

$$K_1 = K_7 = \frac{55114 (10) 975}{257} = 2090.88 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}}$$

$$K_1 = K_7 = \frac{55114 (10) 1132}{240} = 2599.52 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}}$$

$$K_2 = K_6 = \frac{55114 (10) 123}{257} = 263.77 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}}$$

$$K_2 = K_6 = \frac{55114 (10) 123}{240} = 282.46 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}}$$

$$K_3 = K_5 = \frac{55114 (10) 885}{257} = 1897.88 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}}$$

$$K_3 = K_5 = \frac{55114 (10) 885}{240} = 2032.31 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}}$$

$$K_4 = \frac{55114 (10) 783}{257} = 1679.14 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}}$$

$$K_4 = \frac{55114 (10) 923}{240} = 2119.57 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}}$$

$$K_A = \frac{55114 (10) 640}{257} = 1372.48 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}}$$

$$K_A = \frac{55114 (10) 640}{240} = 1469.69 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}}$$

$$K_B = \frac{55114 (10) 356}{257} = 763.44 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}}$$

$$K_B = \frac{55114 (10) 356}{240} = 817.52 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}}$$

$$K_C = \frac{55114 (10) 460}{257} = 986.47 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}}$$

$$K_C = \frac{55114 (10) 460}{240} = 1056.34 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}}$$

$$K_D = \frac{55114 (15) 480}{257} = 1544.04 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}}$$

$$K_D = \frac{55114 (15) 480}{240} = 1653.41 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}}$$

$$K_E = \frac{55114 (10) 640}{257} = 1372.48 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}}$$

$$K_E = \frac{55114 (10) 640}{240} = 1469.69 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}}$$

$$K_{E'} = \frac{55114 (10) 180}{257} = 386.00 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}}$$

$$K_F = \frac{55114 (0) 155}{240} = 355.94 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}}$$

$$K_{F'} = \frac{55114 (10) 255}{257} = 546.85 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}}$$

$$K_G = \frac{55114 (10) 460}{240} = 1056.34 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}}$$

$$K_G = \frac{55114 (10) 460}{257} = 986.47 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}}$$

$$K_{J'} = K_{J'} = \frac{55114 (10) 65}{240} = 149.27 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}}$$

$$\Sigma K_x = 7958.23 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}}$$

$$\Sigma K_x = 7878.94 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}}$$

$$\Sigma K_y = 10184.06 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}}$$

$$\Sigma K_y = 12246.69 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}}$$

Azotea

Centro de masas:

$$x = \frac{13.95}{2} = 6.975$$

$$y = \frac{12.50}{2} = 6.25$$

Centro de torsión:

	K_x	y	$K_x y$		K_y	x	$K_y x$
A	1372.48	12.50	17156.00	1	2090.88	0	0
B	763.44	10.80	8245.15	2	263.77	1.30	342.90
C	986.47	8.10	7990.40	3	1897.88	3.15	5978.32
D	1544.04	6.75	10442.27	4	1679.14	6.975	11712.00
E	1372.48	3.90	5352.67	5	1897.88	10.80	20497.10
E'	386.00	3.02	1165.72	6	263.77	12.65	3336.69
F'	546.85	1.62	885.90	7	2090.88	13.95	29167.78
G	986.47	0	0				
	<u>7958.23</u>		<u>51238.11</u>		<u>10184.06</u>		<u>71034.79</u>

$$y_t = \frac{51238.11}{7958.23} = 6.44$$

$$x_t = \frac{71034.79}{10184.06} = 6.975$$

$$e_{sy} = 6.25 - 6.44 = -0.17$$

$$e_{sx} = 6.975 - 6.975 = 0$$

$$e_{1y} = 1.5e_s + 0.1b = 1.5(0.17) + 1.25 = 1.505$$

$$e_{1x} = 1.5e_s + 0.1b = 1.40$$

$$e_{2y} = e_s - 0.1b = 0.17 - 1.25 = -1.08$$

$$e_{2x} = e_s - 0.1b = -1.40$$

K_x	\bar{y}	$K_x \bar{y}$	$K_x \bar{y}^2$	K_y	\bar{x}	$K_y \bar{x}$	$K_y \bar{x}^2$
1372.48	6.01	8248.60	49574.11	2090.88	-6.975	-14583.89	101722.61
763.44	4.36	3328.60	14512.69	263.77	-5.675	-1496.89	8494.88
986.47	1.66	1637.54	2718.32	1897.88	-3.825	-7259.39	27767.17
1544.04	0.31	438.65	148.38	1679.14	0	0	0
1372.48	-2.54	-3486.10	8854.69	1897.88	3.825	7.259.39	27767.17
386.00	-3.42	-1320.12	4514.81	263.77	5.675	1496.89	8494.88
546.85	-4.82	-2635.82	12704.64	2090.88	6.975	14583.89	101722.61
986.47	-6.43	-6343.00	40785.50				<u>275969.32</u>
			<u>133813.14</u>				

$$J = \sum K_x \bar{y}^2 + \sum K_y \bar{x}^2 = 133813.14 + 275969.32$$

$$J = 409782.46$$

Análisis en dirección x

$$M_{T_1} = V_x e_{1y} = 18.47 \times (1.505) = 27.80$$

$$M_{T_2} = V_x e_{2y} = 18.47 \times (-1.08) = -19.95$$

$$\frac{M_{T_1}}{J} K_x \bar{y}$$

$$\frac{27.80}{409783} (8249) = 0.56$$

" (3329) = 0.23

" (1638) = 0.11

" (479) = 0.03

" (-3486) = -0.24

" (-1320) = -0.09

" (-2636) = -0.18

" (-6343) = -0.43

$$\frac{M_{T_2}}{J} K_x \bar{y}$$

$$\frac{-19.95}{409783} (8249) = -0.40$$

" (3329) = -0.16

" (1638) = -0.08

" (479) = -0.02

" (-3486) = 0.17

" (-1320) = 0.06

" (-2636) = 0.13

" (-6343) = 0.31

$$\frac{M_{T_1}}{J} K_y \bar{x}$$

$$\frac{27.80}{409783} (-14584) = -0.99$$

" (-1497) = -0.10

" (-7259) = -0.49

" (0) = 0

" (7259) = 0.49

" (1497) = 0.10

" (14584) = 0.99

$$\frac{M_{T_2}}{J} K_y \bar{x}$$

$$\frac{-19.95}{409783} (-14584) = 0.71$$

" (-1497) = 0.07

" (-7259) = 0.35

" (0) = 0

" (7259) = -0.35

" (1497) = -0.07

" (14584) = -0.71

$$\frac{V}{\Sigma K_x} K_x$$

$$\frac{18.47}{79.58} (1373) = 3.19 \text{ Ton}$$

" (763) = 1.77 Ton

" (987) = 2.29 Ton

" (1544) = 3.58 Ton

" (1373) = 3.19 Ton

" (386) = 0.90 Ton

" (546) = 1.27 Ton

" (987) = 2.29 Ton

$$\frac{V}{\Sigma K_y} K_y$$

$$\frac{18.47}{10184} (2091) = 3.79 \text{ Ton}$$

" (264) = 0.48 Ton

" (1898) = 3.44 Ton

" (1679) = 3.05 Ton

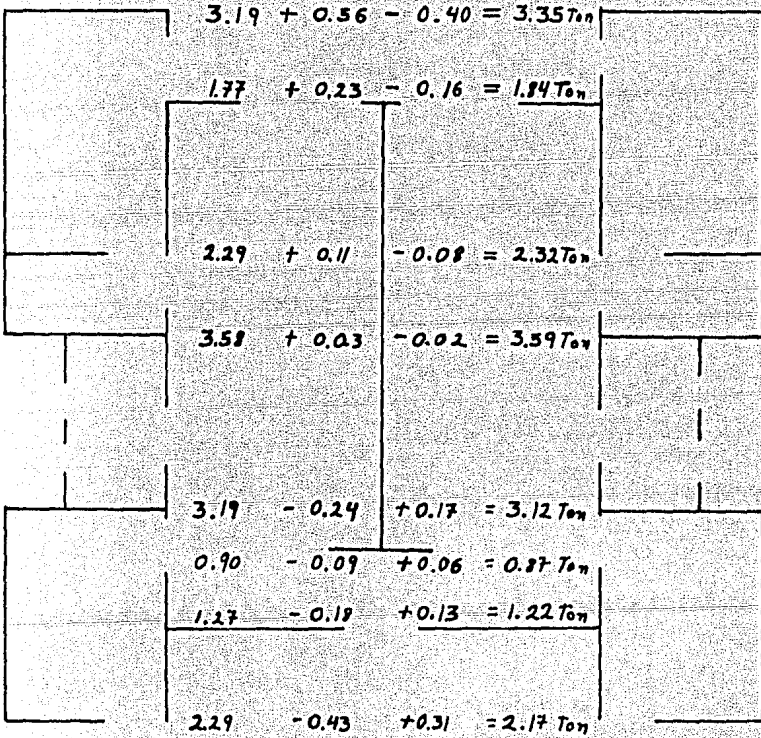
" (1898) = 3.44 Ton

" (264) = 0.48 Ton

" (2091) = 3.79 Ton

Dirección x

$$\frac{V_i}{\Sigma K_x} K_{ix} + \frac{M_{Ti}}{J} K_{ix} + \frac{M_{Tz}}{J} K_{ixy}$$



$$\frac{M_{Ti}}{J} K_{ix} + \frac{M_{Tz}}{J} K_{ixy}$$

$$-0.99 + 0.71$$

$$-0.10 + 0.07$$

$$-0.49 + 0.35$$

$$0 + 0$$

$$0.47 - 0.35$$

$$0.10 - 0.07$$

$$0.99 - 0.71$$

Análisis en dirección y

$$M_{T_1} = V \times e_{1x} = 18.47 \times (1.40) = 25.86 \text{ Ton}$$

$$M_{T_2} = V \times e_{2x} = 18.47 \times (-1.40) = -25.86 \text{ Ton}$$

$$\frac{M_{T_1}}{J} \text{ Kx}\bar{y}$$

$$\frac{25.86}{409783} (8249) = 0.52$$

$$" (3329) = 0.21$$

$$" (1638) = 0.10$$

$$" (479) = 0.03$$

$$" (-3486) = 0.22$$

$$" (-1320) = -0.08$$

$$" (-2636) = -0.17$$

$$" (-6343) = -0.40$$

$$\frac{M_{T_2}}{J} \text{ Kx}\bar{y}$$

$$\frac{-25.86}{409783} (8249) = -0.52$$

$$" (3329) = -0.21$$

$$" (1638) = -0.10$$

$$" (479) = -0.03$$

$$" (-3486) = 0.22$$

$$" (-1320) = 0.08$$

$$" (-2636) = 0.17$$

$$" (-6343) = 0.40$$

$$\frac{M_{T_1}}{J} \text{ Ky}\bar{x}$$

$$\frac{25.86}{409783} (-14584) = -0.92$$

$$" (-1497) = -0.09$$

$$" (-7259) = -0.46$$

$$" 0 = 0$$

$$" (7259) = 0.46$$

$$" (1497) = 0.09$$

$$" (14584) = 0.92$$

$$\frac{M_{T_2}}{J} \text{ Ky}\bar{x}$$

$$\frac{-25.86}{409783} (-14584) = 0.92$$

$$" (-1497) = 0.09$$

$$" (-7259) = 0.46$$

$$" (0) = 0$$

$$" (7259) = -0.46$$

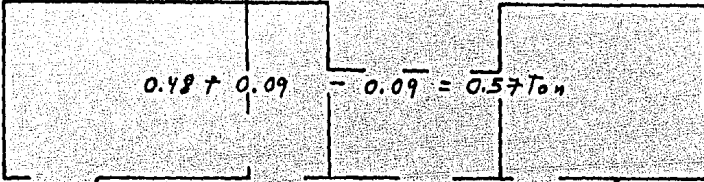
$$" (1497) = -0.09$$

$$" (14584) = -0.92$$

Dirección y

$$\frac{V}{E K_B} K_y + \frac{M_{T1}}{J} K_{y\bar{x}} + \frac{M_{T2}}{J} K_{y\bar{x}}$$

$$3.79 + 0.92 - 0.92 = 4.71 \text{ Ton}$$

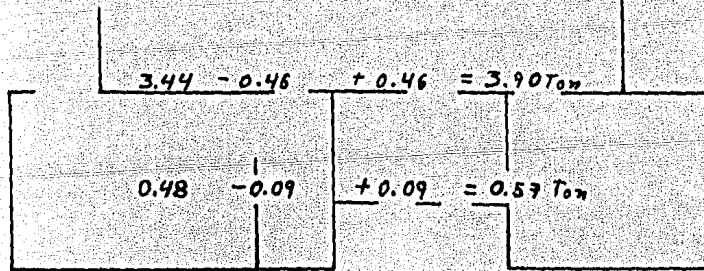


$$0.48 + 0.09 - 0.09 = 0.57 \text{ Ton}$$

$$3.44 + 0.46 - 0.46 = 3.90 \text{ Ton}$$



$$3.05 + 0 + 0 = 3.05 \text{ Ton}$$



$$3.44 - 0.46 + 0.46 = 3.90 \text{ Ton}$$

$$0.48 - 0.09 + 0.09 = 0.57 \text{ Ton}$$

$$3.79 - 0.92 + 0.92 = 4.71 \text{ Ton}$$

$$\frac{M_{T1}}{J} K_{y\bar{x}} + \frac{M_{T2}}{J} K_{x\bar{y}}$$

$$0.52 - 0.52$$

$$0.21 - 0.21$$

$$0.10 - 0.10$$

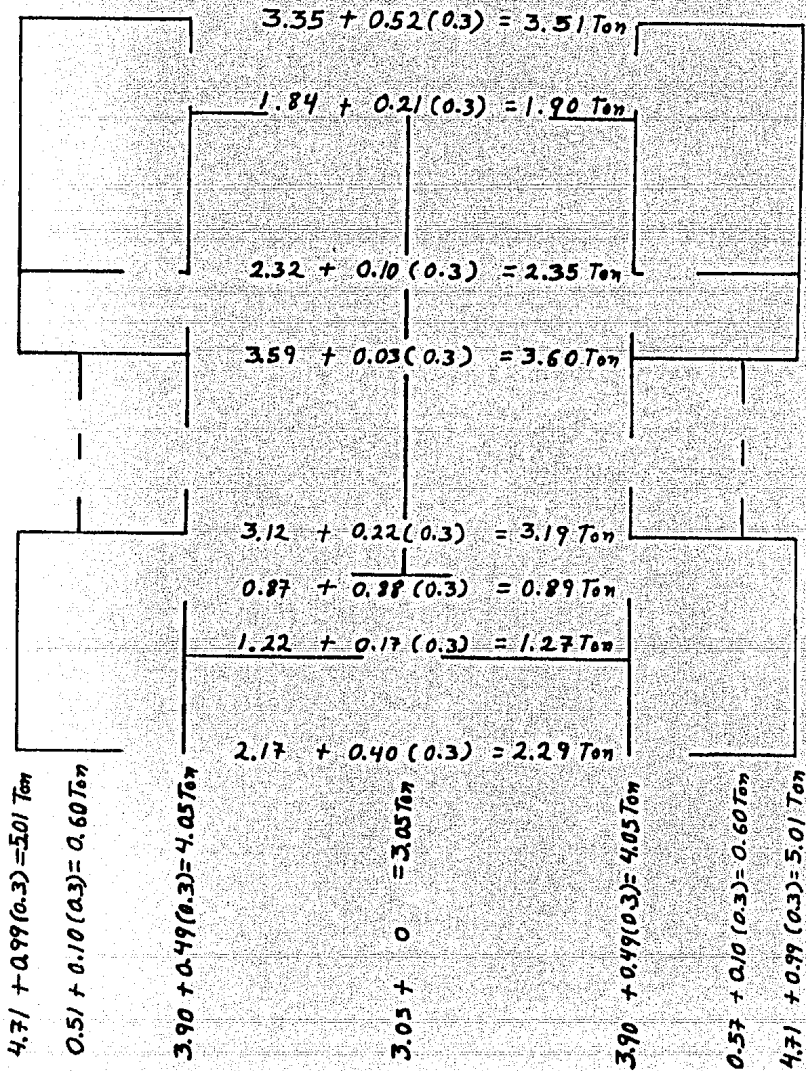
$$0.03 - 0.03$$

$$0.22 + 0.12 - 0.08 + 0.08$$

$$-0.17 + 0.17$$

$$-0.40 + 0.40$$

Cortantes finales (azotea)



Entrepiso

Centro de masas:

$$x = \frac{13.95}{2} = 6.975$$

$$y = \frac{12.50}{2} = 6.25$$

Centro de torsión:

	Kx	y	Kxy		Ky	x	Kyx
A	1469.69	12.50	18371.13	1	2599.52	0	0
B	818.52	10.80	8840.02	2	282.46	1.30	367.20
C	1056.34	8.10	8556.35	3	2032.31	3.15	6401.78
D	1653.41	6.75	11160.52	3'	149.27	4.25	634.40
E	1469.69	3.90	5731.79	4	2119.57	6.975	14784.00
F	355.94	3.00	1067.82	4'	149.27	9.70	1447.92
G	1056.34	0	0	5	2032.31	10.80	21948.95
	<u>7878.94</u>		<u>53727.63</u>	6	282.46	12.65	3573.12
				7	<u>2599.52</u>	13.95	<u>36263.30</u>
					<u>12246.69</u>		<u>85420.67</u>

$$y_t = \frac{53727.63}{7878.94} = 6.82$$

$$x_t = \frac{85420.67}{12246.69} = 6.975$$

$$e_{sy} = 6.25 - 6.82 = -0.57$$

$$e_{sx} = 6.975 - 6.975 = 0$$

$$e_{1y} = 1.5e_s + 0.1b = 1.5(0.57) + 1.25 = 2.10$$

$$e_{1x} = 1.5e_s + 0.1b = 1.40$$

$$e_{2y} = e_s + 0.1b = 0.57 - 1.25 = -0.68$$

$$e_{2x} = e_s - 0.1b = -1.40$$

Kx	\bar{y}	$Kx\bar{y}$	$Kx\bar{y}^2$	Ky	\bar{x}	$Ky\bar{x}$	$Ky\bar{x}^2$
1469.69	5.68	8347.84	47415.73	2599.52	-6.975	-18131.65	126468.27
818.52	3.92	3208.60	12577.70	282.46	-5.675	-1602.96	9096.80
1056.34	1.28	1352.12	1730.71	2032.31	-3.825	-7773.59	29733.97
1653.41	-0.07	-115.74	8.10	149.27	-2.725	-406.76	1108.42
1469.69	-2.92	-4291.50	12531.16	2119.57	0	0	0
355.94	-3.82	-1359.69	5194.02	149.27	2.725	406.76	1108.42
1056.34	-6.82	-7204.24	<u>49132.91</u>	2032.31	3.825	7773.59	29733.97
			<u>128590.32</u>	282.46	5.675	1602.96	9096.80
				2599.52	6.975	18131.65	<u>126468.27</u>
							<u>332814.92</u>

$$J = 128590.32 + 332814.92 = 461405.24$$

Análisis en dirección x

$$M_{T_1} = V_x e_{1y} = 29.55 \times (2.10) = 62.06$$

$$M_{T_2} = V_x e_{2y} = 29.55 \times (-0.68) = -20.09$$

$$\frac{M_{T_1}}{J} K_{x\bar{y}}$$

$$\frac{62.06}{461405} (8347.84) = 1.12$$

$$" (3208.60) = 0.43$$

$$" (1352.12) = 0.18$$

$$" (-115.74) = -0.02$$

$$" (-4291.50) = -0.58$$

$$" (-1359.69) = -0.18$$

$$" (-7204.24) = -0.97$$

$$\frac{M_{T_2}}{J} K_{x\bar{y}}$$

$$\frac{-20.09}{461405} (8347.84) = -0.37$$

$$" (3208.60) = -0.14$$

$$" (1352.12) = -0.06$$

$$" (-115.74) = 0$$

$$" (-4291.50) = 0.19$$

$$" (-1359.69) = 0.06$$

$$" (-7204.24) = 0.31$$

$$\frac{M_{T_1}}{J} K_{y\bar{x}}$$

$$\frac{62.06}{461405} (-18131.65) = -2.44$$

$$" (-1602.96) = -0.22$$

$$" (-7773.59) = -1.05$$

$$" (-406.76) = -0.05$$

$$" (0) = 0$$

$$" (406.76) = 0.05$$

$$" (7773.59) = 1.05$$

$$" (1602.96) = 0.22$$

$$" (18131.65) = 2.44$$

$$\frac{M_{T_2}}{J} K_{y\bar{x}}$$

$$\frac{-20.09}{461405} (-18131.65) = 0.79$$

$$" (-1602.96) = 0.07$$

$$" (-7773.59) = 0.34$$

$$" (406.76) = 0.02$$

$$" (0) = 0$$

$$" (406.76) = -0.02$$

$$" (7773.59) = -0.34$$

$$" (1602.96) = -0.07$$

$$" (18131.65) = -0.79$$

$$\frac{V}{\Sigma K_x} K_x$$

$$\frac{29.55}{7878.94} (1469.69) = 5.51$$

$$" (818.52) = 3.07$$

$$" (1056.34) = 3.96$$

$$" (1653.41) = 6.20$$

$$" (1469.69) = 5.51$$

$$" (355.94) = 1.33$$

$$" (1056.34) = 3.96$$

$$\frac{V}{\Sigma K_y} K_y$$

$$\frac{29.55}{12246.69} (2599.52) = 6.27$$

$$" (282.46) = 0.68$$

$$" (2032.31) = 4.90$$

$$" (149.27) = 0.36$$

$$" (2119.57) = 5.11$$

$$" (149.27) = 0.36$$

$$" (2032.31) = 4.90$$

$$" (282.46) = 0.68$$

$$" (2599.52) = 6.27$$

Dirección x

$$\frac{V}{\Sigma K_x} K_x + \frac{M_{T1}}{J} K_{x\bar{y}} + \frac{M_{T2}}{J} K_{x\bar{y}}$$

$$5.51 + 1.12 - 0.37 = 6.63 \text{ Ton}$$

$$3.07 + 0.43 - 0.14 = 3.50 \text{ Ton}$$

$$3.96 + 0.18 - 0.06 = 4.14 \text{ Ton}$$

$$6.20 + 0.02 - 0 = 6.20 \text{ Ton}$$

$$5.51 - 0.58 + 0.19 = 5.70 \text{ Ton}$$

$$1.23 - 0.18 + 0.06 = 1.39 \text{ Ton}$$

$$3.96 - 0.97 + 0.31 = 4.27 \text{ Ton}$$

$$\frac{M_{T1}}{J} K_{y\bar{x}} + \frac{M_{T2}}{J} K_{y\bar{x}}$$

$$-2.44 + 0.79$$

$$-0.22 + 0.07$$

$$-1.05 + 0.34$$

$$-0.05 + 0.02$$

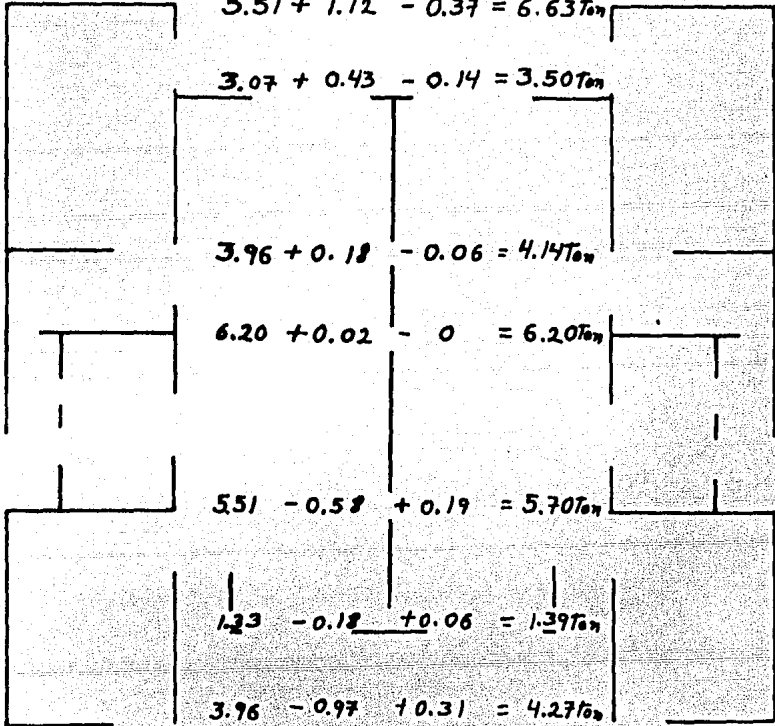
$$0 + 0$$

$$0.05 - 0.02$$

$$1.05 - 0.34$$

$$0.22 - 0.07$$

$$2.44 - 0.79$$



Análisis en dirección y

$$M_{T_1} = V \times e_{1x} = 29.55 \times (1.40) = 41.37$$

$$M_{T_2} = V \times e_{2y} = 29.55 \times (-1.40) = -41.37$$

$$\frac{M_{T_1}}{J} \text{ Kx}\bar{y}$$

$$\frac{41.37}{461405} (8348) = 0.75$$

$$" (3209) = 0.29$$

$$" (1352) = 0.12$$

$$" (-116) = -0.01$$

$$" (-4292) = -0.38$$

$$" (-1360) = -0.12$$

$$" (-7204) = -0.65$$

$$\frac{M_{T_2}}{J} \text{ Kx}\bar{y}$$

$$-\frac{41.37}{461405} (8348) = -0.75$$

$$" (3209) = -0.29$$

$$" (1352) = -0.12$$

$$" (-116) = 0.01$$

$$" (-4292) = 0.38$$

$$" (-1360) = 0.12$$

$$" (-7204) = 0.65$$

$$\frac{M_{T_1}}{J} \text{ Ky}\bar{x}$$

$$\frac{41.37}{461405} (-18132) = -1.63$$

$$" (-1603) = -0.14$$

$$" (-7774) = -0.70$$

$$" (-407) = -0.04$$

$$" (0) = 0$$

$$" (407) = 0.04$$

$$" (7774) = 0.70$$

$$" (1603) = 0.14$$

$$" (18132) = 1.63$$

$$\frac{M_{T_2}}{J} \text{ Ky}\bar{x}$$

$$-\frac{41.37}{461405} (-18132) = 1.63$$

$$" (-1603) = 0.14$$

$$" (-7774) = 0.70$$

$$" (-407) = 0.04$$

$$" (0) = 0$$

$$" (407) = -0.04$$

$$" (7774) = -0.70$$

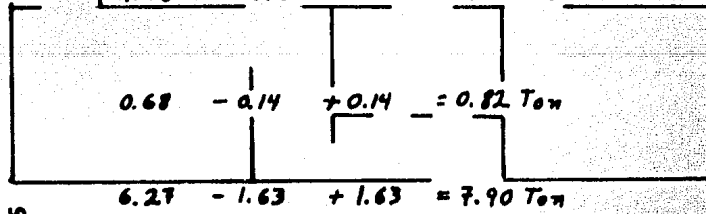
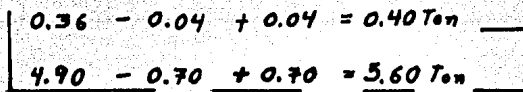
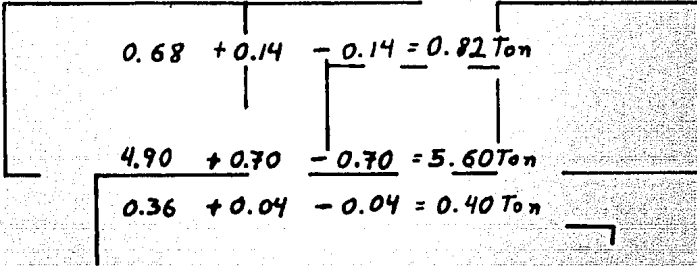
$$" (1603) = -0.14$$

$$" (18132) = -1.63$$

Dirección y

$$\frac{V}{\Sigma K_y} K_y + \frac{M_1 K_{y1}}{J} + \frac{M_2 K_{y2}}{J}$$

$$6.27 + 1.63 - 1.63 = 7.90 \text{ Ton}$$



$$\frac{M_1 K_{y1}}{J} + \frac{M_2 K_{y2}}{J}$$

$$0.75 - 0.75$$

$$0.29 - 0.29$$

$$0.12 - 0.12$$

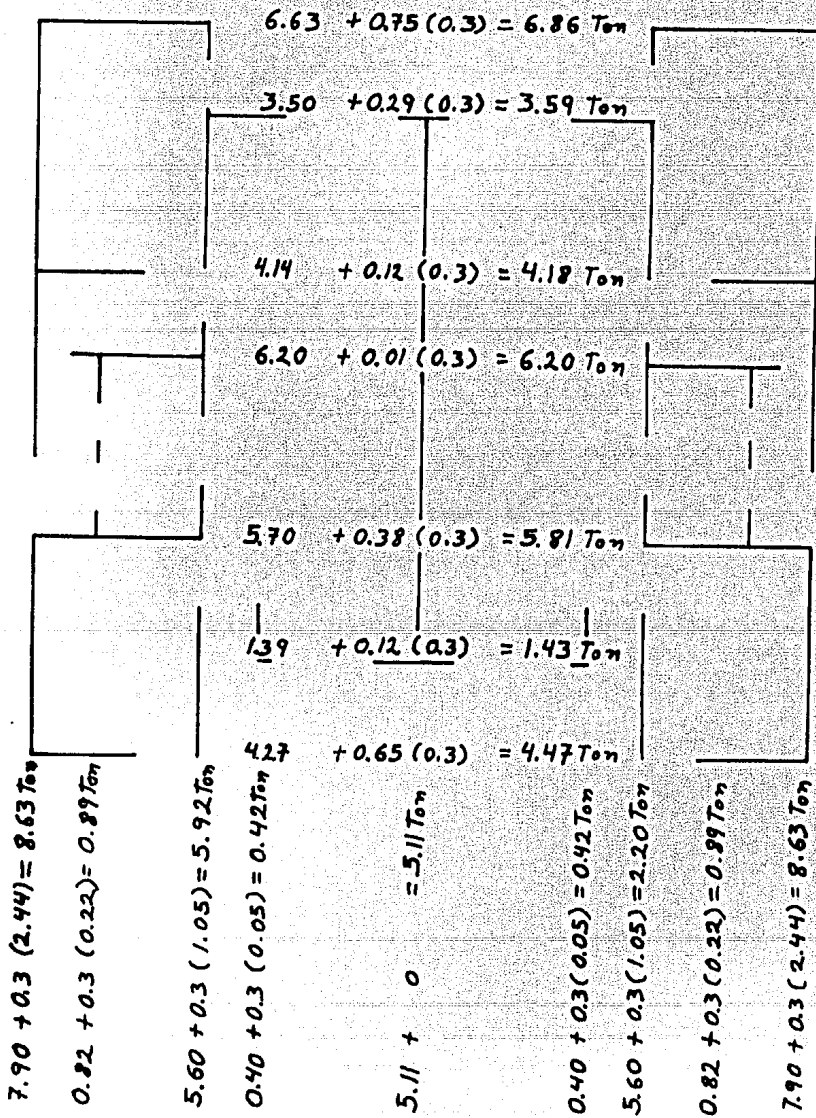
$$-0.01 + 0.01$$

$$-0.38 + 0.38$$

$$-0.12 + 0.12$$

$$-0.65 + 0.65$$

Cortantes finales (entrepiso)



Revisión de muros por cortante.

Los muros críticos son los de los ejes 1 y 7

$$V = 8630 \text{ Kg en } 9.75 \text{ mts}$$

$$V_u = 8630 \times 1.1 = 9493 \text{ Kg}$$

Cortante resistente.

$$V_u = \phi V_n$$

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_c = 0.53 \sqrt{f_c'} h d = 0.53 \sqrt{150} \times 10 \times \overbrace{0.8 \times 9.75}^{d = 0.8/w} = 50630.95 \text{ Kg}$$

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{S_z}$$

$$V_s = \frac{0.49 \times 2 \times 4000 \times 975 \times 0.8}{30} = 101920 \text{ Kg}$$

$$V_n = V_c + V_s = 152551 \text{ Kg}$$

$$V_u = \phi V_n = 0.85 (152551 \text{ Kg}) = 129668 \text{ Kg} \gg 9493 \text{ Kg}$$

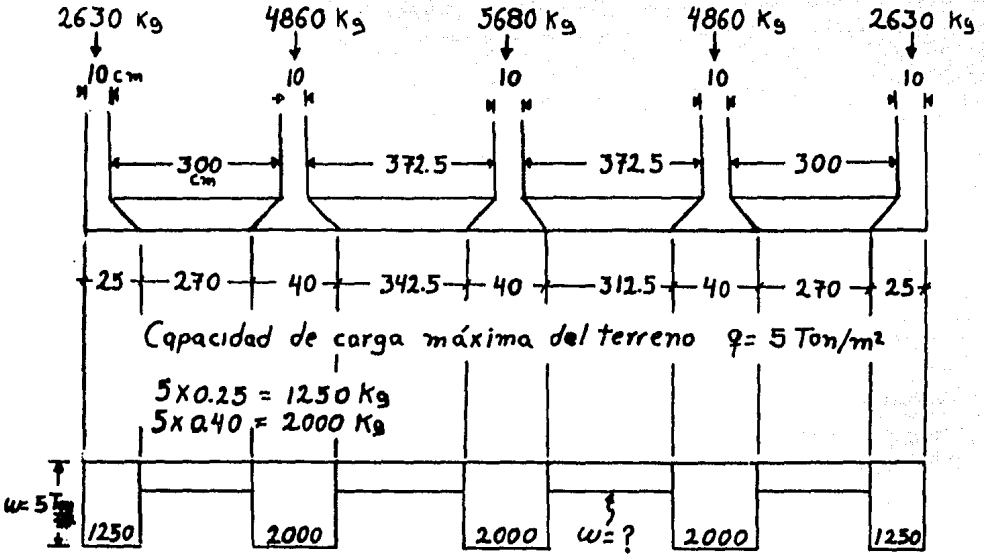
Armado mínimo

$$\rho_h = \frac{2 \times 0.49}{10 \times 30} = 0.00326 > 0.0025$$

$$S_h \begin{cases} \frac{l_w}{5} = \frac{975}{5} = 195 \text{ cm} \\ 3h = 30 \text{ cm} \\ 45 \text{ cm} \end{cases}$$

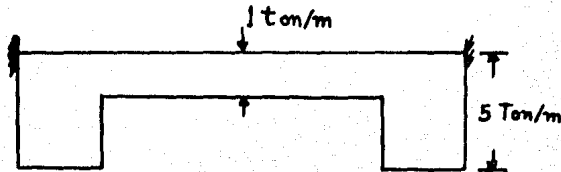
Se dejará separación @ 30 cm

Cálculo de cimentación

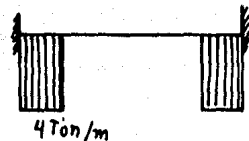


$$w = \frac{(2630)^2 + 4860(2) + 5680 - 2000(3) - 1250(2)}{2.70(2) + 3.425(2)}$$

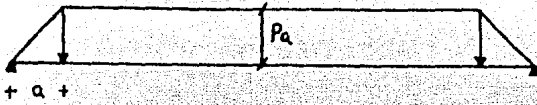
$$w = 992.65 \frac{\text{Kg}}{\text{m}} = 0.9927 \text{ Ton/m} = 1 \text{ Ton/m}$$



+



$$M = \frac{w l^2}{12} = \frac{1 \times (2.825)^2}{12} = 1.22 \frac{\text{Ton} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$



$$A = P_a \cdot (L - 2a) + P_a \cdot \frac{a}{2} \cdot 2$$

$$P = 4 \times 0.2 = 0.8 \text{ Ton}$$

$$a = 0.10$$

$$A = 0.8 \times 0.1 (3.825 - 0.2) + 0.8 (0.1)^2$$

$$A = 0.298$$

$$M = \frac{0.298}{L} = \frac{0.298}{3.875} = 0.08 \text{ Ton-m}$$

$$M = 1.30 \text{ Ton-m}$$

$$d = \sqrt{\frac{M}{K_b}} = \sqrt{\frac{130000}{12.08 \times 100}} = 10.37 \text{ cm} \quad \text{rec} = 4.5 \text{ cm}$$

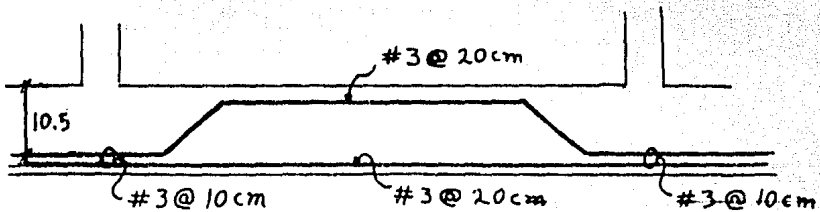
$$h = 15 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{M}{F_s j d}$$

$$A_s = \frac{130000}{2000 \times 0.90 \times 10.50} = 6.88 \text{ cm} \quad \#3 @ 10 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \min} = 0.002 \times b \times d$$

$$A_{s \min} = 0.002 \times 100 \times 10.5 = 2.1 \text{ cm}^2/\text{m} \quad \#3 @ 30 \text{ cm}$$



VI.- DESARROLLO DEL PROYECTO DE UN EDIFICIO TIPICO,
EMPLEANDO EL SISTEMA. ANALISIS, DISEÑO Y PROCÉ
DIMIENTO DE CONSTRUCCION.

INTRODUCCION. En este capítulo se presentan los cálculos para determinar los elementos necesarios a fin de lograr la resistencia necesaria para el proyecto de un edificio de cinco niveles, que es el mismo al que se hizo referencia en el capítulo II y los planos arquitectónicos correspondientes son los que se presentan en el punto II.1.

Al igual que en el proyecto mencionado en el capítulo anterior la estructura del edificio está formada por losas macizas de concreto reforzado apoyadas sobre muros de carga del mismo material.

El método y la secuencia del cálculo será similar al proyecto del módulo cuádruplex. A diferencia del proyecto anterior, en este caso se usará una cimentación por compensación parcial por medio de un cajón que se forma por dos losas de concreto reforzado separadas por una retícula de trabes del mismo material.

Cálculo de muro.
Carga admisible máxima.

$$P = 9030 \text{ Kg}$$

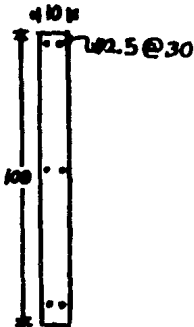
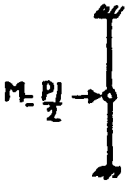
Coeff. sísmico basal.

$$c' = \frac{c}{Q} = \frac{0.24}{2} = 0.12$$

$$0.12 \times 0.25 \times 9030 = 271 \text{ Kg}$$

$$M = \frac{271(2.40)}{2} = \frac{325}{9030} = 0.036$$

$$e = \frac{M}{N} = \frac{325}{9030} = 0.036$$



$$f'_c = 150 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_c^a = 0.8 f'_c$$

$$f_c^a = 120 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_c^e = 0.85 f_c^a = 0.85(120)$$

$$f_c^e = 102 \text{ Kg/cm}^2$$

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

$$A_{st} = 2.94 \text{ cm}^2$$

$$A_g = 1000 \text{ cm}^2$$

$$f_s = 0.4(4000) 1600 \text{ Kg/cm}^2 = 2560000 \text{ Kg/cm}^2$$

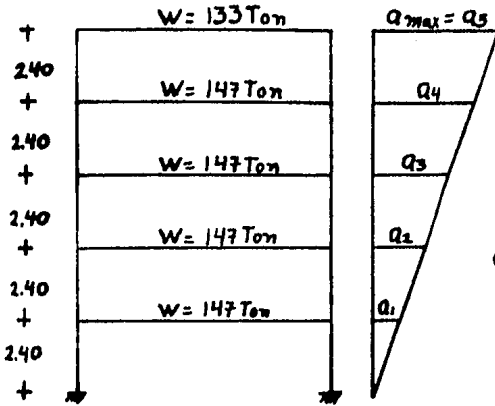
$$\frac{e}{h} = \frac{0.036}{0.10} = 0.36$$

$$P = \frac{A_s}{bh} = \frac{2.94}{10(100)} = 0.00294 \quad q = \frac{\rho F_y}{f_c^e} = \frac{0.00294 \cdot 4000}{102} = 0.115$$

$$K = 0.41 \quad F_R = 0.7 \times 0.7 = 0.49$$

$$P_u = F_R b h f_c^e K$$

$$P_u = 0.49(10)(100) \times 102(0.41) = 20492 \text{ Kg} > 9030 \text{ Kg}$$



$Q = 2$
Zona B
Terreno tipo III

Coef. sísmico basal

$$C' = \frac{C}{Q} = \frac{0.24}{2} = 0.12 > 0.06$$

$$\begin{aligned} W_5 h_5 &= 133 \text{ Ton} \times 12 \text{ m} = 1596.00 \\ W_4 h_4 &= 147 \text{ Ton} \times 9.6 \text{ m} = 1411.20 \\ W_3 h_3 &= 147 \text{ Ton} \times 7.2 \text{ m} = 1058.40 \\ W_2 h_2 &= 147 \text{ Ton} \times 4.8 \text{ m} = 705.60 \\ W_1 h_1 &= 147 \text{ Ton} \times 2.4 \text{ m} = 352.80 \\ \Sigma w_i &= 721 \qquad \Sigma wh_i = 5124.00 \end{aligned}$$

Cortante en la base
 $0.12 \times \Sigma w_i = 0.12 \times 721 = 86.52 \text{ Ton}$

$$a_{\max} = a_5 = 0.12 \times 12 \left(\frac{721}{5124} \right) = 0.2026$$

$$a_4 = \frac{0.2026}{12} \times 9.6 = 0.1621$$

$$a_3 = \frac{0.2026}{12} \times 7.2 = 0.1216$$

$$a_2 = \frac{0.2026}{12} \times 4.8 = 0.0810$$

$$a_1 = \frac{0.2026}{12} \times 2.4 = 0.0405$$

Cortantes de entrepiso

$$\Delta = \left(\frac{V}{K} \right) Q$$

$$F_5 = 0.2026(133) = 26.95 \text{ Ton} \quad V_5 = 26.95 \quad \Delta_5 = \frac{26.95}{7773.37} (2) = 0.0069 \text{ cm}$$

$$F_4 = 0.1621(147) = 23.83 \text{ Ton} \quad V_4 = 50.78 \quad \Delta_4 = \frac{50.78}{7773.37} (2) = 0.0131 \text{ cm}$$

$$F_3 = 0.1216(147) = 17.88 \text{ Ton} \quad V_3 = 68.66 \quad \Delta_3 = \frac{68.66}{7773.37} (2) = 0.0176 \text{ cm}$$

$$F_2 = 0.0810(147) = 11.91 \text{ Ton} \quad V_2 = 80.57 \quad \Delta_2 = \frac{80.57}{7773.37} (2) = 0.0207 \text{ cm}$$

$$F_1 = 0.0405(147) = 5.95 \text{ Ton} \quad V_1 = 86.52 \quad \Delta_1 = \frac{86.52}{7773.37} (2) = 0.0223 \text{ cm}$$

$$\Sigma F = 86.52 \text{ Ton}$$

$$y_5 = 0.0806 \text{ cm}$$

Rigideces

$$K = G_e L$$

$$G = 0.45 E$$

$$K = \frac{0.45 E e L}{h}$$

$$E = 1000 \sqrt{f'c} \quad f'c = 150 \text{ Kg/cm}^2$$

$$K_2 = \frac{55114 (10) 1210}{240} = 2778.66$$

$$K_2' = \frac{55114 (10) 130}{240} = 298.53$$

$$K_3 = \frac{55114 (10) 840}{240} = 1928.99$$

$$K_4 = \frac{55114 (10) 185}{240} = 424.84$$

$$K_5 = \frac{55114 (10) 1020}{240} = 2342.35$$

$$K_M = K_A = \frac{55114 (10) 700}{240} = 1607.49$$

$$K_L = K_B = \frac{55114 (10) 795}{240} = 1825.65$$

$$K_X = K_C = \frac{55114 (15) 310}{240} = 1067.83$$

$$K_J = K_D = \frac{55114 (10) 295}{240} = 677.44$$

$$K_I = K_E = \frac{55114 (10) 510}{240} = 1171.17$$

$$K_H = K_F = \frac{55114 (10) 295}{240} = 677.44$$

$$K_G = \frac{55114 (10) 310}{240} = 711.89$$

$$\Sigma K_x = 7773.37 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}}$$

$$\Sigma K_y = 14765.96 \frac{\text{Ton}}{\text{cm}}$$

Análisis por torsión

Centro de masas

$$\begin{aligned}
 X_m = 10 \text{mts} \quad y_m; & \quad (370 \times 2.00)2 = 1480 & \quad 118.40 + 490.00 = 608.40 \\
 & \quad 14.80 \times 8 = 118.40 & \quad 14.80 + 140.00 = 154.80 \\
 & \quad 20 \times 7 = 140 & \\
 & \quad 140 \times 3.5 = 490 & \quad y_m = \frac{608.40}{154.80} = 3.93 \text{ mts}
 \end{aligned}$$

Centro de torsión

	Kx	y	Kxy		Ky	x	Kyx
2	2778.66	6.95	19311.69	A	1607.49	0.05	80.37
2'	298.53	4.95	303.48	B	1825.65	2.95	5385.67
3	1928.99	3.95	7619.51	C	1067.83	4.30	4591.67
4	424.84	2.95	1253.28	D	677.44	5.80	3929.15
5	<u>2342.35</u>	0.05	<u>117.12</u>	E	1171.17	6.55	7671.16
	<u>7773.37</u>		<u>28605.08</u>	F	677.44	8.65	5859.86
				G	711.89	10.00	7118.90
				H	677.44	11.35	7688.94
				I	1171.17	13.75	15752.24
				J	677.44	14.20	9619.65
				K	1067.83	15.70	16764.93
				L	1825.65	17.05	31127.33
				M	<u>1067.49</u>	<u>19.95</u>	<u>32069.43</u>
					14765.93		147659.29

$$y_t = \frac{28605.08}{7773.37} = 3.68 \text{ mts}$$

$$x_t = \frac{147659.29}{14765.93} = 10.00 \text{ mts}$$

$$e_{sy} = 3.93 - 3.68 = 0.25$$

$$e_{1y} = 1.5e_s + 0.1b = 1.5(0.25) + 0.90 = 1.275$$

$$e_{2y} = e_s - 0.1b = 0.25 - 0.90 = -0.65$$

$$e_{sx} = 10 - 10 = 0$$

$$e_{1x} = 1.5e_s + 0.1b = 0 + 2.00 = 2.00$$

$$e_{2x} = e_s - 0.1b = 0 - 2.00 = -2.00$$

	Kx	\bar{y}	$Kx\bar{y}$	$Kx\bar{y}^2$
1	2778.66	3.27	9086.22	29711.93
2	298.53	1.27	379.13	481.50
3	1928.99	0.27	520.83	140.62
4	427.84	-0.73	-310.13	226.40
5	2342.35	-3.63	-8502.73	<u>30864.91</u>
				61425.36

	Ky	\bar{x}	$Ky\bar{x}$	$Ky\bar{x}^2$
A	1607.49	-9.95	-15994.53	159145.52
B	1825.65	-7.05	-12870.83	90739.37
C	1067.83	-5.70	-6086.63	34693.80
D	677.44	-4.20	-2845.25	11950.04
E	1171.17	-3.45	-4040.54	13939.85
F	677.44	-1.35	-914.54	1234.63
G	711.89	0	0	0
H	677.44	1.35	914.54	1234.63
I	1171.17	3.45	4040.54	13939.85
J	677.44	4.20	2845.25	11950.04
K	1067.83	5.70	6086.63	34693.80
L	1825.65	7.05	12870.84	90739.37
M	1607.49	9.95	15994.53	<u>159145.52</u>
				623406.42

$$J = \sum Kx\bar{y}^2 + \sum Ky\bar{x}^2 = 61425.36 + 623406.42$$

$$J = 684831.78$$

Análisis en dirección x

$$M_{T_1} = V_x e_{1y} = 26.95 \times (1.275) = 34.36$$

$$M_{T_2} = V_x e_{2y} = 26.95 \times (-0.65) = -17.52$$

$$\frac{M_{T_1}}{J} Kx\bar{y}$$

$$\frac{34.36}{684832} (9086.22) = 0.46$$

$$" (379.13) = 0.02$$

$$" (520.83) = 0.03$$

$$" (-310.13) = -0.02$$

$$" (-8502.73) = -0.43$$

$$\frac{M_{T_2}}{J} Kx\bar{y}$$

$$\frac{-17.52}{684832} (9086.22) = -0.23$$

$$" (379.13) = -0.01$$

$$" (520.83) = -0.01$$

$$" (-310.13) = 0.01$$

$$" (-8502.73) = 0.22$$

$$\frac{M_{T_1}}{J} Ky\bar{x}$$

$$\frac{34.36}{684832} (-15994.53) = -0.80$$

$$" (-12870.84) = -0.65$$

$$" (-6086.63) = -0.31$$

$$" (-2845.25) = -0.14$$

$$" (-4040.54) = -0.20$$

$$" (-914.54) = -0.05$$

$$" (0) = 0$$

$$" (914.54) = 0.05$$

$$" (4040.54) = 0.20$$

$$" (2845.25) = 0.14$$

$$" (6086.63) = 0.31$$

$$" (12870.84) = 0.65$$

$$" (15994.53) = 0.80$$

$$\frac{M_{T_2}}{J} Ky\bar{x}$$

$$\frac{-17.52}{684832} (-15994.53) = 0.41$$

$$" (-12870.84) = 0.33$$

$$" (-6086.63) = 0.16$$

$$" (-2845.25) = 0.07$$

$$" (-4040.54) = 0.10$$

$$" (-914.54) = 0.02$$

$$" (0) = 0$$

$$" (914.54) = -0.02$$

$$" (4040.54) = -0.10$$

$$" (2845.25) = -0.07$$

$$" (6086.63) = -0.16$$

$$" (12870.84) = -0.33$$

$$" (15994.53) = -0.41$$

$$\frac{V}{\Sigma Kx} Kx$$

$$\frac{26.95}{7773.37} (2778.66) = 9.63$$

$$" (298.53) = 1.04$$

$$" (1928.99) = 6.69$$

$$" (424.84) = 1.47$$

$$" (2342.35) = 8.12$$

$$\frac{V}{\Sigma Ky} Ky$$

$$\frac{26.95}{14765.93} (1607.49) = 2.93$$

$$" (1825.65) = 3.33$$

$$" (1067.83) = 1.95$$

$$" (677.44) = 1.24$$

$$" (1171.17) = 2.14$$

$$" (677.44) = 1.24$$

$$" (711.89) = 1.30$$

$$" (677.44) = 1.24$$

$$" (1171.17) = 2.14$$

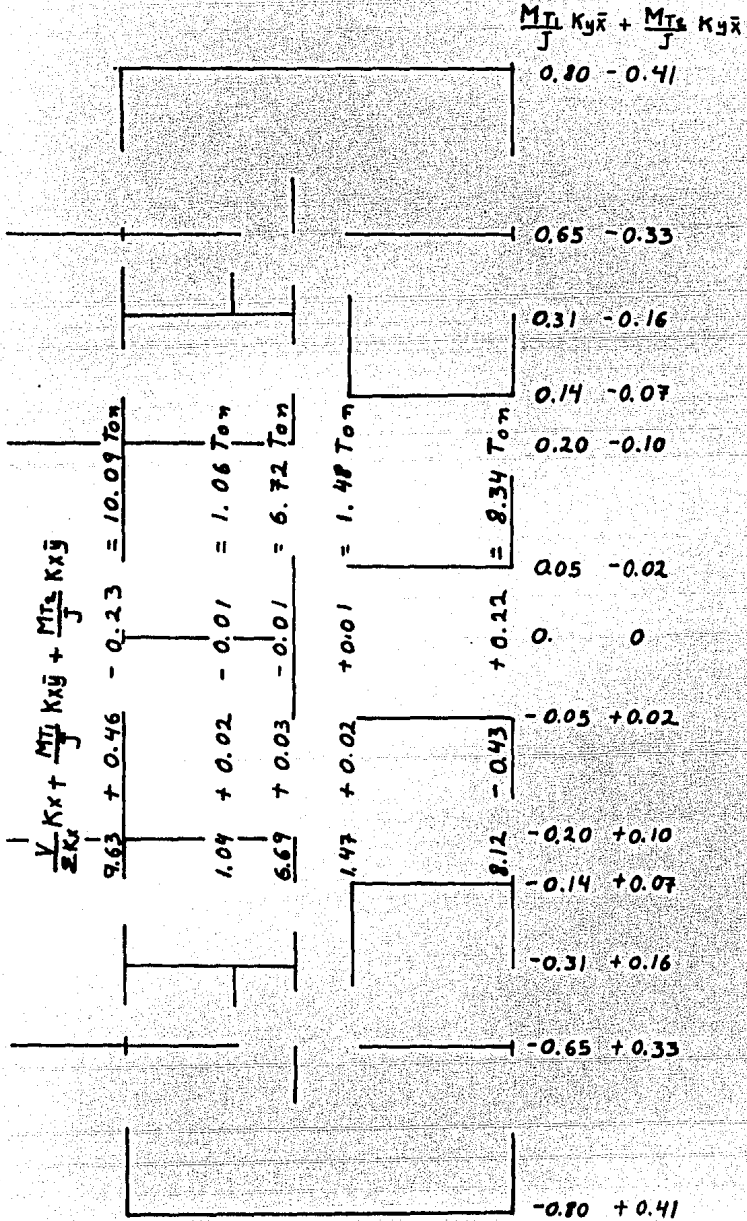
$$" (677.44) = 1.24$$

$$" (1067.83) = 1.95$$

$$" (1825.65) = 3.33$$

$$" (1607.49) = 2.93$$

Dirección x



Análisis en dirección y

$$M_{T_1} = V_x e_x x = 26.95 \times (2) = 53.90$$

$$M_{T_2} = V_x e_x x = 26.95 \times (-2) = -53.90$$

$$\frac{M_{T_1}}{J} Kx\bar{y}$$

$$\frac{53.90}{684832} (9086.22) = 0.72$$

$$" (379.13) = 0.03$$

$$" (520.83) = 0.04$$

$$" (-310.13) = -0.02$$

$$" (-8502.73) = -0.67$$

$$\frac{M_{T_2}}{J} Kx\bar{y}$$

$$-\frac{53.90}{684832} 9086.22 = -0.72$$

$$" 379.13 = -0.03$$

$$" 520.83 = -0.04$$

$$" -310.13 = 0.02$$

$$" -8502.73 = 0.67$$

$$\frac{M_{T_1}}{J} Ky\bar{x}$$

$$\frac{53.90}{684832} (-15994.53) = -1.26$$

$$" (-12878.83) = -1.01$$

$$" (-6086.63) = -0.48$$

$$" (-2845.25) = -0.22$$

$$" (-4040.54) = -0.32$$

$$" (-914.54) = -0.07$$

$$" (0) = 0$$

$$" (914.54) = 0.07$$

$$" (4040.54) = 0.32$$

$$" (2845.25) = 0.22$$

$$" (6086.63) = 0.48$$

$$" (12870.84) = 1.01$$

$$" (15994.53) = 1.26$$

$$\frac{M_{T_2}}{J} Ky\bar{x}$$

$$-\frac{53.90}{684832} (-15994.53) = 1.26$$

$$" (-12878.83) = 1.01$$

$$" (-6086.63) = 0.48$$

$$" (-2845.25) = 0.22$$

$$" (-4040.54) = 0.32$$

$$" (-914.54) = 0.07$$

$$" (0) = 0$$

$$" (914.54) = -0.07$$

$$" (4040.54) = -0.32$$

$$" (2845.25) = -0.22$$

$$" (6086.63) = -0.48$$

$$" (12870.84) = -1.01$$

$$" (15994.53) = -1.26$$

Dirección y

$$\frac{V}{\Sigma K_y} K_y + \frac{M_{1L}}{J} K_{y\bar{x}} + \frac{M_{2L}}{J} K_{y\bar{x}}$$

$$2.93 + 1.26 - 1.26 = 4.19 \text{ Ton}$$

$$3.33 + 1.01 - 1.01 = 4.34 \text{ Ton}$$

$$1.95 + 0.48 - 0.48 = 2.43 \text{ Ton}$$

$$1.24 + 0.22 - 0.22 = 1.46 \text{ Ton}$$

$$2.14 + 0.32 - 0.32 = 2.46 \text{ Ton}$$

$$1.24 + 0.07 - 0.07 = 1.31 \text{ Ton}$$

$$1.30 + 0 + 0 = 1.30 \text{ Ton}$$

$$1.24 - 0.07 + 0.07 = 1.31 \text{ Ton}$$

$$2.14 - 0.32 + 0.32 = 2.46 \text{ Ton}$$

$$1.24 - 0.22 + 0.22 = 1.46 \text{ Ton}$$

$$1.95 - 0.48 + 0.48 = 2.43 \text{ Ton}$$

$$3.33 - 1.01 + 1.01 = 4.34 \text{ Ton}$$

$$2.93 - 1.26 + 1.26 = 4.19 \text{ Ton}$$

0.72 - 0.72

0.03 - 0.03

0.04 - 0.04

-0.02 + 0.02

-0.67 + 0.67

Cortantes finales
Azotea

$$4.19 + 0.80(0.30) = 4.43 \text{ Ton}$$

$$4.34 + 0.65(0.30) = 4.54 \text{ Ton}$$

$$2.43 + 0.31(0.30) = 2.52 \text{ Ton}$$

$$1.46 + 0.14(0.30) = 1.50 \text{ Ton}$$

$$2.46 + 0.20(0.30) = 2.52 \text{ Ton}$$

$$1.31 + 0.05(0.30) = 1.33 \text{ Ton}$$

$$1.30 + 0 = 1.30 \text{ Ton}$$

$$1.31 + 0.05(0.30) = 1.33 \text{ Ton}$$

$$2.46 + 0.20(0.30) = 2.52 \text{ Ton}$$

$$1.46 + 0.14(0.30) = 1.50 \text{ Ton}$$

$$2.43 + 0.31(0.30) = 2.52 \text{ Ton}$$

$$4.34 + 0.65(0.30) = 4.54 \text{ Ton}$$

$$4.19 + 0.80(0.30) = 4.43 \text{ Ton}$$

$$10.09 + 0.32(0.3) = 10.31 \text{ Ton}$$

$$= 1.08 + 0.02(0.3) = 1.09 \text{ Ton}$$

$$6.72 + 0.04(0.3) = 6.73 \text{ Ton}$$

$$1.48 + 0.02(0.3) = 1.49 \text{ Ton}$$

$$8.34 + 0.67(0.3) = 8.54 \text{ Ton}$$

Análisis en dirección x

$$M_{T_1} = V_x e_{1y} = 86.52 \times (1.275) = 110.31$$

$$M_{T_2} = V_x e_{2y} = 86.52 \times (-0.65) = -56.24$$

$$\frac{M_{T_1}}{J} K_{x\bar{y}}$$

$$\frac{110.31}{684832} (9086.22) = 1.46$$

$$" \quad (379.13) = 0.06$$

$$" \quad (520.83) = 0.08$$

$$" \quad (-310.13) = -0.05$$

$$" \quad (8502.73) = -1.37$$

$$\frac{M_{T_1}}{J} K_{y\bar{x}}$$

$$\frac{110.31}{684832} (-15994.53) = -2.58$$

$$" \quad (-12870.84) = -2.07$$

$$" \quad (-6086.63) = -0.98$$

$$" \quad (-2845.25) = -0.46$$

$$" \quad (-4040.54) = -0.65$$

$$" \quad (-914.54) = -0.15$$

$$" \quad (0) = 0$$

$$" \quad (914.54) = 0.15$$

$$" \quad (4040.54) = 0.65$$

$$" \quad (2845.25) = 0.46$$

$$" \quad (6086.63) = 0.98$$

$$" \quad (12870.84) = 2.07$$

$$" \quad (15994.53) = 2.58$$

$$\frac{M_{T_2}}{J} K_{x\bar{y}}$$

$$\frac{-56.24}{684832} (9086.22) = -0.75$$

$$" \quad (379.13) = -0.03$$

$$" \quad (520.83) = -0.04$$

$$" \quad (-310.13) = 0.03$$

$$" \quad (-8502.73) = 0.70$$

$$\frac{M_{T_2}}{J} K_{y\bar{x}}$$

$$\frac{-56.24}{684832} (-15994.53) = 1.31$$

$$" \quad (-12870.84) = 1.06$$

$$" \quad (-6086.63) = 0.50$$

$$" \quad (-2845.25) = 0.23$$

$$" \quad (-4040.54) = 0.33$$

$$" \quad (-914.54) = 0.08$$

$$" \quad (0) = 0$$

$$" \quad (914.54) = -0.08$$

$$" \quad (4040.54) = -0.33$$

$$" \quad (2845.25) = -0.23$$

$$" \quad (6086.63) = -0.50$$

$$" \quad (12870.84) = -1.06$$

$$" \quad (15994.53) = -1.31$$

$$\frac{V}{\Sigma K_x} K_x$$

$$\frac{86.52}{7773.37} (2778.66) = 30.93$$

$$" \quad (298.53) = 3.32$$

$$" \quad (1928.99) = 21.47$$

$$" \quad (424.84) = 4.73$$

$$" \quad (2342.35) = 26.07$$

$$\frac{V}{\Sigma K_y} K_y$$

$$\frac{86.52}{14765.93} (1607.49) = 9.42$$

$$" \quad (1825.65) = 10.70$$

$$" \quad (1067.83) = 6.26$$

$$" \quad (677.44) = 3.97$$

$$" \quad (1171.17) = 6.86$$

$$" \quad (677.44) = 3.97$$

$$" \quad (711.89) = 4.17$$

$$" \quad (677.44) = 3.97$$

$$" \quad (1171.17) = 6.86$$

$$" \quad (677.44) = 3.97$$

$$" \quad (1067.83) = 6.26$$

$$" \quad (1825.65) = 10.70$$

$$" \quad (1607.49) = 9.42$$

Análisis en dirección y

$$MT_1 = V_x e_{1x} = 86.52 \times (2) = 173.04$$

$$MT_2 = V_x e_{2x} = 86.52 \times (-2) = -173.04$$

$$\frac{MT_1}{J} Kx\bar{y}$$

$$\frac{173.04}{684832} (9086.22) = 2.30$$

$$" (379.13) = 0.10$$

$$" (520.83) = 0.13$$

$$" (-310.13) = -0.08$$

$$" (-8502.73) = -2.15$$

$$\frac{MT_2}{J} Kx\bar{y}$$

$$-\frac{173.04}{684832} (9086.22) = -2.30$$

$$" (379.13) = -0.10$$

$$" (520.83) = -0.13$$

$$" (-310.13) = 0.08$$

$$" (-8502.73) = 2.15$$

$$\frac{MT_1}{J} Ky\bar{x}$$

$$\frac{173.04}{684832} (-15994.53) = -4.04$$

$$" (-12870.83) = -3.25$$

$$" (-6086.63) = -1.54$$

$$" (-2845.25) = -0.72$$

$$" (-4040.54) = -1.02$$

$$" (-914.54) = -0.23$$

$$" (0) = 0$$

$$" (914.54) = 0.23$$

$$" (4040.54) = 1.02$$

$$" (2845.25) = 0.72$$

$$" (6086.63) = 1.54$$

$$" (12870.84) = 3.25$$

$$" (15994.53) = 4.04$$

$$\frac{MT_2}{J} Ky\bar{x}$$

$$-\frac{173.04}{684832} (-15994.53) = 4.04$$

$$" (-12870.83) = 3.25$$

$$" (-6086.63) = 1.54$$

$$" (-2845.25) = 0.72$$

$$" (-4040.54) = 1.02$$

$$" (-914.54) = 0.23$$

$$" (0) = 0$$

$$" (914.54) = -0.23$$

$$" (4040.54) = -1.02$$

$$" (2845.25) = -0.72$$

$$" (6086.63) = -1.54$$

$$" (12870.84) = -3.25$$

$$" (15994.53) = -4.04$$

Dirección y

$$\frac{V}{E K_u} K_y + \frac{M T_1}{J} K_y \bar{x} + \frac{M T_2}{J} K_y \bar{x}$$

$$9.42 + 4.04 - 4.04 = 13.46 \text{ Ton}$$

$$10.70 + 3.25 - 3.25 = 13.95 \text{ Ton}$$

$$6.26 + 1.54 - 1.54 = 7.80 \text{ Ton}$$

$$3.97 + 0.72 - 0.72 = 4.69 \text{ Ton}$$

$$6.86 + 1.02 - 1.02 = 7.88 \text{ Ton}$$

$$3.97 + 0.23 - 0.23 = 4.20 \text{ Ton}$$

$$4.17 + 0 + 0 = 4.17 \text{ Ton}$$

$$3.97 - 0.23 + 0.23 = 4.20 \text{ Ton}$$

$$6.86 - 1.02 + 1.02 = 7.88 \text{ Ton}$$

$$3.97 - 0.72 + 0.72 = 4.69 \text{ Ton}$$

$$6.26 - 1.54 + 1.54 = 7.80 \text{ Ton}$$

$$10.70 - 3.25 + 3.25 = 13.95 \text{ Ton}$$

$$9.42 - 4.04 + 4.04 = 13.46 \text{ Ton}$$

$$\frac{M T_1}{J} K_x \bar{y} + \frac{M T_2}{J} K_x \bar{y}$$

$$2.30 - 2.30$$

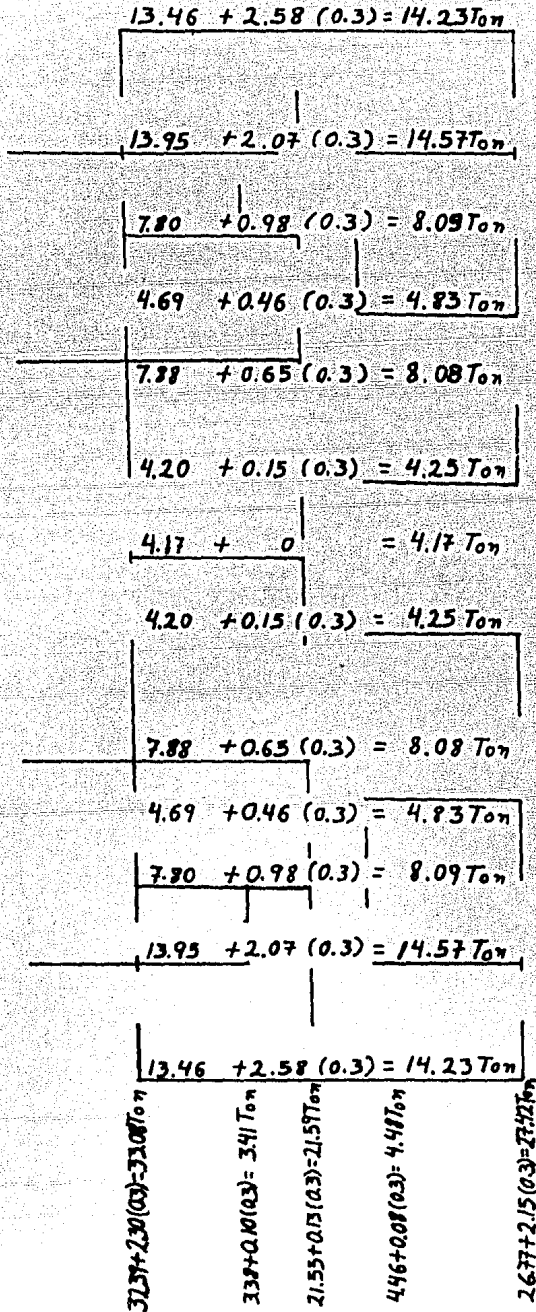
$$0.10 - 0.10$$

$$0.13 - 0.13$$

$$-0.08 + 0.08$$

$$-2.15 + 2.15$$

Cortantes finales
primer nivel.



Revisión por Cortante

Los muros críticos son los del eje 2

$$V = 33080 \text{ Kg en } 11.70 \text{ mTs}$$

$$V_u = 33080 \times 1.1 = 36388 \text{ Kg}$$

Cortante resistente

$$V_u = \phi V_n$$

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_c = 0.53 \sqrt{f'_c} h d = 0.53 \sqrt{150} \times 10 \times 0.8 \times 1170 = 60757 \text{ Kg}$$

$$V_s = \frac{A_v F_y d}{S_x}$$

$$V_s = \frac{0.49 \times 2 \times 4000 \times 1170 \times 0.8}{30} = 122304 \text{ Kg}$$

$$V_n = V_c + V_s = 60757 + 122304 = 183061 \text{ Kg} > 36388 \text{ Kg}$$

Armado mínimo

$$\rho_h = \frac{2 \times 0.49}{10 \times 30} = 0.00326 > 0.0025$$

$$sh \left\{ \begin{array}{l} \frac{lw}{s} = \frac{1170}{5} = 234 \text{ cm} \\ 3h = 30 \text{ cm} \\ 45 \text{ cm} \end{array} \right.$$

Se dejará separación de varillas @ 30 cm

Cálculo de Cimentación

Peso del Edificio

$$133 + 5(147) = 868 \text{ Ton}$$

$$868 \text{ Ton} + 80 \text{ Ton (Losas de cimentación)} = 948 \text{ Ton}$$

a) Compensación Total

$$h = \Sigma w = Ah \gamma \quad \gamma = 1.6 \text{ Ton/m}^3$$

$$h = \frac{w}{A\gamma} = \frac{948 \text{ Ton}}{154.80(1.6 \text{ Ton/m}^3)} = 3.82 \text{ m} \quad \therefore \text{no conviene}$$

b) Compensación Parcial.

$$\Sigma w = Ah\gamma + A \text{ reac. adm.}$$

$$Ah\gamma = \Sigma w - A \text{ reac. adm.}$$

$$h = \frac{\Sigma w + w_{pp}}{A\gamma} - \frac{\text{Reac. adm.}}{\gamma}$$

$$h = \frac{948}{158.8(1.6)} - \frac{4}{1.6}$$

$$h = 1.23 \text{ m} \quad \text{se deja de } 2 \text{ m}$$

$$w \text{ hacia arriba} = 4 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2} - 0.515 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2} = 3.5 \text{ Ton/m}^2$$

$$P \text{ hacia arriba} = 158.8 \text{ m}^2 \times 3500 \text{ K/m}^2 = 556 \text{ Ton}$$

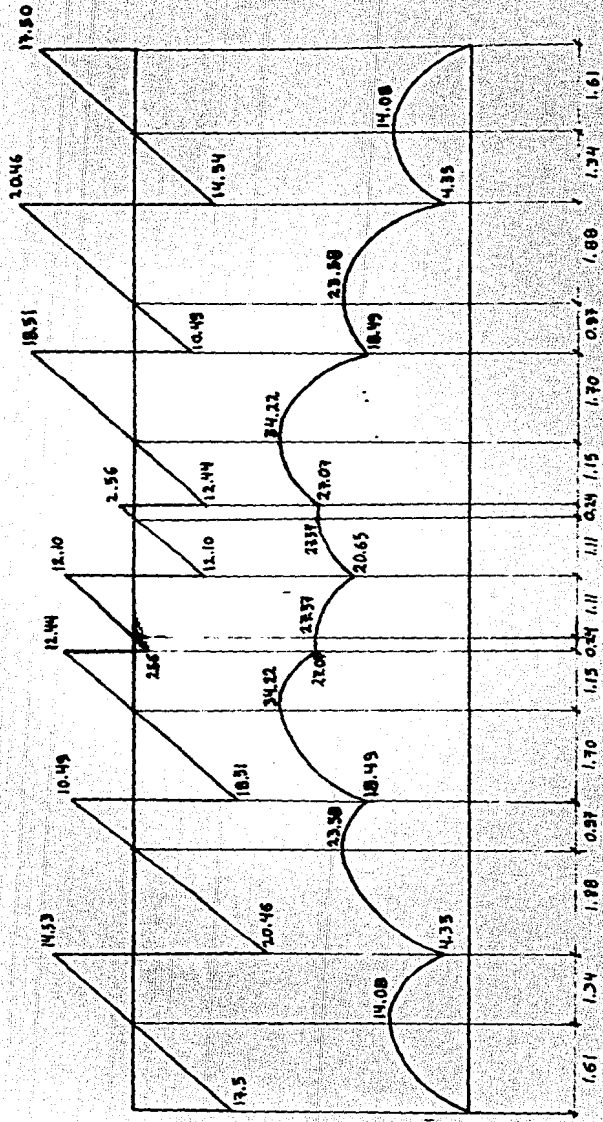
$$\text{Eje A} = \frac{3.90}{2} \times 3.5 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2} = 5 \frac{\text{Ton}}{\text{m}}$$

$$\text{Eje B} = 2.90 \times 3.5 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2} = 10 \frac{\text{Ton}}{\text{m}}$$

$$\text{Ejes D-E} = 2.85 \times 3.5 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2} = 10 \frac{\text{Ton}}{\text{m}}$$

$$\text{Eje F} = 2.80 \times 3.5 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2} = 10 \frac{\text{Ton}}{\text{m}}$$

$$\text{Eje G} = 3.45 \times 3.5 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2} = 12.10 \frac{\text{Ton}}{\text{m}}$$



V

M

Cálculo de Muro de Contención del Sótano

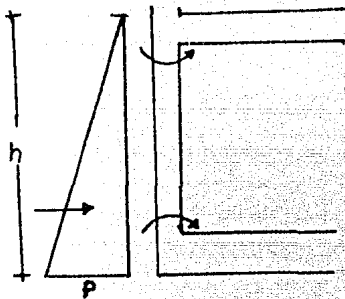
$$P = \frac{1 - \operatorname{sen} \varphi}{1 + \operatorname{sen} \varphi} \gamma h \quad \varphi = 33^\circ$$

$$\gamma = 1.6 \text{ Ton/m}^3$$

$$P = 0.458 h \approx 0.5 h$$

$$h = 2.00 \text{ m}$$

$$P = 0.5 (200) = 100 \text{ Ton/m}^2$$



$$M_- = \frac{\omega l^2}{12} = \frac{1000 \times 2^2}{12} = 333.33 \text{ Kg/m}$$

$$M_+ = \frac{\omega l^2}{24} = \frac{1000 \times 2^2}{24} = 166.66 \text{ Kg/m}$$

$$d = \frac{333.33}{12.08 \times 100} = 5.25 \text{ cm} < 16 \text{ cm}$$

$$A_{s-} = \frac{M}{f_s j d} = A_{s-} = \frac{333.33}{2000 \times 0.90 \times 10} = 1.85 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

$$A_{s+} = \frac{166.66}{2000 \times 0.90 \times 10} = 0.93 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}$$

$$\phi \ 3/8 \quad \text{sep} = \frac{71}{1.85} = 38 \quad \text{Est} \ \#3 \ @ \ 30$$

$$v = \frac{V}{b' d} = \frac{20460}{20 \times 195} = 5.25 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} < 133 \sqrt{f'c} = 1.33 \sqrt{150} = 16.30 \text{ Kg/cm}^2$$

$$> 0.3 \sqrt{f'c} = 0.3 \sqrt{150} = 3.67 \text{ Kg/cm}^2$$

$$v' = 5.25 - 3.67 = 1.58$$

$$\text{Sep} \frac{A_v f_v}{v' b} = \frac{1.42 \times 2000}{1.58 \times 20} = 89.87 \text{ cm}$$

E #3 2 ramas se deja @ 30cm

$$d = \sqrt{\frac{M}{Kb}} \quad b = 15 \text{ cm} \quad K = 12.08 \quad d = \sqrt{\frac{3422000}{10.08 \times 20}} = 130.29 \text{ cm} < 2.00 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} f'_c &= 150 \text{ Kg/cm}^2 \\ f_y &= 4000 \text{ Kg/cm}^2 \\ f_s &= 2000 \text{ Kg/cm}^2 \\ f_c &= 0.45(150) = 67.5 \text{ Kg/cm}^2 \\ n &= 15 \end{aligned}$$

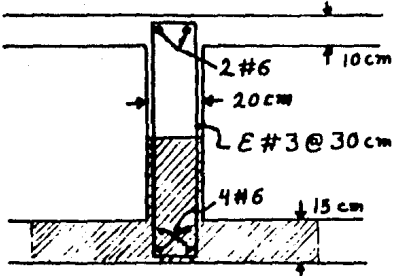
$$K = \frac{1}{1 + \frac{2000}{20 \times 67.5}} = 0.403$$

$$j = 1 - \frac{K}{3} = 1 - \frac{0.403}{3} = 0.865$$

$$K = \frac{1}{2} f_c K_j = \frac{67.5}{2} (0.403) 0.865 = 11.76$$

$$d = \sqrt{\frac{3422000}{11.76 \times 20}} = 120.62$$

Viga T Diseño Elástico



$$d = \frac{M}{0.92 f_c b t} + \frac{t}{2}$$

$$d = \frac{3422000}{0.92(67.5)255(15)} + 7.5 = 21.91 < 195 \text{ cm}$$

$$b = 15 + 16(15) = 255 < 300 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{M}{f_s j d} = \frac{3422000}{2000 \times 0.92 \times 195} = 9.54 \text{ cm}^2$$

$$4 \text{ var } \#6 = 2.85 \times 4 = 11.40 \text{ cm}^2$$

$$V = 20.46 \text{ Ton} \quad v = \frac{V}{b' d} = \frac{20460}{20 \times 195} = 5.25 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} < 16.3 \text{ Kg/cm}^2 > 3.67 \text{ Kg/cm}^2$$

$$v' = 5.25 - 3.67 = 1.58$$

$$\text{Sep } \frac{Av'fv}{v' b} = \frac{142 \times 2000}{1.58 \times 20} = 89.87 \text{ cm} \quad \text{sedeja @ 30 cm}$$

VII.- CONCLUSIONES.

En lo que antecede hemos tratado de exponer un sistema racionalizado de construcción basado en el empleo de cimbra metálica. Esta cimbra conlleva el empleo de construcciones monolíticas de muros y losas de concreto.

Consideraremos que para la edificación masiva de grandes volúmenes realizados en corto tiempo el sistema propuesto es económico y eficiente por lo que resulta altamente competitivo al compararlo con los numerosos sistemas racionalizados que han podido desarrollarse en el pasado reciente gracias a los logros de la investigación tecnológica.

Como hemos planteado anteriormente, el problema de la vivienda en nuestro país es gigantesco, ya que existe un déficit muy importante en la actualidad y que tiende a acrecentarse muy rápidamente en el futuro como consecuencia del acelerado crecimiento demográfico y del aún más acelerado proceso de urbanización por el que atraviesa nuestro país.

Aún bajo el supuesto de que los métodos de planeación familiar favorecidos actualmente por nuestras autoridades logran difundirse ampliamente entre la población en edad fértil, nuestro país contará con 130 millones de habitantes al iniciarse el próximo milenio. En esa época será además de un

país predominantemente urbano en donde el 80% de la población vivirá en las ciudades y se ocupará en actividades industriales de tipo secundario o en actividades terciarias tales como la administración, los servicios y el comercio.

Toda esa población requerirá de viviendas, escuelas, centros de trabajo, hospitales y otros satisfactorios. Además -- tendrá un nivel educativo más elevado que en la actualidad, -- dispondrá de mayor información gracias al desarrollo y difusión de los medios de comunicación. Sus expectativas serán -- por lo tanto más altas y demandará construcciones de mejor calidad, que le aseguren a la vez una mejor calidad de la vida.

Los retos que la situación anterior plantean a los administradores públicos, a los ingenieros, a los investigadores -- y en general a todos los responsables del desarrollo del país, son tremendos, especialmente si se toma en cuenta que en nuestro país está en una situación económica difícil, probablemente la más difícil después de la época revolucionaria de principio de este siglo.

Para afrontar estos retos se requieren políticas y acciones que rebasan en mucho el alcance de este tesis. Solo podemos señalar que los grandes problemas de la construcción -- podrán resolverse únicamente con grandes medidas. Se hace urgente el desarrollo de métodos racionales de construcción que

permitan el uso eficiente de los recursos, reduciendo al mínimo los tiempos de ejecución de las obras. Para lograrlos es necesario aprovechar los frutos de la investigación tecnológica, por lo que el camino para la solución de esos grandes problemas que se vislumbran pasa muy seguramente por nuestros centros de investigación, tanto por lo que se refiere a técnicas de construcción, y comportamiento de sistemas constructivos como desarrollo y conocimiento de nuevos materiales para edificación.

REFERENCIAS.

- 1.- A. GONZALEZ CUETO, A. MORENO BONETT. "INGENIERIA DE - SISTEMAS", CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA CONS TRUCCION, MEXICO 1971.
- 2.- OSCAR M. GONZALEZ CUEVAS, R. DIAZ DE COSSIO, "ASPEC-- TOS FUNDAMENTALES DEL CONCRETO REFORZADO". ED. LIMUSA, MEXICO 1982.
- 3.- EVERARD Y TANNER, "DISEÑO DE CONCRETO ARMADO" SERIE SCHAUM McGRAW HILL. MEXICO 1982.
- 4.- DISEÑO Y CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO, NOR MAS TECNICAS COMPLEMENTARIAS DEL REGLAMENTO DE CONS-- TRUCCIONES PARA EL DISTRITO FEDERAL , PUBLICACION --- Nº 401, INSTITUTO DE INGENIERIA, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO, MEXICO 1977.
- 5.- "REGLAMENTO DE LAS CONSTRUCCIONES DE CONCRETO REFORZA DO (ACI 318-83) Y COMPLEMENTARIOS", ED. IMCYC.
- 6.- " REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES PARA EL DISTRITO FEDE-- RAL". ED. PORRUA, S. A., MEXICO 1983.
- 7.- J. G. RICHARSON, "CIMBRAS, DISEÑO" TOMO I. INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO A. C., MEXICO -- 1983.
- 8.- JOINTS, REINFORCEMENT, EMBEDMENTS, REVISTA "CONCRETE INTERNATIONAL", JULY 1985.
- 9.- LA PROMOCION DE VIVIENDA, UNA IMPORTANTE TAREA POR DE SARROLLAR. "REVISTA MEXICANA DE LA CONSTRUCCION". -- MAYO 1985.
- 10.- "MECCANO NOTICIAS", TOLUCA, EDO. DE MEXICO. FEBRERO - 1984.
- 11.- RENE CARRANZA AUBRY. PREFABRICACION Y PRESFUERZO PARA LA VIVIENDA. REVISTA IMCYC, VOL.23, NUM. 168. ABRIL 1985. ED. IMCYC.