

EDIFICIOS ALTOS ASPECTOS GENERALES SOBRE PROYECTO,
DISEÑO Y CONSTRUCCION

Fecha	Duración	Tema	Profesor
Sept. 20	18 a 19 h	INTRODUCCION	Dr. Oscar M. González Cuevas
Sept. 20	19 a 21 h	LOS EDIFICIOS ALTOS COMO SISTEMAS Y COMO PARTE DEL SISTEMA URBANO	Arq. Alberto Rébora Togno y Arq. Félix Sánchez Aguilar
Sept. 22	18 a 21 h	LOS EDIFICIOS ALTOS COMO SISTEMAS Y COMO PARTE DEL SISTEMA URBANO	Ing. Alberto Búzali Arq. Félix Sánchez Aguilar
Sept. 24	18 a 21 h	SISTEMAS ESTRUCTURALES Y SOLICITACIONES	Dr. Roberto Meli Piralla
Sept. 27	18 a 21 h	DISEÑO ESTRUCTURAL	Ing. Oscar de Buen e Ing. Salvador Aguilar Reza
Sept. 29	18 a 21 h	CIMENTACIONES	Ing. Guillermo Springall Caram
Oct. 1°	18 a 21 h	INSTALACIONES MECANICAS, ELECTRICAS Y DE SERVICIO	Ing. Manuel de Anda Flores
Oct. 4	18 a 21 h	DISEÑO ARQUITECTONICO	Arq. Augusto Haroldo Alvarez García
Oct. 6	18 a 20 h	SISTEMAS CONSTRUCTIVOS PARA EDIFICIOS DE ACERO	Ing. Vicente Villaseñor Bianchi
Oct. 6	20 a 21 h	SISTEMAS CONSTRUCTIVOS PARA CIMENTACIONES	Ing. Julio Limón
Oct. 8	18 a 21 h	SISTEMAS CONSTRUCTIVOS PARA EDIFICIOS DE CONCRETO	Ing. Julio Limón
Oct. 11	18 a 21 h	CASO DE LOS EDIFICIOS HOTEL FIESTA PALACE Y PLAZA COMERMEX	Arq. Manuel de la Colina

Fecha	Duración	Tema	Profesor
13 Oct.	18 a 21 h	CASO DEL EDIFICIO PLAZA COMERMEX	Ing. Sergio González Karg
14 Oct.	18 a 21 h	CASO DEL EDIFICIO WORLD TRADE CENTER N.Y.	John R. Uryni, P.E.
15 Oct.	18 a 21 h	CASO DEL EDIFICIO WORLD TRADE CENTER, N.Y.	Leslie E. Robertson, P.E.

DIRECTORIO DE PROFESORES DEL CURSO EDIFICIOS ALTOS

ING. SALVADOR AGUILAR REZA
GERENTE DE DISEÑO Y SUPERVISION
DISEÑO Y CONSTRUCCION, S. C.
EMPRESA 136
COL. INSURGENTES MIXCOAC
Z. P. 19
TEL.: 563.59.00

ARQ. AUGUSTO HAROLDO ALVAREZ GARCIA
LAZCANO 20 ANTES 4
SAN ANGELINN
MEXICO 20, D.F.
TEL.: 550.10.23

ING. MANUEL DE ANDA FLORES
OBRAS CIVILES E INDUSTRIALES, S.A.
PUEBLA 387-2º
MEXICO 7, D.F.
TEL.: 533.08.30, 31 Y 32

ING. OSCAR DE BUEN LOPEZ DE HEREDIA
GERENTE GENERAL
COLINAS DE BUEN S.A.
V. MIGUEL A. 190
COL. NARVARTE
MEXICO, D.F.
TEL.: 519.72.40

ARQ. MANUEL DE LA COLINA RIQUELME
SOCIO
MESTRE Y DE LA COLINA A.P.
MELCHOR OCAMPO 463-DESP. 104
COL. ANZURES
MEXICO, D.F.
TEL.: 525.01.36 Y 35

DR. OSCAR MANUEL GONZALEZ CUEVAS
DIRECTOR DE PLANEACION Y DESARROLLO
U A M
MEXICO, D.F.
TEL.: 576.65.29 576.79.00 EXT. 32

ING. SERGIO GONZALEZ KARG
DIRECTOR
GONZALEZ KARG Y ASOCIADOS S.C.
MONTE ATHOS 165
LOMAS DE CHAPULTEPEC
MEXICO 10, D.F.
TEL.: 540.70.50 Y 520.14.23

DIRECTORIO DE PROFESORES DEL CURSO EDIFICIOS ALTOS

ING. ROBERTO MELI PIRALLA
COORDINADOR DE ESTRUCTURAS DE MATERIALES
INSTITUTO DE INGENIERIA, UNAM
TEL.: 548.97.94

ARQ. ALBERTO REBORA TOGNO
JEFE DEL CENTRO DE ESTUDIOS DEL MEDIO AMBIENTE
UAM
UNIDAD AZCAPOTZALCO
TEL.: 561.37.33 EXT. 187 Y 561.29.46 Y 38

ARQ. FELIX SANCHEZ AGUILAR
SOCIO
SANCHEZ ARQUITECTOS Y ASOCIADOS
TABASCO 327
MEXICO, D.F.
TEL.: 511.96.44

ING. GUILLERMO SPRINGALL CARAM
DIRECTOR GENERAL
GEOTEC S.A.
LONDRES 44
COYOACAN
TEL.: 544.20.85

ING. VICENTE VILLASEÑOR BIANCHI
GERENTE GENERAL
FERVI, S.A.
STA. TERESA 64
MEXICO 9, D.F.
TEL.: 558.66.11 Y 558.37.05 DIRECTO

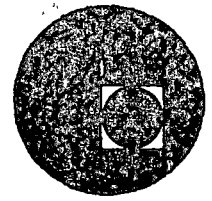
ING. JULIO LIMON
SUPERINTENDENTE
ESTRUCTURAS Y CIMENTACIONES S.A.
MINERIA 145 ENTR ADA 5-3°PISO
TEL.: 516.04.60 EXT. 118

P.E. LESS ROBERTSON
200 PARK AVE.
NEW YORK 10017

P.E. JOHN R. URYNI



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



EDIFICIOS ALTOS
ASPECTOS GENERALES SOBRE
PROYECTO, DISEÑO Y CONSTRUCCION



Dr. Oscar M. González Cuevas
Septiembre de 1976

SECRET

CONFIDENTIAL

CONFIDENTIAL

CONFIDENTIAL

CONFIDENTIAL

CONFIDENTIAL

CONFIDENTIAL

CONFIDENTIAL

EDIFICIOS ALTOS

INTRODUCCION

Oscar M. González Cuevas

1 Definiciones de edificios altos

Las definiciones de edificios altos varían con la época y con el lugar. Actualmente se tiende a abandonar definiciones basadas en el número de pisos y a aceptar definiciones que se fundamente en el tipo de problemas que se presentan. Así, el Comité ASCE-IABSE para edificios altos ha aceptado la siguiente definición (1):

"Edificios altos son aquellos en que la planeación, o el diseño, o la operación y el uso están influenciados por la altura".

De acuerdo con esta definición, la clasificación del edificio como alto, depende del problema en estudio y no solamente de la altura en metros o del número de pisos. Puede darse el caso de que un edificio se clasifique como alto desde el punto de vista, por ejemplo, del diseño de transportación vertical pero no desde el punto de vista del diseño estructural.

Otra definición de amplia aceptación es la que se propuso en el Congreso de Moscú de 1971:

De 9 a 16 pisos (hasta 50 m) Edificios altos de categoría I

De 17 a 25 pisos (hasta 75 m) Edificios altos de categoría II

de 26 a 40 pisos (hasta 100 m) Edificios altos de categoría III

de 40 pisos para arriba (más de 100 m) Edificios super-altos.

En general, se excluyen edificios tipo torre como faros, torres de televisión, etc., y sólo se incluyen edificios de oficinas, hoteles, y residencias. Esto se debe a que los últimos son los que crean problemas importantes de tipo social y urbano.

2 Objetivo del curso

Hacer una revisión, a nivel conceptual, de los principales problemas que se presentan en la concepción, diseño, construcción y funcionamiento de edificios altos.

Los problemas se revisarán únicamente debido a que cada uno de ellos es sumamente amplio y podría ser motivo de uno o más cursos completos. Posteriormente, se organizarán estos cursos para estudiar los problemas más importantes con mayor profundidad.

El curso está dividido en dos partes. En la primera, se presentarán exposiciones sobre aspectos teóricos, y en la segunda, se presentarán casos de edificios construidos, para ilustrar la aplicación de los conceptos teóricos a problemas reales. Se presentarán como casos:

- a) El edificio del Hotel Fiesta Palace
- b) El edificio Plaza Comermex
- c) El edificio WorldTrade Center de Nueva York.

Además, en el tópico de construcción se presentará el caso del Hotel Presidente, en construcción.

3 Principales problemas de los edificios altos

Dado el carácter masivo de los edificios altos y la naturaleza cada vez más compleja del medio ambiente urbano en que se construyen estos edificios, resulta imposible analizar sus problemas en forma aislada sin considerar a las múltiples maneras en que estos edificios sirven a un conjunto de sofisticadas y complejas necesidades ambientales; a como satisfacen las necesidades de los clientes y de la sociedad; a como encajan dentro de un organismo más grande, la comunidad; a como afectan lo que se ha llamado calidad de la vida (2).

El arquitecto japonés Yoshitaka ha dicho que no es suficiente considerar a aquellos que van a usar el edificio sino también a todos los que serán influenciados por él.

Desde este punto de vista, se han planteado como principales problemas de los edificios altos, los siguientes (1):

- a) Cómo tomar en cuenta las limitaciones ambientales.
- b) Cómo resolver los problemas causados por las altas concentraciones de gente tales como uso de la tierra, servicios y diversiones.
- c) Cómo resolver los inmensos problemas de transporte, tanto externos como internos, y dentro de estos últimos, tanto verticales como horizontales.

- d) Cómo medir y tomar en cuenta las reacciones fisiológicas y psicológicas de los ocupantes.
- e) Cómo proteger a los ocupantes de elementos de la naturaleza (sismos, huracanes) y de accidentes ocasionados por el hombre (incendios, explosiones).
- f) Cómo proporcionar seguridad adecuada durante la construcción.
- g) Cómo incluir en el diseño factores que generalmente se desprecian en edificios bajos, tales como cambios por temperatura, contracción y flujo plástico del concreto.
- h) Cómo tomar en cuenta las limitaciones económicas.
- i) Cómo considerar los costos de los servicios urbanos.
- j) Cómo considerar la demolición de los edificios.

3.1 Limitaciones ambientales

Desde que se empezaron a construir edificios altos surgieron voces aisladas que prevenían sobre el efecto desfavorable que podrían tener estos edificios sobre el medio ambiente. En 1896 ya existía en la ciudad de Nueva York un comité para estudiar los problemas que presentaba la construcción de edificios altos (3). En este comité se presentó por primera vez una regla para limitar la altura de los edificios en función del ancho de la calle. Se decía que la altura no debía exceder de una constante multiplicada por la raíz cuadrada del ancho de la calle. Un defensor de los edificios altos respondió que

no era necesario establecer estas reglas porque los edificios del futuro no excederían seguramente de 15 pisos.

Entre las limitaciones ambientales más severas se pueden mencionar las siguientes (4). La sombra que proyectan los edificios altos sobre edificios vecinos, privándolos de la luz y del calor del sol. Esto es especialmente grave en lugares donde no se acostumbra el aire acondicionado central.

La obstrucción del paisaje o el cambio brusco de arquitectura en comparación con los edificios vecinos. La obstrucción del paisaje obligó a que en San Francisco se estableciese un plan de desarrollo según el cual los edificios altos solo pueden construirse cerca de la cresta de las colinas que rodean la ciudad. De esta manera, los edificios acentúan la forma de las colinas y no interfieren en la vista de la bahía y del mar que es uno de los principales atractivos de la ciudad (5).

La creación de túneles de viento es otro efecto de los edificios altos. En el Edificio de Ciencias de la Tierra del MIT fué necesario rediseñar las puertas de entrada que no podían abrirse a causa del viento.

3.2 Concentraciones de gente

La construcción de un edificio alto atrae por lo general la construcción de otros edificios en la misma zona con lo cual se eleva de ma-

nera abrupta el precio de la tierra, crece la demanda de servicios tales como agua potable, energía eléctrica, drenaje, etc., lo cual puede provocar un colapso de la infraestructura urbana.

3.3 Problemas de transporte

El problema de transporte se deriva del problema anterior de concentración de gente y está relacionado con la zonificación urbana.

En algunos lugares se establece que los edificios altos deben construirse cerca de estaciones de sistemas de transportación masiva, como el metro. Respecto al problema de transporte vertical, al aumentar el número de pisos aumenta también el área necesaria para alojar los cubos de los elevadores y para proporcionar zonas de espera. Esto ha conducido al desarrollo de nuevos sistemas de elevadores como el de doble piso y el de "Skylobby" (6). Este último sistema es el que se ha usado en los edificios más altos como el de Sears y el World Trade Center.

3.4 Reacciones fisiológicas, psicológicas y sociales

Respecto a las primeras, la vibración de los edificios altos bajo la acción del viento puede ocasionar molestias a los ocupantes. Se han establecido gráficas de confort, como la mostrada en la Fig 1., que relaciona la amplitud de los desplazamientos horizontales del edificio con el periodo de vibración (7).

Aunque las investigaciones hasta el momento sobre las reacciones psicológicas y sociales de los ocupantes de edificios altos, son escasas, parece indudable que existe una relación importante entre el diseño del edificio y el comportamiento de los ocupantes. Entre los efectos más importantes de los edificios altos sobre sus ocupantes se han mencionado los siguientes (8): una disminución de los procesos de percepción sensitiva debido a la reducción de "inputs", a la monotonía y a la existencia de objetos manufacturados únicamente; una disminución del grado de independencia que alcanzan los niños durante su desarrollo debida a la limitación de su ambiente; una reducción en las interrelaciones sociales; un aumento en los sentimientos de indiferencia y aislamiento.

3.5 Acciones accidentales

El desarrollo de nuevos sistemas estructurales, nuevos métodos de análisis y diseño, nuevos materiales, etc., ha hecho posible la construcción de edificios altos con un buen record de comportamiento bajo acciones accidentales.

3.6 Seguridad durante la construcción

Debido a la altura de los edificios es importante considerar no únicamente la seguridad de los trabajadores sino también la de las personas que transitan en los alrededores de la obra.

3.7 Factores que influyen en el diseño estructural

Por lo general, se conoce lo suficiente de las propiedades de los materiales más usados, acero y concreto, para considerar en el diseño estructural los efectos de cambios de temperatura, y contracción y flujo plástico del concreto. Pero es necesario hacer análisis más refinados. También es necesario tomar en cuenta factores como cambios diferenciales de longitud de los miembros estructurales o inestabilidad de conjunto, los cuales suelen despreciarse en el diseño de edificios bajos.

3.8 Limitaciones económicas

Se ha dicho que el éxito económico de un proyecto queda determinado generalmente en las primeras semanas del proceso de diseño y no en los meses subsecuentes de trabajo. En edificios altos, se estima que el noventa por ciento de las horas - hombre dedicadas al diseño se destinan a detalles que afectan el costo en porcentajes muy pequeños, mientras que sólo diez por ciento de las horas - hombre se dedican al diseño conceptual que es el que determina el éxito o fracaso de un proyecto.

Se han desarrollado recientemente técnicas modernas de análisis y modelos matemáticos que permiten considerar en forma conjunta los costos de los distintos subsistemas del edificio tales como el diseño arquitectónico, el estructural, instalación eléctrica, plomería, elevadores, costos de operación, etc., (9), (10).

3.9 Costo de los servicios urbanos

Los edificios muy altos que se construyen actualmente constituyen en sí pequeñas ciudades que afectan en forma importante a los servicios urbanos de la zona en que se construyen. Es necesario considerar también este aspecto desde las primeras etapas del proyecto.

3.10 Demolición

Se mencionó anteriormente que es conveniente estudiar los proyectos de edificios altos con un enfoque de sistemas. Según este enfoque, la última etapa de un proyecto es el retiro o reemplazo del equipo diseñado, lo cual, en el caso de los edificios, equivale a su demolición. Se ha planteado la cuestión de que hasta qué grado es una obligación moral o legal del proyectista considerar la manera en que eventualmente será demolido el edificio (11). Este tópico está cobrando importancia debido a que la vida útil de los edificios tiende a reducirse, a que los edificios son cada vez mayores, y a que algunas técnicas, como el preesfuerzo, hacen peligrosa la demolición si ésta no se previene.

4 Nota histórica

En la tabla 1 se presenta una relación de los edificios más altos del mundo en la actualidad y en la tabla 2, la tendencia histórica de los edificios más altos.

Referencias

- 1 Lynn S. Beedle, "Introduction to Conference Preprints", International Conference on Planning and Design of Tall Buildings, Vol. 1a-1, Pennsylvania, 1972.
- 2 Lynn S. Beedle, "Urban Life and Tall Buildings", Journal of the Urban Planning and Development Division, ASCE, Agosto, 1976.
- 3 Neal Fitz Simons, "The History and Philosophy of Tall Buildings", International Conference on Planning and Design of Tall Buildings, Vol. 1a-1, Pennsylvania, 1972.
- 4 Fumihiko Maki, "Tall Buildings and Urban Planning: The Menace of Tall Buildings", International Conference on Planning and Design of Tall Buildings, Vol. 1a-1, Pennsylvania, 1972.
- 5 Thomas C. Kavanagh, "Environmental Systems", International Conference on Planning and Design of Tall Buildings, Vol. 1a-1, Pennsylvania, 1972
- 6 Calvin L. Kort, "Vertical Transportation", International Conference on Planning and Design of Tall Buildings, Vol. 1a-2, Pennsylvania, 1972.
- 7 F. K. Chang, "Psychophysiological Aspects of Man-Structure Interaction", International Conference on Planning and Design of Tall Buildings, Vol. 1a-1, Pennsylvania, 1972.
- 8 Roy C. Herrenkahl, "Social-Psychological Implications of Tall Building Planning and Design", International Conference on Planning and Design of Tall Buildings, Vol. 1a-1, Pennsylvania, 1972.
- 9 Richard E. Steyert, "The Economics of High-Rise Apartment Buildings", International Conference on Planning and Design of Tall Buildings, Vol. 1a-1, Pennsylvania, 1972.
- 10 M.P.T. Linzey y J.F. Brochie, "Planning and Design at The Overall Building Level", International Conference on Planning and Design of Tall Buildings, Vol. 1a-1, Pennsylvania, 1972.
- 11 Henry J. Cowan, "A Review of Environmental Systems", International Conference on Planning and Design of Tall Buildings, Vol. A, Pennsylvania, 1972.

REPORT I

TABLE I WORLD SKYSCRAPER BUILDINGS

COUNTRY/CITY	BUILDING IDENTIFICATION	US RA ADDRESS	HEIGHT		YEAR COMPLETED	MATERIAL	USE	STRUCTURAL SYSTEM	NOTES	FIB NO.
			FT	M						
USA	Chicago Sears Roebuck	110	14-0	442	(1974)	Steel	Office	Braced-tube		26
	New York World Trade Center	110	1333	412	(1973)	Steel	Office	Tube-in-tube		236
	Chicago Empire State Bldg	102	1240	381	1931	Steel	Office	Braced-tube		267
	Chicago Standard Oil	80	1126	346	(1973)	Steel	Office	Tube-in-tube		26
	New York John Hancock	100	1127	343	1968	Steel	Office	Tube-in-tube		67
	New York Chrysler	77	1046	319	1929	Steel	Office			67
	60 Wall Tower	66	880	268		Steel	Office			67
	40 Wall Street	71	800	244		Steel	Office			67
	Los Angeles United California Bank	68	838	252	(1974)	Steel	Office			1
	San Francisco Transamerica	50	653	199	(1972)	Steel	Office			236
	New York PCA Rockefeller Center	70	870	266	1940	Steel	Office			267
	Chicago First National Bank	70	830	257	1967	Steel	Office			267
	Pittsburgh US Steel	64	841	256	1970	Steel	Office			16
	New York Chase Manhattan	60	813	249	1951	Steel	Office			267
	Pan American	89	808	246	1954	Steel	Office			267
	Waukegan	60	722	222	1973	Steel	Office			267
	Boston John Hancock	60	700	211	(1973)	Steel	Office			26
Canada	Toronto Commerce Court	57	784	239	1971	Steel	Office			1
USA	San Francisco Bank of America	50	778	237		Steel	Office			227
	Minneapolis IDS Center	17	772	235				Composite		6
	New York One Penn Plaza	57	766	233						6
	Boston Prudential	32	790	229						67
Japan	Tokyo Shyuko Mitsui	55	743	223	()	Steel	Office			1
USA	New York US Steel	50	743	227						6
	70 Exchange Place	37	741	225						67
Canada	Toronto Toronto Dominion	56	736	224	1966	Steel	Office			1
USA	Los Angeles Security Pacific Nat Bank	54	738	224	(1970)	Steel	Office			1
	New York Esso	64	709	214						6
	One Astor Plaza	64	730	222						6
	Houston One Shell Plaza	80	714	218	1970	Concrete	Office	Tube-in-tube		267

() : under construction
 a : photograph available - see also



BUILDING CHARACTERISTICS

259

TABLE 2. TOWER IV TALLNESS (National Tallest)

COUNTRY/CITY	BUILDING IDENTIFICATION	UN NO	HEIGHT		YEAR	MATERIAL	USE	SPECIAL FEATURES	NOTES	RANK
			FT	M						
USA	Chicago	1000	1450	442	1973	Steel	Office			1
	Chicago	1001	1429	439	1973	Steel	Office			2
	Chicago	1002	1418	435	1973	Steel	Office			3
	Chicago	1003	1418	435	1973	Steel	Office			4
	Chicago	1004	1418	435	1973	Steel	Office			5
	Chicago	1005	1418	435	1973	Steel	Office			6
	Chicago	1006	1418	435	1973	Steel	Office			7
	Chicago	1007	1418	435	1973	Steel	Office			8
	Chicago	1008	1418	435	1973	Steel	Office			9
	Chicago	1009	1418	435	1973	Steel	Office			10
USA	Chicago	1010	1418	435	1973	Steel	Office			11
USA	Chicago	1011	1418	435	1973	Steel	Office			12
USA	Chicago	1012	1418	435	1973	Steel	Office			13
USA	Chicago	1013	1418	435	1973	Steel	Office			14
USA	Chicago	1014	1418	435	1973	Steel	Office			15
USA	Chicago	1015	1418	435	1973	Steel	Office			16
USA	Chicago	1016	1418	435	1973	Steel	Office			17
USA	Chicago	1017	1418	435	1973	Steel	Office			18
USA	Chicago	1018	1418	435	1973	Steel	Office			19
USA	Chicago	1019	1418	435	1973	Steel	Office			20

1. For contractor
 2. For architect

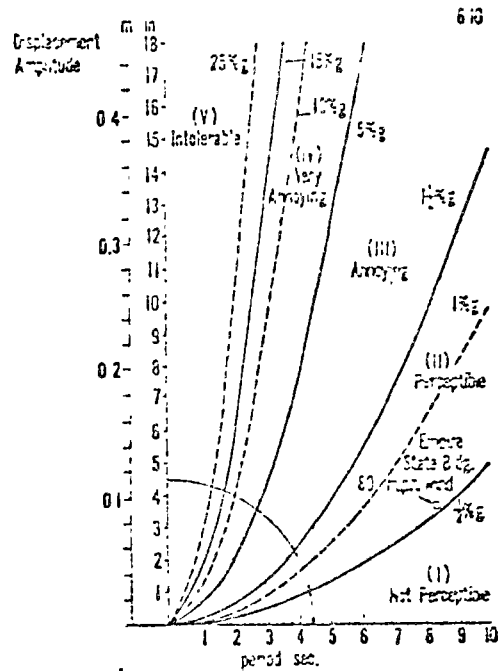
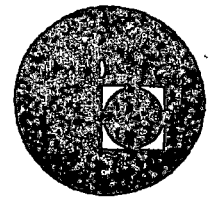


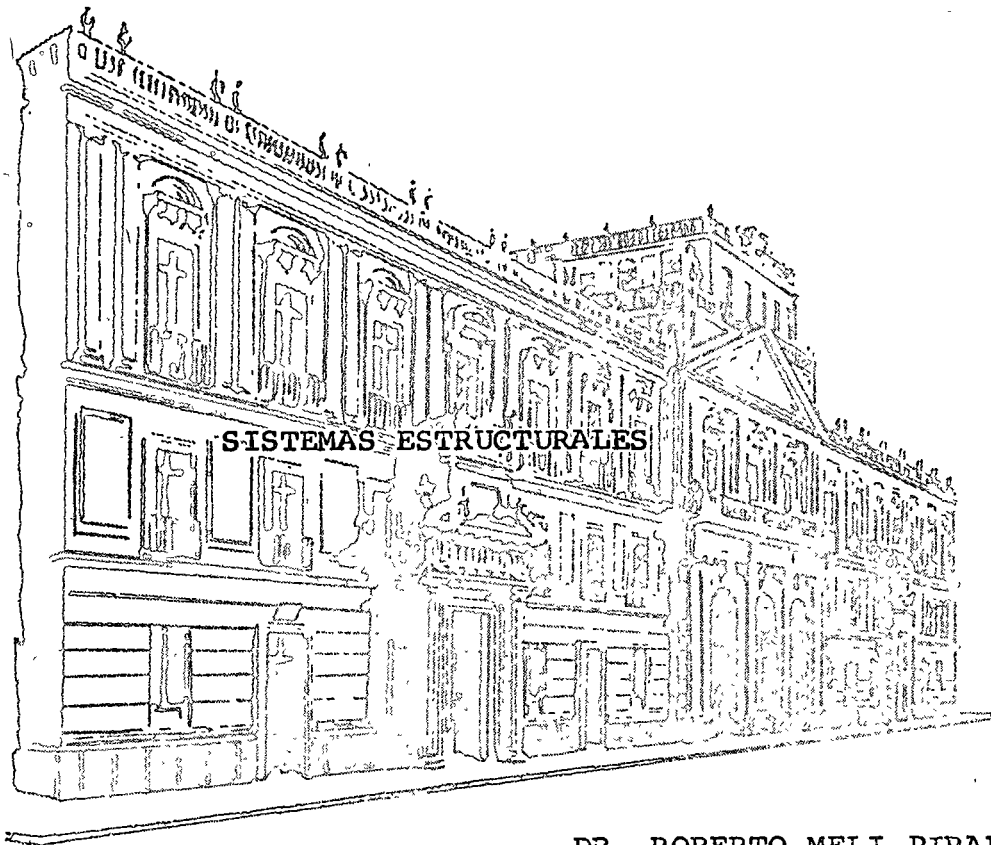
Fig. Recommended human Comfort Curves



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



EDIFICIOS ALTOS



DR. ROBERTO MELI PIRALLA

SEPTIEMBRE DE 1976.

Centro de Estudios y Promoción de Estudios
de la Universidad de Zaragoza
Instituto de Estudios Económicos y Sociales



1972

1972

1972

1972

NOTAS PARA EL CURSO SOBRE EDIFICIOS ALTOS
TEMA: SISTEMAS ESTRUCTURALES

Por R. Meli

Septiembre, 1976

1. Definición del problema

La estructura de un edificio debe absorber las acciones que pueden afectarla, con un costo mínimo y con una mínima interferencia con el funcionamiento de la construcción. La eficiencia con que la estructura cumple su función depende principalmente de cuán apropiado sea el sistema estructural elegido. En la práctica es frecuente que la elección del sistema estructural quede muy restringida por el proyecto arquitectónico, el cual se realiza anteriormente al estructural y con poca atención a la función estructural de la construcción. El esfuerzo del diseño estructural se dirige principalmente a realizar un análisis y dimensionamientos muy detallados para encontrar las secciones y/o el refuerzo necesarios en los elementos estructurales; comparativamente muy poco tiempo se dedicó a analizar las ventajas de sistemas estructurales alternativos con lo cual se podrían obtener economías muy superiores a las que se derivan de realizar un análisis y dimensionamientos muy cuidadosos.

En edificios altos el problema de la elección del sistema estructural más adecuado adquiere especial importancia en vista de las diversas alternativas con que se cuenta para resistir, en particular, las cargas laterales por efectos de sismo o viento. Cabe recalcar, entonces, la necesidad de una interacción desde las primeras etapas del proyecto entre el arquitecto y el estructurista.

El sistema estructural de un edificio debe cumplir esencialmente dos funciones: soportar las cargas máximas que se puedan presentar, con una probabilidad despreciable de colapso, y permitir el adecuado funcionamiento de la construcción en condiciones normales sin que este se vea perjudicado por deflexiones, vibraciones o daños en los elementos no estructurales de la construcción. En edificios altos la condición de carga que riga la definición del sistema estructural es generalmente el efecto de cargas laterales y principalmente del sismo, en las regiones en que este fenómeno es crítico. Por tanto, la estructura deberá pensarse para que sea capaz de soportar sismos excepcionales sin colapso y para que, bajo sismos que puedan ocurrir con mayor frecuencia, no presente deformaciones excesivas y daños económicamente graves. Hay que proporcionar un sistema estructural que tenga la resistencia y rigidez adecuada ante cargas laterales.

La elección del sistema estructural implica la definición del material (o materiales) más apropiado para constituir la estructura y de la configuración del sistema y de la disposición de los elementos estructurales.

Un tratamiento detallado del amplia gama de soluciones estructurales posibles en edificios altos puede encontrarse en las referencias 1 a 4. Aunque algunos sistemas resulten complejos desde el punto de vista del análisis de su comportamiento estruc-

tural, se cuenta actualmente con programas de computadora muy refinados los cuales permiten realizar fácilmente el análisis ante estados dinámicos y estáticos de carga; estos programas son del dominio público y su empleo es cada vez más difundido, ver ref 5 a 7. En edificios altos la atención debe enfocarse a la realización de estudios preliminares que permitan elegir el sistema estructural óptimo para un proyecto dado, considerando el efecto de la solución estructural en las otras componentes de la construcción (espacio útil, servicios e instalaciones, acabados, etc). Un planteamiento en este sentido puede encontrarse en la ref 8.

En lo que sigue se hará una breve descripción de los sistemas estructurales más comunes, enumerando sus ventajas y limitaciones en su empleo en edificios de distintas alturas.

2. Muros de carga

Los primeros edificios de varios niveles estaban estructurados a base de muros de carga de mampostería. En el siglo pasado se llegaron a construir edificios de más de 10 pisos con este sistema pero a costas de un gran espesor de muros. Por ejemplo el edificio Monadock de 17 pisos de altura tenía en planta baja muros de más de 2 m de espesor. Actualmente los muros de mampostería se emplean en edificios altos en zonas no sísmicas para edificios hasta de unos 20 pisos (foto); aprovechando el empleo de tabiques de muy alta resistencia (más de 500 kg/cm^2) se logran espesores de no más de 30 cm para edificios de la altura mencionada. En zonas sísmicas la mampostería presenta la gran desventaja de su baja resistencia en tensión y de la fragilidad de su comportamiento. Mediante un abundante refuerzo vertical y horizontal y el colado con concreto de los huecos de las piezas pueden mejorarse sustancialmente

la resistencia a cargas laterales y la ductilidad, con lo cual se han llegado a construir edificios de entre 15 y 20 pisos en zonas sísmicas como California y Nueva Zelanda (foto). El concreto reforzado es, desde luego, el material más apropiado para este tipo de estructuración que resulta muy eficiente para resistir cargas laterales. El problema de la estructuración a base de muros de carga es la falta de flexibilidad que causa en el proyecto arquitectónico la gran cantidad de muros en ambas direcciones. Resulta apropiado para construcciones que requieren de subdivisión de la planta en espacios pequeños, como hoteles y multifamiliares, pero requiere que la subdivisión se mantenga constante en todos los niveles aún en planta baja, donde generalmente se buscan espacios más amplios. La transición de un sistema a base de muros de carga en los pisos superiores a uno a base de columnas en los inferiores es posible a través de trabes de gran peralte, pero resulta costosa y no muy apropiada desde el punto de vista del comportamiento sísmico.

El sistema a base de muros de carga de concreto se presta a la prefabricación y ha sido empleado con frecuencia en los países industrializados para edificios hasta del orden de 20 pisos (foto). Para una descripción de distintos sistemas constructivos y de los métodos de análisis y diseño véase la ref. 9.

3. Marcos

Cuando las columnas se conectan rígidamente a las vigas de piso se forma un marco que es un sistema estructural muy eficiente, ya que ocupando un espacio muy reducido da lugar a una buena resistencia y rigidez ante cargas verticales y horizontales. Los marcos de acero estructural se comenzaron a emplear en edificios altos desde principios de siglo y ya en los veinte se tenían diversos edificios del orden de 60

pisos de altura y el Empire State Building de 100 pisos. El concreto es también un material muy apropiado para este sistema estructural ya que dando continuidad al refuerzo en las juntas se logra fácilmente el monolitismo en la estructura. El empleo del concreto en edificios altos es mucho más reciente debido no tanto a problemas estructurales sino constructivos. Se requirió el desarrollo de grúas de gran altura y de equipo de izaje especial para que en los años cincuentas se empezaran a construir edificios hasta de 40 pisos con marcos de concreto.

La estructuración de base de marcos tiene un record muy bueno de comportamiento ante sismos, debido a su capacidad de soportar grandes deformaciones sin sufrir colapsos. En estructuras de acero la ductilidad es más pronunciada y más fácil de obtener si se diseñan apropiadamente las uniones y se toman precauciones para evitar fallas frágiles prematuras como las de pandeo local o general. En edificios de concreto se puede lograr también una gran ductilidad en los marcos con un refuerzo transversal abundante en las columnas, con un diseño apropiado de las conexiones y con un dimensionamiento apropiado de las vigas que las haga capaces de soportar grandes rotaciones antes de fallar. La limitación al empleo de marcos en edificios muy altos no es su resistencia sino su excesiva flexibilidad.

A medida que aumenta el número de piso las dimensiones de los elementos quedan restringidas por la limitación en los desplazamientos laterales y el costo de la estructura se ve notablemente incrementado por esta razón y la reducción del espacio útil por el tamaño de las columnas y vigas es considerable, especialmente en estructuras de concreto.

4. Marcos rigidizados

La rigidez de un marco y su capacidad de resistir cargas laterales aumentan fuertemente si algunas de sus crujeas se encuentran rigidizadas por contraventeos o por muros de concreto. El comportamiento de la entera estructura ante cargas laterales se vuelve una combinación de la deformación "de cortante" del marco y de la deformación "de flexión" del muro, fig 1. A cambio de lo anterior, la ductilidad del comportamiento se reduce, por lo cual los reglamentos de diseño sísmico exigen que las estructuras con muros de rigidez se diseñen para fuerzas mayores que la de marcos dúctiles. A medida que la esbeltez del edificio y de sus muros de rigidez se hace muy grande la eficiencia del muro se reduce. Esto se aprecia en los resultados de la fig 2 en que se comparan las deformaciones que, bajo una carga lateral con distribución triangular, sufre un marco típico de edificio con las que tienen cuando a este marco se le agregan muros de rigidez.

Las dimensiones del marco son las apropiadas para resistir las cargas verticales que le corresponden. Se aprecia como las deflexiones laterales del marco crecen rápidamente a medida que aumenta el número de pisos de 5 hasta 25. Estas deflexiones son en todos los casos superiores a las admisibles, por lo tanto habría que incrementar el tamaño de vigas y columnas en forma considerable especialmente en los edificios altos. Cuando los marcos están rigidizados con muros fig 3, las deflexiones son muchas veces menores (20 veces para 5 pisos); sin embargo a medida que aumenta el número de pisos las deflexiones del marco rigidizado crecen también y exceden las permisibles.

Lo anterior se debe a que las deformaciones del muro son las de un voladizo y aumentan rápidamente a medida que crece la esbeltez del mismo reduciéndose así su eficiencia.

Un cuidado importante que hay que tener al estructurar a base de muros de rigidez es la simetría en su colocación. Una disposición asimétrica de muros puede introducir torsiones en la estructura que hagan que su efecto en los muros llegue a ser desfavorable.

La estructuración a base de marcos rigidizados ha sido ampliamente usada en edificios de concreto y acero de muchos pisos pero para edificios muy esbeltos se necesita recurrir a un sistema todavía más rígido.

5. Muros acoplados, macromarcos y núcleos

Existen diversas alternativas para aumentar la rigidez de muros, entre las cuales puede mencionarse la de acoplar dos o más muros por medio de vigas rígidas de manera que los dos muros trabajen casi como una sola unidad de un ancho igual al de la suma de los dos muros más la trabe. La fig 5 muestra la estructuración y el tipo de deformación que se obtiene así como la reducción tan importante que resulta de aumentar la rigidez de la trabe. Uno de los inconvenientes de esta estructuración consiste en las fuerzas excepcionalmente altas que se inducen en la trabe de liga y que pueden provocar que el acoplamiento que produce disminuya para niveles de carga medianos y altos debido a su agrietamiento y a la fluencia del acero.

Otra forma de acoplar los muros y aumentar su rigidez es la de emplear paneles de altura igual a la del entrepiso los cuales hacen que se forme lo que se ha llamado

un macromarco. El aumento en rigidez que con este procedimiento se obtiene depende del número de pisos en que se realice el acoplamiento. Para unas dimensiones particulares este efecto se aprecia en la fig 4 de la que se deduce que, por ejemplo, para 20 niveles, el acoplar los dos muros en el último piso reduce las deflexiones al 60% de la que se tendría si los dos muros estuviesen conectados únicamente por las vigas de piso. Uno de los inconvenientes de esta estructuración es la restricción que los paneles horizontales imponen al proyecto arquitectónico; sin embargo existen seguramente muchos casos en que esta puede integrarse de manera apropiada al proyecto.

La forma más usual de lograr sistemas de muros de gran rigidez en edificios altos es la estructuración de núcleos, generalmente centrales, fig 6. Los cubos de elevadores, escaleras y ductos de servicios se prestan a la colocación de un sistema de muros de grandes proporciones cuya contribución a la rigidez es muy importante. Aunque rara vez se llegue a poder formar cajones cerrados la interacción de muros longitudinales y transversales da lugar a unidades mucho más rígidas que las de muros aislados. El aprovechamiento de estos núcleos para fines estructurales es casi rutinario tanto en edificios altos de concreto como de acero (foto).

6. Tubos y rigidización de fachadas

El siguiente paso en la rigidización de edificios es el del aprovechamiento de los muros perimetrales como una sola unidad estructural, formando un tubo de gran rigidez. Este criterio es el que se ha adoptado en prácticamente todos los edificios muy altos de reciente construcción.

El sistema de tubo, ver ref 10, consiste en colocar una serie de columnas muy poco espaciadas en la fachada, las que se encuentran integradas en la ventanería, conectadas rígidamente a vigas peraltadas de piso y que producen el efecto equivalente casi al de una pared continua, fig 7 (foto).

Otras formas de rigidizar la fachada son a través del empleo de vigas de gran peralte y columnas robustas (foto) obteniendo un efecto semejante al anterior o el de contraventear con diagonales las columnas de la fachada (foto).

La fachada rigidizada o el tubo pueden combinarse con el núcleo central de concreto formado un sistema muy eficiente llamado tubo en tubo fig 8. En edificios muy altos y cuando algunos de los lados es muy largo conviene subdividir el tubo en celdas para evitar las deformaciones locales de la pared (fig 9 y fotos).

7. Otros sistemas

Los anteriores constituyen los que pueden considerarse como los sistemas estructurales básicos para edificios altos. Hay además gran variedad de otras soluciones de uso más particular, algunas asociadas a formas peculiares en planta de los edificios y otras a funciones particulares que deben cumplir las mismas. Cabe mencionar el sistema de pisos suspendidos de un núcleo central, fig 10, en el que se aprovecha la gran capacidad a cargas verticales de los núcleos de concreto para transmitirles todo el peso del edificio, teniendo así una planta con un mínimo de área de elementos estructurales verticales.

8. Comentarios adicionales

Además de la configuración estructural hay otros parámetros de cuya elección depende en forma importante la eficiencia y economía de la estructura. El tipo y calidad de los materiales empleados es uno de los factores importantes.

En concreto reforzado, el empleo de concretos de alta resistencia en columnas permite una reducción importante en sus dimensiones y una economía global considerable en edificios altos. Concretos de 300 y 400 kg/cm² pueden obtenerse comercialmente. El empleo de concretos de alta resistencia en los sistemas de piso no representa ventajas, ya que poco es lo que pueden reducirse las dimensiones de las secciones por este concepto y el costo global es mayor; por el contrario el uso de concretos ligeros disminuye significativamente las cargas en el sistema de piso mismo, en las columnas y en la cimentación y normalmente se obtienen ahorros por este concepto que compensan el costo ligeramente superior del concreto ligero con respecto al de peso normal.

En cuanto al acero de refuerzo, se encuentran disponibles en el mercado aceros con resistencia a la fluencia entre 3 000 y 6 000 kg/cm². Los aceros de alta resistencia permiten secciones menores en los elementos estructurales y dan lugar generalmente a soluciones más económicas. Sin embargo, el aumento en la resistencia va aparejado a una disminución en la capacidad de deformación, por lo cual los aceros de alta resistencia deben emplearse con cuidado en estructuras en las que pueden esperarse altas deformaciones inelásticas, durante sismos por ejemplo.

En lo que respecta los sistemas de piso la solución a base de vigas de acero o con-

creto y losa de concreto es la más usual en edificios altos. En estructuras de concreto es muy común la solución a base de losa plana, generalmente aligerada, por dar lugar a un peralte total menor, por proporcionar una superficie inferior lisa y por ser constructivamente sencilla. El empleo de losa plana en sistemas a base únicamente de columnas y losa en edificios muy altos en zonas sísmicas es debatible debido a que la transmisión de momentos flexionantes y cortantes en la unión viga-columna es menos eficiente que entre viga y columna. Este inconveniente no es importante cuando la resistencia ante cargas laterales se deba esencialmente a la contribución de muros de corte.

9. Conclusiones

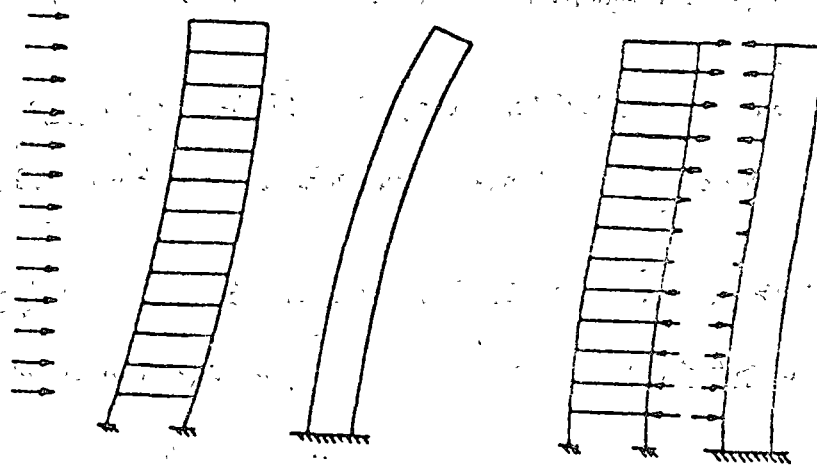
En edificios altos el sistema estructural queda regido principalmente por el efecto de las cargas laterales. Entre las soluciones con que puede contarse hay que elegir aquella que, dentro de las restricciones que el proyecto arquitectónico presente, requiera un mínimo de sobrecosto arriba de lo que sería necesario para resistir las cargas verticales únicamente. El empleo de muros de rigidez en distintas posiciones representa generalmente la forma más económica de absorber las fuerzas laterales en edificios de mediana altura. Para edificios más esbeltos el aprovechamiento de las fachadas para rigidizar y dar resistencia representa la solución más conveniente.

REFERENCIAS

1. L. Robertson "On Tall Buildings" Apéndice II de, Tall Buildings, Editado por A. Coull y B.S. Smith, Pergamon Press, 1967.
2. Mark Fintel "Multistory Structures" Capítulo 10 de Handbook of Concrete Engineering editado por M Fintel, Van Norstrand Reinhold, 1974.
3. Diversos autores "Structural Systems" en Voi la de Planning and Designing of Tall Buildings; Proc. of Int. Conference en Lehigh, 1972.
4. A.T. Derecho "Frame and Frame-Shear Wall Systems" en Response of Multistory Concrete Structures to Lateral Forces Publicación SP-36 del American Concrete Institute, 1973.
5. S.M. Bigg y R.D. Logcher "ICES-STRUDL. Structural Design Language. General Description" Report 67-55, Massachusets Institute of Technology, septiembre 1967.
6. R. Aranda y G. Ayala "Análisis tridimensional de edificios (Adaptación del programa ETABS)" Publicación interna del Instituto de Ingeniería, julio 1976
7. K. J. Bathe, E. L. Wilson y F. E. Peterson "SAP IV: A Structural Analysis Programa for Static and Dynamic Response of Linear Systems". Reporte No 73-11, Earthquake Eng Res Center University California, Berkeley 1973
8. F.R. Kahn y H. S. Iyengar "Optimization Approach fro Concrete High-Rise Structures" en Response of Multistory Concrete Structures to Lateral Forces

Publicación SP-36 del American Concrete Institute, 1973.

9. I.A. MacLeod "Large Panel Structures" Cap 13 de Handbook of Concrete Engineering" editado por M. Fintel, Van Nostrand Reinhold, 1974.
 10. F.R. Kahn "Tubular Structures for Tall Buildings" Cap 11 de Handbook of Concrete Engineering" editado por M. Fintel, Van Nostrand Reinhold, 1974.
-

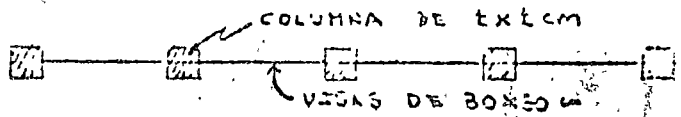
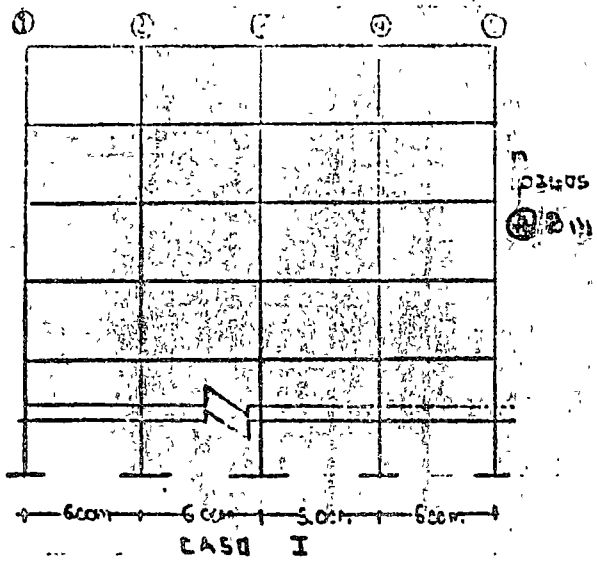


DEFORMACION
DE CORTANTE
DEL MARCO

DEFORMACION
DE FLEXION
DEL MURO

FUERZAS DE
INTERACCION
MARCO MURO

FIGURA 1. CONFIGURACION DEFORMADA DE MARCOS Y MUROS.



PLANTA

DIMENSION DE COLUMNAS

NIVEL	NUMERO TOTAL DE			
	5	10	15	20
1 a 5	40	50	65	75
5 a 10		40	50	65
10 a 15			40	50
15 a 20				40
20 a 25				

DESPLAZAMIENTOS MAXIMOS (cm)

NIVEL	5	10	15	20
Despl. Zonas	12.15	51.43	82.11	137.34

NUMERO DE BARRAS

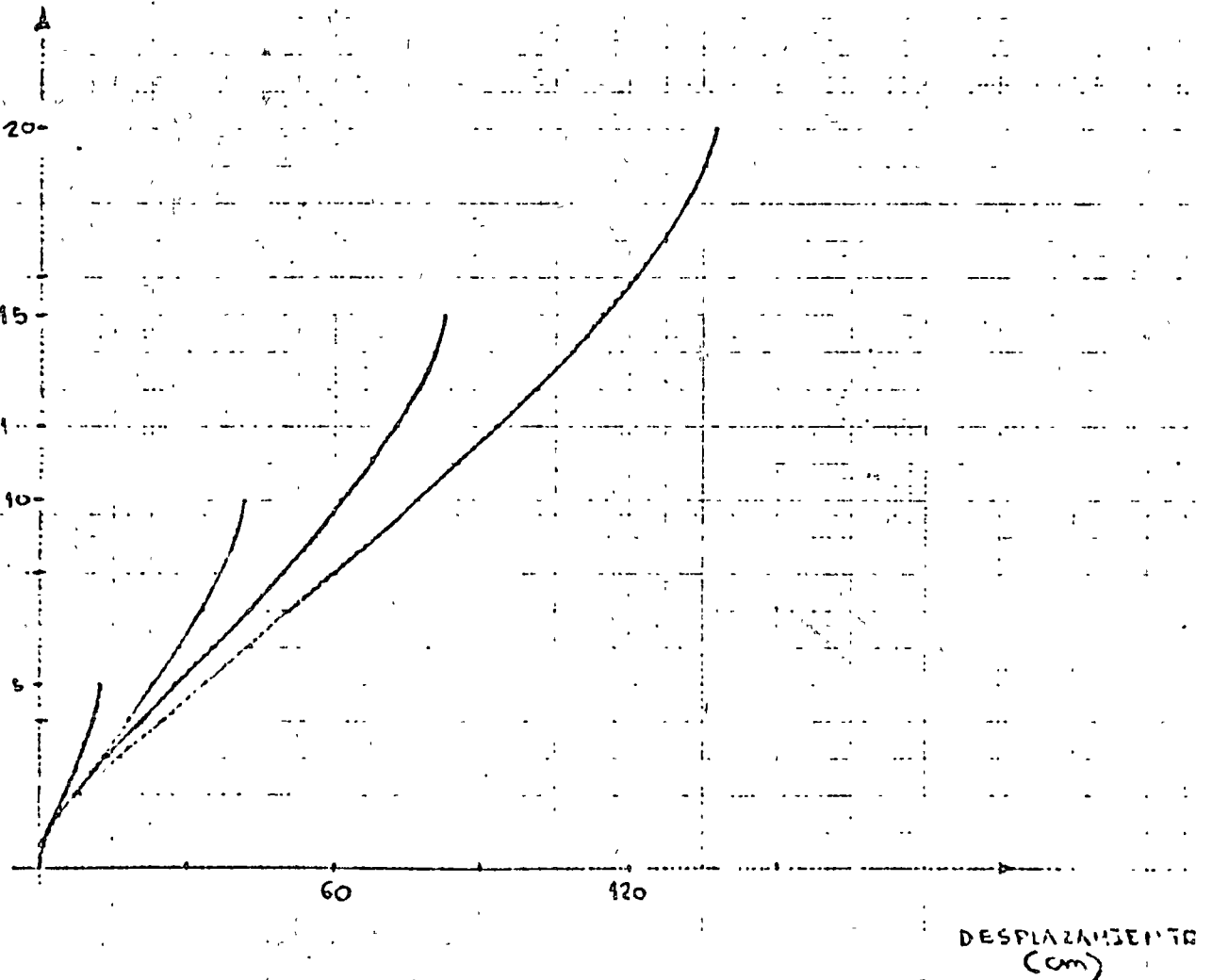
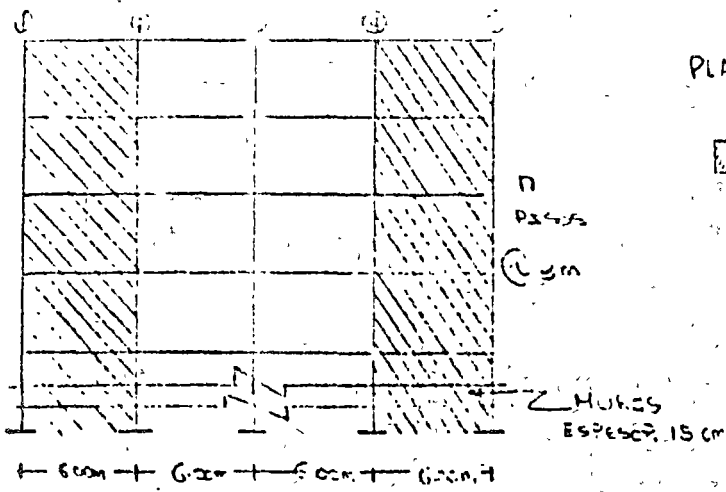
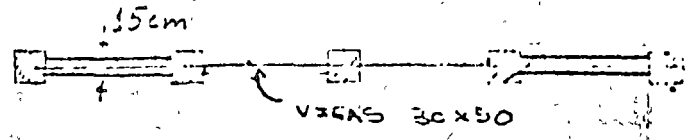


Fig 2. Deformabilidad de marcos ante cargas laterales



PLANTA



Nº NIVEL	NUMERO TOTAL DE PISOS			
	5	10	15	20
1a a 5	40	50	65	75
5a a 10	40	50	65	
10a a 15			40	50
15a a 20				10
20a a 25				

DESPLAZAMIENTOS MAXIMOS

Nº NIVEL	5	10	15	20
δ_p (cm)	.54	4.71	14.7	32.7

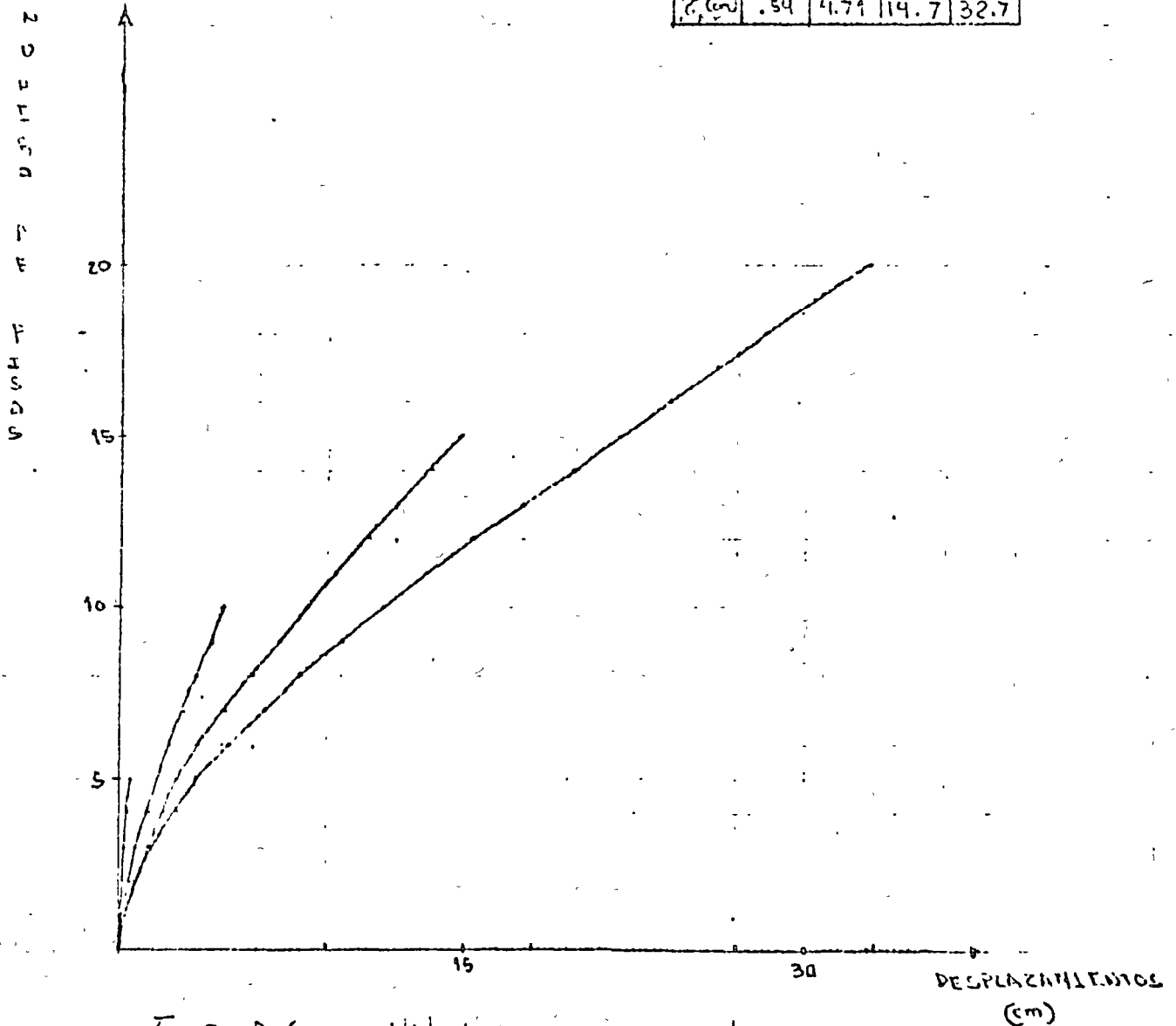
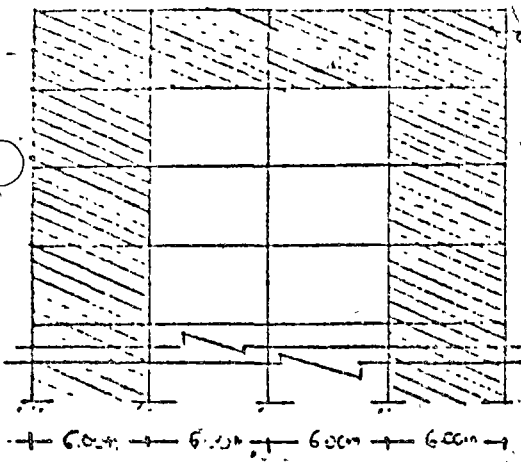
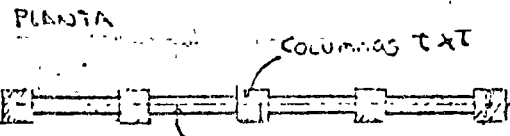


Fig 3 Deformabilidad de marcos rigidizados con muros



CASO III



TRACES 30x50 en todos los niveles, excepto en el último en el que hay un panel empotrado.

DIMENSIONES DE COLUMNAS

N.º DE PISOS	NUMERO TOTAL DE PISOS			
	5	10	15	20
1-5	40	50	65	75
5-10		40	50	65
10-15			40	50
15-20				40
20-25				

Desplazamientos máximos

N.º DE PISOS	DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS			
	5	10	15	20
3 (cm)	.264	.237	0.22	0.53

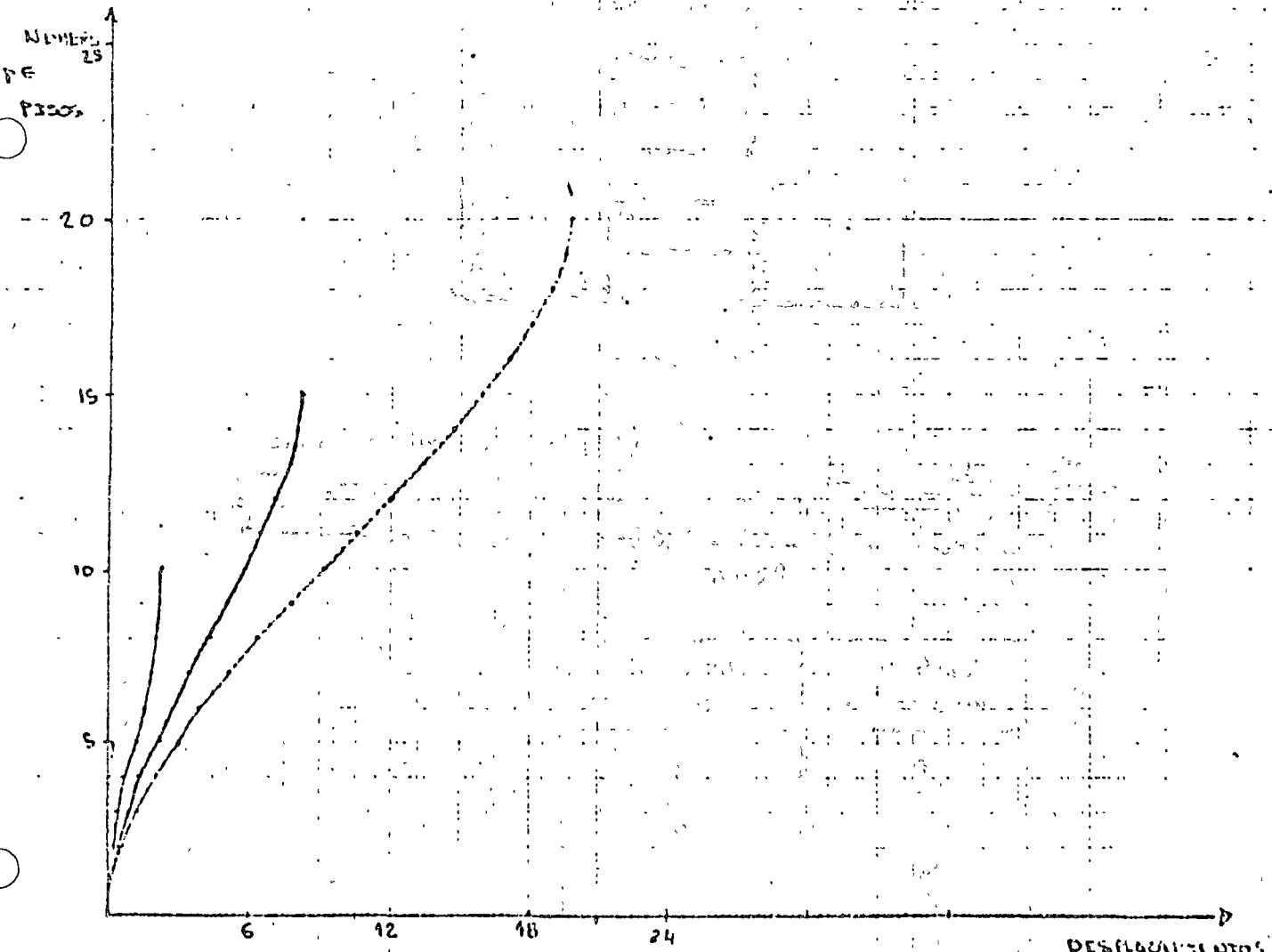
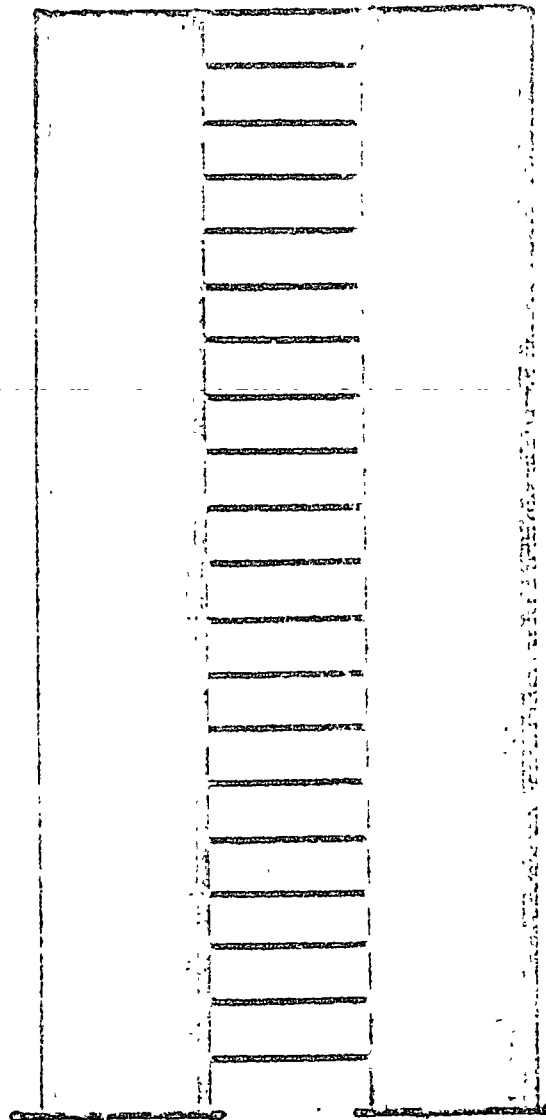
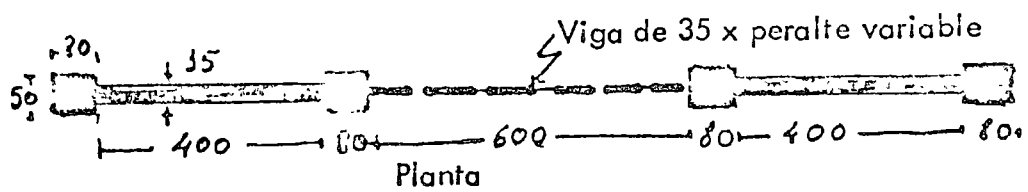


Fig 4. Deformabilidad de un macromarco



20 pisos @ 3m

Elevación



Planta

Peralte de la viga en cm	Deflexión en la punta, cm
0	28
10	27
30	23
50	14
75	9
100	6.5

Fig 5 EFECTO DE LA VIGA DE ACOPLAMIENTO EN LA RIGIDEZ DE MUROS DE CONCRETO

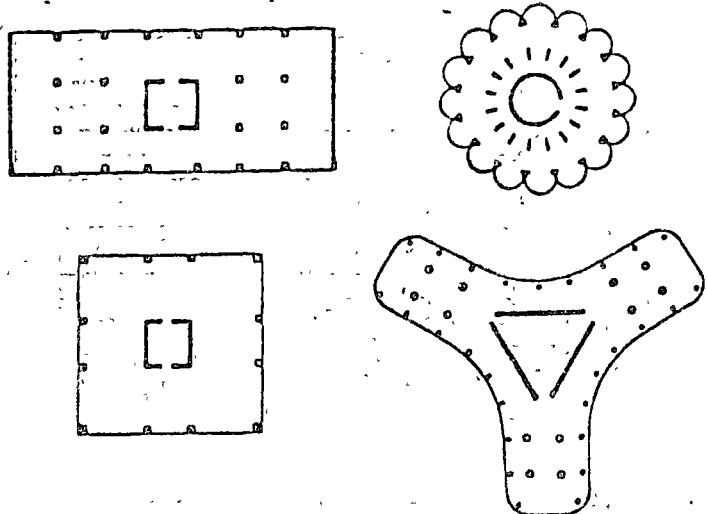


Fig 6 DISPOSICIONES TÍPICAS DE MUROS DE RIGIDEZ

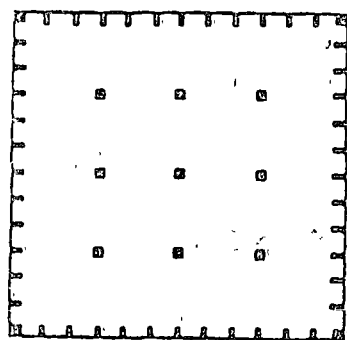


Fig 7 ESTRUCTURACION TIPO "TUBO"

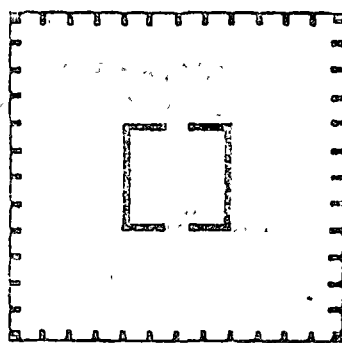


Fig 8 ESTRUCTURACION TIPO "TUBO EN TUBO"

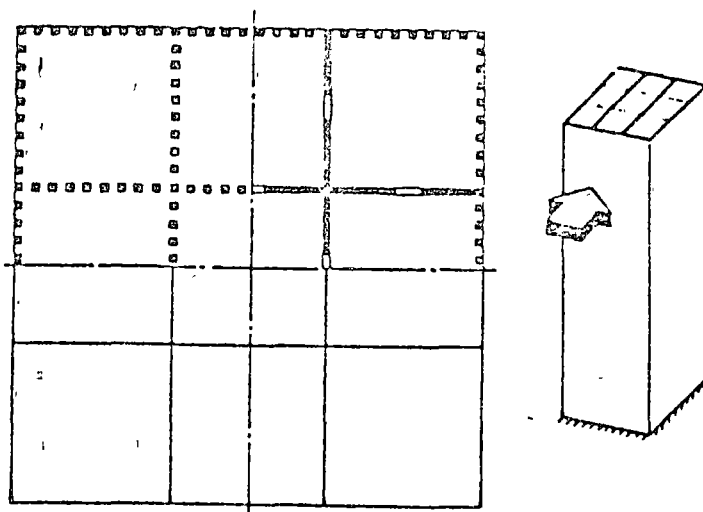
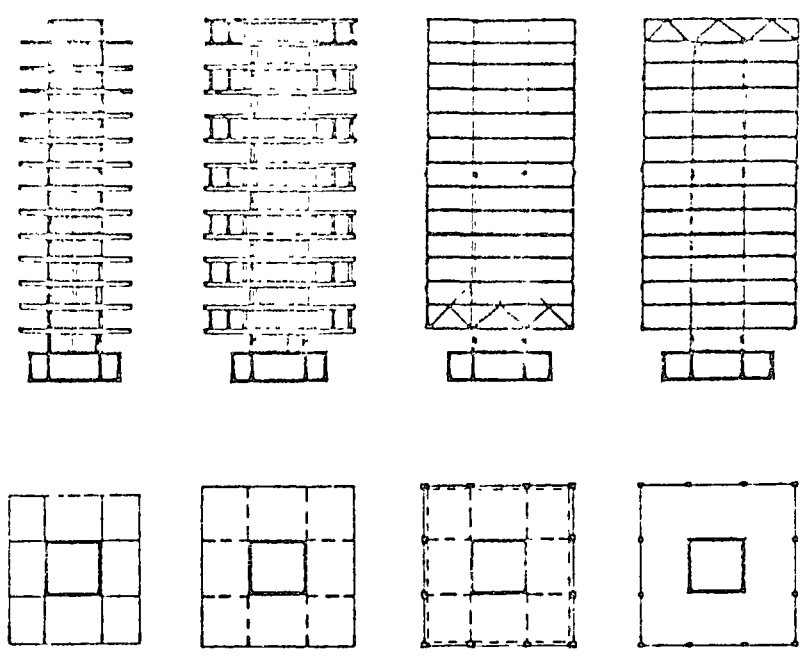


Fig 9 ESTRUCTURACION TIPO "TUBO SUBDIVIDIDO EN CELDAS"

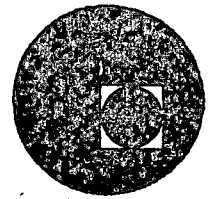


a) PISOS EN CANTILEVER b) PISOS SOPORTADOS EN LA BASE c) PISOS SUSPENDIDOS

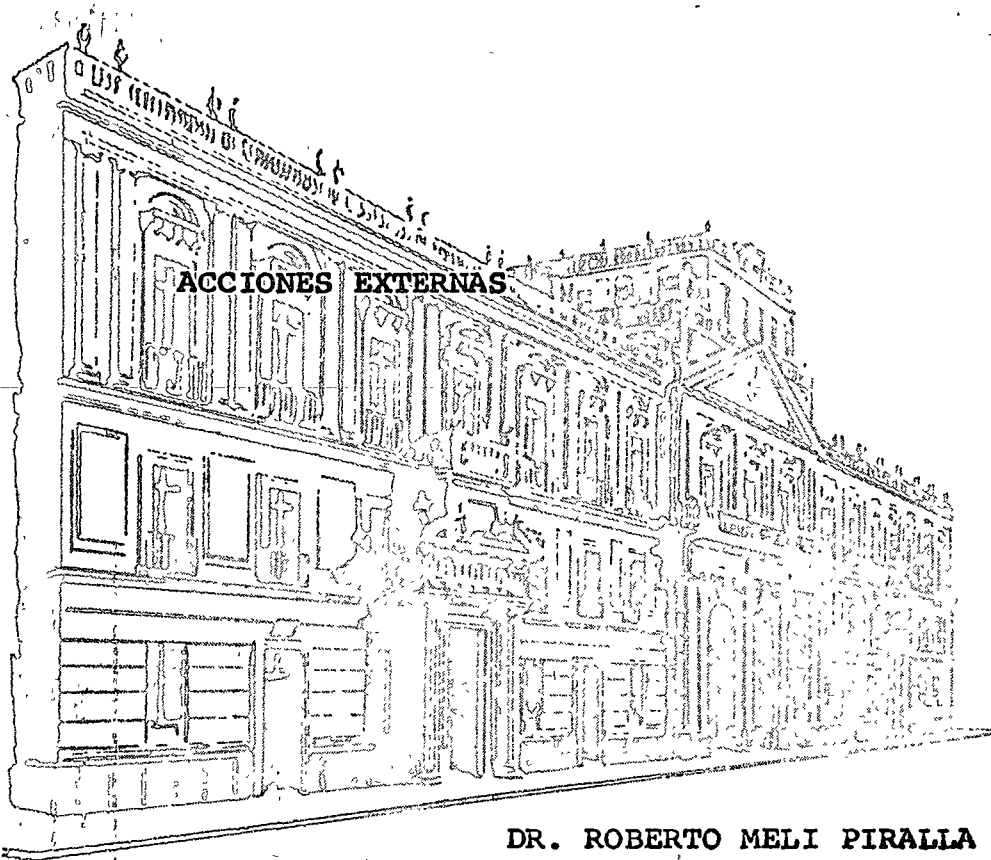
FIGURA 10. DIVERSOS SISTEMAS DE PISOS SUSPENDIDOS DE UN NUCLEO CENTRAL



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



EDIFICIOS ALTOS



DR. ROBERTO MELI PIRALLA

SEPTIEMBRE DE 1976.

STATE OF ...

...

...

...

...



NOTAS PARA EL CURSO SOBRE EDIFICIOS ALTOS
TEMA: ACCIONES EXTERNAS

Por R. Meli

Septiembre, 1976

1. CONCEPTOS GENERALES

Llamamos acciones a los agentes que pueden introducir esfuerzos y deformaciones en una estructura, tales como las cargas, los efectos de sismo, de temperatura, de hundimientos, etc. Una estructura durante su vida útil va a tener que soportar el efecto de diversos tipos de acciones. El diseño estructural tiene como fin el definir la estructura en sus características generales y en sus detalles de manera que, para cada combinación de acciones que pueda llegar a afectarla, la estructura tenga una respuesta (esfuerzo, deformación, daño) que quede dentro de límites considerados aceptables, y esto en la forma más económica posible dentro de las restricciones que el proyecto arquitectónico fija.

El conocer las acciones y su forma de actuar es importante no solo para el proyectista estructural sino también para el arquitecto, que debe definir las características generales de la construcción de manera que esta se preste a una estructuración eficiente.

Obviamente no puede predecirse con precisión, en la etapa de diseño, cuáles serán los valores máximos de las acciones que van a afectar la estructura durante su vida útil; en mayor o menor grado todas las acciones son aleatorias, no solo aquellas que por su carácter son poco predecibles, como los efectos de sismos, sino también aquellas sobre cuyas características se tiene mayor información, como las cargas muertas. Es por lo tanto necesario hacer suposiciones conservadoras acerca de los valores que las distintas acciones puedan adquirir, o sea considerar valores de diseño tales que la probabilidad de que lleguen a excederse sea muy pequeña.

El factor de seguridad global que se toma en el diseño depende de las incertidumbres que se tienen en las distintas etapas del diseño no solo en las cargas sino en el análisis, en las propiedades de los materiales etc. La forma de fijar estos factores de seguridad depende del método de diseño adoptado y del reglamento que debe seguirse y no se tratará aquí.

En cuanto al aspecto específico de las acciones, hay que tomar en cuenta las combinaciones de cargas que pueden presentarse simultáneamente. Desde este punto de vista pueden clasificarse las acciones en tres grupos: Las acciones permanentes, que obran en forma continua sobre la estructura y cuya intensidad puede considerarse constante en el tiempo, como son las cargas muertas y los empujes de tierra.

Por su índole estas acciones deben intervenir en todas las combinaciones que se consideren.

Las acciones variables obran sobre la estructura con una intensidad que varía en forma significativa en el tiempo, como la carga viva y los efectos de temperatura; también estas acciones deben intervenir en todas las combinaciones, pero la intensidad que debe considerársele varía según el tipo de combinaciones; así para superponerse a los efectos de cargas permanentes hay que considerar la intensidad máxima, mientras que sería demasiado conservador el suponer que en un mismo instante actúan simultáneamente diversas acciones variables en su máxima intensidad y menos aún que actúan estas junto con acciones accidentales máximas; para estos últimos tipos de combinaciones se emplean intensidades reducidas de las acciones variables.

Las acciones accidentales pueden tomar valores significativos solo durante lapsos muy pequeños, como los efectos de sismo o viento. Estas acciones deben considerarse en el diseño con la intensidad máxima que puede esperarse pero nunca se considerará más de una acción accidental en una combinación dada.

Los reglamentos fijan los criterios y los valores que deben tomarse para las acciones de diseño. Sin embargo mucho queda a criterio del proyectista en la determinación de los valores de diseño. En lo que sigue se describirán brevemente los aspectos que hay que tomar en cuenta al fijar las cargas de diseño con énfasis en los que adquieren importancia en los edificios altos.

2. CARGAS GRAVITACIONALES

Cargas muertas. Las cargas muertas son las que se deben al propio peso de la construcción, incluyendo la estructura, los acabados y las instalaciones. Suele pensarse que estas cargas pueden estimarse con un alto grado de aproximación. Esto es bas-

tante cierto en lo que respecta al peso de la estructura, mientras que se pueden tener variaciones muy grandes en los pesos de los elementos no estructurales frecuentemente por la falta de definición en la etapa de diseño estructural de los acabados, elementos divisorios y las instalaciones. Se han medido en edificios cargas muertas hasta 30% mayores que las consideradas en el diseño. En los edificios altos, las diferencias en las cargas muertas pueden representar varias decenas de toneladas en el diseño de la cimentación o de las columnas de planta baja. Es importante por lo tanto una coordinación entre proyectista arquitectónico y estructural para que este último cuente con la información oportuna.

Cargas vivas. Estas son las debidas al funcionamiento de la construcción (amueblado, personas, etc); su variabilidad es mucho mayor que la de la carga muerta. Los valores que fijan los reglamentos para diseño varían según el destino de la construcción, según el área tributaria y de acuerdo con la combinación de acciones que se esté considerando.

Para el diseño de un elemento local de área tributaria relativamente pequeña hay que tomar en cuenta la posibilidad de concentraciones muy grandes de carga (en una escalera por aglomeración de personas o en una oficina en cuanto a la posibilidad de que esta se use como archivo). A medida que el área tributaria aumenta, la probabilidad de que se aplique una carga muy grande sobre toda esta área disminuye y por lo tanto las cargas unitarias que deben suponerse para el diseño se reducen. El reglamento propuesto para el D.F. especifica el siguiente valor de la carga viva uniforme en edificios de oficina y habitación; ver tabla 1;

$$w = 120 + 420 / \sqrt{A} \text{ en kg/m}^2$$

De acuerdo con ello para una viga que soporte un área tributaria de 4 m^2 la carga viva correspondiente es de 330 kg/m^2 y para una columna de planta baja en un edificio alto que reciba carga de un área tributaria de 400 m^2 solo se deben considerar 140 kg/m^2 .

Por las razones expuestas anteriormente, la carga viva que se considera para superponer a los efectos de sismo es menor que la máxima. El reglamento del D.F. especifica para edificios de oficinas y habitación, 90 kg/m^2 .

En los edificios altos existen casi siempre cargas importantes que no están cubiertas por la carga viva especificada, como son las debidas a equipos de aire acondicionado y de elevadores, tanques para agua, cajas de seguridad y archivos de grandes proporciones, etc. Es necesario que estas cargas estén especificadas oportunamente para que el proyectista pueda considerarlas en el diseño de los elementos locales que deben soportarlas y en el de la estructura en su conjunto.

Ocurre con cierta frecuencia que el destino de algunos locales cambie con el tiempo con respecto al originalmente supuesto en el proyecto. En este caso será responsabilidad del ocupante y el propietario que no se excedan las cargas vivas de diseño, pero es importante que estas estén claramente especificadas en los planos.

3. EFECTOS DE VIENTO Y SISMO

Viento. En las zonas sísmicas el diseño por sismo cubre generalmente el efecto de viento en edificios y el diseño para este efecto solo es necesario en casos excepcio

nales. En regiones donde el sismo no es un factor crítico en el diseño, el efecto de viento debe considerarse en cuanto a los esfuerzos que genera en la estructura y en cuanto a la rigidez que debe darse a esta para limitar su vibración ante vientos intensos.

El efecto de viento se toma en cuenta generalmente en edificios con un diseño estático a través de una presión lateral por unidad de área expuesta en fachada; esta presión varía con el cuadrado de la velocidad del viento de diseño. La velocidad del viento de diseño depende de la región en que esté ubicada la estructura (ver tabla 2) y es mayor en las zonas costeras debido a la posibilidad de ocurrencia de ciclones; depende también de la topografía del terreno circundante el edificio; es mayor si este se encuentra en un promontorio que en una depresión; la velocidad de diseño aumenta también con la altura a partir del nivel del terreno.

En edificios muy esbeltos el procedimiento estático no es suficiente debido a que por sus períodos naturales muy altos pueden producirse oscilaciones importantes que incrementen los efectos estáticos. Por esta razón el reglamento del D.F. especifica que debe realizarse un análisis dinámico para edificios en que la relación de altura a dimensión mínima en planta sea mayor que 5 y que además tengan una altura mayor de 60 m o un período natural mayor de 2 seg. A falta de este análisis dinámico se exige que se incrementen en 30% las velocidades que se emplean en el análisis estático.

En estructuras excepcionalmente grandes o para formas muy peculiares, puede resultar necesario un estudio en túnel de viento para definir la distribución de presiones y el comportamiento dinámico.

Para el diseño local de elementos pequeños hay que tomar en cuenta el efecto de ráfaga; esto es importante en el diseño de antenas y otros apéndices y se toma en cuenta con un incremento también de 30% en la velocidad de diseño.

Para un tratamiento más amplio del tema véase la propuesta de reglamento y sus comentarios, así como la ref 4.

Sismo. Las acciones que un sismo introduce en una estructura dependen de una interacción compleja entre los posibles movimientos de la corteza terrestre, las características del subsuelo sobre el que está desplantada la estructura y las propiedades de la estructura misma. Un tratamiento detallado del diseño sísmico sobrepasa en mucho el alcance de esta plática. Solo nos limitaremos a señalar los factores que más influyen el comportamiento sísmico y, en forma somera, cómo estos deben considerarse en el diseño.

El riesgo sísmico de una localidad, depende de las intensidades que puedan alcanzar localmente los temblores que pueden generarse no solo en las zonas cercanas sino también a distancias grandes. Desde el punto de vista del riesgo sísmico la república mexicana se considera dividida en cuatro zonas, fig 1.

Las características del movimiento del terreno en un predio dado dependen de las condiciones del subsuelo local. Así la existencia de un manto importante de terreno blando puede amplificar los movimientos sísmicos, aumentando los periodos dominantes y los desplazamientos del terreno. El Distrito Federal se considera dividido en cuatro zonas en cuanto a las características locales del terreno en lo que concierne a su influencia en el movimiento sísmico, fig 2.

La respuesta de una estructura al movimiento del terreno por sismo depende de sus características dinámicas, en particular su respuesta será más intensa mientras más se asemeje el periodo fundamental de vibración de la estructura a los periodos dominantes del movimiento del suelo. Este efecto está representado en los espectros de diseño, fig 3, que especifican las aceleraciones para las que hay que diseñar las estructuras según su periodo. Estos espectros son distintos según la región y el tipo de suelo.

Los criterios de los reglamentos modernos aceptan que, bajo el efecto del sismo de diseño, la estructura sobrepase el intervalo lineal de esfuerzos y pueda entrar en etapas inelásticas, sufrir daños locales y aún estructurales con tal que no sufra colapso y que no se vea afectada su capacidad para soportar acciones posteriores.

Con estas bases el énfasis se pone en proporcionar una estructura que sea capaz de disipar el movimiento del suelo en forma económica; esta capacidad depende en forma importante de su ductilidad o sea de la capacidad de soportar deformaciones grandes antes de fallar. Un ejemplo límite de comportamiento muy dúctil es el de una estructura de acero con las juntas bien diseñadas para continuidad y un ejemplo de una estructura muy frágil es el de una construcción con muros de carga de tabique sin reforzar. La resistencia que debe tener una estructura para soportar un sismo sin fallar se reduce drásticamente si esta es capaz de soportar deformaciones importantes. Por esta razón los reglamentos fijan fuerzas de diseño distintas según la ductilidad que puede esperarse de un determinado tipo de estructura, fig 4. En el reglamento propuesto para el D.F. se admiten factores de reducción hasta de seis para estructuras de acero bien detalladas. Como se aprecia en la fig 4, la reducción de

las fuerzas sísmicas por ductilidad es importante en estructuras flexibles, como son todos los edificios altos, y poco relevante en estructuras rígidas.

En el diseño sísmico no basta con asegurar que la estructura soporte el sismo de diseño sin colapso, hay que procurar que ante los sismos que ocurren con mayor frecuencia, tenga la rigidez suficiente para que sus movimientos no produzcan daños en los elementos no estructurales que afecten el funcionamiento y ocasionen pánico en los ocupantes. Para esto se fijan desplazamientos admisibles en la construcción. Este factor rige con frecuencia la estructuración y las dimensiones de los elementos estructurales en edificios altos como se verá en el tema siguiente. Para el cálculo de las deflexiones laterales no pueden aplicarse las reducciones por ductilidad admitidas para la revisión de la resistencia. Las deflexiones admisibles varían según el tipo de acabados y elementos no estructurales que esta contenga. En edificios altos resulta siempre conveniente el tomar precauciones para que los elementos frágiles y poco deformables estén desligados de la estructura para que no se vean afectados por el movimiento de ésta.

El procedimiento más conocido de análisis sísmico es el método estático en el que el efecto del sismo se representa por un sistema de fuerzas laterales aplicadas en cada piso y crecientes con la altura. Este procedimiento da resultados generalmente muy conservadores en edificios altos y su empleo no es permitido en edificios cuya altura excede de 60 m, en los que es obligatorio un análisis dinámico, generalmente un análisis modal, para el que es necesario determinar los primeros modos de vibración de la estructura y superponer la respuesta ante distintos modos de vibración.

Para un tratamiento más amplio del tema, véase el reglamento propuesto y sus comentarios, así como las refs 5 y 6.

4. OTRAS ACCIONES

Temperatura. En edificios muy altos pueden introducirse esfuerzos importantes, y puede verse afectado el funcionamiento de la estructura y su seguridad, por efectos de cambios de temperatura. Un caso particularmente crítico es aquel en que los elementos estructurales están expuestos en fachada y por lo tanto sujetos a una variación severa de temperatura, mientras que los elementos interiores están sujetos a una temperatura aproximadamente constante, especialmente si hay aire acondicionado en el edificio.

Los acortamientos y alargamientos de las columnas expuestas pueden introducir esfuerzos y distorsiones importantes especialmente en estructuras de acero, cuando este material no se encuentre protegido por un recubrimiento. En estructuras de concreto este efecto es de mucho menor importancia, sin embargo sumado a los efectos de contracción y flujo plástico del concreto puede provocar esfuerzos dignos de tomarse en cuenta en el diseño. Para un tratamiento detallado de los métodos de diseño véanse las refs 7 y 8.

Incendio. La posibilidad de incendio dista de ser remota en cualquier edificio. Los edificios altos se caracterizan por la dificultad de combatir el incendio desde afuera debido al difícil acceso a las posibles zonas afectadas y por la lentitud y dificultad de la evacuación. Es por lo tanto importante reducir al mínimo el riesgo de incendio, contar con los dispositivos que permitan combatirlo desde adentro, diseñar

barreras al fuego y vías de escape seguras a los ocupantes, pero también diseñar la estructura para que sea capaz de soportar temperaturas muy altas durante un tiempo considerable como el que puede requerirse para la evacuación y el control del incendio. La especialidad de ingeniería contra incendios se ha desarrollado muy rápidamente en fechas recientes. Un tratamiento amplio del tema puede encontrarse en la ref 9.

REFERENCIAS

1. Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y Comentarios al mismo. Se publicará probablemente en 1976.
2. R. Meli "Bases para los criterios de diseño estructural del proyecto de reglamento de construcciones para el Distrito Federal". Ingeniería, Vol XLVI No 2 Abril 1976.
3. E. Rosenblueth "Safety and Structural Design" Cap 6 del Vol 1 de Reinforced Concrete Engineering, editado por B Bresler
4. A. G. Davenport "The Treatment of Wind Loading on Tall Buildings" en Tall Buildings ed por Coull y Stanford Smith, Pergamon Press, 1967.
5. N. M. Newmark y E. Rosenblueth "Fundamentals of Earthquake Engineering" Prentice Hall, 1971.
6. A. T. Derecho y M. Fintel "Earthquake Resistant Structures" cap 12 de Handbook of Concrete Engineering, editado por M. Fintel, Van Nostrand Reinhold, 1974.
7. L. Y. Huang "Temperature Loads" en Planning and Design of Tall Buildings Vol 1b Proc of Int Conference at Lehigh, 1972.
8. American Concrete Institute "Design for effects of Creep, Shrinkage and Temperature in Concrete Structures" Publ. No SP-27, 1971.
9. O. Pettersson "Fire Engineering Design of Tall Buildings" en Planning and Design of Tall Buildings, Vol 1b, Proc of Int. Conference at Lehigh, 1972

TABLA 1

CARGAS VIVAS DE DISEÑO SEGUN EL NUEVO REGLAMENTO DEL D.F.

DESTINO DEL PISO O CUBIERTA	Intensidad máxima	Intensidad reducida
Habitación u oficinas	$120 + 420/\sqrt{A}$	90
Comunicación para peatones (pasillos, escaleras, rampas, vestíbulos y pasajes de acceso libre al público)		
Cuando sirven a no más de 200 m ² de área habitable	$150 + 200/\sqrt{A}$	150
Cuando sirven a un área habitable entre 200 y 400 m ²	$150 + 400/\sqrt{A}$	150
Cuando sirven a más de 400 m ² de área habitable o a un lugar de reunión	$150 + 600/\sqrt{A}$	150
Cubiertas y azoteas con pendiente no mayor de 5%	100	70
Garajes y estacionamientos para automóviles exclusivamente	150	100

Cargas en kg/cm²

A: área tributaria en m²

TABLA 2

DISEÑO DE EDIFICIOS POR VIENTO SEGUN EL REGLAMENTO PARA EL DISTRITO FEDERAL, 1976

$$p = 0.0055 cV^2$$

p Presión o succión del viento, en kg/m²

c Factor de empuje
 0.75 presión del lado de barlovento
 0.68 succión del lado de sotavento
 1.43 para valuación de la fuerza lateral total sobre el edificio

V Velocidad de diseño, en km/hora

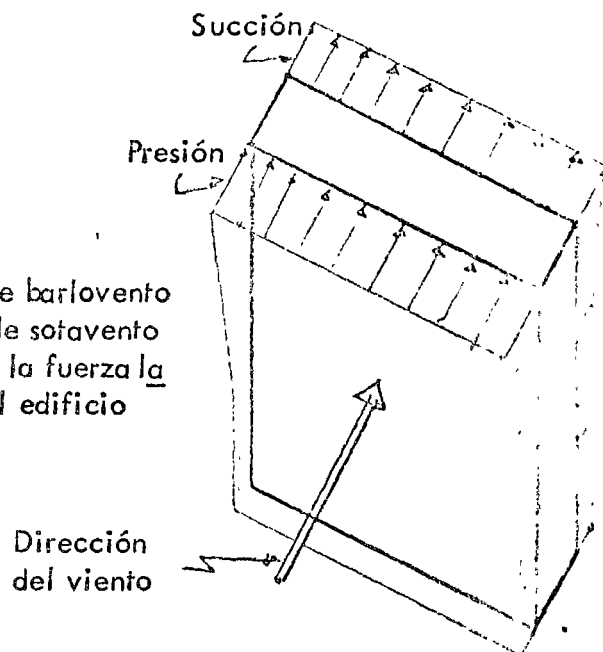
$$V = k_1 k_2 V_0$$

V₀ = 140 km/hora, excepto en una faja de 150 km de ancho a lo largo de las costas y en las penínsulas de Baja California y Yucatán en las que se tomará V₀ = 170 km/hora y en el Valle de México en que V₀ = 100 km/h.

La velocidad de diseño a una altura z (en m) sobre el terreno se obtendrá multiplicando V₀ por (z/10)^α

α y k₁ se toman de la tabla siguiente y k₂ se toma igual a 1 para las construcciones usuales y a 1.2 para las de excepcional importancia.

TOPOGRAFIA	k ₁	α
Muy accidentada, como en el centro de ciudades importantes	0.70	0.35
Zonas arboladas, lomeríos, barrios residenciales o industriales	0.80	0.25
Campo abierto, terreno plano	1.00	0.15
Promontorios	1.20	0.15



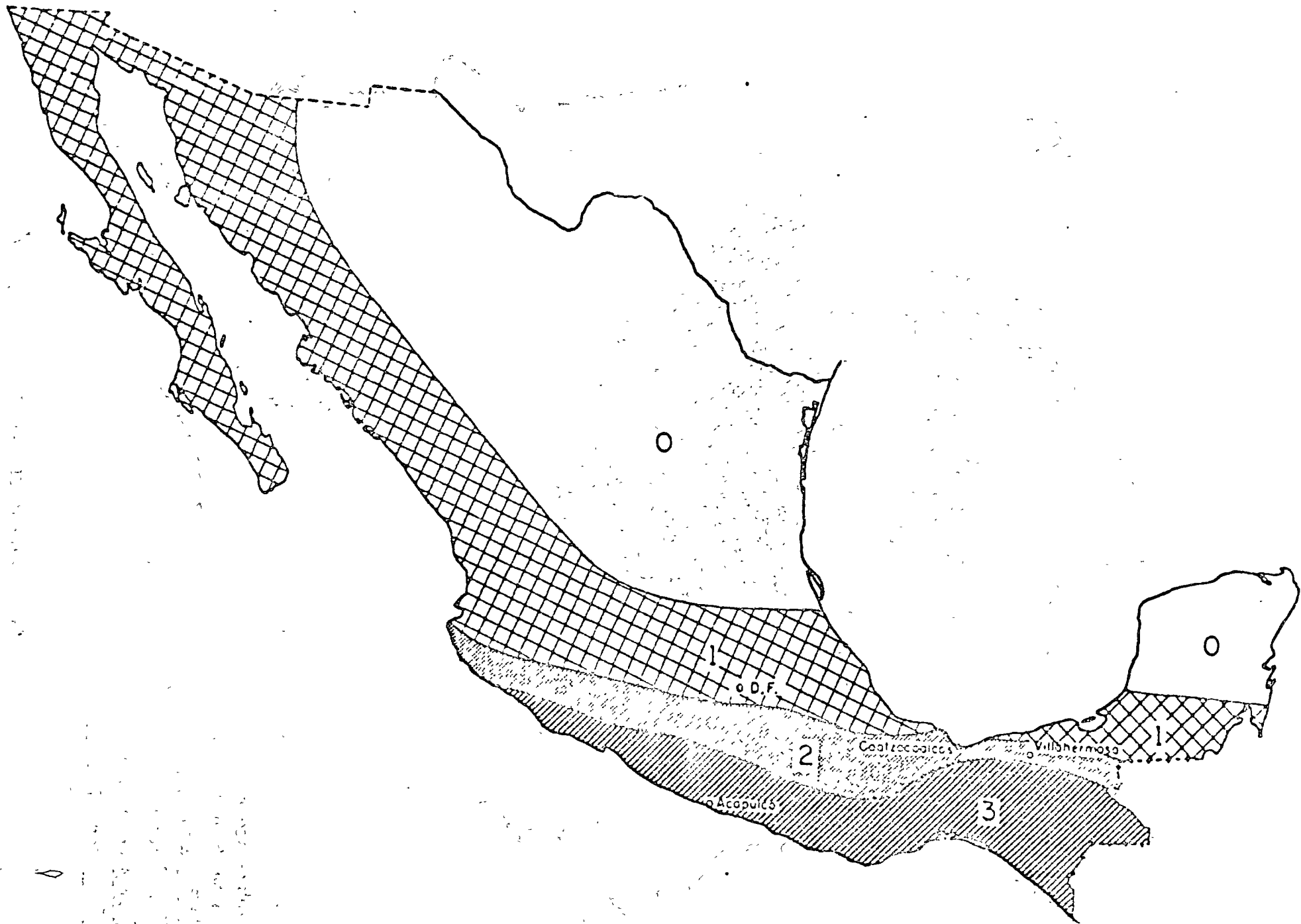


Fig 1 ZONIFICACION SISMICA DE LA REPUBLICA MEXICANA

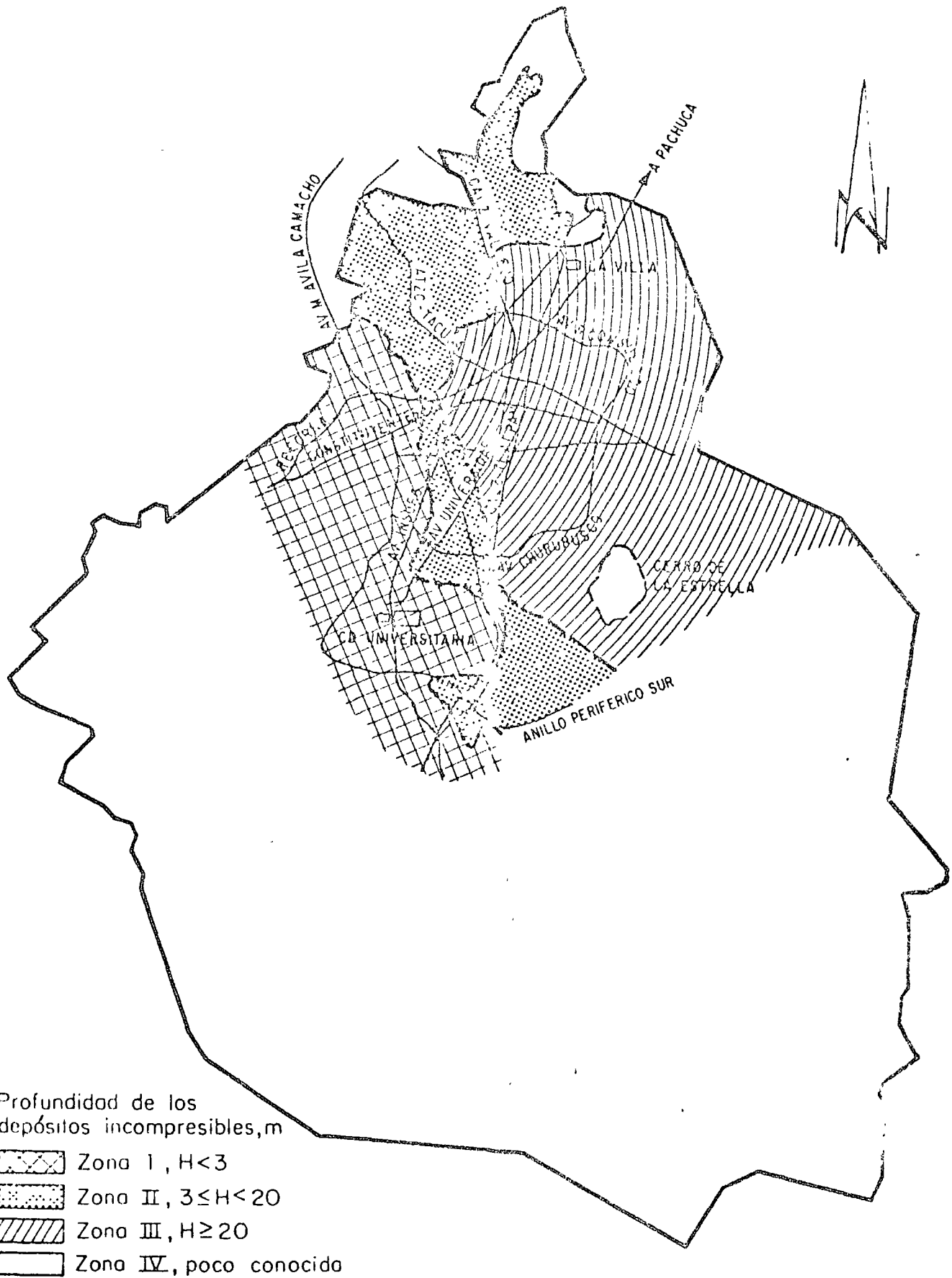


Fig 2 Zonificación del Distrito Federal

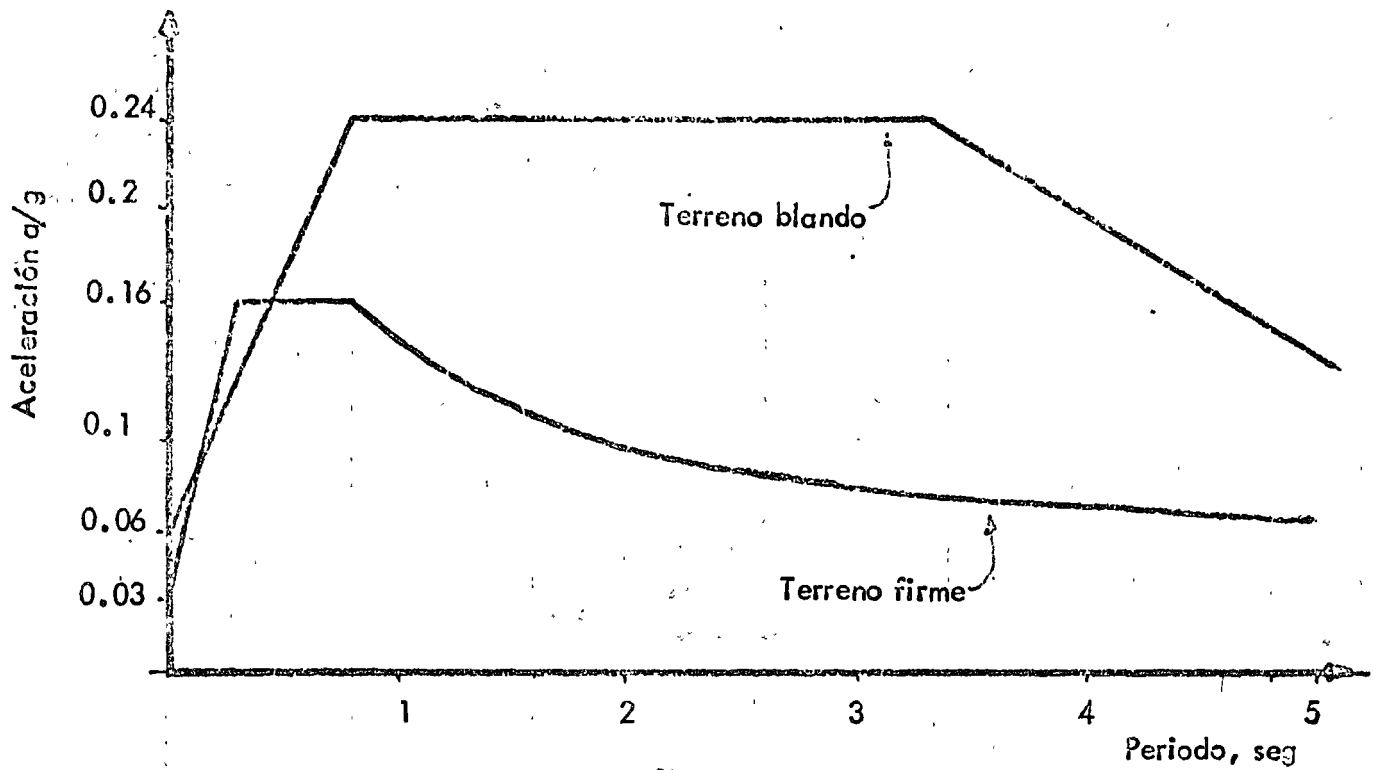


Fig 3 ESPECTROS DE DISEÑO PARA EL DISTRITO FEDERAL

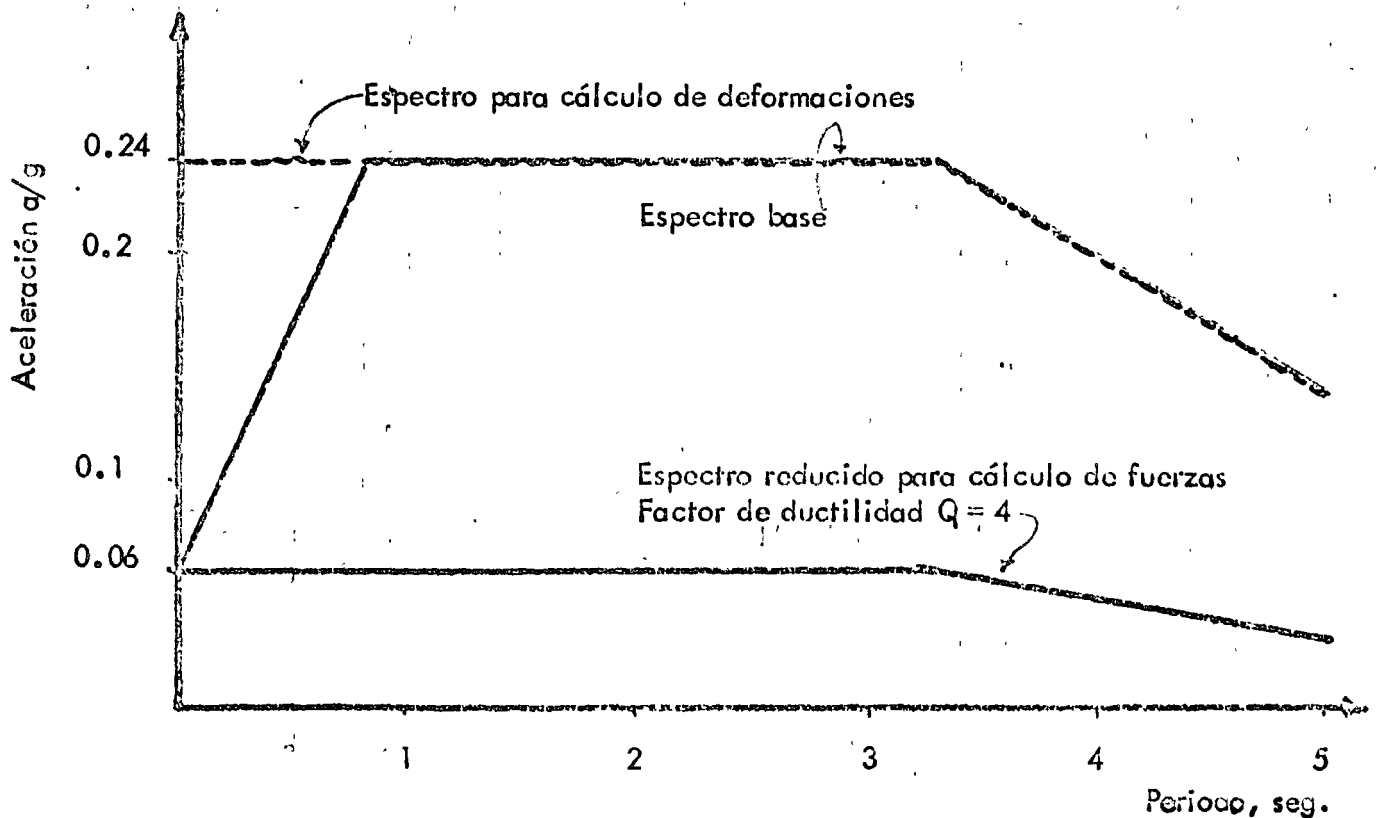
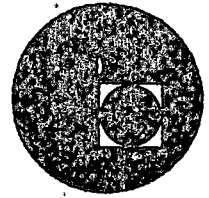


Fig 4 ESPECTRO REDUCIDO POR DUCTILIDAD (Terreno Blando)



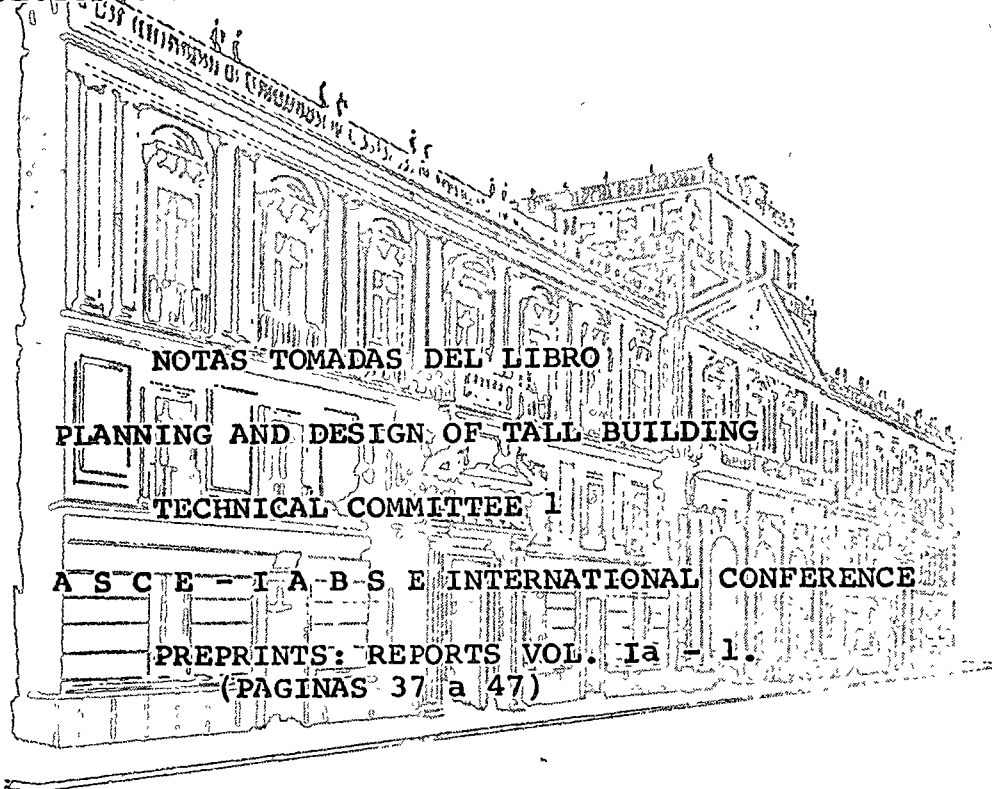


centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



EDIFICIOS ALTOS

ASPECTOS GENERALES SOBRE PROYECTO, DISEÑO Y CONSTRUCCION



PROPORCIONADO POR: DR. OSCAR M. GONZALEZ CUEVAS

SEPTIEMBRE DE 1976.

Centro de Educación Comunitaria

El Centro de Educación Comunitaria es una institución que tiene como objetivo principal promover el desarrollo integral de la comunidad a través de la educación, la cultura y el deporte.



Fecha: 15 de mayo de 2023

Señor/a [Nombre],

Por medio de la presente,

informo a usted que el día [Fecha] se llevará a cabo una reunión de trabajo.

La reunión tendrá lugar a las [Hora] en el [Lugar].

Se espera su puntual asistencia para tratar los temas que se abordarán.

Atentamente,

[Firma]

Se adjunta a esta comunicación el programa de actividades.

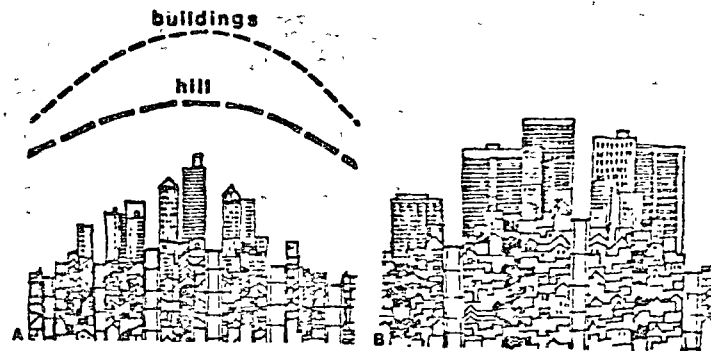
Quedo a su disposición para cualquier consulta.

Fundamental Principles for Major New Development

These fundamental principles and their illustrations reflect the needs and characteristics with which this Plan is concerned, and describe measurable and critical urban design relationships in major new development.

1

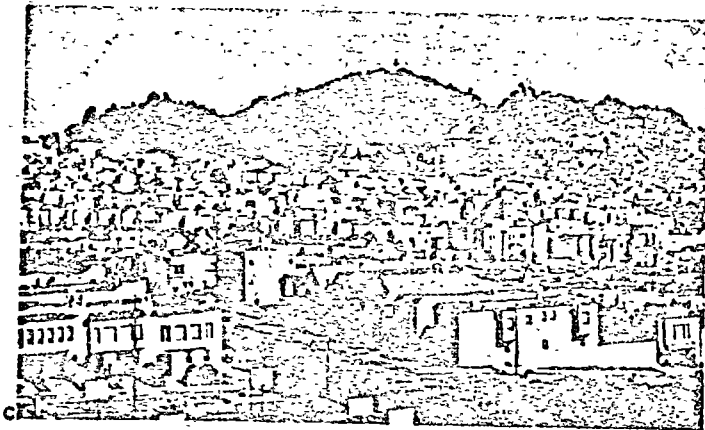
The relationship of a building's size and shape to its visibility in the cityscape, to important natural features and to existing development determines whether it will have a pleasing or a disruptive effect on the image and character of the city.

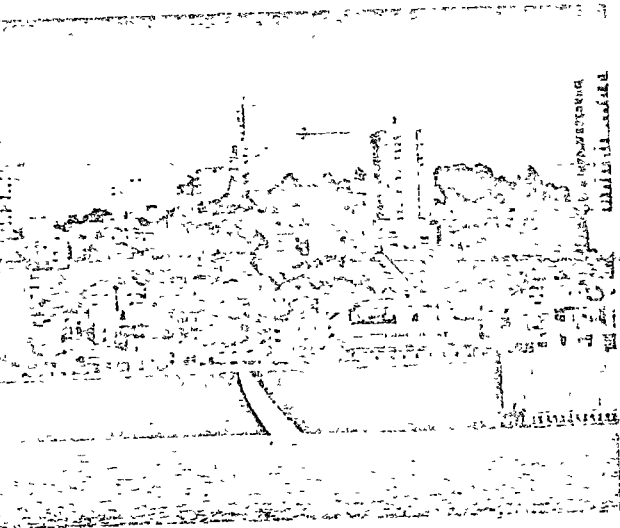


A: Tall, slender buildings near the crown of a hill emphasize the form of the hill and preserve views.

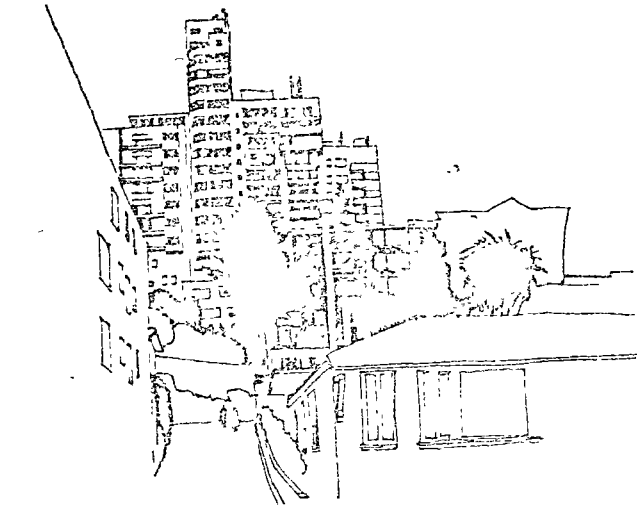
B: Extremely massive buildings on or near hills can overwhelm the natural land forms, block views, and generally disrupt the character of the city.

C: Low, smaller-scale buildings on the slopes of hills, at their base and in the valleys between complement topographic forms and permit uninterrupted views.





D: Low buildings along the waterfront contribute to the gradual tapering of height from hilltops to water that is characteristic of San Francisco and allows views of the Ocean and the Bay.



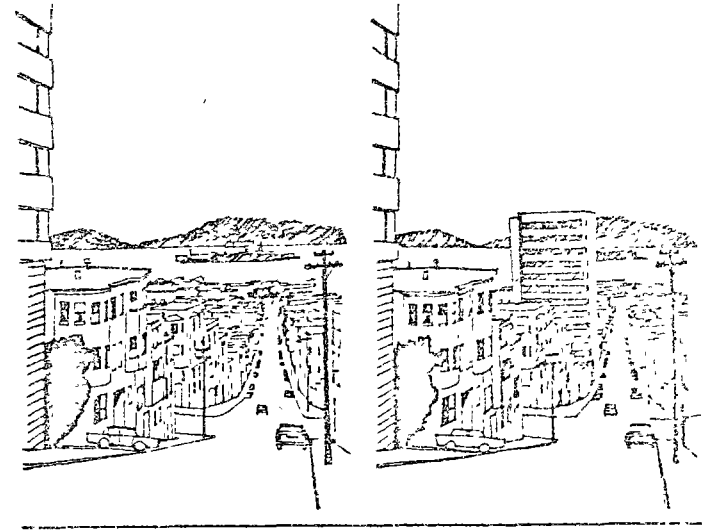
E: Larger, taller buildings can blend pleasantly with small scaled areas if the change in scale is not excessive and if their form or surface pattern is articulated to reflect the existing scale.

2

Building siting and massing with respect to street pattern influence the quality of views from street space.

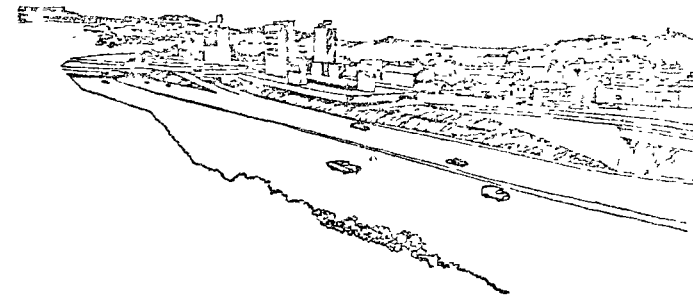
A: Tall buildings on the tops of hills allow clear views down streets.

B: Tall buildings on slopes of hills severely restrict views from above.

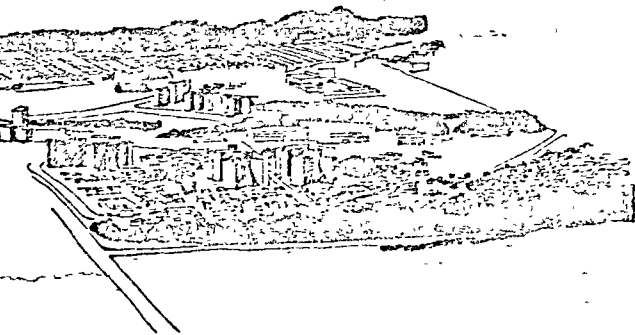
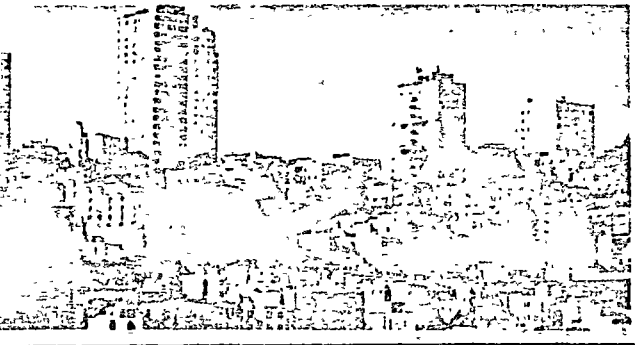


3

Clustering of larger, taller buildings at important activity centers (such as major transit stations) can visually express the functional importance of these centers.



THEME REPORT



4

The relationship between areas of low, fine-scaled buildings and areas of high, large-scaled buildings can be made more pleasing if the transition in building height and mass between such areas is gradual.

5

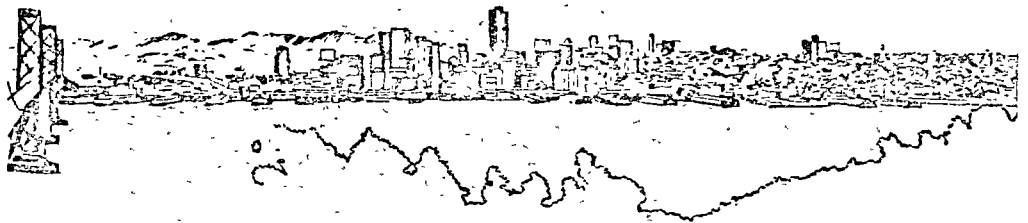
Taller or more visually prominent buildings can provide orientation points and increase the physical distinction, variety and contrast of large areas with similar streets and buildings, particularly areas of unrelieved monotony.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS

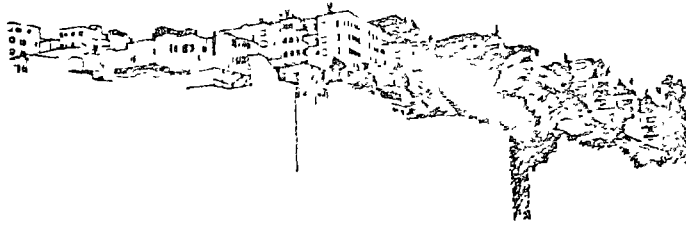


6

When highly visible buildings are light in color, they reinforce the visual unity and character of the city.

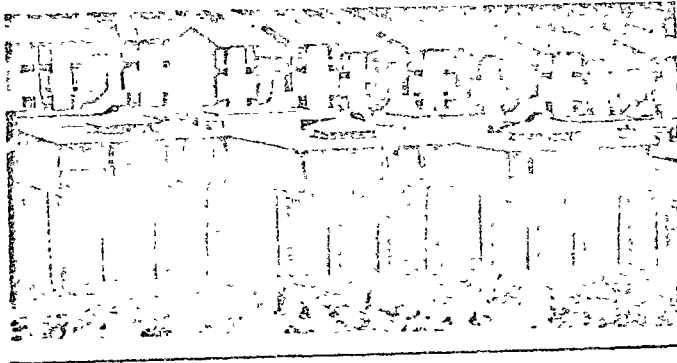


THEME REPORT

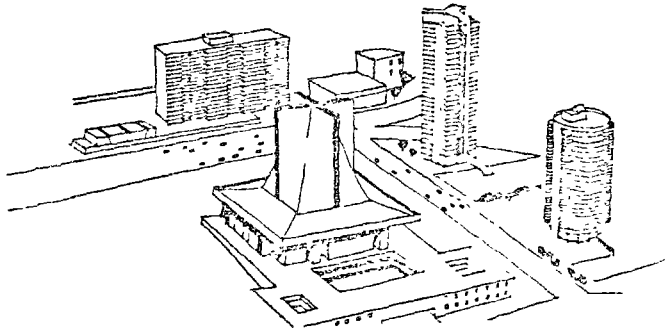


Buildings which meet the ground and reflect the slope of the hill relate to the land form.

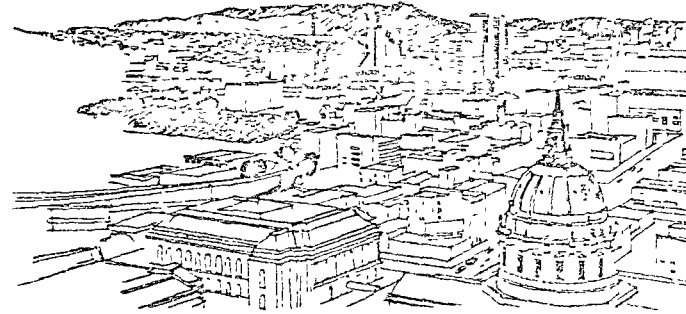
Buildings on the downhill side of streets placed on stilts do not relate to the ground visually and create useless, unattractive space beneath.



The use of unusual shapes for tall office, hotel or apartment buildings detracts from the clarity of urban form by competing for attention with buildings of greater public significance. The juxtaposition of several such unusual shapes may create visual disorder.



ENVIRONMENTAL SYSTEMS



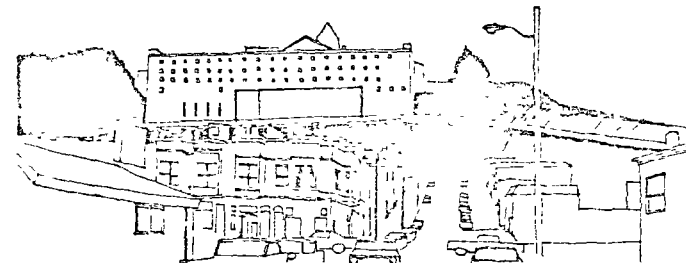
9 Unique building forms can appropriately signify major community facilities.

COMMENT: The distinctive forms of Cathedral Hall and St. Mary's Cathedral clearly indicate their public importance.



10 Major public buildings of symbolic importance may be appropriately located in high visible settings.

COMMENT: Major public buildings have traditionally been placed at the focus of street views, provided they do not block off views.



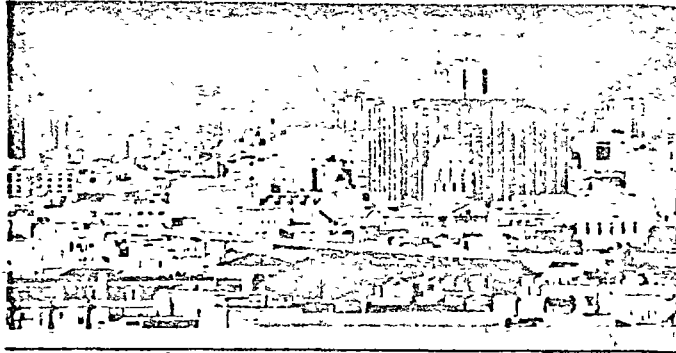
11 A building situated in a visually dominant position, whose exterior is bland and uninteresting, does not relate to surrounding development and tends to repel the observer's attention.

COMMENT: The exposed location and distinctive, uninteresting form of the San Francisco College for Women dormitory produce a discordant form relationship to surrounding buildings, to the hill and to the urban environment.

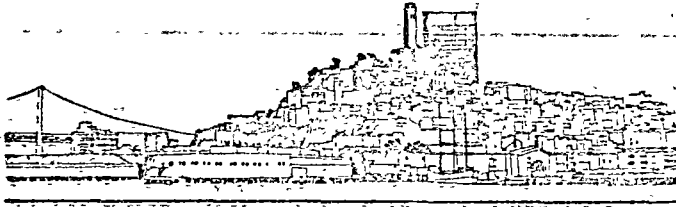
THEME REPORT

ong or wide building becomes excessively bulky in appearance when its height significantly exceeds that of buildings in the surrounding area.

COMMENT: While the Federal Office Building is similar in length and width to many buildings nearby, it exceeds the prevailing building heights and is a discordant element in the skyline.

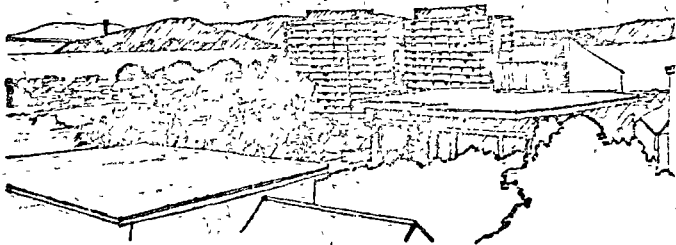


bulky building creates the most visual distortion when seen from a distance as the dominant silhouette against a background of smaller structures.

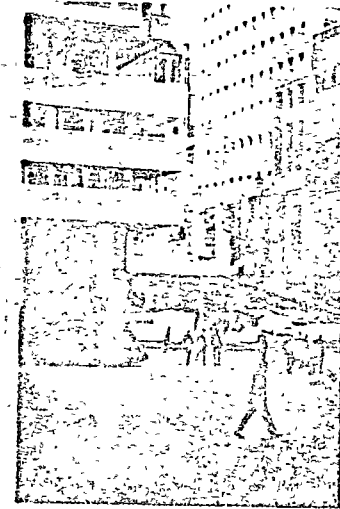


bulky buildings that intrude upon or block important views of the Bay, Ocean or other significant citywide focal points are particularly disruptive.

COMMENT: The Fortiana Apartments, near waterfront, block many public and private views of the Bay and Marn County.

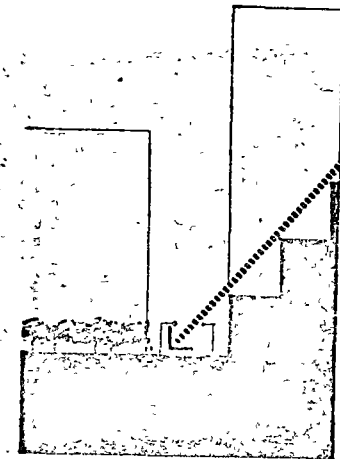
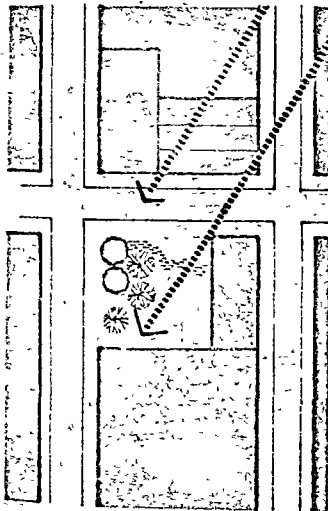


ENVIRONMENTAL SYSTEMS



15

Plazas or parks located in the shadows cast by large buildings are unpleasant for the user.



A: Large buildings can be oriented to minimize shadows falling on public or semi-public open spaces.

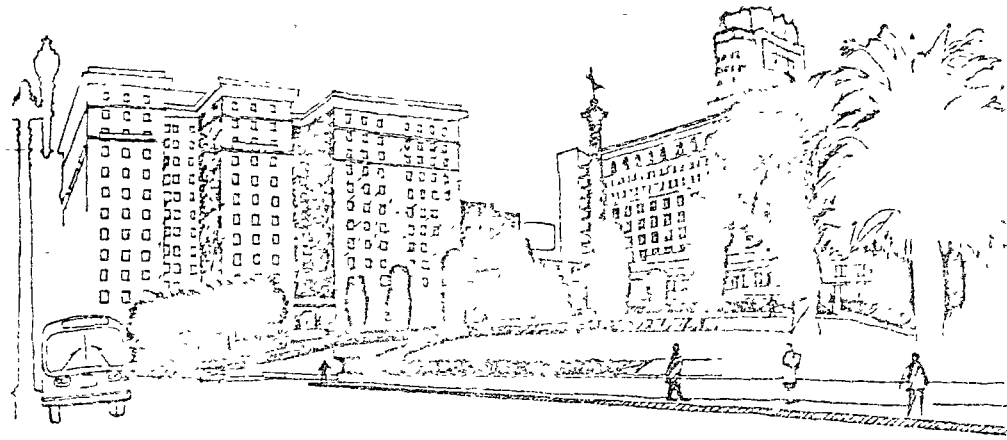
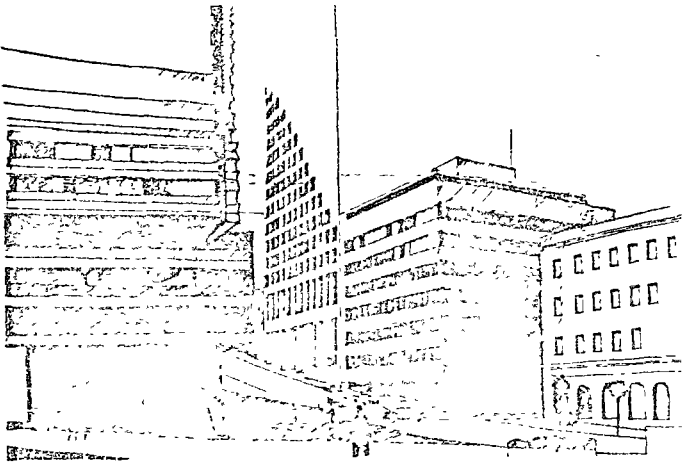
B: The height and mass of tall, close-packed buildings can be shaped to permit sunlight to reach open spaces.

THEME REPORT

ENVIRONMENTAL SYSTEMS

16

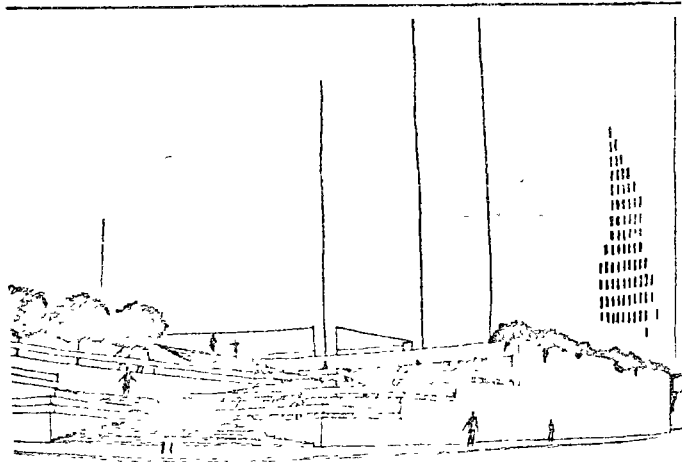
Former plazas can be pleasing if the streets are not excessively wide and if surrounding properties are developed with buildings that define the space well.



17

Elevated pedestrian levels in large developments, if they relate visually and functionally to the street level pedestrian system, are easy to find and use and contribute to the consistency of development.

A clearly expressed transition from an elevated pedestrian system to the sidewalk ties the two systems together visually and functionally.



18

Buildings of a uniform height provide good spatial definition of larger public squares or plazas.

Larger public open spaces surrounded by irregular buildings are poorly defined.

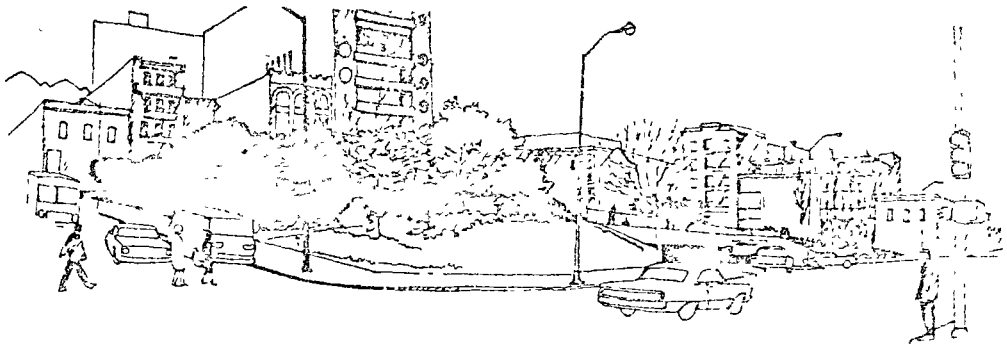


Table I Body Area Affected vs Frequency

Body area	Frequency cps (Hz)																										
	1	1	1 1/2	1 1/2	2	2	3	3	4	5	5	6	8	10	12	14	16	18	20	23	27						
Head	2	2	3	4	2	3	4	4	3	3	3	7	14	17	23	29	34	29	25	17							
Thoracic Abdominal	7	14	23	19	9	23	13	14	21	15	13	14	17	15	12	5	2	5	3	1	3						
Extremities	3	2	14	10	1	6	3	15	3	5	15	15	13	3	4	2	2	2			6						
General	13	3	24	6	3	3	2	7	3	4	7	6	7	3	4	3	6	1	4	2							
Psychological	8	19	1	11	2	1	1	2	2	1	1	4	4	4	4	2	6	1	6	1							

After D. L. Parks

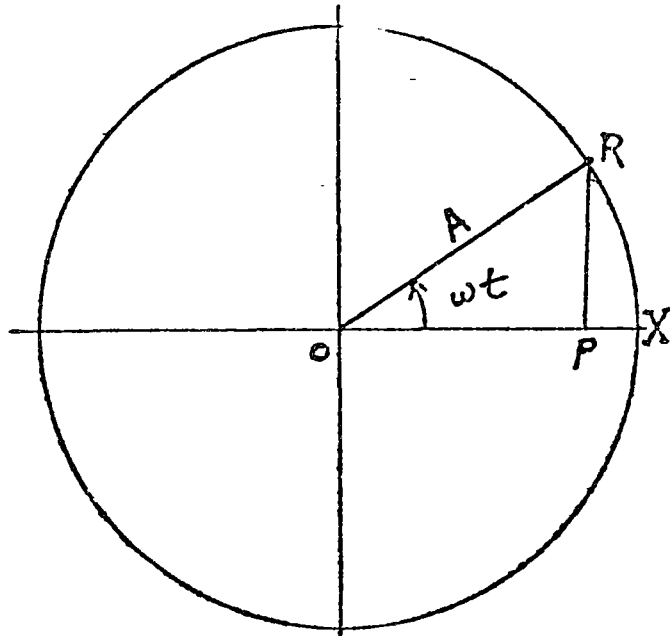


Fig. 1 Sinusoidal Motion

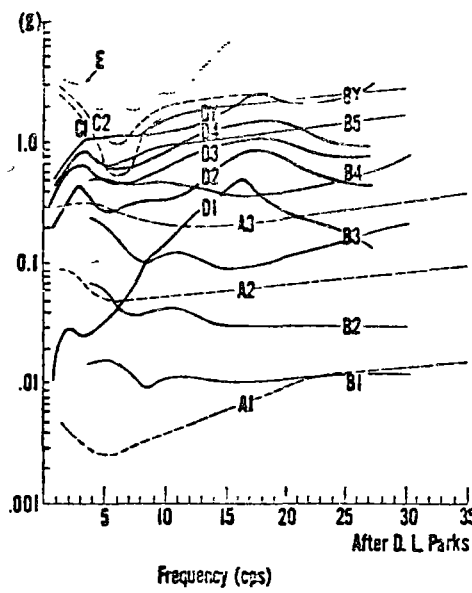


Fig. 2 Studies on Human Response to Vibration

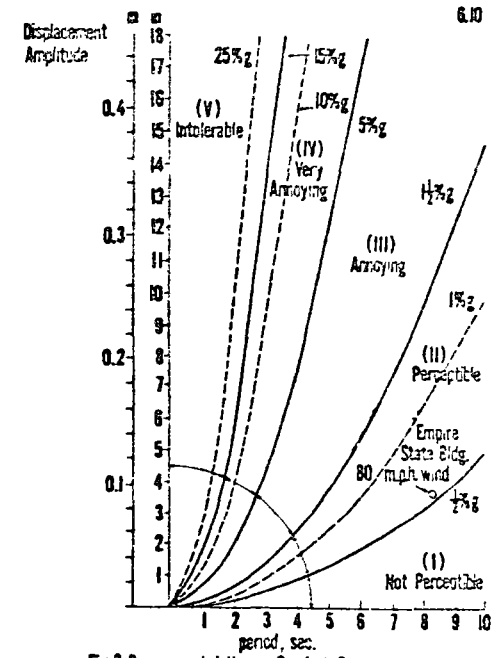


Fig. 3 Recommended Human Comfort Curves

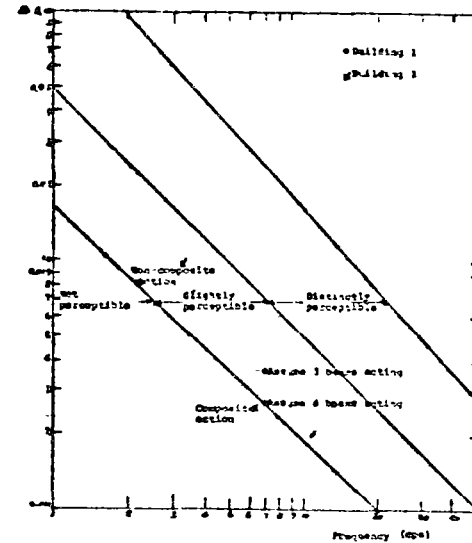


Fig. 4 Floor Vibration Study

REPORT I

BUILDING CHARACTERISTICS

TABLE 1 WORLD'S TALLEST BUILDINGS

COUNTRY/CITY	BUILDING IDENTIFICATION	NO OF STOREYS	HEIGHT		YEAR COMPLETED	MATERIAL	USE	STRUCTURAL SYSTEM	NOTES	REF NO
			FT	M						
USA	Chicago	Sears Roebuck	110	420	1974	Steel	Office	Bundled tube		2.6
New York	World Trade Center	110	380	412	(1973)	Steel	Office	Framed tube		2.3.6
Chicago	Empire State	102	250	35	1931	Steel	Office	Beam-column		3.6.7
Chicago	Standard Oil	80	136	3.5	(1973)	Steel	Office	Framed tube		2.6
New York	John Hancock	100	1127	343	1963	Steel	Multiple use	Diagonal tube		6.7
New York	Chrysler	77	1046	319	1929	Steel	Office			6.7
	60 Wall Tower	66	950	290		Steel	Office			6.7
	40 Wall Street	71	900	274		Steel	Office			6.7
Los Angeles	United California Bank	65	353	202	(1976)	Steel	Office			1
San Francisco	Transamerica	50	253	260	(1972)	Steel	Office			12.3.6
New York	20A Rockefeller Center	70	250	279	1940	Steel	Office			3.6.7
Chicago	First National Bank	60	250	259	1937	Steel				3.6.7
Pittsburgh	U.S. Steel	64	241	236	1970	Steel	Office			1.6
New York	Chase Manhattan	60	213	242	1961	Steel	Office			3.6.7
	Pan American	59	208	244	1964	Steel	Office			3.6.7
	Woolworth	60	192	242	1953	Steel	Office			4.6.7
Boston	John Hancock	60	190	241	(1973)	Steel	Office			2.6
Canada	Toronto	Commerce Court	57	174	1971	Steel	Office			1
USA	San Francisco	Bank of America	50	178	237		Steel	Office		13.6.7
Minneapolis	IDS Center	57	172	235			Composite			6
New York	One Penn Plaza	57	166	233						6
Boston	Prudential	52	150	223						6.7
Japan	Tokyo	Shinjuku Mitsui	55	168	223	()	Steel	Office		1
USA	New York	U.S. Steel	50	162	227					6
	20 Exchange Place	57	174	226						6.7
Canada	Toronto	Toronto Dominion	56	156	224	1966	Steel	Office		1
USA	Los Angeles	Security Pacific Nat Bank	54	135	224	(1974)	Steel	Office		1
New York	Esso	54	135	224						6
	One Astor Plaza	54	130	222						6
Houston	One Shell Plaza	50	174	23	1970	Concrete	Office	Framed tube system		1.6.7

TABLE 2 TRENDS IN TALLESS (National Projects)

COUNTRY/CITY	BUILDING IDENTIFICATION	NO OF STOREYS	HEIGHT		YEAR COMPLETED	MATERIAL	USE	STRUCTURAL SYSTEM	NOTES	REF NO
			FT	M						
USA	Chicago	Home Life Insurance	10**		1829	Cast iron & steel	Office		First iron & steel skyscraper	4.3
		Maradock Building	6**		1893	Woolworth**	Office			4
New York	American Surety Bldg	20	304**	92	1895	Steel**			First iron & steel office building	4
		St. Paul Building	21**		1896					
		State Bldg	30**		1898					
Chicago	Ingalls Building	16			1895	Concrete**			First reinforced concrete skyscraper	4
New York	Times Square	47	378**	14	1906				First building to use steel frame	
	Empire	47	312**	167	1907				First building to use steel frame	
	Marriott City Tower	50	275**	256	1909	Steel**			First use of steel frame	3
	Woolworth	60	192**	382	1913	Steel**				4.6.7
	Chrysler	77	1046**	319	1929	Steel**				6.7
	Empire State	102	1250**	381	1931	Steel**	Office**	Beam-column	The world's tallest (when completed)	1.6.7
Honolulu	Ilaha Apartments	27	230	79	1963	Pre-stressed concrete				1
Australia	Sydney	Australia Square	52	162	171	1967	Light weight concrete	Office		1
USA	Chicago	Lake Park Towers	70	645	196	1968	Concrete**	Apartment**	First steel frame apartment building	6
		John Hancock	60	1127	343	1968	Steel**	Multiple use	Diagonal tube	6.7
Houston	One Shell Plaza	50	174	23	1970	Concrete**	Office	Beam-column		1.6
Australia	Melbourne	Park Towers	30	255	78	1970	Pre-stressed concrete	Apartment		1
USA	New York	World Trade Center	110	1350**	412	(1973)	Steel**	Office**	Framed tube	2.3.6
Chicago	Sears Roebuck	110	1420**	442	(1974)	Steel**	Office**	Bundled tube		2.6

() : under construction ** taken in category at time of construction
* : photograph available - see index

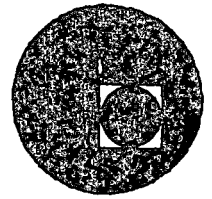
TABLE 3 TALLEST BUILDINGS IN EACH CONTINENT (of those responding to the questionnaire)

CONTINENT	COUNTRY	CITY	BUILDING IDENTIFICATION	NO OF STOREYS	HEIGHT		YEAR COMPLETED	MATERIAL	USE	STRUCTURAL SYSTEM	NOTES	REF NO
					FT	M						
Africa	South Africa	Johannesburg	Standard Bldg Center	31	467	142		Reinforced concrete	Office			
America North	USA	Chicago	Sears Roebuck	110	1450	442	(1974)	Steel	Office	Bundled tube		2.6
America South	Venezuela	Caracas	Parque Central Torre Oficinas	56	206	200	()	Concrete	Office			1
Asia	Japan	Tokyo	Shinjuku Mitsui	55	168	223	()	Steel	Office			1
Europe	France	Paris	Montparnasse	64	689	210	(1973)	Steel & concrete	Office			1
Oceania	Australia	Sydney	Australia Square	52	162	171	1967	Light weight concrete	Office			1

() : under construction
* : photograph available - see index



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



EDIFICIOS ALTOS

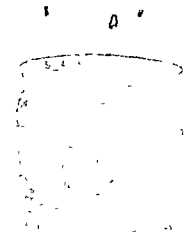
ASPECTOS GENERALES SOBRE DISEÑO ESTRUCTURAL DE EDIFICIOS
ALTOS DE CONCRETO REFORZADO



ING. SALVADOR AGUILAR REZA

SEPTIEMBRE DE 1976.

1. The number of total observations
2. The number of observations for each
3. The number of observations for each



ASPECTOS GENERALES SOBRE DISEÑO ESTRUCTURAL DE EDIFICIOS ALTOS DE CONCRETO REFORZADO.

Analizaremos algunos de los problemas de diseño estructural en concreto reforzado en dos casos específicos:

- a) Un edificio de 30 pisos en el puerto de Acapulco
- b) Un edificio de 37 pisos y cuatro sótanos en la ciudad de México.

Previamente veremos en forma general algunos conceptos que intervienen en el diseño estructural, algunos de los cuales pueden llegar a condicionar o limitar el diseño.

Los factores que intervienen en el diseño estructural pueden clasificarse en 1 los parámetros que definen la estructura y 2 las solicitaciones a que ésta se ve sujeta.

Los primeros comprenden dimensiones, esfuerzos y otras propiedades necesarias de los materiales. Las solicitaciones comprenden las fuerzas, las deformaciones impuestas etc. en la mayoría de los casos es imposible establecer límites absolutos para todas estas cantidades (por ejemplo la aceleración del suelo durante un temblor)

Por lo anterior se deduce que existe una probabilidad finita de falla de toda estructura en un intervalo finito de tiempo.

El objeto del diseño estructural entonces no puede ser la prevención de la falla estructural, sino sentar las bases para la producción de una estructura óptima, considerando costo inicial, los beneficios que han de derivarse de la estructura, el costo actualizado de falla y otros.

Solicitaciones.- En términos generales las solicitaciones a que se ven sujetos los edificios altos son:

- a) Cargas permanentes (cargas muertas)
- b) Cargas variables (cargas vivas
- c) Cargas accidentales Sismo
Viento

En el Distrito Federal y algunas zonas de la República Mexicana, como el Estado de Guerrero, el diseño estructural lo rigen normalmente la combinación de cargas muertas + cargas vivas y carga accidental de sismo.

El viento rige únicamente en los últimos pisos de los edificios altos o en edificios localizados en zonas de muy baja sismicidad.

Resistencias.

Ante un tipo dado de solicitaciones, se entiende por resistencia aquella característica estructural con la que aumenta monótonicamente el valor de la solicitación que se requiere para que ocurra un tipo dado de falla.

La resistencia estructural depende en cada caso de ciertas propiedades de los materiales empleados, del proceso constructivo, de la geometría real de la estructura de la edad de ésta en el instante que se considera, y de algunas otras variables. Como sucede en las solicitaciones estas variables son inciertas; de manera que el diseñador desconoce la resistencia exacta del material que se empleará y solo puede dar en el momento del diseño la distribución de probabilidades correspondientes. Por razones prácticas conviene caracterizar a cada variable por una sola magnitud a la que llamaremos Valor Nominal.

Los valores nominales de las variables de diseño se consignan en los planos estructurales y en las especificaciones, tal sucede con las dimensiones geométricas con la resistencia del concreto a compresión, el límite de fluencia del acero etc. Los valores nominales de algunas variables pueden deducirse a partir de otras, por ejemplo la resistencia nominal del concreto en tensión se relaciona con su resistencia en compresión.

Proyecto Arquitectónico.- De acuerdo con los conceptos anteriores de solicitaciones y resistencias resulta obvio que el proyecto arquitectónico de un edificio alto debe estar íntimamente ligado con el diseño estructural ya que de no ser así el proyecto arquitectónico nos puede conducir a un diseño estructural que no sea realizable en la práctica o bien a un diseño inadecuado constructivamente y antieconómico. Es necesario hacer hincapié en la adecuación que debe existir entre el proyecto arquitectónico y el diseño estructural, ya que es práctica común en el ejercicio profesional realizar un proyecto que obligue o condicione el diseño estructural.

De igual manera es conveniente señalar que el proyecto estructural debe adecuarse al diseño de las instalaciones que intervienen en un edificio alto, tomando en cuenta la importancia de las instalaciones en este tipo de edificios.

Estructuración.- Nos referiremos a algunos aspectos generales, tales como la simetría en la estructuración, es decir que los elementos que proporcionan rigidez a la estructura se localicen simétricamente.

En igual forma no es aeseable tener en los sistemas de piso, claros cortos junto a claros grandes.

En donde se tengan claros cortos debe tenderse a trabes anchas con poco peralte, de no ser posible ésto, se han estudiado algunas posibilidades para reforzas este tipo de elementos como se muestra en la figura 1.

En algunas zonas de acuerdo con las características del terreno como es el caso del Puerto de Acapulco en general NO es recomendable el empleo de muros de concreto en edificios altos, debiéndose tender a lograr estructuras ligeras y flexibles. En estos casos se deben tomar las precauciones necesarias para que los elementos que no forman parte de la estructura no resulten afectados por los desplazamientos de ésta.

Actualmente en el mundo algunos de los edificios más altos se han estructurado a base de columnas exteriores de fachada muy proxima con claros de 1.80 m a 3.0 m aproximadamente y un núcleo central de concreto en el cual generalmente se alojan los servicios (elevadores, escaleras etc.) en la figura 2 se muestran algunos tipos de estas estructuraciones a las que se han llamado del tubo dentro del tubo en virtud de que las trabes y columnas de fachadas prácticamente forman un tubo exterior y el núcleo de servicios en tubo interior.

En la figura 3 se presentan algunas estructuraciones para edificios de concreto reforzado de 20 a 80 pisos. A continuación se mencionan algunos de los edificios más altos del mundo construidos en concreto reforzado.

Torre Lake Point en Chicago.- 70 pisos para oficinas, concreto postensado.

Edificio Shell Oil Plaza en Houston Texas.- Este es el edificio más alto del mundo

en concreto reforzado, tiene 52 pisos, 215 mts de altura y está estructurado con el sistema de tubo exterior de fachada a base de columnas muy cercanas y un núcleo interior de concreto.

Edificio Place Victoria en Montreal.- Tiene 51 pisos, 190 mts de altura.

Edificio C.B.S. en New York.- 38 pisos, 150 mts de altura.

Torres Gemelas Marina City en Chicago.- Son dos torres circulares de 60 pisos

Square Office Building en Sidney Australia.- Tiene 46 pisos, 182 mts y es una estructura circular.

EDIFICIO DE 30 PISOS EN EL PUERTO DE ACAPULCO

El edificio consta de un sótano destinado a estacionamiento, los tres primeros niveles están destinados a servicios, como restaurantes, lobby, bares, etc. y 26 plantas tipo para departamentos en condominio, en las figuras 4 y 5 se muestra en planta y elevación el edificio; en este caso la estructura se adecuó al proyecto arquitectónico y cabe aclarar que si el edificio fuera 15 o 20 pisos más alto probablemente se tendría que modificar parcialmente el proyecto arquitectónico o bien emplear estructura de acero.

La cimentación se resolvió de acuerdo con las características del terreno a base de pilotes de punta colados en el sitio, apoyados en contratrabes y una losa de cimentación.

En la superestructura debido a la forma en planta del edificio se efectuó un análisis inicial, el cual condujo a la necesidad de localizar los muros de concreto que se muestran en la fig 6, algunos de éstos muros se hicieron de tabique con dadas diagonales en los pisos superiores o bien de tabique y dadas horizontales en los últimos niveles.

La localización de algunas trabes obedeció a la necesidad de lograr una mayor rigidez en los marcos.

Los materiales empleados son básicamente concreto de peso volumétrico normal y $f'c$ variable desde 350 kg/cm^2 a 200 kg/cm^2 y acero de refuerzo con $f_y = 4000 \text{ kg/cm}^2$

Al respecto es conveniente aclarar que para lograr la resistencia en el concreto de 350 kg/cm^2 se presentaron algunos problemas en un principio y hubo la necesidad de

enslear agregados lavados. En cuanto al análisis sísmico cabe mencionar que por ser un edificio tan esbelto en una dirección (una relación de esbeltez de 13 aprox.) el acortamiento y alargamiento de las columnas redujo en algunos pisos la rigidez de los marcos hasta 60% y en general la rigidez de marcos se redujo por este efecto desde 27% hasta 60% aproximadamente. Esto también afectó a los muros de concreto ya que son bastante esbeltos en su mayoría.

En cuanto a las columnas en la fig 7 se muestran algunos armados típicos. La disposición del refuerzo obedeció a dos razones principales: Primera las columnas están sujetas a momentos flexionantes muy importantes y segunda, que en algunos casos coinciden en un nudo hasta cuatro trabes. La separación de los estribos en la parte superior de las columnas en cada piso se redujo. Esta práctica suele ser recomendable para compensar la reducción de la resistencia del concreto.

El sistema de entrepiso se resolvió a base de losas macizas de 11 cm de peralte y trabes de 80 cm de peralte variando su ancho con la altura y algunas vigas secundarias.

Debido a lo complejo de los nudos y a la cantidad de refuerzo de las trabes en los niveles inferiores, previamente al armado del 1er. nivel se estudió a escala natural el armado de éstas con el objeto de lograr una mejor disposición del refuerzo, así como arclajes adecuados. A pesar de esto en los niveles inferiores se presentaron algunos problemas en cuanto a disposición del refuerzo principal en trabes.

Es conveniente en estos casos recurrir al empleo de varillas de diámetros grandes con el objeto de tener menor número y facilitar los armados y el colado de estos elementos.

En el diseño de las trabes de este edificio se suprimió el empleo de estribos inclinados considerando las dificultades y defectos que presenta su empleo, en cambio se aumentó el refuerzo horizontal de las caras de las trabes. Esta práctica reportó resultados positivos en su aplicación en otros edificios.

En este caso se ha aumentado en un 33% el cortante permisible lo cual no se hace cuando se diseña un edificio sobre formaciones lacustres en los que controla el diseño la posibilidad de temblores de foco lejano.

El módulo de elasticidad considerado en el concreto fue de 1500 f'c que es un 50% mayor que el que se emplea para diseño estructural en el Valle de México. Es recomendable que en casos como éste en el que la acción sísmica es importante el diseñador ponga especial cuidado en detalles de diseño, tales como cortes de refuerzo de tensión en zonas de tensión, traslapes o anclajes insuficientes, juntas de colado en las cuales no se ha tomado cuidado suficiente en la limpieza, así como una localización adecuada de ésta.

Las losas macizas perimetralmente apoyadas se diseñaron de acuerdo con el criterio establecido en el reglamento de construcciones del D.D.F. pero considerando la gran variedad de formas y dimensiones de los tableros se armaron como se muestra en la figura 8, a base de dos parrillas de varilla del #2.5 una en cada lecho y bastones adicionales en los tableros que así se requirió.

Este sistema de armado resultó ventajoso debido al ahorro en la mano de obra, puesto que la colocación de parrillas es sencilla y rápida y los bastones por tratarse de plantas tipo se pueden habilitar en serie.

EDIFICIO PARA HOTEL DE 37 NIVELES EN LA CIUDAD DE MEXICO

El edificio consta de cuatro sótanos destinados a estacionamiento, los cinco primeros niveles estarán destinados a servicios del Hotel como son restaurantes, salón de fiestas, comercios, lobby, etc. y 32 plantas tipo destinados a habitación hotelera en las figuras 9 y 10 se muestra una planta arquitectónica y una elevación esquemática.

La estructura está formada básicamente de columnas de concreto en forma de H como se muestra en las figuras 9 y 11, traveses con peraltes de 65 cm en la dirección longitudinal del edificio, en este caso no fue posible disponer de mayor peralte por necesidades de las instalaciones, en la dirección corta las traveses tienen 80 cm de peralte las losas son perimetralmente apoyadas, macizas de 10 cm y aligeradas con cajas recuperables de 20 cm de peralte, en la figura 11 se muestra la estructuración de las plantas tipo inferiores.

La estructuración se obtuvo después de varias reuniones de los arquitectos proyectistas, diseñadores de la estructura y los diseñadores de las instalaciones y presenta las siguientes ventajas:

- a) La estructura de concreto aparente forma todas las fachadas del edificio y también representa un porcentaje de acabados en los interiores (muros de los cuartos).
- b) Se logró una estructura ligera en comparación con otros sistemas de estructura de concreto.
- c) Se logró un costo bajo de la estructura.

Para la cimentación de la torre, se diseñaron dos alternativas igualmente confiables de acuerdo con el estudio de mecánica de suelos tomando en cuenta que por necesidades de proyecto el edificio requería cuatro sótanos.

La primera consistía en una losa de concreto reforzado de 2 m de peralte desplantada a -16.50 aproximadamente del nivel de la banquetta.

La segunda que fué la que se llevó a cabo después de un estudio económico, consistió en 32 pilas de concreto desplantada a -26.5 m aproximadamente del nivel de banquetta, los fustes de las pilas son de 1.60 a 1.80 m de diámetro y se desplantan en una campana cuyos diámetros varía de 3.0 a 3.60 m aproximadamente. Estas pilas debido a las características del terreno fué posible colarlas en seco y verificar su desplante.

El análisis sísmico se hizo empleando un programa para computadora en el cual a partir de las características del edificio (geometría, pesos, módulo de elasticidad, etc) se obtienen las rigideces de los marcos, el desplazamiento directo y por torsión, fuerzas cortantes, momentos flexionantes en trabes y columnas, fuerzas normales en columnas y comprueba el equilibrio en los entrepisos y los nudos. Este programa considera además el efecto de acortamiento y alargamiento de columnas, como ya mencionamos anteriormente, en edificios altos el despreciar el acortamiento y alargamiento de columnas puede conducir a errores importantes en la obtención de rigideces de marcos.

En el análisis sísmico dinámico se empleó el criterio propuesto en el reglamento de construcciones del Distrito Federal en el cual ya no se limitan las fuerzas dinámicas de diseño a un 40% de las estáticas con lo que se logró una estructura más económica.

(11)

En la figura 12 se muestra el diseño de algunas columnas, como se puede apreciar, hubo la necesidad de emplear grupos de estribos para distribuir el refuerzo debido a su forma en planta. En los niveles inferiores se empleó concreto de $f'c = 350 \text{ kg/m}^2$ tanto por necesidades de diseño de las columnas como por desplazamientos de sismo.

Se consideró una parte del alma de la H. formando parte de la columna, al respecto se estudiaron varias consideraciones y se optó por considerar cuatro veces el espesor del patín.

El diseño de las columnas se llevó a cabo haciendo dos consideraciones: Primero se revisó localmente cada patín de la H (ver fig 12) formado por el patín en sí más una parte del alma como ya se mencionó y después se revisó toda la H como una gran columna.

El diseño de las trabes lo gobernó la acción sísmica por lo que de acuerdo con el resultado del análisis dinámico la reducción en los armados en los primeros 20 niveles fué pequeña. En las trabes que forman las fachadas longitudinales del edificio fué necesario dar detalles especiales para el acomodo de los armados como se muestra en la figura 13-A en estas trabes por necesidades arquitectónicas se localizó la junta de colado al centro del claro, lo cual no es recomendable, por lo que se colocó refuerzo adicional. Respecto a juntas de colado, es conveniente señalar que éstas deben de diseñarse y no dejarse a decisiones arbitrarias de la Obra, deberá procurarse que siempre trabajen a compresión.

En las trabes transversales del edificio en donde reciben la concentración de vigas

secundarias y tomando en cuenta la reducción en el esfuerzo cortante permisible a cada lado de las concentraciones, se diseñaron refuerzos diagonales a 45° como lo muestra la figura 13-B.

En cuanto al diseño de las losas cabe mencionar que por necesidades del proyecto arquitectónico se resolvieron los tableros de 4.30×8.54 a base de una losa aligerada de 20 cm de peralte, este sistema presentó como ventajas una mayor ligereza y limpieza en la cimbra.

REFERENCIAS

1. Planning and Design of Tall Buildings.- Proceeding A.S.C.E.
2. Reinforced Concrete Estructures.- Park and Paulay
Jhon Wiley & Sons.
3. Ingeniería del Concreto Reforzado Cap. 19.- E. Rosenblueth
Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica
4. Folleto complementario.- E. Rosenblueth.- Disposiciones Generales,
cargas muertas, cargas vivas y viento.
5. Handbook of Concrete Engineering.- Editado por Mark Fintel
6. Normas de Proyecto del D.D.F.- Dirección Obras Públicas
7. Wind Loads on Structures.- Daumport A.G.- National Research Council of
Canada Ottawa, March 1960
8. Frame Constants for Lateral Loads on Multisturi y Concreto Buildings.-
Advanced Engineering Bolletin No. 5, Portland Cement. Association, 1962

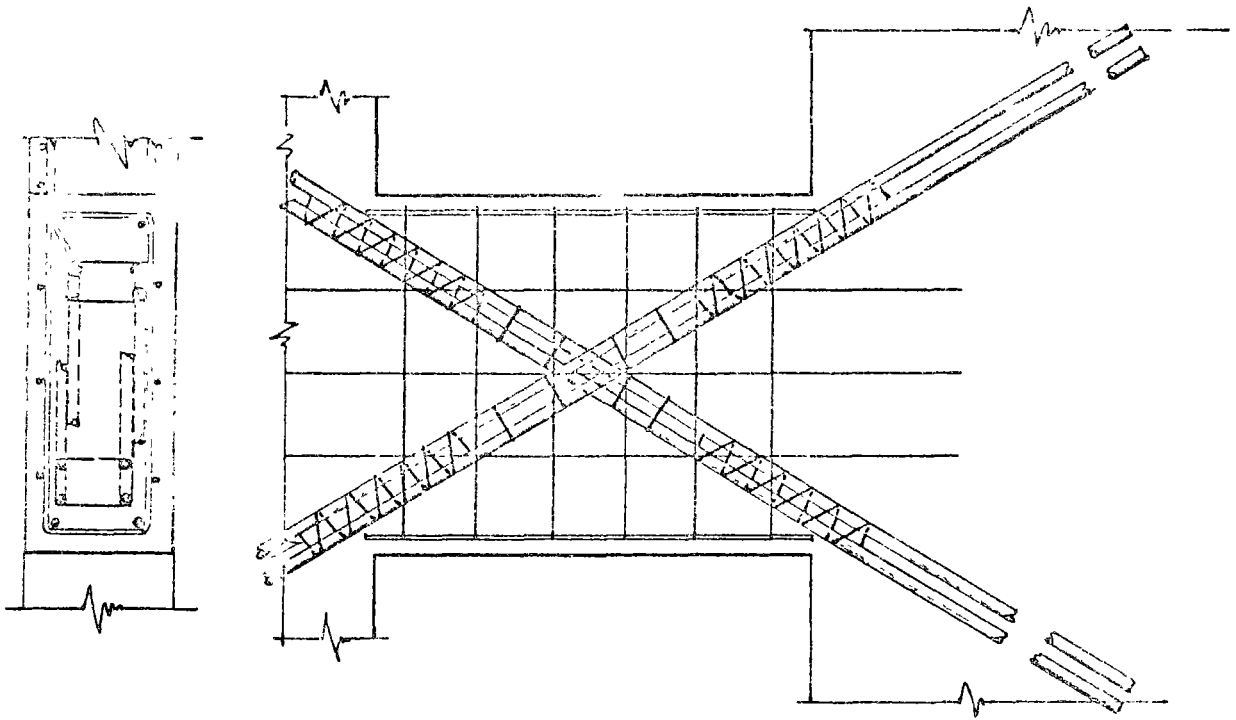
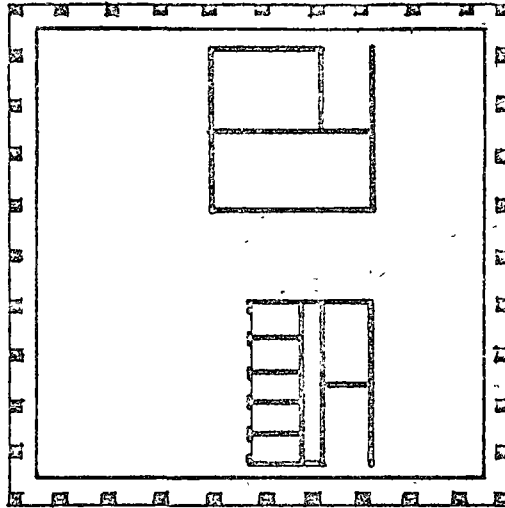
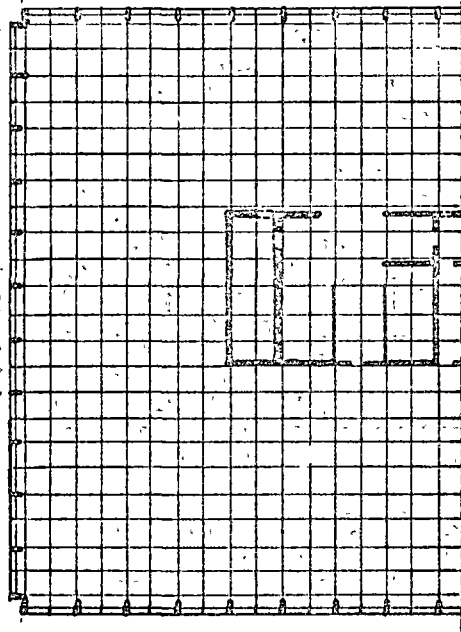


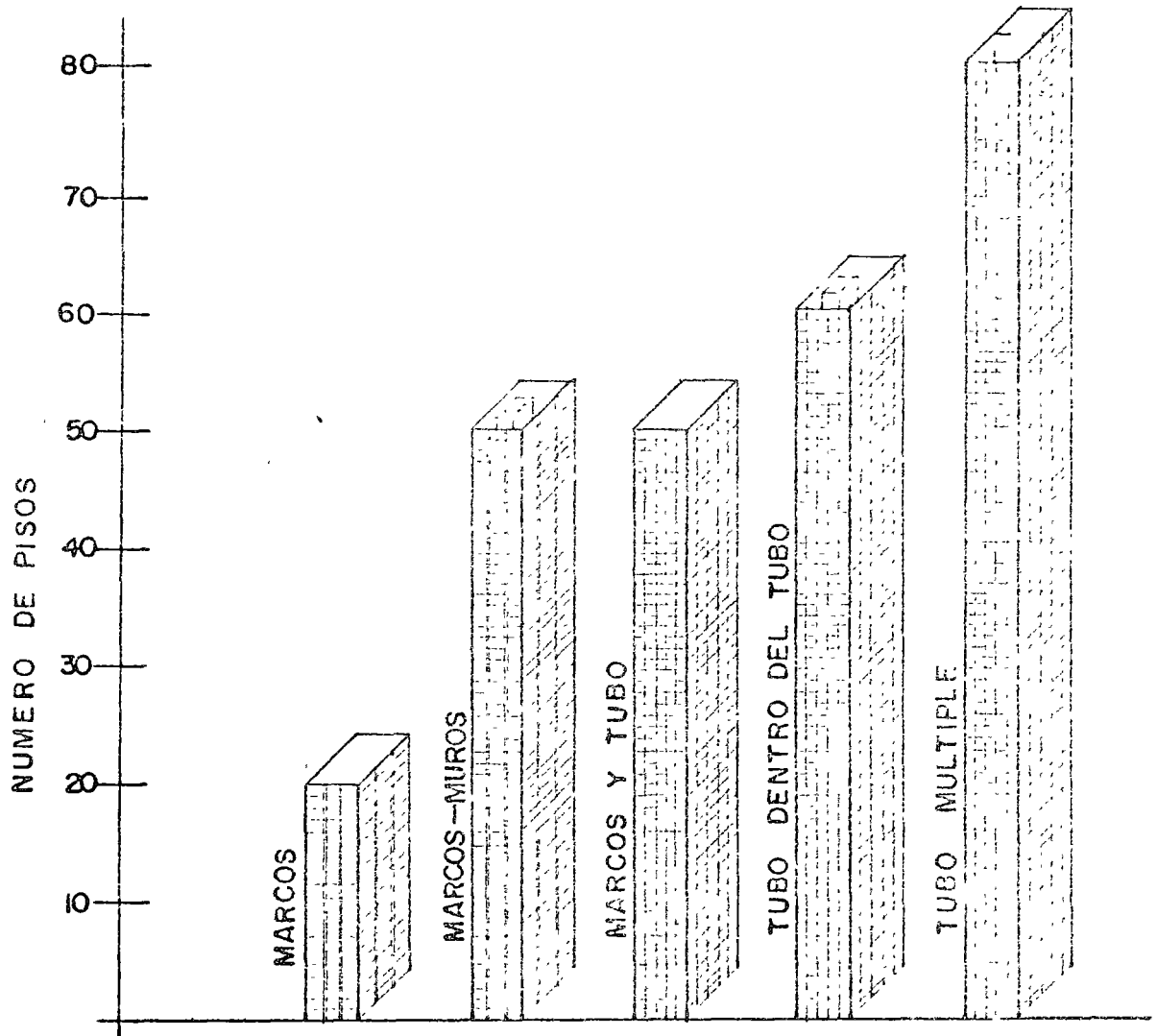
FIGURA 1



A).-

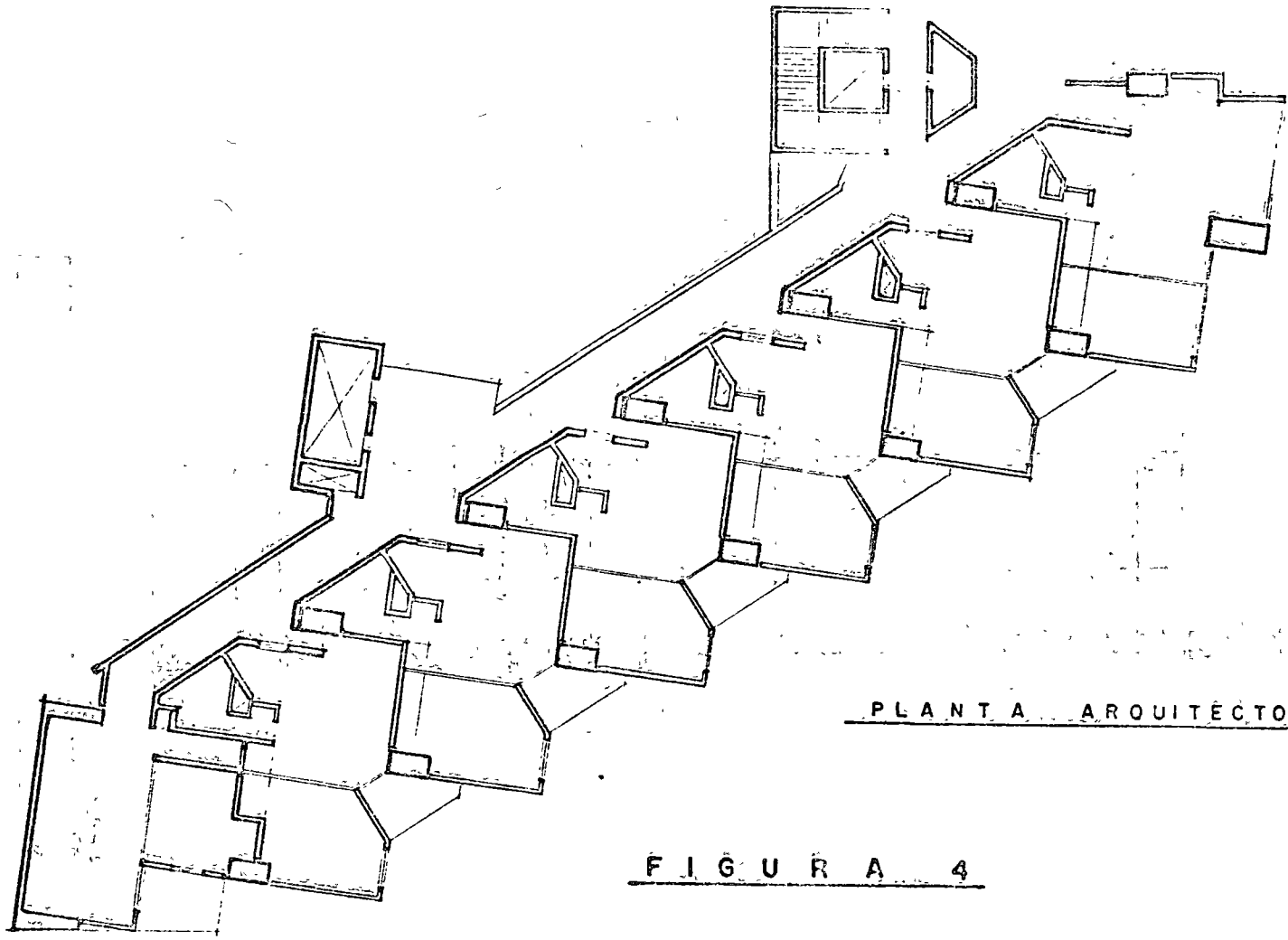


B).-



SISTEMAS ESTRUCTURALES PARA DIFERENTES ALTURAS DE EDIFICIOS

FIGURA 3



PLANTA ARQUITÉCTÓNICA

FIGURA 4

EDIFICIO 30 NIVELES EN ACAPULCÓ GRO.

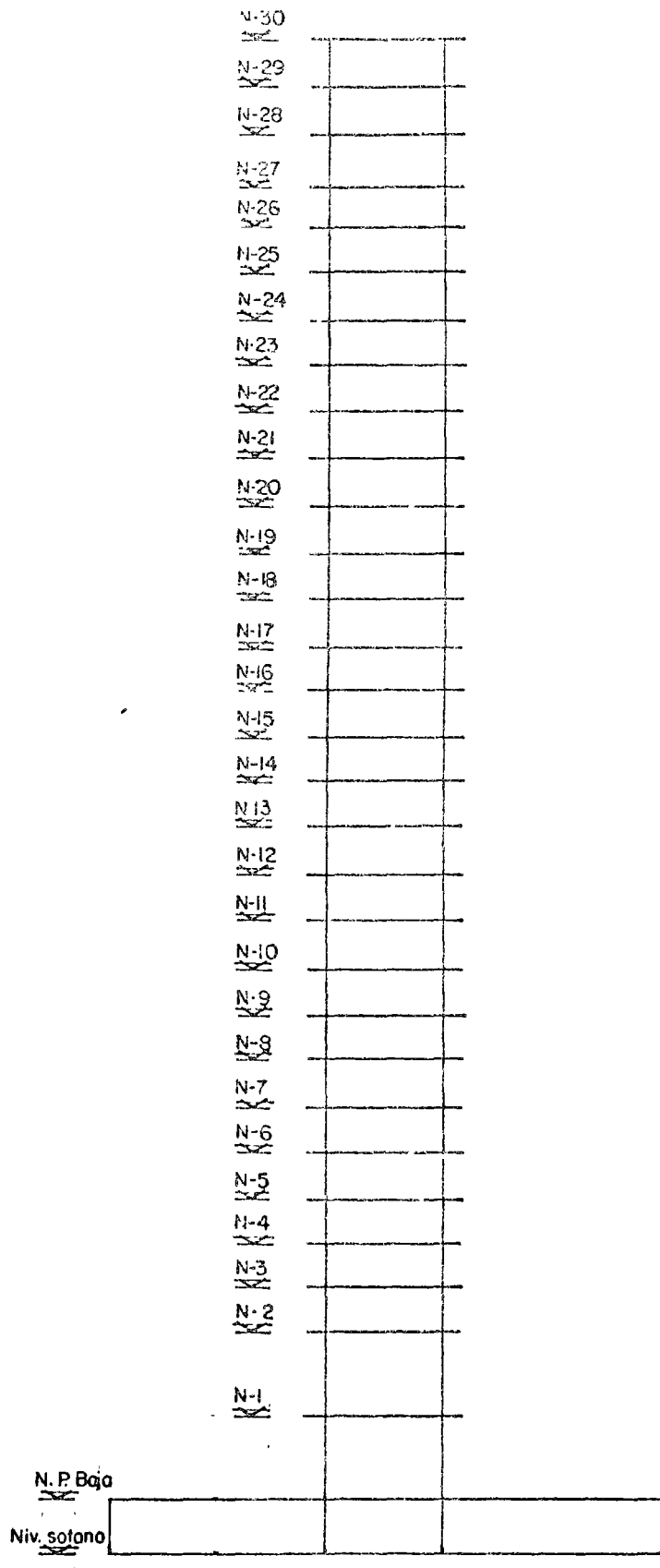
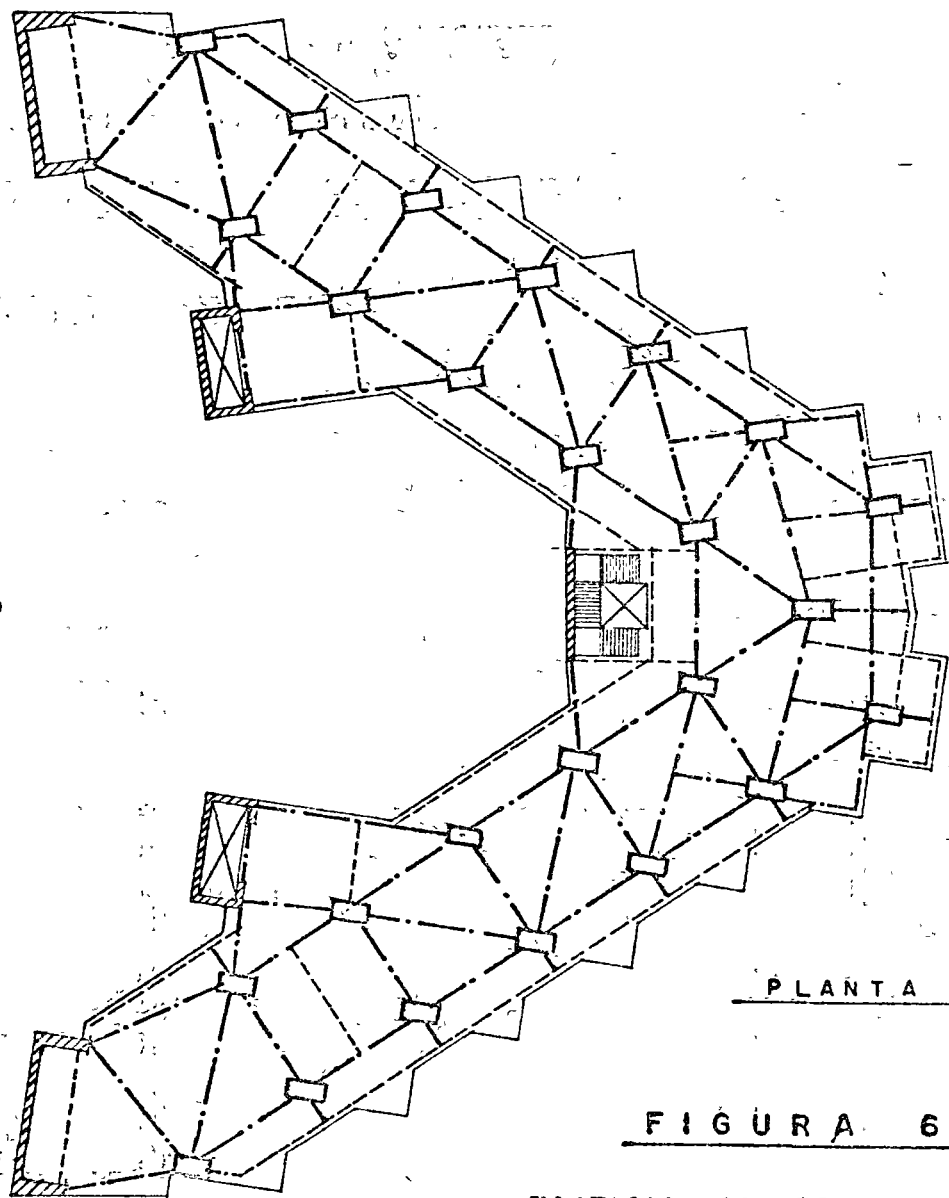


FIGURA 5

EDIFICIO DE 30 NIVELES EN ACAPULCO GRO.



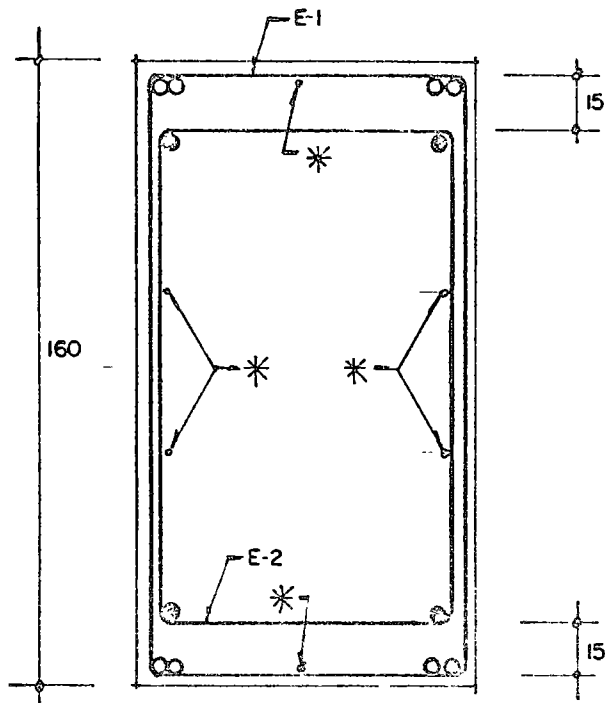
MURO DE CONCRETO



PLANTA ESTRUCTURAL

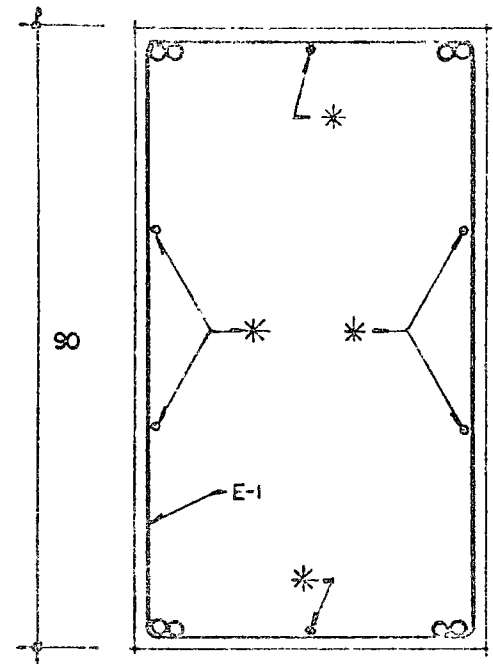
FIGURA 6

EDIFICIO DE 30 NIVELES EN ACAPULCO GRO.



12 VARILLAS
2 ESTRIBOS

SECCION NIVELES INFERIORES



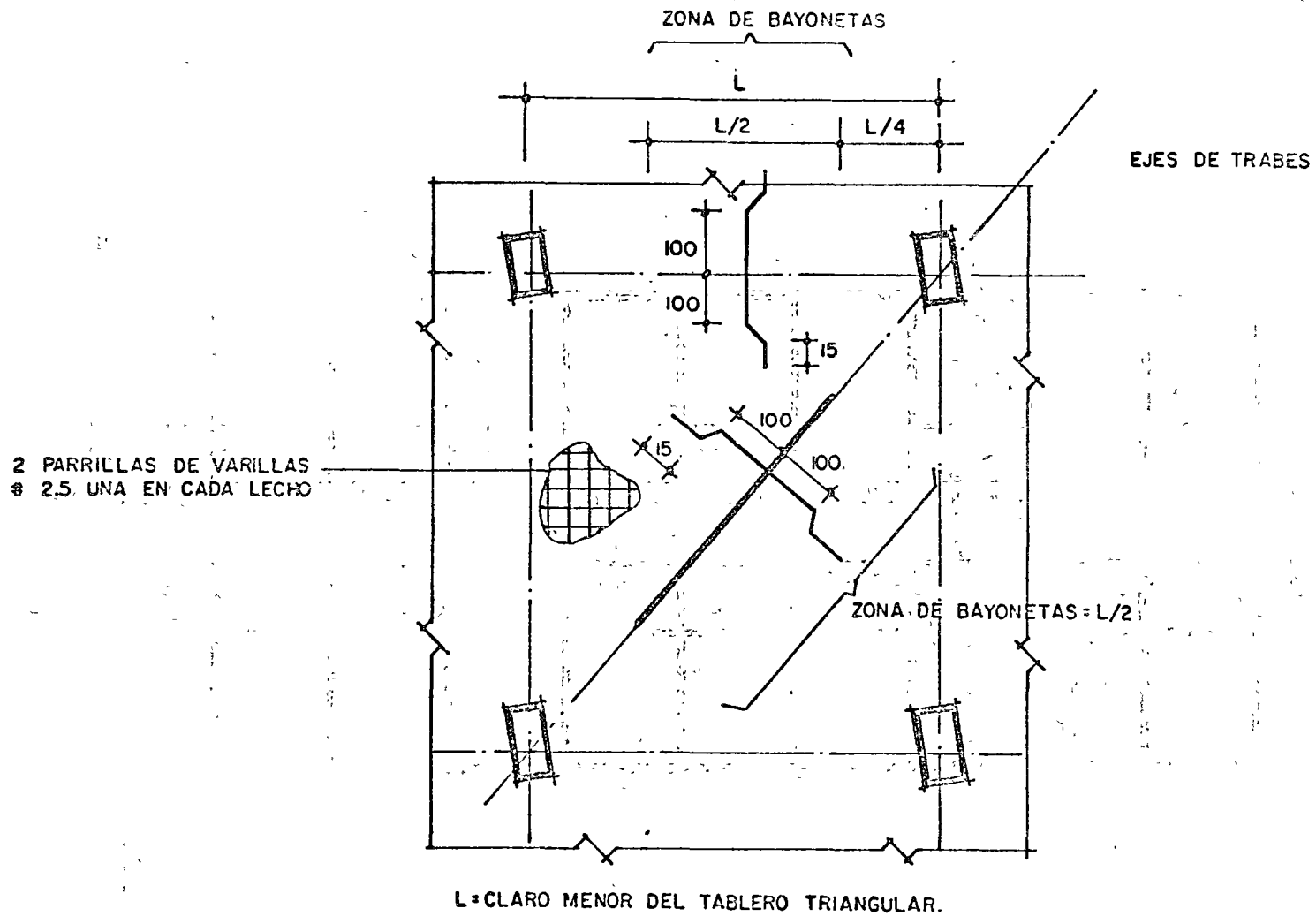
8 VARILLAS
1 ESTRIBO

SECCION NIVELES SUPERIORES

ARMADO TIPICO DE COLUMNAS

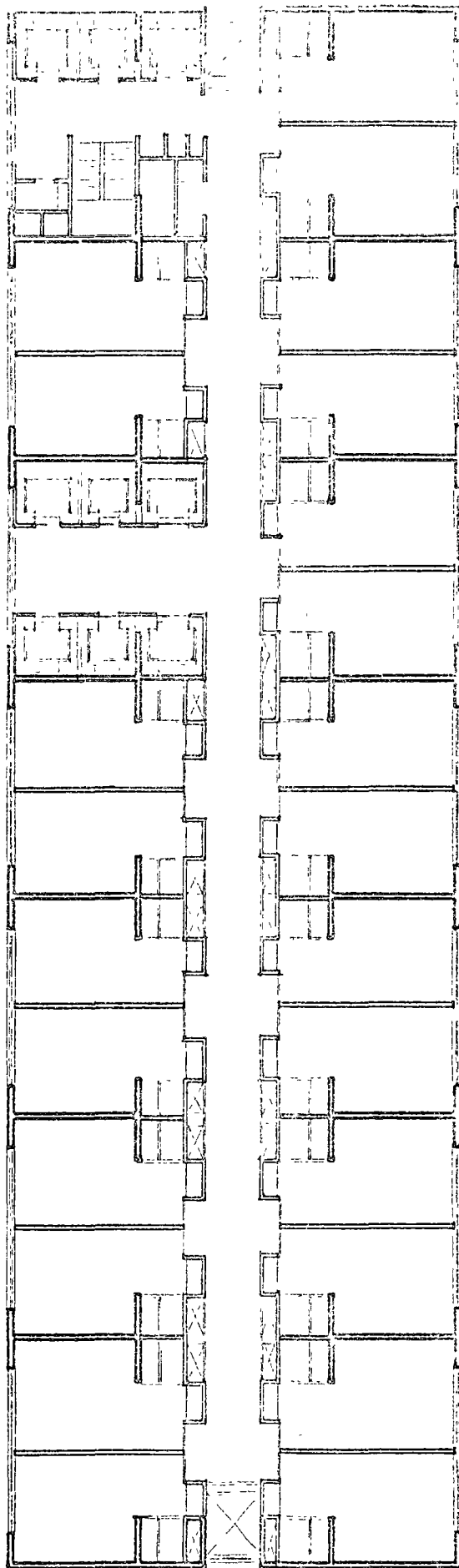
⊙ VARILLAS DE MENOR DIAMETRO

FIGURA 7



ARMADO TÍPICO EN TABLEROS TRIANGULARES

FIGURA 8



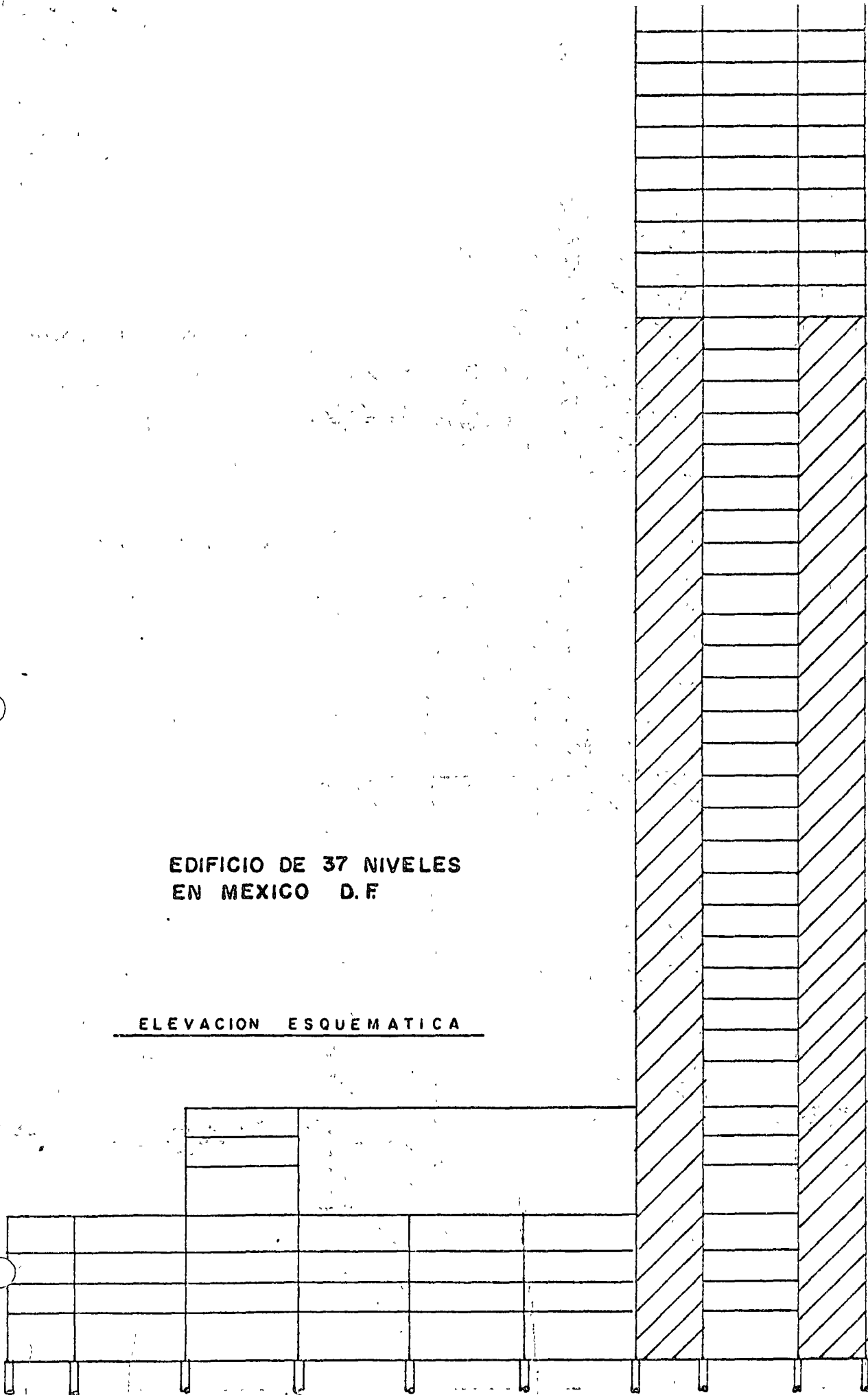
PIANTA ARQUITECTONICA

EDIFICIO DE 37 NIVELES
EN MEXICO D.F.

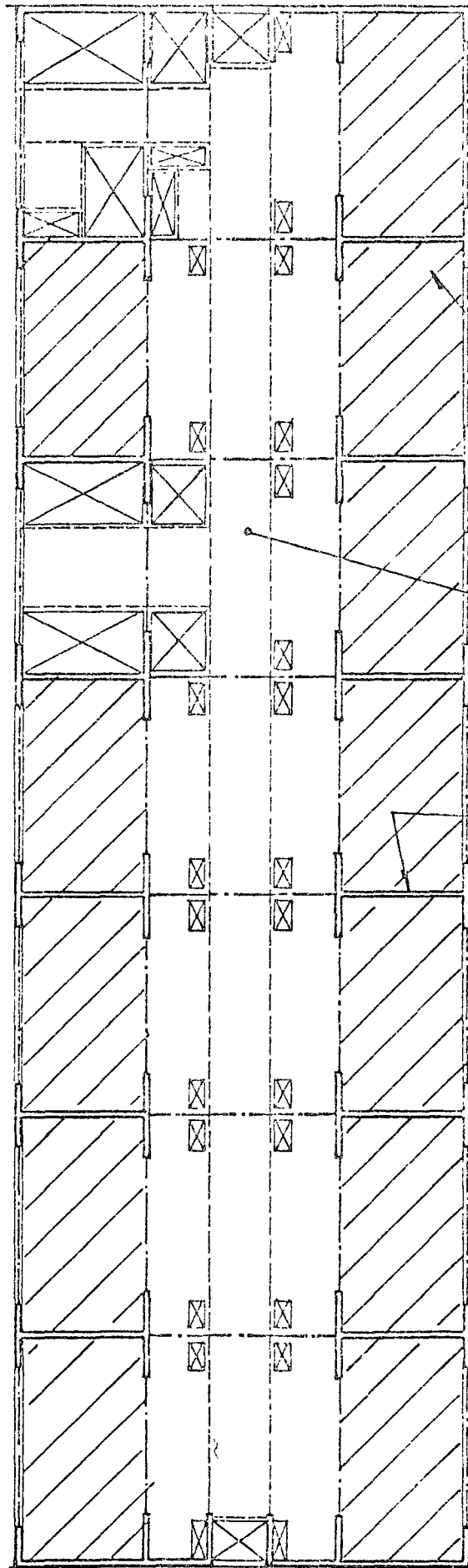
FIGURA 9

EDIFICIO DE 37 NIVELES
EN MEXICO D.F

ELEVACION ESQUEMATICA



- N+26
- N+25
- N+24
- N+33
- N+32
- N+31
- N+30
- N+29
- N+28
- N+27
- N+26
- N+25
- N+24
- N+23
- N+22
- N+21
- N+20
- N+19
- N+18
- N+17
- N+16
- N+15
- N+14
- N+13
- N+12
- N+11
- N+10
- N+9
- N+8
- N+7
- N+6
- N+5
- N+4
- N+3
- N+2
- N+1
- N-1
- N-2
- N-3
- N-4



LOSA ALIGERADA DE H=20 cm.

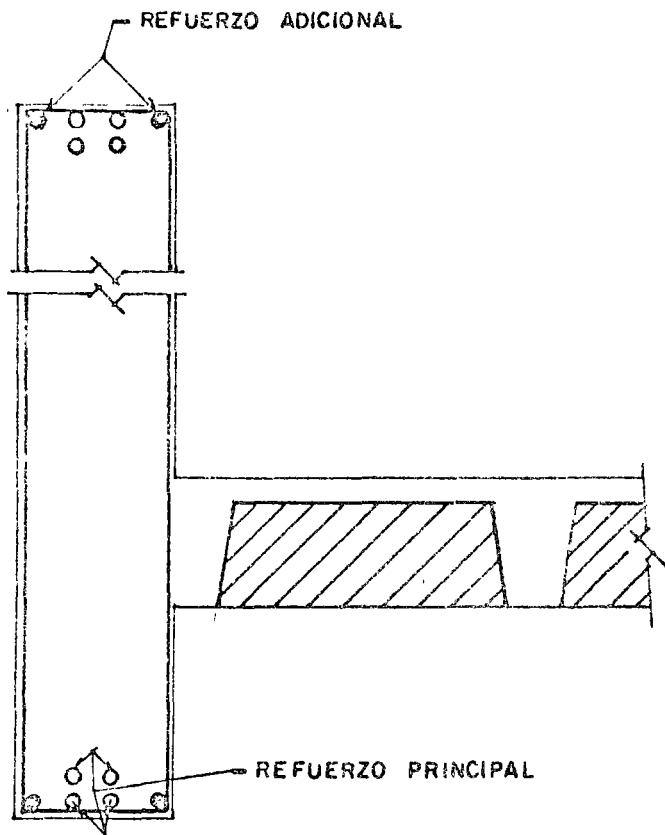
LOSA MACIZA H=10 cm.

COLUMNAS .H.

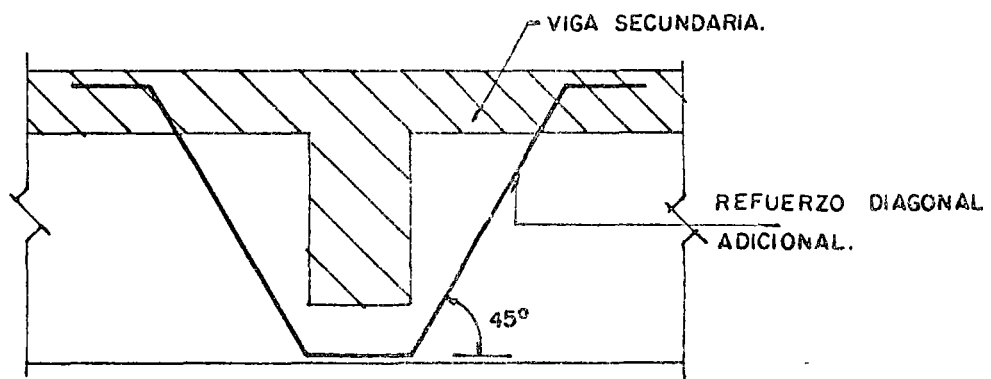
PLANTA ESTRUCTURAL

EDIFICIO DE 37 NIVELES
EN MEXICO D.F.

FIGURA II



A).-

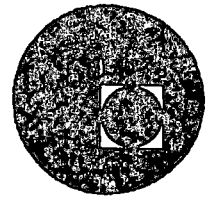


B).-

FIGURA 13



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



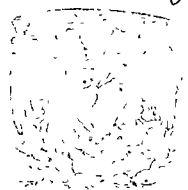
EDIFICIOS ALTOS



ING. GUILLERMO SPRINGALL CARAM

SEPTIEMBRE DE 1976.

CONFIDENTIAL
PROPERTY OF THE UNITED STATES GOVERNMENT
ALL INFORMATION CONTAINED HEREIN IS UNCLASSIFIED
DATE 10/18/01 BY 60322 UCBAW/STP



CONFIDENTIAL

NOTAS SOBRE CIMENTACIONES

Tema del Curso sobre Edificios Altos

Septiembre 29, 1976

Guillermo Springall

1. ALCANCE

Es claro que el tema sobre cimentaciones que hoy trataremos es muy extenso como para abarcarlo con detalle suficiente en todas sus partes. En este curso intensivo se pretende tratar los diferentes aspectos generales sobre proyecto, diseño y construcción de edificios altos.

Por tanto, la plática y discusión sobre el tema tienen por objetivo principal referirse a los aspectos más relevantes de las cimentaciones, desde la etapa inicial de concepción hasta la terminación de edificios altos, sin perder de vista que su conocimiento general tiene influencia definitiva para obtener obras funcionales, estables y económicas.

2. INTRODUCCION

Los edificios altos, precisamente por su gran altura, rigidez y ubicación urbana, implican problemas de consideración especial. Las descargas de columnas al subsuelo tienden a ser muy altas, tanto las debidas a peso propio como las vivas y las accidentales causadas por sismo, viento, etc.

Las condiciones del subsuelo y el elevado costo de predios urbanos céntricos, está conduciendo en no pocos casos a prolongar el número de pisos - en forma de sótanos - hacia abajo, implicando problemas de excavación y construcción profunda. Su ejecución se complica por la presencia de edificaciones vecinas y de instalaciones y servicios urbanos (drenajes, conducciones de agua potable, líneas eléctricas, túneles, trenes subterráneos, etc.). Esta situación es especialmente delicada en la Ciudad de México, cuyo subsuelo está constituido por depósitos de gran espesor de arcilla muy compresible y por estar sujeta la superficie al fenómeno de hundimiento regional.

Sin embargo, el problema cobra importancia en otras ciudades del País que crecen rápidamente y en áreas destinadas a otros fines, como las turísticas que se desarrollan en las costas, en cordones y lagunas litorales, donde los depósitos de arena suelta y de suelos altamente orgánicos (turba) constituyen problemas de cimentación.

En sitios de terrenos competentes, por ejemplo en los lomeríos del poniente de la Ciudad de México, el subsuelo impone condiciones especiales provocadas por la misma acción humana que altera y contamina el medio ambiente en que vive: la presencia de minas subterráneas ocultas.

Aún en ciertas formaciones rocosas, aparentemente muy resistentes, como los derrames basálticos de los pedregales de San Angel, San Francisco, etc. y la caliza kárstica de la Península de Yucatán, caracterizados los primeros por discontinuidades en forma de fuerte agrietamiento y oquedades y en la segunda por cavernas y conductos de disolución, se presen -

tan problemas muy serios de cimentación y de costos que ameritan estudios y soluciones particularmente especiales, que pueden llegar a incluir el tratamiento de la roca.

El comportamiento de las cimentaciones no sólo tiene importancia desde el punto de vista ingenieril (estabilidad y costos), sino también en otros sentidos cuando es inapropiado, ya que repercute notablemente en la apariencia arquitectónica y sobre todo en el estado psicológico del usuario (sensación de inseguridad). Esto se menciona dado que un buen porcentaje de fallas o defectos en edificios altos se deben a un mal comportamiento de las cimentaciones, representado por asentamientos y desplomes excesivos, agrietamientos, emersión de edificios, etc. Un sinnúmero de casos reales lo demuestran.

Los muy diversos problemas que involucran los edificios altos, que se agravan al incrementarse su número y hacinamiento, son motivo de fuerte preocupación mundial, por parte de investigadores y profesionales (arquitectos, ingenieros, urbanistas, sociólogos, etc.) y de los organismos e instituciones relacionados con ellos. Por esta razón, recientemente se estudian y se llevan a cabo cursos y eventos para tratarlos, por ejemplo el Congreso Internacional sobre Proyecto y Diseño de Edificios Altos, celebrado en 1972 (Ref. 1).

3. ¿QUE ES UNA CIMENTACION?

Terzaghi-Peck (Ref. 2) definen una cimentación como la parte de una estructura que sirve exclusivamente para transmitir su peso al terreno natural.

En un sentido más amplio, una cimentación es la parte de una estructura que le proporciona apoyo a la misma y a las cargas que actúan en ella, incluyendo la masa de suelo o roca afectada. Así, por ejemplo, en un edificio dotado de un cajón de concreto con pilotes de adherencia, la cimentación está constituida por el conjunto cajón (losas y trabes) - pilotes - suelo afectado.

4. ¿QUE ES LA INGENIERIA DE CIMENTACIONES?

Es una rama de la Ingeniería Civil, en particular de la Geotecnia, que trata sobre la determinación de las propiedades del terreno, selección del tipo de cimentación y evaluación de su capacidad para soportar cargas, y sobre el diseño de los elementos de la subestructura.

Estas notas se refieren sólo a la primera parte, ya que el diseño es objeto de otro tema del curso.

5. REQUISITOS ESENCIALES QUE DEBE SATISFACER UNA CIMENTACION

- a) Seguridad contra falla por resistencia al corte.
- b) Los asentamientos no deben exceder de los límites permisibles del edificio y obras colindantes.

En proyectos de gran amplitud (conjuntos urbanos, turísticos, industriales), la localización apropiada de los edificios juega un papel defini-

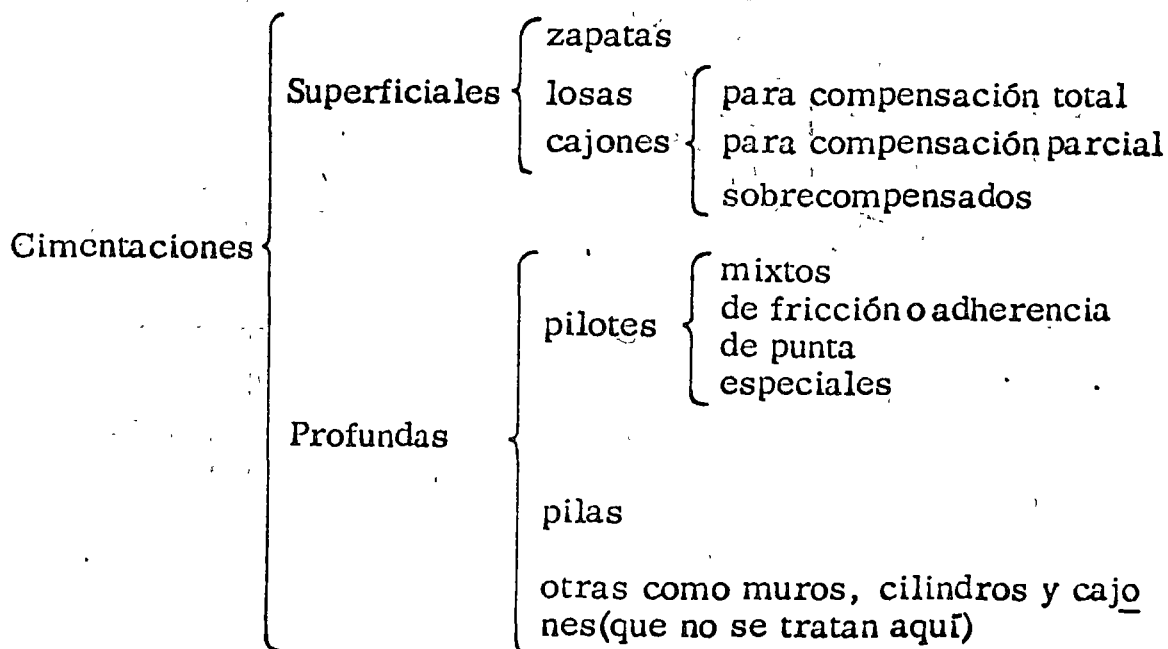
tivo en las cimentaciones. Los reconocimientos geológicos y estudios preliminares del subsuelo son un valioso auxilio y factor indispensable a nivel de anteproyecto.

En general, en cualquier estudio de cimentación va a interesar el conocimiento de la geología local, la estratigrafía del subsuelo y las propiedades índice y mecánicas (resistencia al corte, compresibilidad y permeabilidad) de los suelos que lo componen; además del conocimiento de otros factores como sismicidad, vientos, comportamiento del subsuelo y de cimentaciones existentes, etc.

Parte de la información general del subsuelo de ciudades del País, para orientar en forma preliminar el problema de cimentaciones, se encuentra en publicaciones. Su utilización representa ahorro de tiempo y de gastos a veces innecesarios.

6. CLASIFICACION DE LAS CIMENTACIONES

Las cimentaciones de edificios se clasifican en la siguiente forma:



La elección de uno de estos tipos de cimentación va a depender de las características del subsuelo y de las condiciones impuestas por el edificio, y fundamentalmente del costo y problemas constructivos involucrados, pues con frecuencia se plantean dos o más alternativas.

Ocasionalmente, como ya se mencionó, se requiere del tratamiento del terreno para mejorar las propiedades del subsuelo para incrementar la resistencia al corte, reducir la compresibilidad, o eliminar irregularidades peligrosas, como cavidades. Excepcionalmente se requerirá de tratamiento para reducir la permeabilidad o flujo a través de la masa del suelo.

6.1 Zapatas y losas

Las zapatas y losas de cimentación se utilizan cuando las capas superficiales del terreno son resistentes y de baja compresibilidad para las cargas que la estructura les transmitirá.

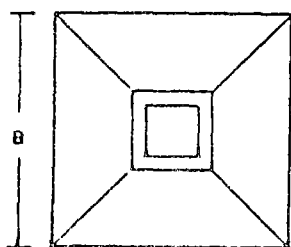
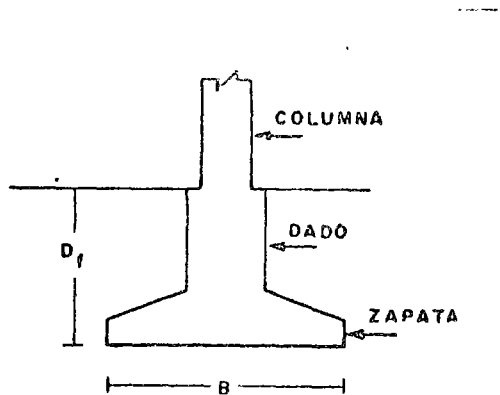


FIG. 1 ZAPATA CUADRADA

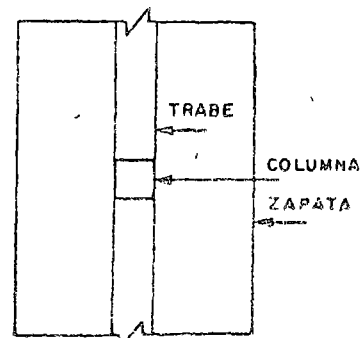
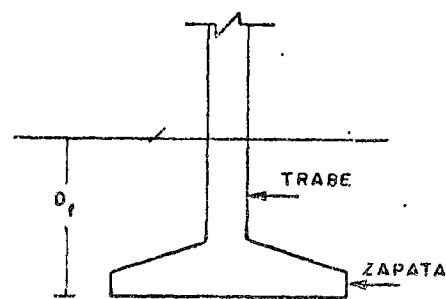


FIG. 2 ZAPATA CONTINUA

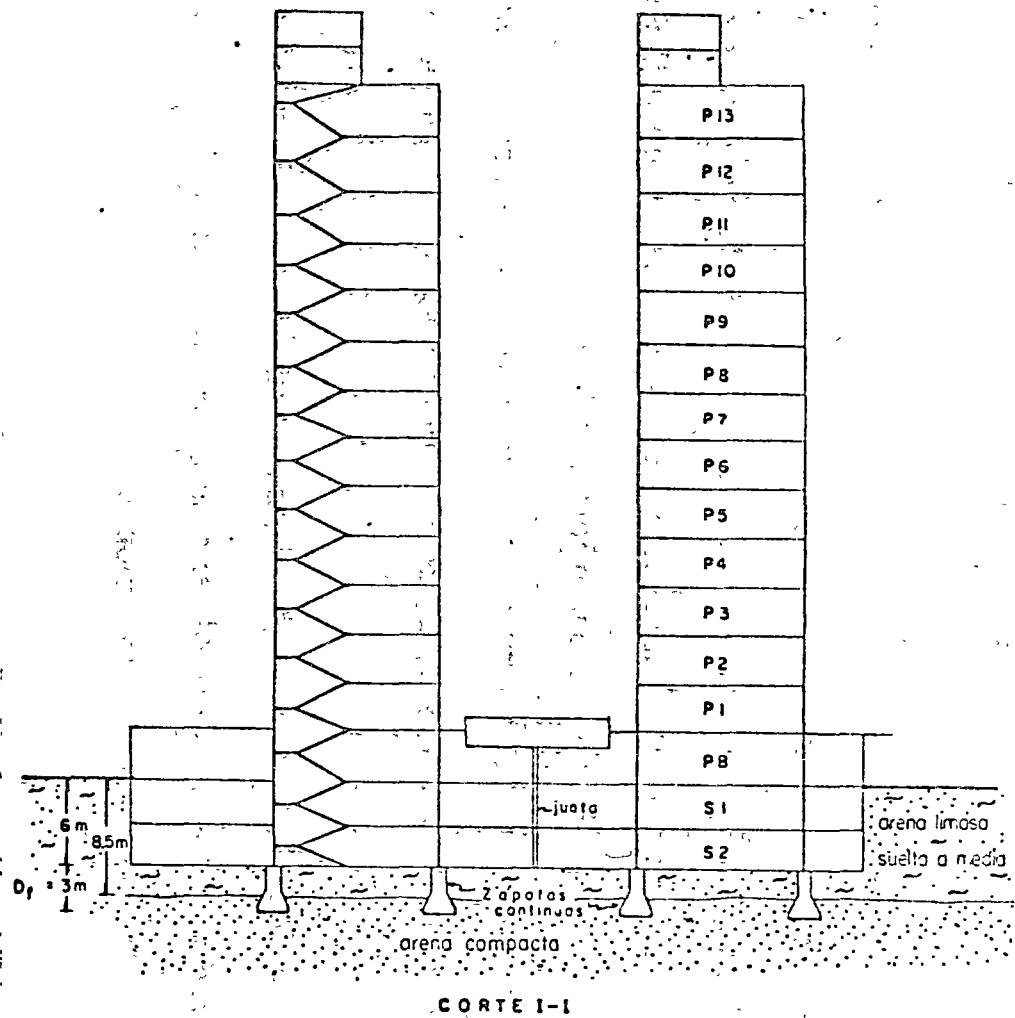
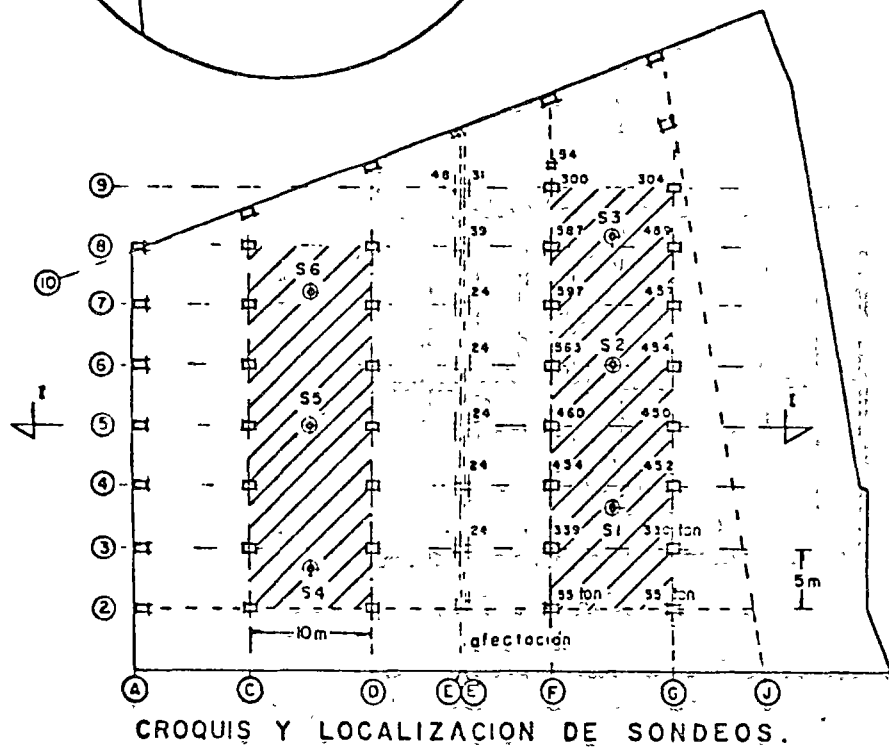
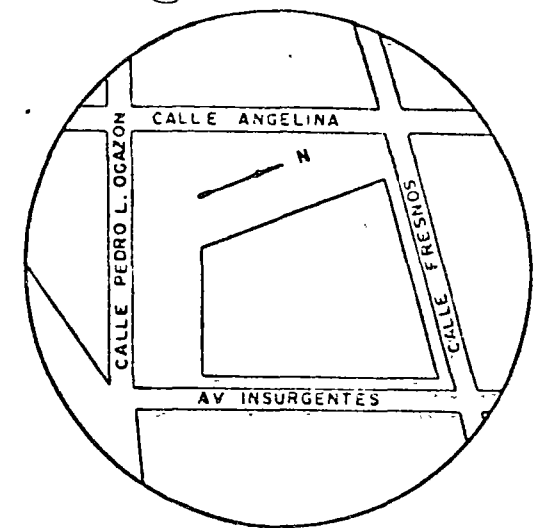


Fig. 3 Torres cimentadas sobre zapatas.

Las zapatas aisladas se emplean como elementos de cimentación bajo columnas y las continuas o corridas bajo muros de carga o hileras de columnas (Figs. 1 y 2). En ocasiones se utilizan zapatas combinadas que reciben las descargas de dos o más columnas, siendo su finalidad incrementar la rigidez y reducir los asentamientos diferenciales.

La Fig. 3 muestra dos torres de 14 pisos con dos sótanos, apoyados en zapatas continuas en una zona de baja compresibilidad de la Ciudad de México.

Las losas de cimentación (Fig. 4) se utilizan cuando se requiere reducir la presión de contacto con el terreno o cuando resultan más económicas que zapatas de grandes dimensiones.

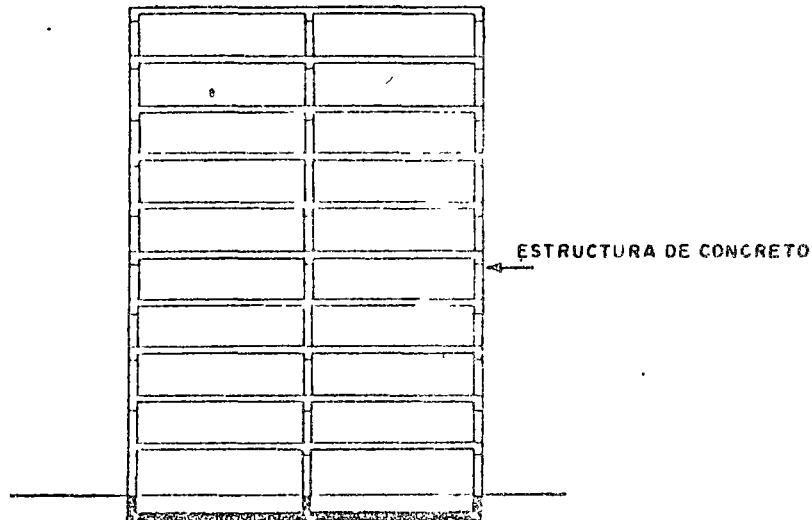


Fig 4. Losa con trabes

6.2 Cajones superficiales

Los cajones de cimentación se emplean en terrenos compresibles para reducir la descarga neta al mismo, evitando incrementos de presión en la masa del subsuelo que pudieran producir asentamientos intolerables.

Cuando se proyecta para que la descarga neta sea igual a cero, la cimentación se denomina totalmente compensada. Esto equivale a excavar un volumen de terreno tal que su peso sea igual al peso del edificio debido a las cargas permanentes.

Si la descarga neta es solo una fracción del peso del edificio, la cimentación se denomina parcialmente compensada. La descarga neta se calcula en tal forma que el incremento de presiones en la masa del subsuelo producido por la misma, solo ocasione asentamientos iguales o menores que los tolerables.

En algunos edificios ligeros con sótanos o en estructuras totalmente enterradas, donde el peso del terreno excavado es mayor que el de la estructura, se tendrá una cimentación sobrecompensada. Esta situación se ha aprovechado en algunos casos, construyendo edificios sobre el cajón, como se hizo en algunas estaciones del Metro de la Ciudad de México.

Cuando la profundidad de desplante es mayor que la del nivel freático, el cajón debe ser estanco, es decir impermeable; en caso contrario el beneficio de la compensación se pierde y puede traducirse en asentamientos.

Los cajones generalmente están formados por losas de cimentación y de tapa, retícula de trabes y muros de contención (Fig. 5). En ocasiones la losa de cimentación se sustituye por cascarones cilíndricos invertidos.

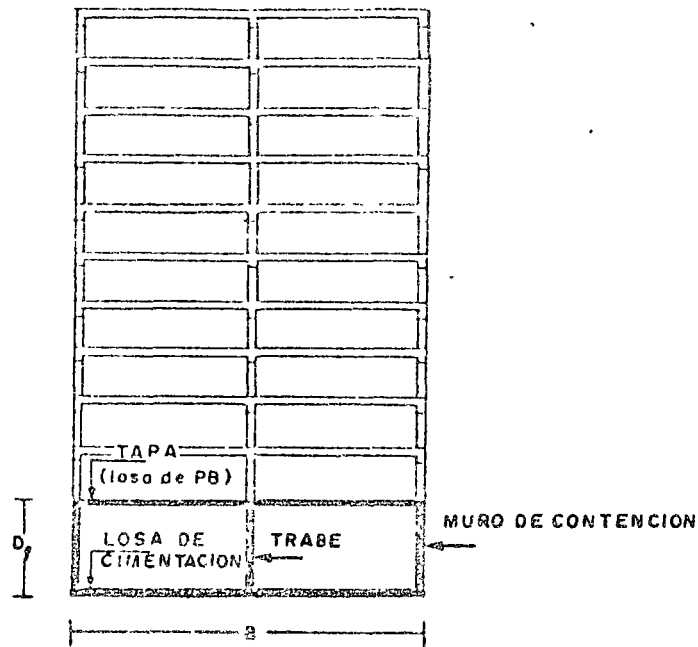


FIG. 5 CAJON DE CIMENTACION

6.3. Pilotes

Cuando las capas del subsuelo cercanas a la superficie son muy compresibles, formadas por arcilla muy blanda, suelos orgánicos y turba o limo y arena en estado suelto, se utilizan cimientos profundos constituidos por elementos alargados que transmiten parte o todo el peso del edificio a estratos profundos menos compresibles y más resistentes. Sustituyen con ventajas a los cajones cuando la utilización de éstos representa problemas constructivos serios y costos elevados.

Existe una extensa variedad de pilotes. En cuanto a su material los hay de concreto, acero y madera. Respecto al procedimiento constructivo pueden clasificarse en precolados (hincados a percusión o presión estática) y colados in situ. Por su forma de trabajo se dividen en pilotes de adherencia, de punta y mixtos, según se describe a continuación (Fig. 6).

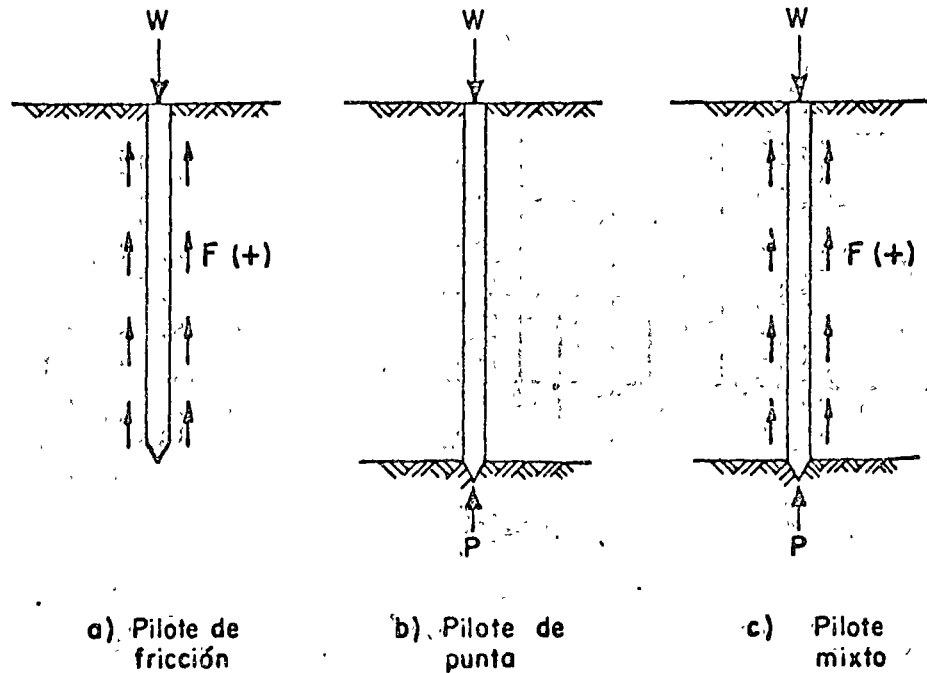


Fig. 6 Tipos de pilote por su forma de trabajo.

Los pilotes de adherencia o fricción transmiten al subsuelo las cargas de la estructura a través de su superficie lateral, siendo la carga transmitida en la punta solo una fracción pequeña de la total, generalmente despreciable.

En terrenos muy compresibles es frecuente el uso combinado de pilotes de adherencia con un cajón que compense parte del peso del edificio (Fig. 7). La carga no compensada por el cajón es transmitida a los pilotes. Esta solución tiene como ventajas: a) reducir la profundidad de excavación y, por lo tanto, el costo y facilidad de construcción, y b) hacer que el edificio se hunda con la misma velocidad que la superficie del terreno.

Los pilotes de punta, como su nombre lo indica, transmiten el peso del edificio por su base o punta a la roca o estrato de suelo competente, poco o nada compresible. En la zona céntrica de la Ciudad de México se

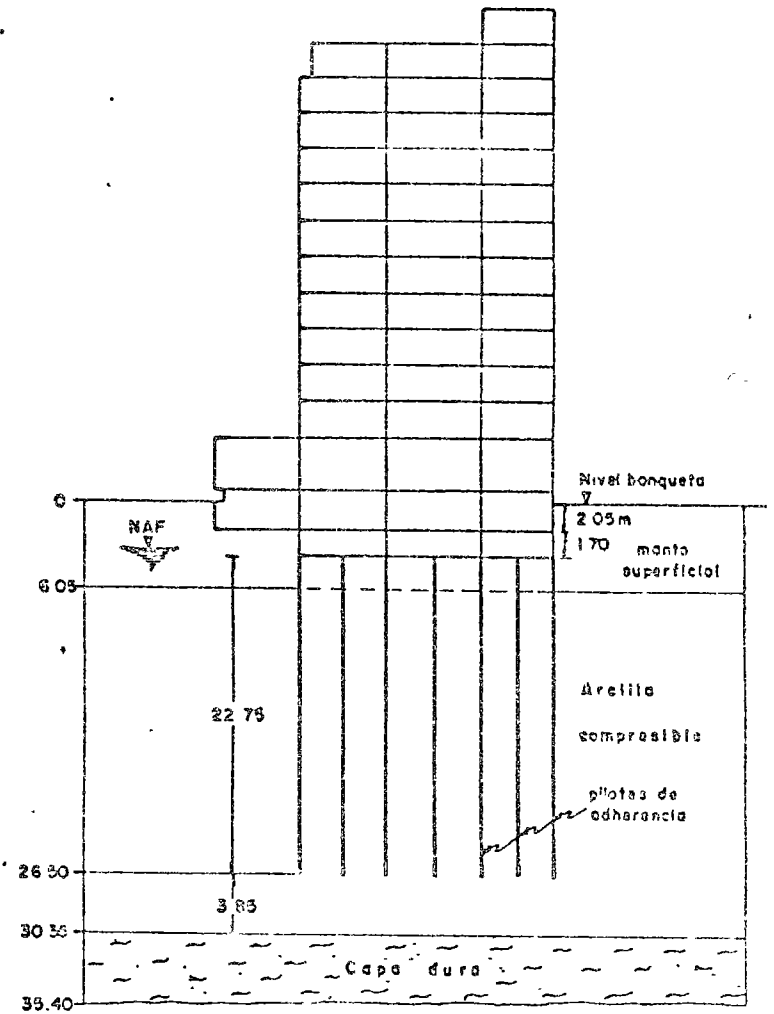
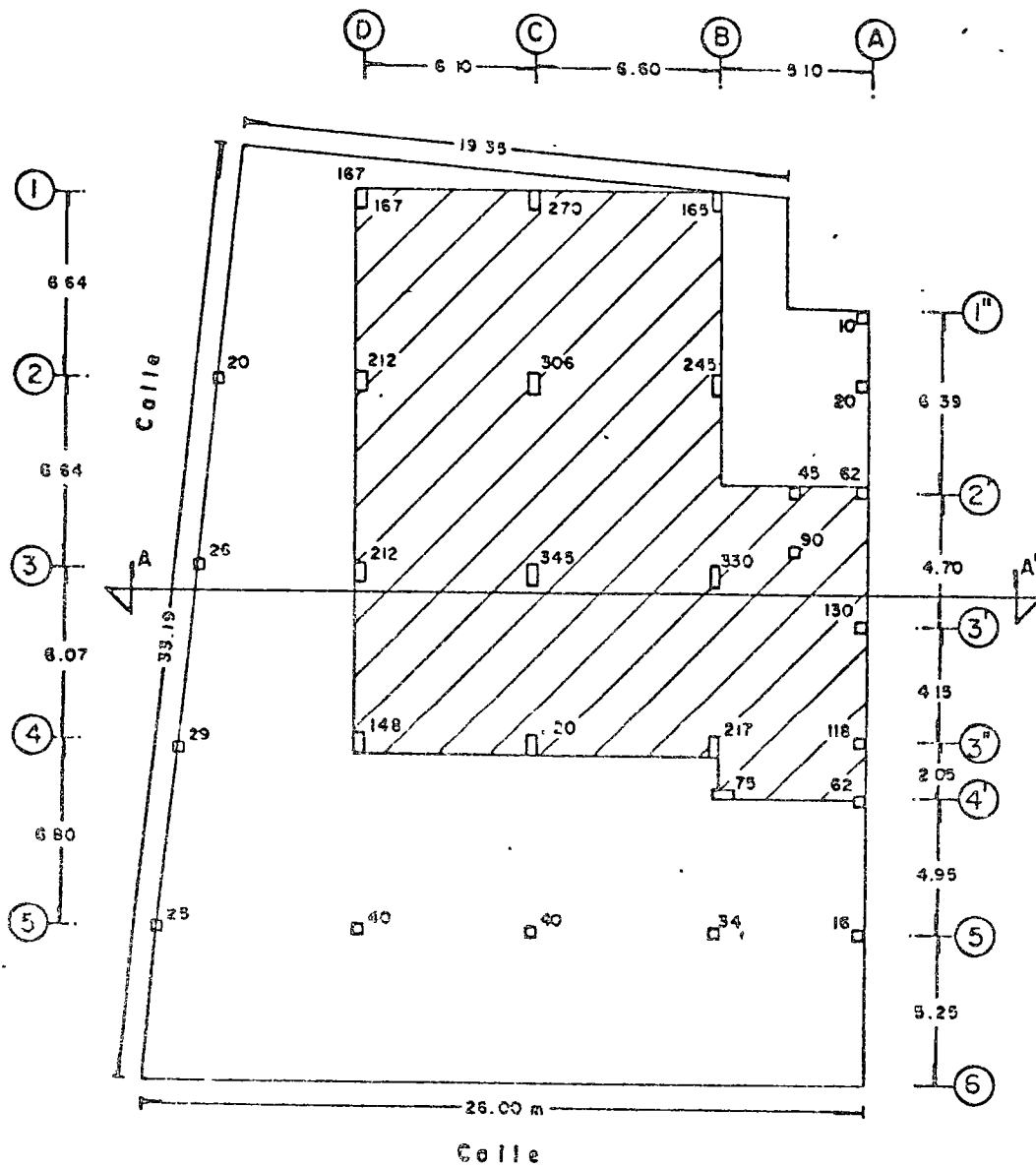


Fig. 7 Cimentación parcialmente compensada y pilotes de adherencia.

han utilizado en edificios muy pesados donde otro tipo de cimientos no ofrecen mayor seguridad. Este caso tiene como inconvenientes: a), el hundimiento regional que con el tiempo causa que el edificio emerja; b), provoca daños a construcciones vecinas cuando están cimentadas por superficie y aún sobre pilotes de adherencia; c) su capacidad de carga útil se reduce por efecto de la fricción negativa. La Fig. 8 ilustra la cimentación de un edificio con pilotes apoyados de punta en la primera capa dura.

Los pilotes mixtos son aquéllos en los que el trabajo de adherencia o fricción es tan importante como el de punta.

Como consecuencia del hundimiento de la Ciudad de México, se han ideado pilotes especiales con dispositivos de control.

La Fig. 9 muestra el mecanismo de un tipo de pilote con dispositivos de control manual (Ref. 3). El peso del edificio es transmitido de la losa de cimentación a la cabeza de los pilotes a través de las anclas y el cabezal. Entre éste y los pilotes se colocan las celdas de deformación que son cubos de madera. Su funcionamiento supone que los cubos de madera se deforman con igual velocidad con la que la superficie del terreno se hunde; sin embargo, esto no ocurre en realidad ya que la madera tiene un comportamiento muy diferente al del suelo. La cimentación requiere de una conservación continua de por vida, pues en caso contrario a largo plazo los pilotes trabajarían de punta, bajo condiciones de carga críticas no consideradas en el diseño. Este tipo de pilotes tiene ventajas en recimentaciones.

Un segundo tipo de pilote especial, de utilización reciente, es el deno-

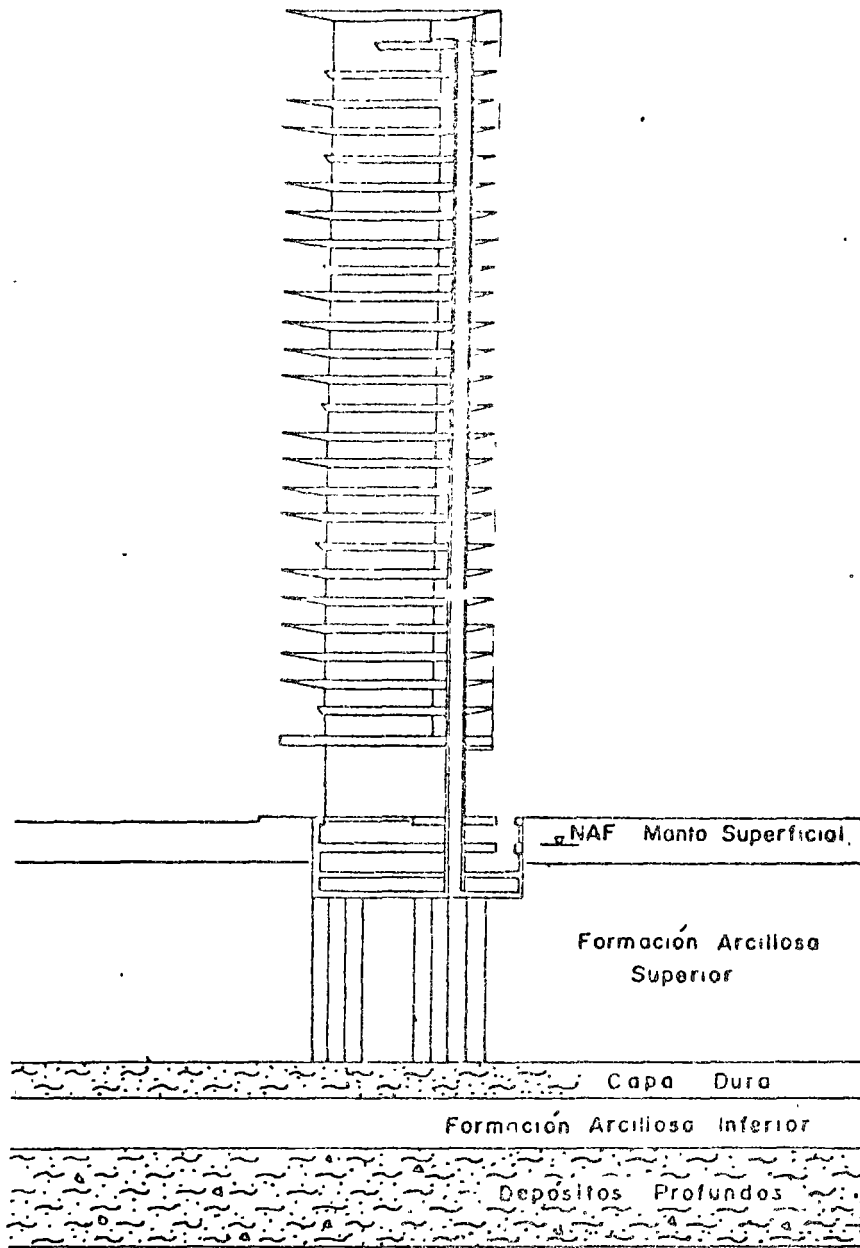


FIG 8 EDIFICIO CON PILOTES DE PUNTA LOCALIZADO EN LA ZONA CENTRICA DE LA CIUDAD DE MEXICO

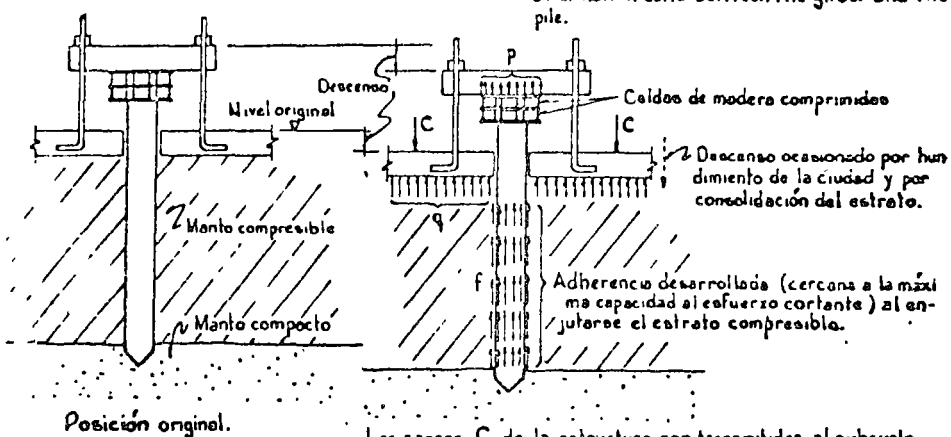
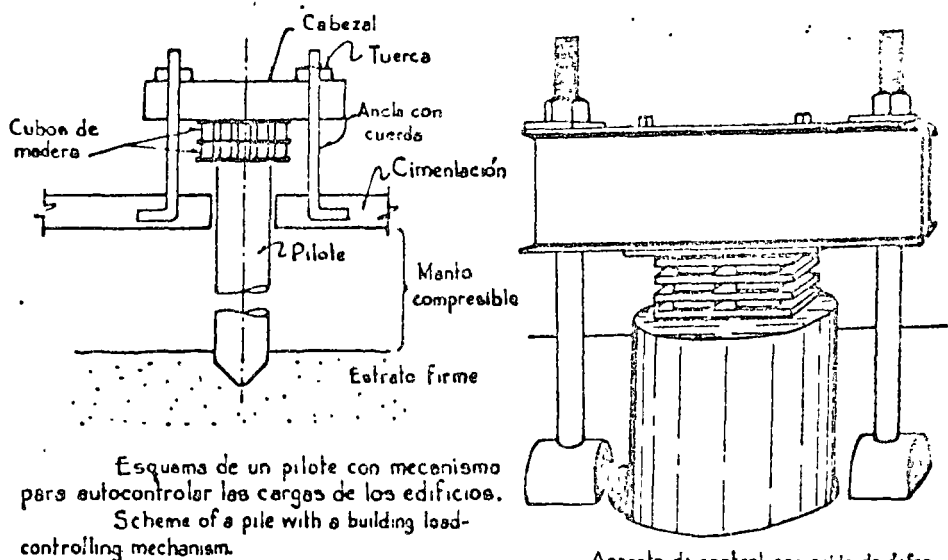


FIG. 9 TIPO DE PILOTE CON DISPOSITIVO DE CONTROL MANUAL (copio de la ref.3).

minado pilote penetrante de sección variable. Con estos pilotes también se pretende evitar que los edificios emerjan, haciendo que la punta del tramo inferior esbelto (Fig. 10) penetre en la capa dura a medida que la fricción negativa actúa. Para mayor información se recomienda consultar las Refs. 4 y 5. Se han utilizado en pocos edificios, requiriendo de mayor estudio y de una construcción cuidadosa. La homogeneidad de la capa de apoyo es fundamental, pues irregularidades en las propiedades pueden causar desplomes al penetrar unos pilotes más que otros.

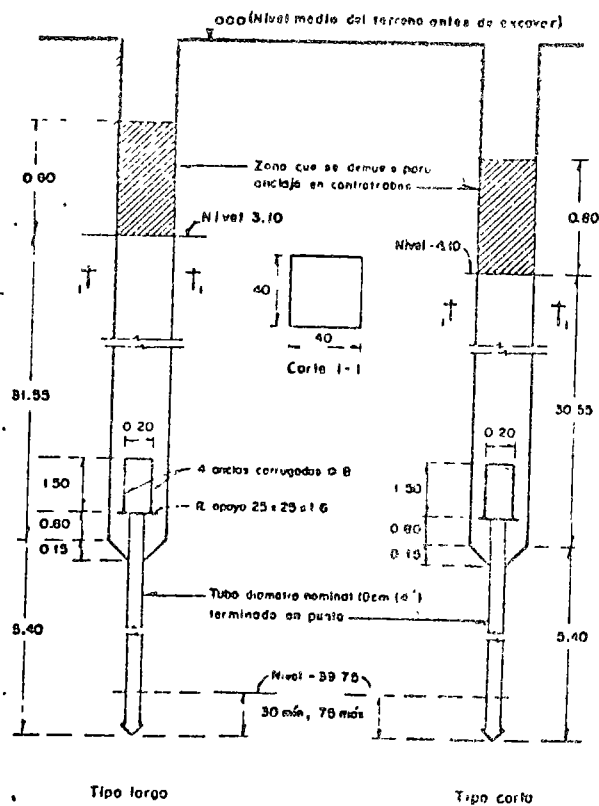


Fig 10. Geometría de los pilotes penetrantes utilizados en el Palacio de los Deportes (Ref.5).

Con escasa frecuencia se han utilizado otros tipos de pilotes especiales. En la Ref. 6 se describe con detalle el mecanismo de pilotes entrelazados y en la Ref. 7 de pilotes electrometálicos.

Los pilotes entrelazados constan de un conjunto de pilotes ligados a la subestructura (pilotes A), más otro conjunto apoyado en la capa dura (pilotes B), como lo ilustra la Fig. 11. Se supone que las capas de suelo compresible localizadas una entre la punta de los pilotes A y la capa dura y otra entre la cabeza de los pilotes B y la losa de cimentación, absorben el enjuntamiento de la formación arcillosa superior debido al hundimiento regional, impidiendo que la estructura emerja. La solución es costosa.

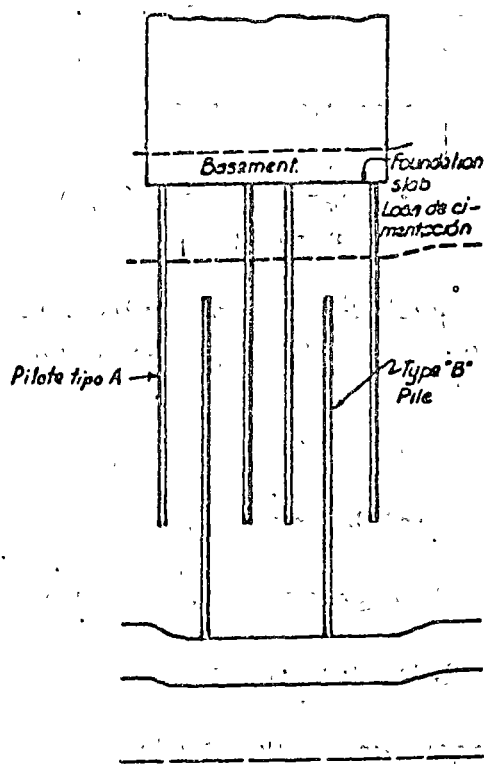


Fig 11. Pilotes entrelazados (Ref. 6)

Los pilotes electrometálicos son tubos de acero (ánodos) hincados en la arcilla, los cuales son sometidos a una corriente eléctrica en tanto que unas varillas de acero (cátodos) hincadas a cierta distancia de los primeros cierran el circuito. El objeto del tratamiento electrosmótico es lo -

grar que en un lapso de tiempo de dos a tres horas la adherencia suelo-pilote sea de magnitud mayor (ligeramente) a la resistencia al corte natural del suelo. La Fig. 12 muestra la influencia del tiempo de tratamiento en la capacidad de carga de un pilote probado en la arcilla del Valle de México.

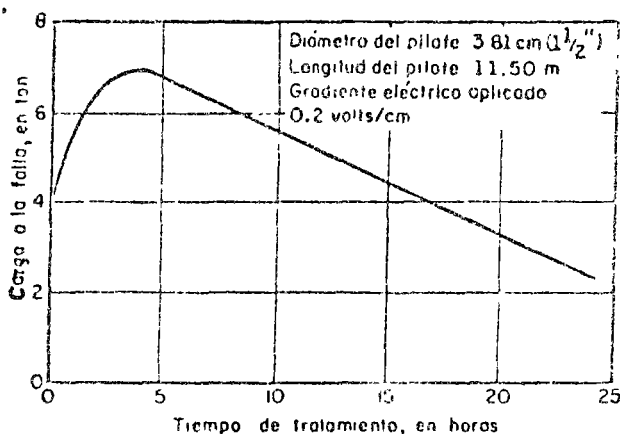


Fig 12. Influencia del tiempo de tratamiento en la capacidad de carga de un pilote electrometálico (Ref. 7).

Los tipos de pilotes especiales antes mencionados se han utilizado en recimentaciones. En la Ref. 8 se presentan algunos datos que complementan a los incluidos en las Refs. 6 y 7, así como los correspondientes a otros tipos de cimentaciones empleados en la Ciudad de México.

Los pilotes hincados a percusión también se han empleado para mejorar la compacidad de suelos arenosos en estado suelto y, por tanto, sus propiedades de resistencia y compresibilidad.

6.4. Pilas

Las pilas son elementos colados en sitio que se apoyan en roca o suelos compactos o duros, de diámetro mayor que el de los pilotes, por lo

que su capacidad de carga es más alta. Su extremo inferior puede ampliarse para formar una campana. Las condiciones del subsuelo y los procedimientos constructivos son factores determinantes en su comportamiento y capacidad de carga. En la Ref. 8 (página IV-42) se tratan con detalle los aspectos de diseño, construcción y comportamiento de edificios cimentados sobre pilas. La Fig. 13 ilustra un caso de cimentación a base de pilas desplantadas a 10.5 m de profundidad, utilizadas en un edificio de 18 pisos.

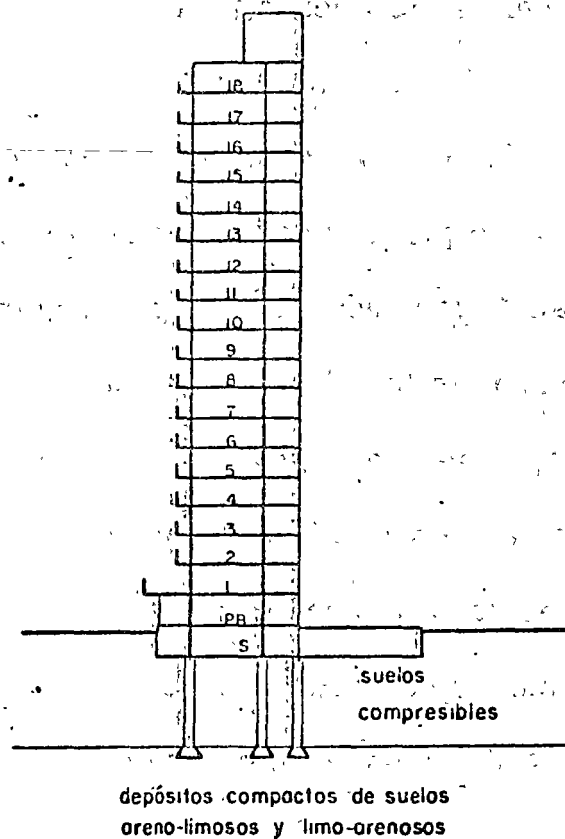


Fig 13. Cimentación de un edificio con pilas.

Dependiendo de las condiciones del subsuelo, existen tres métodos

principales para la construcción de pilas: a) método seco, b) método que emplea ademe, y c) método que usa lodos. Para mayores detalles véase la Ref. 9. Las pilas del ejemplo de la Fig. 13 se construyeron conforme al primer método. En el caso del edificio de la Fig. 14 se recurrió al uso de ademes metálicos debido a la presencia de un manto colgado de agua (Ref. 10), permitiendo proseguir la perforación hasta 23 m de profundidad en seco.

7. FACTORES DE LOS QUE DEPENDE EL TIPO DE CIMENTACION

Por lo antes expuesto es fácil deducir que el tipo de cimentación de un edificio va a depender: a) de las características del proyecto, b) de las características del subsuelo, y c) de factores ambientales. Para un mismo edificio, por ejemplo de 16 pisos, si se construyera en la zona de lago de alta compresibilidad de la Ciudad de México, seguramente que requeriría de cimientos profundos (pilotes), mientras que si se construyera en un sitio sano de la zona de lomas de baja compresibilidad de la misma Ciudad, es muy probable que podría consistir en cimientos superficiales, siempre que las cargas y efectos de volteo por sismo no influyeran y la estructura fuese del tipo usual y claros normales. En caso contrario, en la segunda zona la cimentación podrá consistir en cimientos profundos (pilas coladas en sitio). El caso de la Fig. 3 (torres gemelas) ilustra lo anterior; si se hubiese construido en el área céntrica la cimentación se hubiera resuelto según la alternativa de cajón de compensación parcial con pilotes de adherencia.

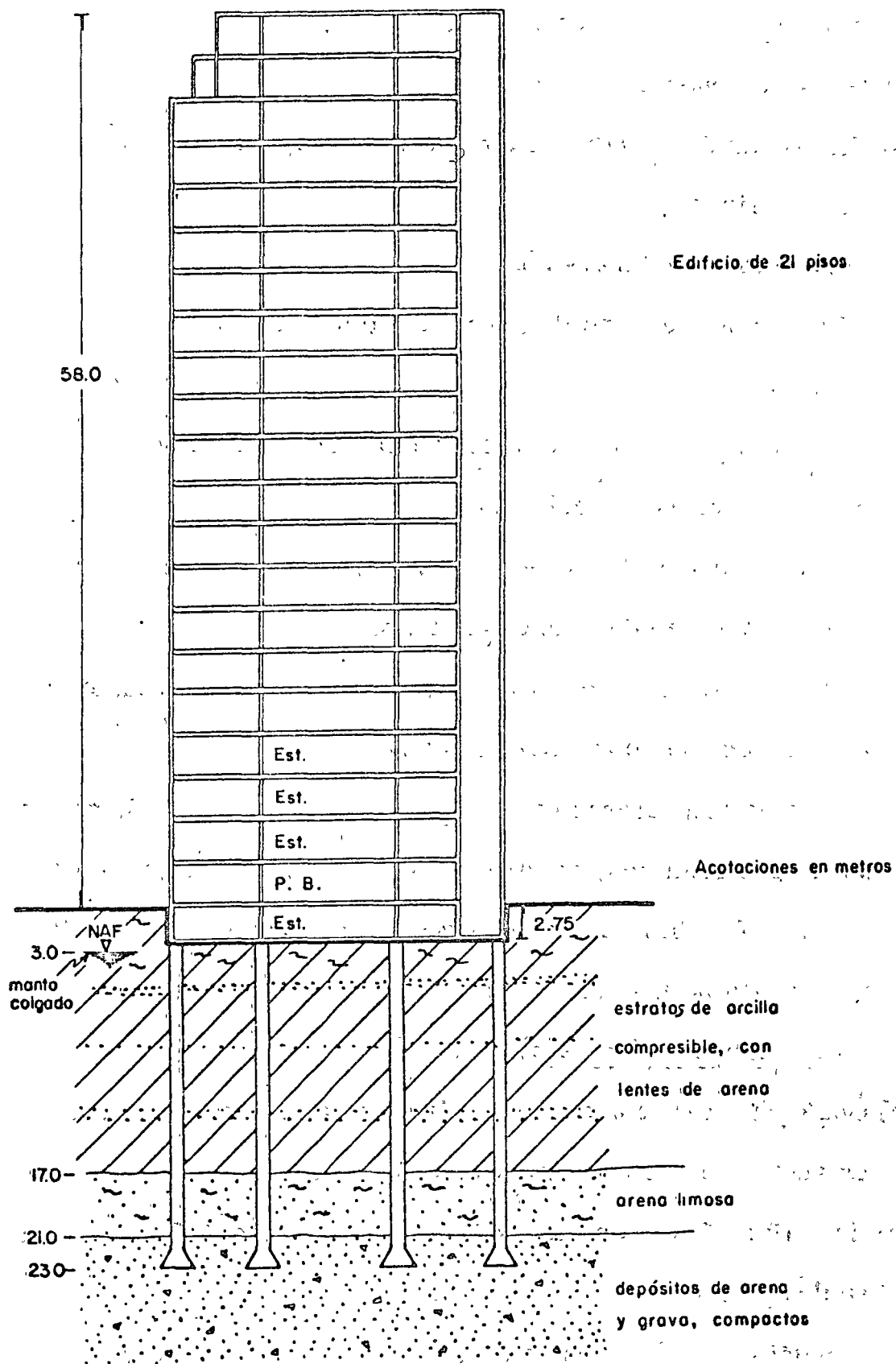


Fig. 14 Pilas en un terreno con manto colgado de agua. Se usó el metodo de ademe.

7.1 Características de la estructura

Interesará conocer:

- a) Localización del edificio o conjunto, incluyendo planos topográficos.
- b) Tipo, forma y dimensiones.
- c) Utilización o destino (habitacional, oficinas, hospital, industrial).
- d) Magnitud y distribución de las descargas al subsuelo: muertas, vivas y accidentales.
- e) Rigidez y sensibilidad de la estructura, aunque en general son altas para edificios de gran altura.
- f) Otros datos, como localización y características generales de edificaciones e instalaciones vecinas, etc.

Estos datos son necesarios para el estudio definitivo de la cimentación.

En estudios preliminares, de utilidad para el proyecto arquitectónico y para estudios de factibilidad, debe contarse con la mayor información posible sobre la idea de la obra.

7.2 Características del subsuelo

- a) Geología local, como origen, tipo y características estructurales de las formaciones del lugar.
- b) Estratigrafía y propiedades índice y mecánicas de los suelos y rocas.
- c) Condiciones hidráulicas del subsuelo, tales como profundidad y fluctuación del nivel freático, estado de las pre -

siones de poro, presencia de mantos colgados, etc.

Con este fin se requiere la ejecución de sondeos, cuyo tipo, número, profundidad y distribución dependerán de las propias características del terreno y del proyecto; además, podría requerirse de mediciones y prueba en sitio (por ejemplo, piezometría, pruebas para determinar relaciones carga o esfuerzo versus deformación, etc.), sea para estudiar el comportamiento de los suelos ante sollicitaciones estáticas o dinámicas.

7.3 Factores ambientales

Estos son de diversos tipos y dependen de la localidad, pero pueden clasificarse en naturales y artificiales; estos últimos debidos al hombre. Entre algunos de esos factores se citan los siguientes:

- a) Sismicidad.
- b) Acción del viento.
- c) Hundimiento regional.
- d) Minas subterráneas o discontinuidades naturales (por ejemplo, cavidades y conductos de disolución).
- e) Construcciones e instalaciones vecinas; su localización, tipo, funcionamiento, etc., referidas en 7.1 (f), pero desde el punto de vista de mecánica de suelos.
- f) Acción del agua en obras costeras, vecinas a ríos, lagos, etc.
- g) Estabilidad de laderas naturales o cortes.

8. RECOMENDACIONES PARA DISEÑO Y CONSTRUCCION

Dependiendo del caso particular de cimentación y a partir de lo expresado en el Inciso 7, se darán las recomendaciones que incluyen datos nu -

méricos sobre diseño, métodos constructivos y de control de la obra. En términos generales interesarán los siguientes.

8.1 Para diseño

- a) Tipo de cimentación.
- b) Profundidad de desplante.
- c) Carga de trabajo admisible de la cimentación, limitada por resistencia al corte y asentamientos tolerables; para cargas estáticas y para la combinación de éstas con accidentales.
- d) Distribución de presiones en el contacto estructura-suelo.
- e) Empuje de tierras en muros de contención.
- f) Otras según el caso.

8.2 Para construcción

- a) Excavación (si la hay), profundidad, etapas, etc. Las recomendaciones en este sentido dependerán del suelo, pudiendo ser función de expansiones a corto y largo plazo, de la estabilidad de los cortes perimetrales y de construcciones e instalaciones vecinas, y de otros aspectos.
- b) Procedimiento para abatir el nivel freático (si se requiere), superficial o profundo, número de pozos o elementos de bombeo, profundidad de abatimiento, etc.
- c) Procedimiento constructivo de la subestructura, incluyendo pilas y pilotes (si los hay). En el caso de pilotes: si son precolados o colados en sitio, perforaciones previas o no, etc.

En el caso de pilas el método (seco, ademe, lodos) y condiciones de colado.

d) Otras que fuera menester según el caso.

8.3 Para control

La aplicación de los procedimientos constructivos es fundamental para el comportamiento de edificios altos, por lo que debe llevarse un control apropiado y contarse con la asesoría necesaria, ya sea por problemas imprevistos que pudieran surgir o para aplicar las medidas correctivas a tiempo. Con este fin puede requerirse de:

a) Piezometría, dentro y fuera de la obra.

b) Nivelación de bancos superficiales y profundos, dentro y fuera de la obra.

c) Pruebas de carga, tipo, número, su plan de ejecución e interpretación. En estructuras muy importantes ubicadas en terrenos difíciles, puede ser conveniente que estas pruebas se efectúen en la etapa de estudio, con objeto de que los resultados sean útiles al diseño. En caso contrario, sólo servirán de verificación, poco recomendable en virtud de que puede ocasionar modificaciones al proyecto en la etapa constructiva.

d) Otras mediciones, observaciones y pruebas que fueran necesarias según el caso.

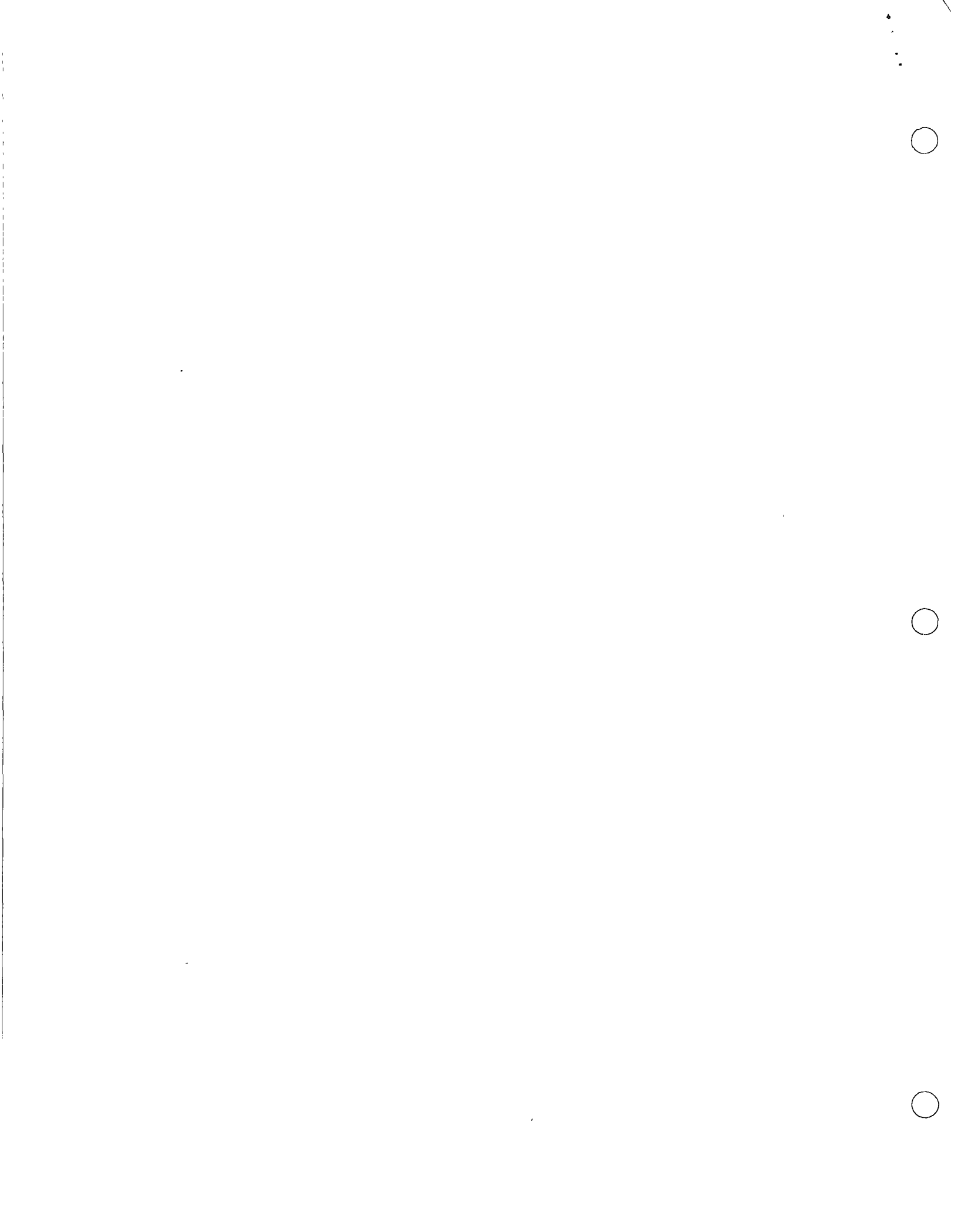
9. COORDINACION PROFESIONAL

En estructuras importantes, como es el caso de edificios altos, que

constituyen problemas e inversiones fuertes, es conveniente que se coordinen desde la concepción de la obra las diferentes partes que intervienen. Su omisión, frecuentemente usual, conduce a proyectos inapropiados, ya sea porque llevan a obras deficientes o por implicar cambios fundamentales en etapas avanzadas del proyecto y construcción, repercutiendo en costos, pérdidas de tiempo y en otros aspectos.

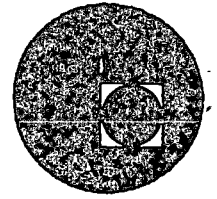
REFERENCIAS

1. International Conference on Planning and Design of Tall Buildings, ASCE-IABSE, Lehigh University, Bethlehem, Pennsylvania, U.S.A., August 21-26, 1972.
2. Terzaghi, K., R.B. Peck, Soil Mechanics in Engineering Practice, J. Wiley, 1967.
3. Salazar R. J., Control de las Cargas en la Cimentación y de los Asentamientos de Edificios mediante Mecanismos en los Pilotes, Memorias del Primer Congreso Panamericano de Mecánica de Suelos y Cimentaciones, pág. 405, México, D.F. Sept. 1959
4. Reséndiz D., On a type of Point-bearing Pile Through a Sinking Subsoil, Proceedings Conference on Deep Foundations, Vol. 1, México, D.F. 1964, pp. 385-403.
5. Reséndiz D., Características, Instrumentación y Comportamiento Inicial de la Cimentación del Palacio de los Deportes, revista Ingeniería, Vol. XXXVIII, No. 4, México, D.F. octubre de 1968, pp. 594-622.
6. Girault P., A New Type of Piled Foundation, Proceedings Conference on Deep Foundations, México, D.F. 1964, Vol. 1, pp. 329-341.
7. Tamez E., Pilotes Electrometálicos en las Arcillas del Valle de México, Proceedings Conference on Deep Foundations, México, D.F. 1964, Vol. 1, pp. 277-291.
8. Reséndiz D., Springall, G., Rodríguez J.M. y Esquivel R., Información Reciente sobre las Características del Subsuelo y la Práctica de la Ingeniería de Cimentaciones en la Ciudad de México, V Reunión Nacional de Mecánica de Suelos. Cimentaciones en Areas Urbanas de México, Vol. 1, México, D.F. 1970, p IV-36.
9. Reese L., Construcción de Pilas y Pilotes Colados en Sitio. Simposio sobre Cimientos Profundos Colados en Sitio, Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, México, junio 1976 (en edición).
10. Springall G., G. Rocha, J. Springall, Mantos Colgados de Agua en el Subsuelo de la Ciudad de México y sus Implicaciones en Cimientos Profundos, Memorias del V Congreso Panamericano de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Fundaciones, Buenos Aires, Argentina, 1975, Tomo I, p.p. 387-401.





centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



EDIFICIOS ALTOS

ASPECTOS GENERALES SOBRE PROYECTO, DISEÑO Y CONSTRUCCION



ARQ. FELIX SANCHEZ AGUILAR

SEPTIEMBRE DE 1976.

auditorios nãose soubo do outro

reunioes de trabalho de cada um

de trabalho de cada um



A THEORY OF THE URBAN LAND MARKET

By William Alonso

The author is Assistant Professor of City Planning in Harvard University.

THE EARLY THEORY of rent and location concerned itself primarily with agricultural land. This was quite natural, for Ricardo and Malthus lived in an agricultural society. The foundations of the formal spatial analysis of agricultural rent and location are found in the work of J. von Thunen, who said, without going into detail, that the urban land market operated under the same principles.¹ As cities grew in importance, relatively little attention was paid to the theory of urban rents. Even the great Marshall provided interesting but only random insights, and no explicit theory of the urban land market and urban locations was developed.

Since the beginning of the twentieth century there has been considerable interest in the urban land market in America. R.M. Hurd² in 1903 and R. Haig³ in the twenties tried to create a theory of urban land by following von Thunen. However, their approach copied the form rather than the logic of agricultural theory, and the resulting theory can be shown to be insufficient on its own premises. In particular, the theory failed to consider residences, which constitute the preponderant land use in urban areas.

Yet there are interesting problems that a theory of urban land must consider. There is, for instance, a paradox in American cities: the poor live near the center, on expensive land, and the rich on the periphery, on cheap land. On the logical side, there are also aspects of great interest, but which increase the difficulty of the analysis. When a purchaser acquires land, he acquires two goods (land and location) in only one transaction, and only one payment is made for the combination. He could buy the same quantity of land at another location, or he could buy more, or less land at the same location. In the

¹ Johan von Thunen, *DER ISOLIERTE STAAT IN BEZIEHUNG AUF LANDWIRTSCHAFT UND NATIONALEKONOMIE*, 1st. vol., 1826, 3d. vol. and new edition, 1863.

² Richard M. Hurd, *PRINCIPLES OF CITY LAND VALUES*, N.Y.: *The Record and Guide*, 1903.

³ Robert M. Haig, "Toward an Understanding of the Metropolis", *QUARTERLY JOURNAL OF ECONOMICS*, XL: 3, May 1926; and *REGIONAL SURVEY OF NEW YORK AND ITS ENVIRONS*, N.Y.: *New York City Plan Commission*, 1927.

analysis, one encounters, as well, a negative good (distance) with positive costs (commuting costs); or, conversely, a positive good (accessibility) with negative costs (savings in commuting). In comparison with agriculture, the urban case presents another difficulty. In agriculture, the location is extensive: many square miles may be devoted to one crop. In the urban case the site tends to be much smaller, and the location may be regarded as a dimensionless point rather than an area. Yet the thousands or millions of dimensionless points which constitute the city, when taken together, cover extensive areas. How can these dimensionless points be aggregated into two-dimensional space?

Here I will present a non-mathematical over-view, without trying to give it full precision, of the long and rather complex mathematical analysis which constitutes a formal theory of the urban land market.⁴ It is a static model in which change is introduced by comparative statics. And it is an economic model: it speaks of economic men, and it goes without saying that real men and social groups have needs, emotions, and desires which are not considered here. This analysis uses concepts which fit with agricultural rent theory in such a way that urban and rural land uses may be considered at the same time, in terms of a single theory. Therefore, we must examine first a very simplified model of the agricultural land market.

AGRICULTURAL MODEL

In this model, the farmers are grouped around a single market, where they sell their products. If the product is wheat, and the produce of one acre of wheat sells for \$100 at the market while the costs of production are \$50 per acre, a farmer growing wheat at the market would make a profit of \$50 per acre. But if he is producing at some distance—say, 5 miles—and it costs him \$5 per mile to ship an acre's product, his transport costs will be \$25 per acre. His profits will be equal to value minus production costs minus shipping charges: $100 - 50 - 25 = \$25$. This relation may be shown diagrammatically (see Figure 1). At the market, the farmer's profits are \$50, and 5 miles out, \$25; at intermediate distance, he will receive intermediate profits. Finally, at a distance of 10 miles from the market, his production costs plus shipping charges will just equal the value of his produce at the market. At distances greater than 10 miles, the farmer would operate at a loss.

In this model, the profits derived by the farmers are tied directly to their location. If the functions of farmer and landowner are viewed as separate, farmers will bid rents for land according to the profitability of the location. The profits of the farmer will therefore be shared with the landowner through rent payments. As farmers bid against each other for the more profitable locations, until farmers' profits are

⁴A full development of the theory is presented in my doctoral dissertation, *A MODEL OF THE URBAN LAND MARKET: LOCATIONS AND DENSITIES OF DWELLINGS AND BUSINESSES*, University of Pennsylvania, 1960.

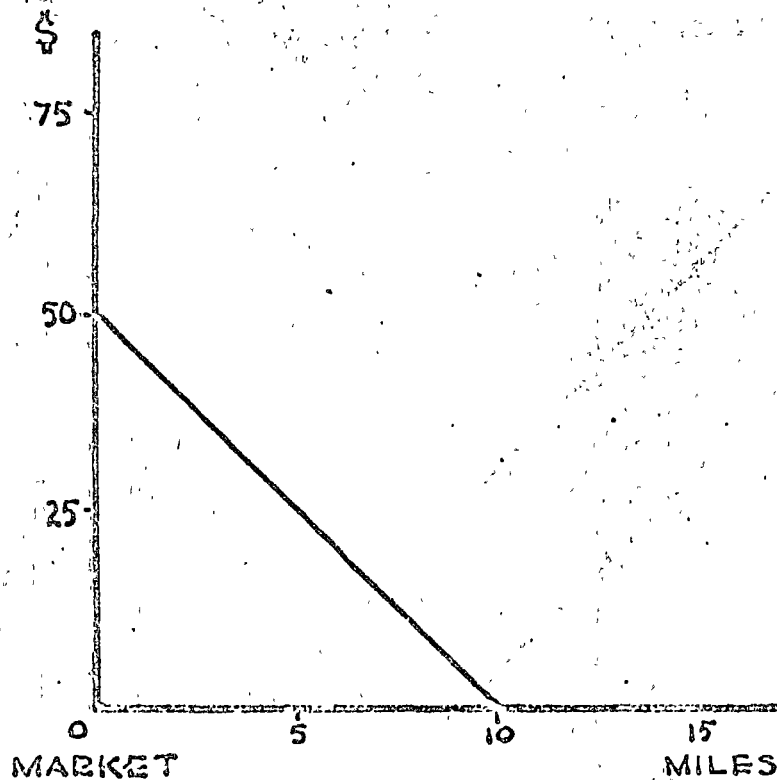


FIGURE 1

everywhere the same ("normal" profits), what we have called profits becomes rent. Thus, the curve in Figure 1, which we derived as a farmers' profit curve, once we distinguish between the roles of the farmer and the landowner, becomes a bid rent function, representing the price or rent per acre that farmers will be willing to pay for land at the different locations.

We have shown that the slope of the rent curve will be fixed by the transport costs on the produce. The level of the curve will be set by the price of the produce at the market. Examine Figure 2. The lower curve is that of Figure 1, where the price of wheat is \$100 at the market, and production costs are \$50. If demand increases, and the price of wheat at the market rises to \$125 (while production and transport costs remain constant), profits or bid rent at the market will be \$75; at 5 miles, \$50; \$25 at 10 miles, and zero at 15 miles. Thus, each bid rent curve is a function of rent vs. distance, but there is a family of such curves, the level of any one determined by the price of the produce at the market, higher prices setting higher curves.

Consider now the production of peas. Assume that the price at the market of one acre's production of peas is \$150, the costs of production

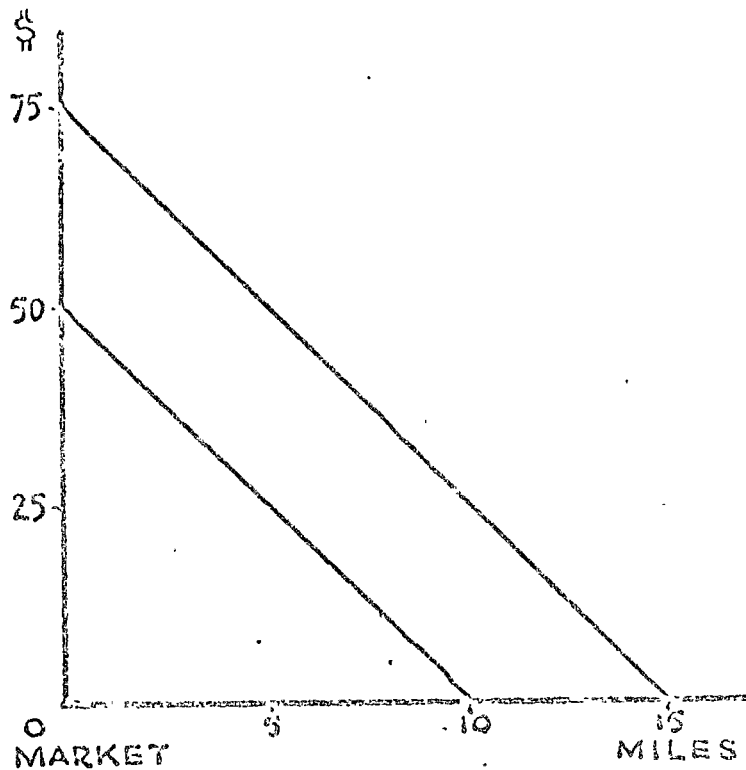


FIGURE 2

are \$75, and the transport costs per mile are \$10. These conditions will yield curve MN in Figure 3, where bid rent by pea farmers at the market is \$75 per acre, 5 miles from the market \$25, and zero at 7.5 miles. Curve RS represents bid rents by wheat farmers, at a price of \$100 for wheat. It will be seen that pea farmers can bid higher rents in the range of 0 to 5 miles from the market; farther out, wheat farmers can bid higher rents. Therefore, pea farming will take place in the ring from 0 to 5 miles from the market, and wheat farming in the ring from 5 to 10 miles. Segments MT of the bid rent curve of pea farming and TS of wheat farming will be the effective rents, while segments RT and TN represent unsuccessful bids.

The price of the product is determined by the supply-demand relations at the market. If the region between zero and 5 miles produces too many peas, the price of the product will drop, and a lower bid rent curve for pea farming will come into effect, so that pea farming will be practiced to some distance less than 5 miles.

Abstracting this view of the agricultural land market, we have that:

- (1) land uses determine land values, through competitive bidding among farmers;

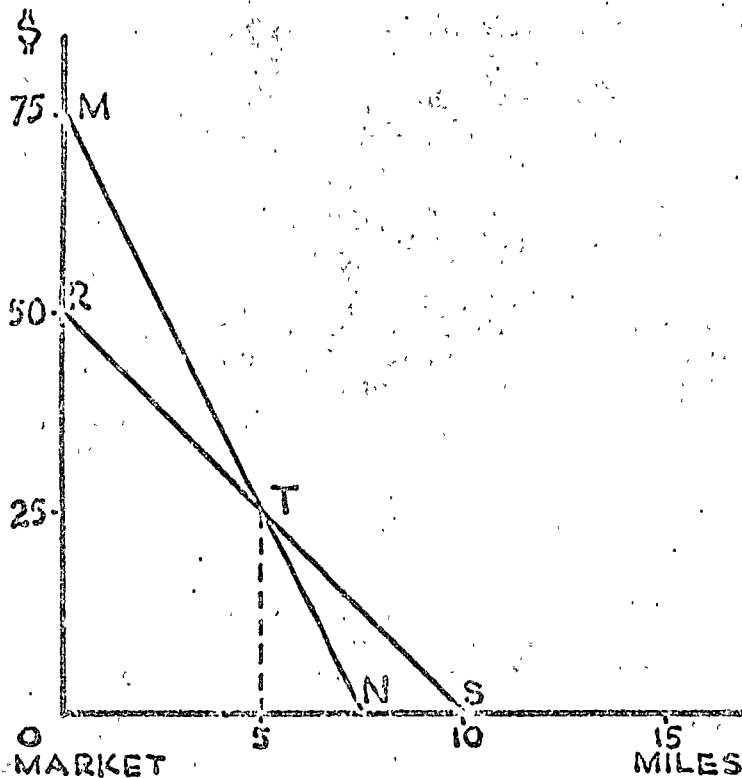


FIGURE 3

- (2) land values distribute land uses, according to their ability to pay;
- (3) the steeper curves capture the central locations. (This point is a simplified one for simple, well-behaved curves.)

Abstracting the process now from agriculture, we have:

- (1) for each user of land (e.g., wheat farmer) a family of bid rent functions is derived, such that the user is indifferent as to his location along any one of these functions (because the farmer, who is the decision-maker in this case, finds that profits are everywhere the same, i.e., normal, as long as he remains on one curve);
- (2) the equilibrium rent at any location is found by comparing the bids of the various potential users and choosing the highest;
- (3) equilibrium quantities of land are found by selecting the proper bid rent curve for each user (in the agricultural case, the curve which equates supply and demand for the produce).

BUSINESS

We shall now consider the urban businessman, who, we shall assume, makes his decisions so as to maximize profits. A bid rent curve for the busi-

nessman, then, will be one along which profits are everywhere the same: the decision-maker will be indifferent as to his location along such a curve.

Profit may be defined as the remainder from the volume of business after operating costs and land costs have been deducted. Since in most cases the volume of business of a firm as well as its operating costs will vary with its location, the rate of change of the bid rent curve will bear no simple relation to transport costs (as it did in agriculture). The rate of change of the total bid rent for a firm, where profits are constant by definition, will be equal to the rate of change in the volume of business minus the rate of change in operating costs. Therefore the slope of the bid rent curve, the values of which are in terms of dollars per unit of land, will be equal to the rate of change in the volume of business minus the rate of change in operating costs, divided by the area occupied by the establishment.

A different level of profits would yield a different bid rent curve. The higher the bid rent curve, the lower the profits, since land is more expensive. There will be a highest curve, where profits will be zero. At higher land rents the firm could only operate at a loss.

Thus we have, as in the case of the farmer, a family of bid rent curves, along the path of any one of which the decision-maker - in this case, the businessman - is indifferent. Whereas in the case of the farmer the level of the curve is determined by the price of the produce, while profits are in all cases "normal", i.e., the same, in the case of the urban firm, the level of the curve is determined by the level of the profits, and the price of its products may be regarded for our purposes as constant.

RESIDENTIAL

The household differs from the farmer and the urban firm in that satisfaction rather than profits is the relevant criterion of optional location. A consumer, given his income and his pattern of tastes, will seek to balance the costs and bother of commuting against the advantages of cheaper land with increasing distance from the center of the city and the satisfaction of more space for living. When the individual consumer faces a given pattern of land costs, his equilibrium location and the size of his site will be in terms of the marginal changes of these variables.

The bid rent curves of the individual will be such that, for any given curve, the individual will be equally satisfied at every location at the price set by the curve. Along any bid rent curve, the price the individual will bid for land will decrease with distance from the center at a rate just sufficient to produce an income effect which will balance to his satisfaction the increased costs of commuting and the bother of a long trip. This slope may be expressed quite precisely in mathematical terms, but it is a complex expression, the exact interpretation of which is beyond the scope of this paper.

Just as different prices of the produce set different levels for the bid rent curves of the farmer, and different levels of profit for the urban firm, different levels of satisfaction correspond to the various levels of the family of bid rent curves of the individual household. The higher curves obviously yield less satisfaction because a higher price is implied, so that, at any given location, the individual will be able to afford less land and other goods.

INDIVIDUAL EQUILIBRIUM

It is obvious that families of bid rent curves are in many respects similar to indifference curve mappings. However, they differ in some important ways. Indifference curves map a path of indifference (equal satisfaction) between combinations of quantities of two goods. Bid rent functions map an indifference path between the price of one good (land) and quantities of another and strange type of good, distance from the center of the city. Whereas indifference curves refer only to tastes and not to budget, in the case of households, bid rent functions are derived both from budget and taste considerations. In the case of the urban firm, they might be termed isoprofit curves. A more superficial difference is that, whereas the higher indifference curves are the preferred ones, it is the lower bid rent curves that yield greater profits or satisfaction. However, bid rent curves may be used in a manner analogous to that of indifference curves to find the equilibrium location and land price for the resident or the urban firm.

Assume you have been given a bid rent mapping of a land use, whether business or residential (curves $brc_1, 2, 3$, etc., in Figure 4). Superimpose on the same diagram the actual structure of land prices in the city (curve SS): The decision-maker will wish to reach the lowest possible bid rent curve. Therefore, he will choose that point at which the curve of actual prices (SS) will be tangent to the lowest of the bid rent curves with which it comes in contact (brc_2). At this point will be the equilibrium location (L) and the equilibrium land rent (R) for this user of land. If he is a businessman, he will have maximized profits; if he is a resident, he will have maximized satisfaction.

Note that to the left of this point of equilibrium (toward the center of the city) the curve of actual prices is steeper than the bid rent curve; to the right of this point (away from the center) it is less steep. This is another aspect of the rule we noted in the agricultural model: the land uses with steeper bid rent curves capture the central locations.

MARKET EQUILIBRIUM

We now have, conceptually, families of bid rent curves for all three types of land uses. We also know that the steeper curves will occupy the more central locations. Therefore, if the curves of the various users are ranked by steepness, they will also be ranked in terms of their accessibility from the center of the city in the final solution.

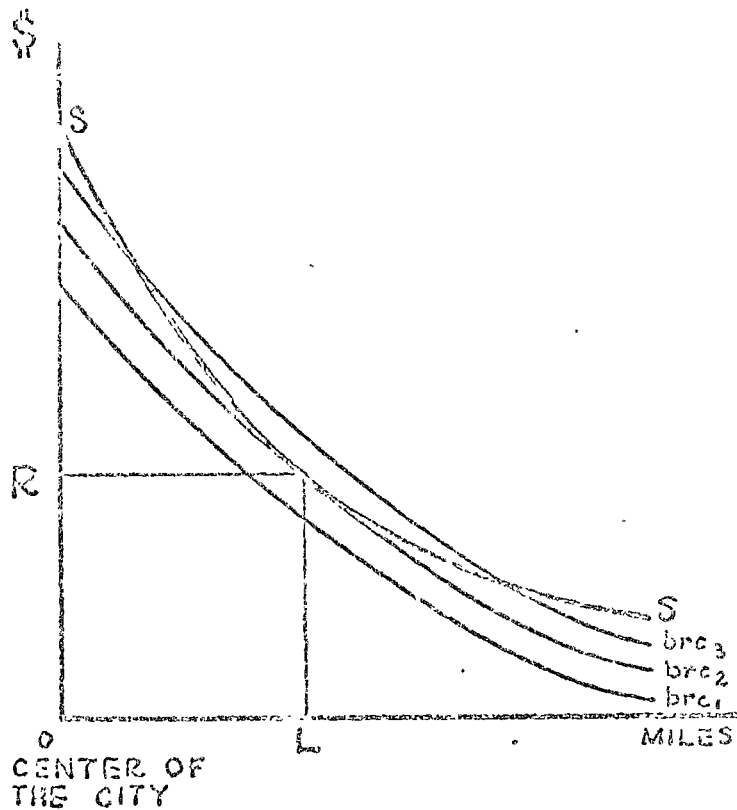


FIGURE 4

Thus, if the curves of the business firm are steeper than those of residences, and the residential curves steeper than the agricultural, there will be business at the center of the city, surrounded by residences, and these will be surrounded by agriculture.

This reasoning applies as well within land use groupings. For instance, it can be shown that, given two individuals of similar tastes, both of whom prefer living at low densities, if their incomes differ, the bid rent curves of the wealthier will be flatter than those of the man of lower income. Therefore, the poor will tend to central locations on expensive land and the rich to cheaper land on the periphery. The reason for this is not that the poor have greater purchasing power, but rather that they have steeper bid rent curves. This stems from the fact that, at any given location, the poor can buy less land than the rich, and since only a small quantity of land is involved, changes in its price are not as important for the poor as the costs and inconvenience of commuting. The rich, on the other hand, buy greater quantities of land, and are consequently affected by changes in its price to a greater degree. In other words, because of variations in density among different levels of income, accessibility behaves as an inferior good.

Thus far, through ranking the bid rent curves by steepness, we have found the relative rankings of prices and locations, but not the actual prices, locations, or densities. It will be remembered that in the agricultural case equilibrium levels were brought about by changes in the price of the products, until the amount of land devoted to each crop was in agreement with the demand for that crop.

For urban land this process is more complex. The determination of densities (or their inverse, lot size) and locations must be found simultaneously with the resulting price structure. Very briefly, the method consists of assuming a price of land at the center of the city, and determining the prices at all other locations by the competitive bidding of the potential users of land in relation to this price. The highest bid captures each location, and each bid is related to a most preferred alternative through the use of bid rent curves. This most preferred alternative is the marginal combination of price and location for that particular land use. The quantities of land occupied by the land users are determined by these prices. The locations are determined by assigning to each successive user of land the location available nearest the center of the city after the assignment of land quantities to the higher and more central bidders.

Since initially the price at the center of the city was assumed, the resulting set of prices, locations, and densities may be in error. A series of iterations will yield the correct solution. In some cases, the solution may be found by a set of simultaneous equations rather than by the chain of steps which has just been outlined.

The model presented in this paper corresponds to the simplest case: a single-center city, on a featureless plain, with transportation in all directions. However, the reasoning can be extended to cities with several centers (shopping, office, manufacturing, etc.), with structured road patterns, and other realistic complications. The theory can also be made to shed light on the effects of economic development, changes in income structure, zoning regulations, taxation policies, and other. At this stage, the model is purely theoretical; however, it is hoped that it may provide a logical structure for econometric models which may be useful for prediction.

taught at harvard.

FOUNDER OF METABOLISM GROUP.
PARTICIPANT TEAM 10

FUMIHIKO MAKI

INVESTIGATIONS IN COLLECTIVE FORM

The School of Architecture

Washington University, ST. LOUIS 1964.

BEGINNING

There is no more concerned observer of our changing society than the urban designer. Charged with giving form— with perceiving and contributing order — to agglomerates of building, highways and green spaces in which men have increasingly come to work and live, they stand between technology and human need and seek to make the first a servant, for the second must be paramount in a civilized world.

For the moment, we are designers only, interested in technology and order, insofar as these may be divorced from the political, the economic.

Of course, the progenitors of any formal idea include politics and economics. The reason, in fact, for searching for new formal concepts in contemporary cities lies in the magnitude of relatively recent change in those very problems. Our urban society is characterized by: (1) coexistence and conflict of amazingly heterogeneous institutions and individuals; (2) unprecedented rapid and extensive transformations in the physical structure of the society, (3) rapid communications methods, and (4) technological progress and its impact upon regional cultures.

The force of these contemporary urban characteristics makes it impossible to visualize urban form as did Roman military chiefs, or Renaissance architects Sangallo and Michelangelo, nor can we easily perceive a hierarchical order as did the original C.I.A.M. theorists in the quite recent past. We must now see our urban society as a dynamic field of interrelated forces. It is a set of mutually independent variables in a rapidly expanding infinite series. Any order introduced within the pattern of forces contributes to a state of dynamic equilibrium — an equilibrium which will change in character as time passes.

Our concern here is not, then, a "master plan," but a "master program," since the latter term includes a time dimension. Given a set of goals, the "master program" suggests several alternatives for achieving them, the use of one or another of which is decided by the passage of time and its effect on the ordering concept.

As a physical correlate of the master program, there are "master forms" which differ from buildings in that they, too, respond to the dictates of time:

Our problem is this: Do we have in urban design an adequate spatial language (an appropriate master form) with which we can create and organize space within the master program? Cities today tend to be visually and physically confused. They are monotonous patterns of static elements. They lack visual and physical character consonant with the functions and technology which compose them. They also lack elasticity and flexibility. Our cities must change as social and economic use dictate, and yet they must not be "temporary" in the worst visual sense.

We lack an adequate visual language to cope with the superhuman scale of modern highway systems and with views from airplanes. The visual and physical concepts at our disposal have to do with single buildings, and with closed compositional means for organizing them.

The wealth of our architectural heritage is immense. One cursory look on architectural history is sufficient to find that the whole development is characterized by man's immense desire to make buildings grand and perfect. True, they have often mirrored the very strength of each civilization. They have produced the Pyramids, the Parthenon, the Gothic Cathedrals, and Seagram House. Today this is still a prevailing attitude among many architects — the creation of something new and splendid in order to outdo others.

Naturally, the theory of architecture has evolved through one issue as to how one can create perfect single buildings whatever they are.

A striking fact against this phenomenon is that there is almost a complete absence of any coherent theory beyond the one of single buildings. We have so long accustomed ourselves to conceiving of buildings as separate entities that, today we suffer from an inadequacy of spatial languages to make meaningful environment.

This situation has prompted us to investigate the nature of "Collective Form." Collective form represents groups of buildings and quasi-buildings — the segment of our cities. Collective form is, however, not a collection of unrelated, separate buildings, but of buildings that have reasons to be together.

Cities, towns, and villages throughout the world do not lack in rich collections of collective form. Most of them have, however, simply evolved: they have not been designed. This gives some reason why today so many professionals, both architects and planners, often fail to make meaningful collective forms — meaningful to give the forms forceful *raison-d'etre* in our society.

The following analysis evolves through two questions: first, how collective form has been developed in history; and second, what are its possible implications for our current thinking in architecture and urban design.

The investigation of collective form is extensive, but promising. The first step is to analyze structural principles involved in making collective form. We have established three major approaches.

Compositional Form	Compositional Approach
Mega-Structure (Form)	Structural Approach
Group-Form	Sequential Approach



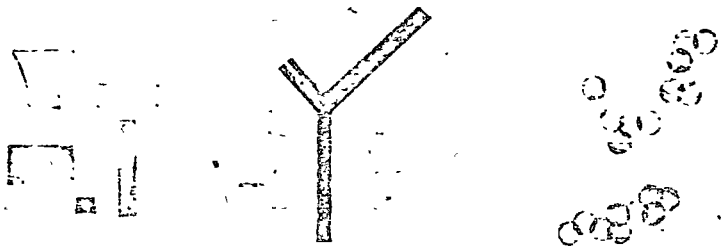


Fig. 1, Approaches to collective form. From left to right, compositional form, megaform, group form.

The first of these, the compositional approach is a historical one. The second two are new, and are efforts toward finding master forms which satisfy the demands of contemporary urban growth and change.

COMPOSITIONAL FORM

The compositional approach is a commonly accepted and practiced concept in the past and at present. The elements which comprise a collective form are preconceived and predetermined separately. In other words, they are often individually tailored buildings. Then, proper functional, visual, and spatial (sometimes symbolic) relationship would be established on a two-dimension plane.

It is no surprise that this is the most understandable and used technique for architects in making collective form, because the process resembles the one of making a building out of given components. It is a natural extension of the architectural approach. It is a static approach, because the act of making a composition itself has a tendency to complete a formal statement.

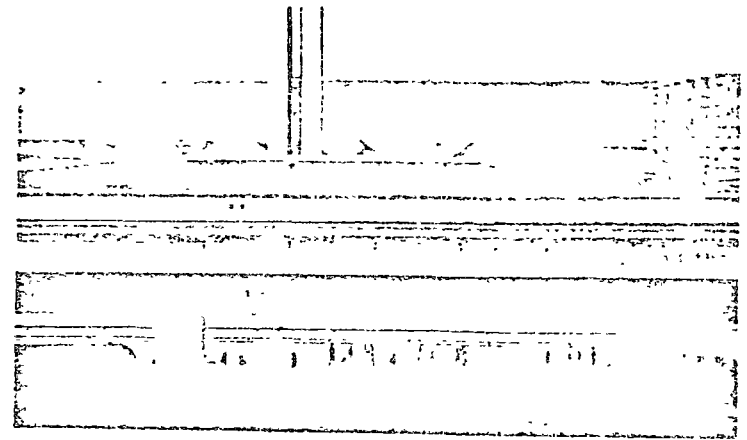
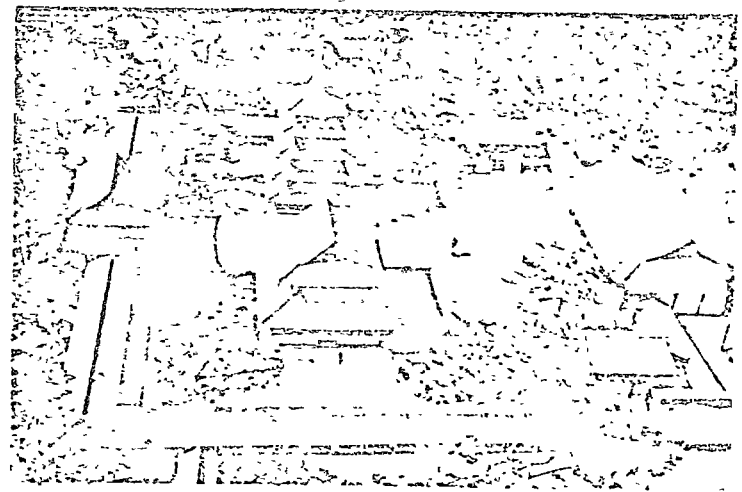


Fig. 2 (above) Brasilia (Oscar Niemeyer) and Fig. 3 (below), Horyuji, Japan. Two examples of compositional approach to architecture.





Most contemporary large scale urban designs fall into this category. Rockefeller Center, Chandigarh Government Center, and Brasilia are good examples of compositional urban design.

In any case, the compositional approach is a familiar one, and it has received some treatment in works on architecture and planning. We will, therefore, let it stand on its merit, and introduce two less well-known approaches.

THE MEGASTRUCTURE

The megastructure is a large frame in which all the functions of a city or part of a city are housed. It has been made possible by present day technology. In a sense, it is a man-made feature of the landscape. It is like the great hill on which Italian towns were built.

Inherent in the megastructure concept, along with a certain static nature, is the suggestion that many and diverse functions may beneficially be concentrated in one place. A large frame implies some utility in combination and concentration of function.

Urban designers are attracted to the megastructure concept because it offers a legitimate way to order massive grouped functions. One need only look at work in the recent Museum of Modern Art show of "Visionary Architecture," to sense the excitement generated among designers by megaform. While some of the ideas displayed in the show demonstrate structural virtuosity at the expense of human scale and human functional needs, others have a quality which suggests no divergence between compacted, economic function and human use.

That utility is sometimes only apparent. We frequently confuse the potential that technology offers with a kind of compulsion to "use it fully." Technological possibility can be sanguinely useful only when it is a tool of civilized persons. Inhuman use of technological advance is all too frequently our curse. Optimum productivity does not even depend on mere concentration of activities and workers.

Paul Goodman says in *Communitas* (P.13):

"We could centralize or decentralize, concentrate population or scatter it . . . If we want to continue the trend away from the country, we can do it; but if we want to combine town and country values in an agri-industrial way of life, we can do that . . . It is just this relaxing of necessity, this extraordinary flexibility and freedom of choice of our techniques, that is baffling and frightening to people . . . Technology is a sacred cow left strictly to (unknown) experts, as if the form of the industrial machine did not profoundly affect every person . . . They think that it is more efficient to centralize, whereas it is usually more inefficient."

Technology must not dictate choices to us in our cities. We must learn to select modes of action from among the possibilities technology presents in physical planning.

One of the most interesting developments of the megaform has been done by Professor Kenzo Tange with M.I.T. graduate students when he was a visiting professor there. In a series of three articles in the October issue of *Japan Architect*, Professor Tange presents a proposal for a mass-human scale form which includes a megaform and discrete, rapidly changeable functional units which fit within the larger framework.



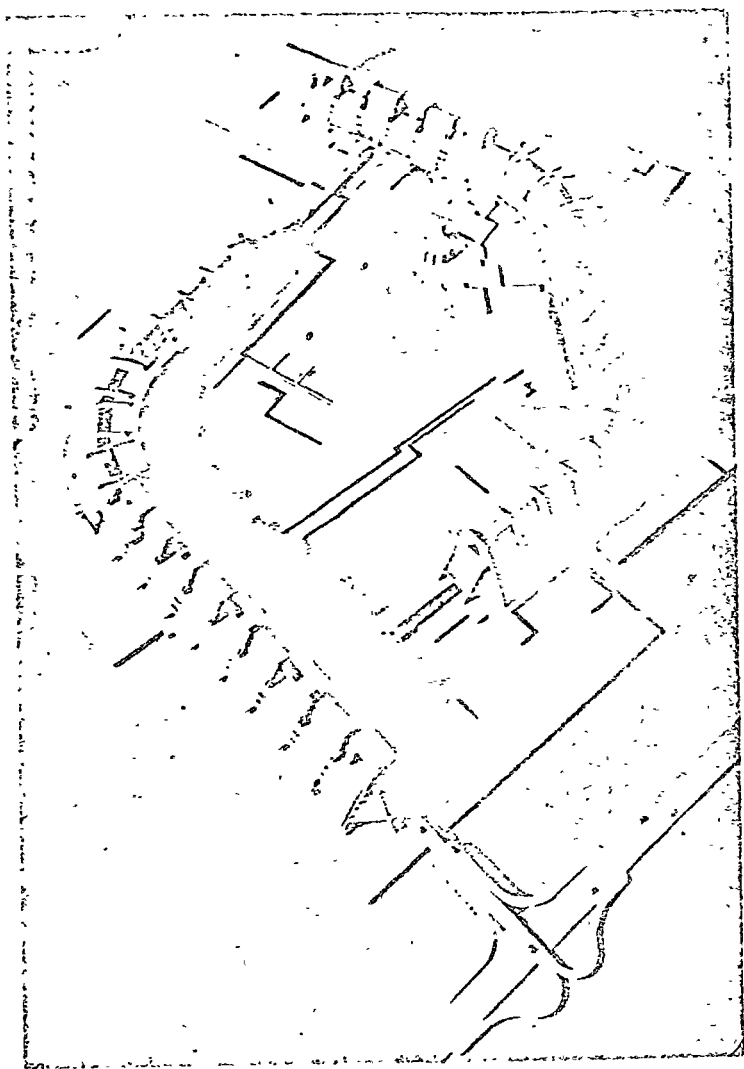


Fig. 4, a community for 25,000. Kenzo Tange at M.I.T. (with Pillorge, Halady, Niederman, Solomons).

Professor Tange says:

"Short-lived items are becoming more and more short-lived, and the cycle of change is shrinking at a corresponding rate. On the other hand, the accumulation of capital has made it possible to begin in large-scale operations. Reformations of natural topography, dams, harbors, and highways are of a size and scope that involve long cycles of time, and these are the man-made works that tend to divide the overall system of the age. The two tendencies—toward shorter cycles and toward longer cycles—are both necessary to modern life and to humanity itself." (*Japan Architect*)

Tange's megaform concept depends largely on the idea that change will occur less rapidly in some realms than it will in others, and that the designer will be able to ascertain which of the functions he is dealing with fall in the long cycle of change, and which in the shorter. The question is, can the designer successfully base his concept on the idea that, to give an example, transportation methods will change less rapidly than the idea of a desirable residence or retail outlet? Sometimes, the impact and momentum of technology become so great that a change occurs in the basic skeleton of social and physical structure. It is difficult to predict to which part of a pond a stone will be thrown and which way the ripples will spread. If the megaform becomes rapidly obsolete, as well it might, especially in those schemes which do not allow for two kinds of change cycle, it will be a great weight about the neck of urban society.

The ideal is not a system, on the other hand, in which the physical structure of the city is at the mercy of unpredictable change. The ideal is a kind of master form which can move into ever new states of equilibrium and yet maintain visual consistency and a sense of continuing order in the long run.



0



This suggests that the megastructure which is composed of several independent systems that can expand or contract with the least disturbance to others would be more preferable to the one of a rigid hierarchical system.

In other words, each system which makes the whole, maintains its identity and longevity without being affected by others while at the same time engaged in dynamic contact with others. When optimum relationship has been formed, an environmental control system can be made. The system that permits the greatest efficiency and flexibility with the smallest organizational structure is ideal.

Two basic operations are necessary to establish this optimum control mechanism. One is to select proper independent functional systems and to give them optimum interdependency through the provision of physical joints at critical points. (This will be elaborated further in one of the following articles.)

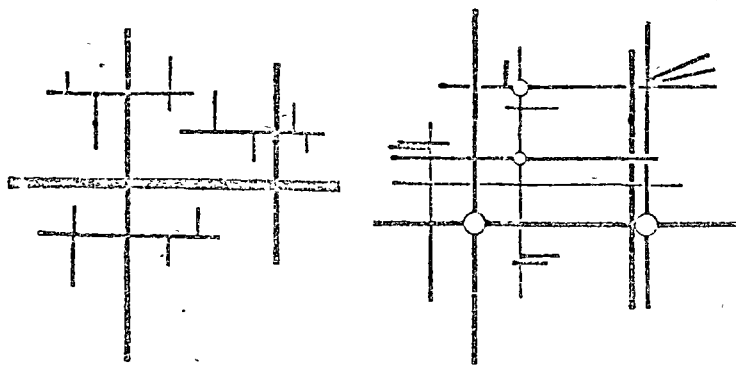


Fig. 5, Two types of megaform. At left, hierarchical structure. At right, open-ended structure.

Although the megastructure concept presents the problems outlined above, it also has great promise for:

- 1) Environmental Engineering: Megastructure development necessitates collaboration between the structural and civil engineer. Possibilities in large spans, space-frames, light skin structures, prestressed concrete, highway aesthetics, and earth forming will be developed far beyond their present level. Large scale climatic control will be studied further. A new type of physical structure, environmental building, will emerge.
- 2) Multi-functional structures: We have, thus far, taken it for granted that buildings should be designed to fulfill one specific purpose. In spite of the fact that the concept of multi-functionalism must be approached with caution, it offers useful possibilities. We can within the megaform structure, realize combinations such as those in Kurokawa's "Agricultural City."
- 3) Infra-structure as public investment: substantial public investment can be made in infra-structures (the skeleton of megastructures) in order to guide and stimulate public structures around them. This strategy can be further extended to a new three-dimensional concept of land use where public offices will maintain the ownership and upkeep for both horizontal and vertical circulation systems.





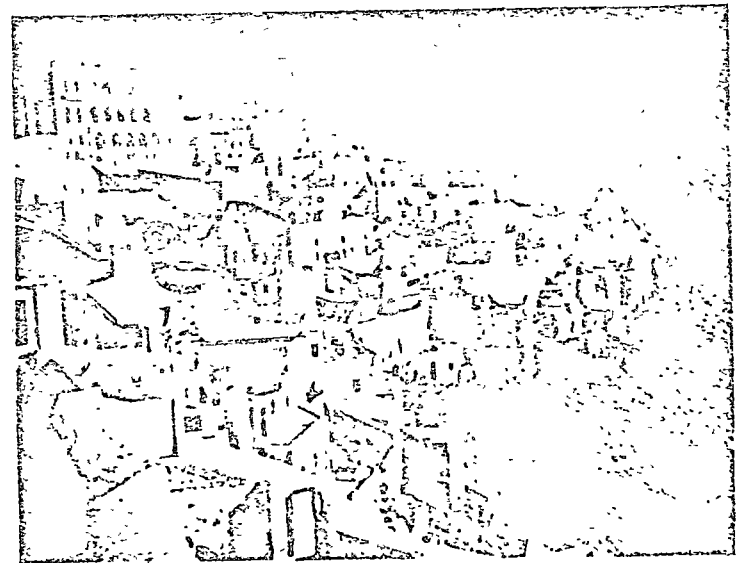
Fig. 6, An example of Megastructure. An agricultural city designed by Noriaki Kurokawa.

GROUP FORM

Group-Form is the last of the three approaches in the collective form. It is form which evolves from a system of generative elements in space. Some of the basic ideas of the group-form can be recognized in historical examples of town buildings. Urban designers and architects have recently become interested in them because they appear to be useful and suggestive examples in making large scale form. For instance, medieval cities in Europe, towns in Greek Islands, villages in Northern Africa are a few examples. The spatial and massing quality of these towns is worth consideration.



Fig. 7, (above) a Sudanese village. Fig. 8, (below), a Greek village. Two examples of Group Form architecture.





Factors which determine the spatial organization of these towns are

- ⇒ (1) Consistent use of basic materials and construction methods as well as spontaneous, but minor, variations in physical expression.
- ⇒ (2) Wise and often dramatic use of geography and topography.
- ⇒ (3) Human scale preserved throughout the town. (This is frequently in contrast to superhuman land forms.)
- (4) Finally, sequential development of basic elements which predominantly, are dwelling houses, open spaces between the houses, and the repetitive use of certain visual elements such as walls, gates, towers, waters, etc. The idea of sequential development has been recently explicated by Professor Roger Montgomery of Washington University, who sees the series of buildings or elements without apparent beginning or end as a contemporary compositional "theme" distinct from the closed composition of forms which characterizes classic or axial "themes."

The sequential form in historical examples developed over a period of time much longer than that in which contemporary cities are being built and rebuilt. In this sense, then, the efforts of contemporary urban designers are quite different from their historical counterparts, and the forms which they consciously evolve in a short time span must accordingly differ.

The lesson is, however, a useful one. A further inquiry of the basic elements and particularly of the relationship between the elements and groups reveals interesting principles involved in making collective form.



Fig. 9, A Japanese liveal village.



Many Japanese villages in the past developed along major country roads. This one shown in figure No. 9 is one of them. Houses are generally U-shaped, and juxtaposed one against another perpendicular to the road. (They are basically court-type rowhouses.) The front part of the house is two stories high, and forms a tight continuous village facade together with other units. Behind it is an enclosed yard, which is used for domestic work, drying crops, making straw, etc. A barn is located at the other end of the house, and faces an open country field.

There exists unquestionably a clear structural relationship between the village and the houses, between village activities and individual family life, or between the movement of villagers and cows.

Here the house unit is a generator of the village form, and vice versa. A unit can be added without changing the basic structure of the village. The depth and frontage of the unit, or the size of the court or barn may differ from unit to unit. But there prevails an understanding of basic structural principles in making the village.

Another example is Dutch housing of the 16th century. The Dutch have a reputation for living in communal units. Volunteer cooperation has long existed by limiting their personal liberty through common obedience to self-made laws. Their houses reflect this spirit.

Steen Eiler Rasmussen in his "Town and Buildings" tells us:

A stone walled canal with building blocks above it on each side, covered with houses built closely together and separated from the canal by cobbled roadways. The narrow, gabled ends of the houses face the canal and behind the deep houses are gardens. . . . Outside the houses is a special area called, in Amsterdam, the 'stoep', which is partly a pavement and partly a sort of threshold of the house. . . .

The stoep is actually a part of the house, and the owner takes immense pride in maintaining it. It is also a social place, where neighbors exchange gossip and children play. By raising the ground floor of houses, it gives privacy to the resident even with large glass panes in front, which reduce the load on pilings under the house.

There is again a unity between the existences of canals and of trees, of paved roadways and of stoep and of large glass windows and rear gardens. This set of situations has emerged through long experience and the wisdom of the people.

Forms in group-form have their own built-in link, whether expressed or latent, so that they may grow in a system. They define basic environmental space which also partakes of the quality of systematic linkage. Group-form and its space are indeed proto-type elements, and they are prototypes because of implied system and linkage

The element and the growth pattern are reciprocal — both in design and in operation. The element suggests a manner of growth, and that, in turn, demands further development of the elements, in a kind of feedback process.

On the other hand, the element in mega-form does not exist without a skeleton. The skeleton guides growth and the element depends on it. The element of group-form is often the essence of collectivity, a unifying force, functionally, socially, and spatially. It is worth noting that generally group-form evolves from the people of a society, rather than from their powerful leadership. It is the village, the dwelling group, and the bazaar which are group-forms in the sense we are using this term, and not the palace complex, which is compositional in character.

Can we, then, create meaningful group-forms in our society? The answer is not a simple one. It requires a new concept and attitude of design. It also requires the participation of cities, and their social institutions

Two recent remarks by architects cast light on this definition of group-form.

The distinction between form and design was given in a speech at the World Design Conference (Tokyo, May 1960) by Louis Kahn. Kahn said on that occasion: "There is a need to distinguish 'form' from 'design' { Form implies what a building, whether it be a church, school, or house, would like to be, whereas the design is the circumstantial act evolving from this basic form, depending on site condition, budget limitation or client's idea, etc." As soon as a form is invented, then it becomes the property of society. One might almost say that it was the property of society before its discovery. A design, on the other hand, belongs to its designer.

John Voelker, in his CIAM Team X report, comments on a similar subject. Referring to Hansen and Soltin's work from Poland, he says: "In an open aesthetics, form is a master key not of any aesthetic significance in itself, though capable of reciprocating the constant change of life . . . Open aesthetic is the living extension of functionalism."

Both Kahn's definition on 'Form' and Voelker's on 'An open form' express their desire to produce a form that would be a catalytic agent which may become many forms rather than just a form for its own sake. While they are speaking on it still within architectural idiom, we are interested in examining the form in much larger context — collectivity in our physical environment. Nonetheless, both statements are significant in assuming that such a form can be created by architects today.

It may be easy for someone to invent a geometric form and call it group-form because such forms have characteristics of being multiplied in a sequential manner. This is, however, meaningless, unless the form derives from environmental needs. Geometry is only a tool of search for group-form. One can not seek group form in hexagons or circles. James Stirling, in his article "Regionalism and Modern Architecture" in Architects Year-book 8, says

"The application of orthogonal proportion and the obvious use of basic geometrical elements appears to be diminishing, and instead something of the variability found in nature is attempted. 'Dynamic cellularism' is an architecture comprising several elements, repetitive or varied. The assemblage of units is more in terms of growth and change than of mere addition, more akin to patterns of crystal formations or biological divisions than to the static rigidity of a structural grid. The form of assemblage is in contrast to the definitive architecture and the containing periphery of, for example, a building such as Unite."

One finds the source of generative element in dynamic human terms, such as "gathering," or "dispersal," or "stop." The human quality which determines form has to do with the way of life, movement, and relation of persons in society. If the function of urban design is the pattern of human activities as they express being alive in cities, then the functional patterns are crystallized activity patterns. Le Corbusier limits generative human qualities in urban architecture to 'air,' 'green' and 'sun' while exponents of group form find a myriad of suggestive activities to add to that list.

The visual implications of such crystallized patterns of human activity become apparent. The way in which one activity changes to another as people move from work, to shopping, to dining, suggests the physical qualities which are used to express transformation in design rhythm, change, and contrast.

Characteristic spaces may be named in accord with the way in which human groups use them, i.e., transitional space, inward space, outward space, etc . . .

Addition of activities to physical qualities in a search for form determinants in the city suggest a new union between physical design and planning. The investigation on group-form inevitably leads us to give our attention to regionalism in collective scale.

Until recently our understanding of regional expressions had very much been confined to that of single buildings. In the age of mass communication and technological facility, regional differences throughout the world are becoming less well-defined. It is apparent that it is becoming less easy to find distinctive expressions in building techniques and resulting forms.

If materials and methods of construction or modes of transportation system are becoming ubiquitous in this world, perhaps their combination, especially in large urban complex can reflect distinguishing characteristics of the people and the place in which they are structured and used according to their value-hierarchy. Thus it may be possible to find regionalism more in collective scale, but less in single buildings.

The primary regional character in urban landscape will probably be in the grain of the city. Both group-form and mega-form affect the urban milieu at precisely that level.

Homogenization of environment is not, as many people feel, the inevitable result of mass technology and communication. These same forces can produce entirely new products. With modern communication systems one element (cultural product) will soon be transmitted to other regions, and vice versa.

While each region a set of similar elements, it can express its own characteristic from of the elements. Here regionalism arises not only from just indigenous elements or products, but rather from the manner such elements are evaluated, and expressed. This suggests a concept of open regionalism, which is itself a dynamic process of selecting and integrating vital forces however these forces may conflict with inherent cultural values. Thus the genuine strength of different cultures can be tested and measured in this light. (The thesis was initially developed, with Professor Montgomery).

In group-form, the possibility for creating grain elements, hence regional qualities, exists. The reciprocal relation between the generative elements and the system can produce strongly regional effects. In megaform, it is a large form that represents all the power of technique, and that may represent the best aspects of regional selectivity.

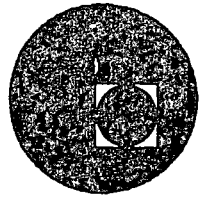
In any event we predict that in a coming decade the investigation of regional expression in collective scale will become one of the most important and fascinating issues of architecture and planning.

Finally, these three approaches are models of thinking about possible ways to conceive large complex forms. It is likely that in any final form of design, these three concepts will appear either combined or mixed.





centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



EDIFICIOS ALTOS

ASPECTOS GENERALES SOBRE PROYECTO DISEÑO Y CONSTRUCCION



Arq. Manuel de la Colina Riquelme

Octubre, 1976

Handwritten text at the top of the page, possibly a title or header, which is mostly illegible due to fading and bleed-through.

○

○

○

PLATICA SOBRE EL PROYECTO DE EDIFICIOS
ALTOS.

HONORABLE PRESIDIO, COMPAÑEROS:

AGRADEZCO EL HONOR QUE ^{SE} ME HA HECHO AL PERMITIRME PRESENTAR ANTE USTEDES ESTA PLATICA SOBRE LA PROBLEMATICA QUE PRESENTA LA CONSTRUCCION DE EDIFICIOS ALTOS.

NUESTRA ASOCIACION PROFESIONAL, MESTRE Y DE LA COLINA, A.C. HA TENIDO LA FORTUNA DE PROYECTAR Y TENER A SU CARGO LA DIRECCION DE ALGUNOS EDIFICIOS DE ESTE TIPO Y LAS OBSERVACIONES QUE VOY A PRESENTAR A CONTINUACION SE BASAN EN LA EXPERIENCIA ADQUIRIDA ATRAVÉS DE LOS AÑOS.

EN EL CURSO DE ESTAS CONFERENCIAS YA USTEDES HABRAN OIDO ALGUNAS DEFINICIONES RESPECTO A QUE ES O PUEDE CONSIDERARSE COMO UN EDIFICIO ALTO.

PROBABLEMENTE, UNA DE LAS MAS SOCURRIDAS LO DEFINE COMO AQUEL CUYA CUNA SOBREPASA LA CAPACIDAD DEL EQUIPO DEL CUERPO DE BOMBEROS PARA COMBATIR EL FUEGO DESDE EL EXTERIO DEL INMUEBLE.

ESTE CRITERIO ES BASTANTE UTIL PERO PUEDE DAR LA IMPRESION QUE UN BUEN PROYECTO DE EDIFICIO ALTO ES AQUEL EN EL QUE SE HA TOMADO DEBIDA CUENTA Y SE HA RESUELTO EN FORMA ADECUADA ESTE ASPECTO. LA EXPERIENCIA NOS MUESTRA QUE EL EDIFICIO ALTO DA LUGAR NO SOLO A // PROBLEMAS MUY COMPLEJOS DE SEGURIDAD, EN CASO DE INCENDIO, SINO A MUCHOS OTROS QUE DE NO TENERSE EN CUENTA, PROVOCAN SITUACIONES ALTERNAMENTE CONFLICTIVAS ENTRE LOS DIVERSOS ESPECIALISTAS QUE PRESENTA UN EDIFICIO DE GRAN ALTURA.

SERIA IGUALMENTE FACTIBLE DE ATENDER DEBIDAMENTE A LOS REQUISITOS DE VENTA. EN ESTE CASO EN EL DISEÑO ESTRUCTURAL COLABORARIA EL CONSULTOR EN HIDRAULICA OTRA, EN ESTE CASO EN ESTE CASO EN COMUNICACIONES MECANICAS OTRAS Y EN SU SUCESSIONAL.

... QUE SE DEBE MODIFICAR UN POCO EL DISEÑO DE LOS ELEMENTOS QUE
SUN A PARTIR DE CIERTA ALTURA DEBEN SER MODIFICADOS PARA
QUE PUEDE SER.

POR OTRO LADO, VISTO LOS REGLAMENTOS DE CONSTRUCCION QUE
QUE A PARTIR DE CIERTA ALTURA DEBEN SER MODIFICADOS, A PARTIR DE ESTA
ALTEURA EN SI ES UN ELEMENTO MAS A CONSIDERAR.

ASI LA REGLAMENTACION PARA EL D.F., PREVE UN LIMITE A PARTIR
DEL CUAL DEBEN INSTALARSE ELEVADORES. EL UNIFORM BUILDING
CODE SEÑALA QUE A PARTIR DE LOS 75 PIES DEBEN OBSERVARSE
PRECAUCIONES ADICIONALES EN EL DISEÑO. EL CODIGO DE LA CIU-
DAD DE NUEVA YORK CONTIENE REGLAMENTACION ADICIONAL A PARTIR
DE LOS 75 PIES, EN EDIFICIOS DE OFICINA CLASIFICADOS COMO
A PRUEBA DE FUEGO.

VEMOS PUES QUE SI BIEN NO ES POSIBLE FIJAR UNA ALTURA A
PARTIR DE LA CUAL UN EDIFICIO DEBE SER CONSIDERADO COMO AL-
TO, POR OTRO LADO NOS DAMOS CUENTA QUE LA EXPERIENCIA EN
LOS REGLAMENTOS NOS HACE PENSAR QUE DESDE EL PUNTO DE VIS-
TA DE LA RESPUESTA HUMANA A LA ALTURA, YA NO ES LA MISMA
CUANDO ESA ALTURA EXCEDE CIERTOS LIMITES.

× POR LO TANTO PARECE HABER CIERTA CONCIDENCIA QUE HA PARTIR
DE UNOS VEINTICINCO METROS YA ESTAMOS DENTRO DEL RANGO DE
EDIFICIOS ALTOS Y QUE EL ENFOQUE DEL PROYECTO DEBE SER MODI-
FICADO. EL ENCARGADO DEL DISEÑO TIENE UN FACTOR MAS A CONSIDERAR.

EN LO QUE SIGUE, VOY A LLAMAR ARQUITECTO A QUIEN ESTE ENCABE-
ZADO EL TRABAJO DE DISEÑO, PERO ESTOY CONCIENTE QUE DICHO
TRABAJO PODRA DESARROLLARLO CUALQUIER PERSONA QUE POR SU
EXPERIENCIA O PREPARACION LO HAGA CAPAZ DE ORDENAR LOS EL-
MENTOS DE UN PROYECTO A FIN DE QUE CADA UNO DE ELLOS OCURE
SU LUGAR DEBIDO DENTRO DE LA FORMA ESPACIAL QUE ES UN EDI-
FICIO.

NO CIVILLO QUE ARQUITECTOS TAN DESTINGUIDOS COMO FRANK LLOYD WRIGHT O LE CORBUSIER NUNCA OBTUVIERON EL TITULO EN UNA ESCUELA DE ARQUITECTURA.

LA INICIACION DE CUALQUIER PROYECTO ES ALTAMENTE PROBLEMATICA. EN EL CASO DE UN EDIFICIO ALTO LAS INCOGNITAS SON AUN MAYORES, YA QUE, EN GENERAL, EL PROGRAMA TIENE UN ALTO GRADO DE INDETERMINACION. EL CLIENTE EN GENERAL CONOCE SUS NECESIDADES FUNCIONALES PERO NO LOS ASPECTOS TECNICOS O JURIDICOS QUE HAN DE INFLUIR EN EL PROYECTO. CONOCE LOS ASPECTOS ECONOMICOS, UNILATERALMENTE, PUES SI BIEN SABE EL MONTO DISPONIBLE O LA RENTABILIDAD DESEADA, RARA VEZ POSEE INFORMACION ACTUALIZADA Y ADECUADA RELATIVA A LOS COSTOS DE ^{LA} CONSTRUCCION QUE PRETENDE REALIZAR.

ESTA ES QUIZA LA ETAPA MAS IMPORTANTE DEL DISEÑO. ESTA ETAPA, QUE LLAMAMOS LA DE ANTEPROYECTO, DEBE EXPLORAR LAS DIVERSAS POSIBILIDADES PARA SATISFACER TODOS LOS REQUERIMIENTOS PLANTEADOS.

ESTOS ESTUDIOS INICIALES, SI HAN DE VERSE PLASMADOS EN UNA EDIFICACION DEBEN DEMOSTRAR QUE EL EDIFICIO PROPUESTO CUMPLE CON TODAS LAS NECESIDADES SEÑALADAS EN EL PROGRAMA: DEBE ESTAR DENTRO DE LAS DISPOSICIONES JURIDICAS DE LEYES Y REGLAMENTOS APLICABLES A LA CONSTRUCCION. DEBE ESTAR DENTRO DE LOS LIMITES ECONOMICOS PREVISTOS. SU RENTABILIDAD DEBE SER ADECUADA. DEBERA SER COMODO Y SEGURO PARA SUS HABITANTES. SUS DISPOSICIONES EN CUANTO AL VOLUMEN ASIGNADO A LOS DIVERSOS ELEMENTOS, DEBE SER TAN CERCANO A LOS DISEÑOS FINALES, QUE LOS CAMBIOS REQUERIDOS EN EL PROYECTO FINAL, NO VAYAN A DESQUICIAR TODOS LOS ESTUDIOS DE COSTO. DEBE SER CONSTRUCTIVO.

EL SISTEMA PREVISTO PARA SU EDIFICACION DEBE ESTAR DENTRO DE LA CAPACIDAD TECNOLOGICA DE SU MEDIO Y HACER FACTIBLE SU REALIZACION DENTRO DE UN PLAZO RAZONABLE. SE DEBE PREVER

LA FACILIDAD DE ADMINISTRACION Y MANTENIMIENTO Y LA POSIBILIDAD DE ELIMINAR DEFECTOS O INEFICIENCIAS CON EL MINIMO DE COSTO O TRASTORNO PARA SUS FUTUROS USUARIOS. DEBE TENER CARACTER. DEBE SER BELLO.

EVIDENTEMENTE, LOGRAR TAL CONJUNTO ES MUY COMPLEJO Y PARA AQUELLOS QUE DESEEN AHONDAR EN LOS CONOCIMIENTOS NECESARIOS EL UNICO CAMINO ES A TRAVES DEL ESTUDIO Y LA EXPERIENCIA. ESTA SE PODRA ADQUIRIR EN CURSOS COMO EL PRESENTE O EN EL CAMPO DE LA PRACTICA PROFESIONAL, TRABAJANDO AL LADO DE PROFESIONISTAS YA POGUEADOS.

EL EDIFICIO ALTO, EN SU ETAPA DE DISEÑO, PRONTO NOS HACE COMPRENDER CUAN LIMITADOS SON NUESTROS CONOCIMIENTOS, Y QUE REQUERIMOS LA AYUDA Y CONSEJO DE ESPECIALISTAS EN MUCHOS CAMPOS DE LAS CIENCIAS DE CONSTRUCCION. EL TRABAJO EN EQUIPO ES FUNDAMENTAL EN ESTOS PROYECTOS.

ESTE ENFOQUE INTERDISCIPLINARIO LO VENIMOS PRACTICANDO DESDE ^{CUANDO} HACE MAS DE VEINTICINCO AÑOS, INICIANDOLO ^{CUANDO} PROYECTAMOS EL EDIFICIO UBICADO EN EL PASEO DE LA REFORMA 122. DE ESE TIEMPO A LA FECHA TODOS NUESTROS PROYECTOS HAN SIDO EL PRODUCTO DE UN TRABAJO DE CONJUNTO. PASARE A EXAMINAR ALGUNOS ASPECTOS DE LA FORMACION Y OPERACION DE LOS EQUIPOS QUE PODRA SER UTIL A QUIENES AHORA SE INICIAN EN ESTA ACTIVIDAD. POSIBLEMENTE, LA FORMA IDEAL DE TRABAJO ES AQUELLA EN QUE CUANDO MENOS LOS PRINCIPALES COMPONENTES DEL EQUIPO ESTAN EN CONTACTO DIRECTO EN UNA MISMA OFICINA. FUE ESTE EL SISTEMA EMPLEADO POR NOSOTROS EN EL PROYECTO DE REFORMA 122. SIN EMBARGO, ES DIFICIL EN NUESTRO MEDIO MANTENER OCUPADO EL EQUIPO ASI FORMADO Y POR RAZONES ^BOVIAS, ES DIFICIL QUE EL ESPECIALISTA ACEDA A DEDICAR UN TIEMPO. MAS O MENOS LARGO FUERA DE SU PROPIA ORGANIZACION PARA SUPERVISAR EL TRABAJO QUE SE LLEVA A CABO EN UN CENTRO DE PROYECTO, SEA ESTE EL TALLER MONTADO ESPECIFICAMENTE PARA LA REALIZACION DE TAL O CUAL PROYECTO.

EN OBRAS SIGUIENTES, POR TANTO, ENVIAMOS QUE DAR OTRO ENFOQUE. Y ASI CON CIERTAS INQUIETUDES INICIALES, FUIMOS LOGRANDO QUE LOS EQUIPOS DE TRABAJOS UNA VEZ FORMADOS SE FUESEN IDENTIFICANDO MEDIANTE REUNIONES PERIODICAS DE REVISION E INTERCAMBIO DE INFORMACION. TALES JUNTAS TIENEN QUE EFECTUARSE CON MAYOR FRECUENCIA EN LAS ETAPAS INICIALES DEL PROYECTO Y A VEZ PLAZOS MAYORES CUANDO HAN QUEDADO BIEN DEFINIDAS LAS RELACIONES ESPACIALES ENTRE LOS COMPONENTES DEL EDIFICIO, YA SEA QUE SE TRATE DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES, CUBOS, DUCTOS, EQUIPOS O CONDUCTOS REQUERIDOS PARA LAS INSTALACIONES.

A TRAVES DE LOS AÑOS HEMOS PODIDO TRABAJAR CON ESPECIALISTAS EN LUGARES TAN LEJANOS COMO NUEVA YORK O BRASILEAS, CLEVELAND O SAN FRANCISCO, TOKIO O AUSTIN.

PARA QUE EL TRABAJO A DISTANCIA SEA DE MAYOR EFICACIA ES NECESARIO QUE LOS COMPONENTES DEL EQUIPO TENGAN LA MAYOR CONFIANZA DE LOS CONOCIMIENTOS DE CADA UNO DE LOS COMPONENTES. EN ESTAS CONDICIONES EL TRABAJO DEL ARQUITECTO SE SIMPLIFICA, PUES NO PRETENDERA REVISAR MAS QUE MUY SOMERANAMENTE, LOS ASPECTOS TECNICOS DE LOS PROYECTOS ELABORADOS POR LOS ESPECIALISTAS. A ESTE RESPECTO AYUDA MUCHO EL ACUMULAR DATOS DE INDOLE GENERAL QUE EN UN MOMENTO DADO PERMITEN ESTABLECER COMPARACIONES ENTRE DIFERENTES PROYECTOS, LO QUE PERMITE LA EVALUACION INICIAL DE LOS DATOS APORTADOS POR LOS CONSULTORES.

LOS MEDIOS DE COMUNICACION MODERNOS HACEN POSIBLE TENER UN CONTACTO CONSTANTE ENTRE LOS INTEGRANTES DE UN EQUIPO. SEA EL TELEFONO, EL TELEGRAFO O TELEX O LA CORRESPONDENCIA AEREA FACILITAN UN CONSTANTE INTERCAMBIO DE INFORMACION. EN ULTIMA INSTANCIA EL AVION NOS PONE EN CONTACTO EN VEINTICUATRO HORAS CON LOS LUGARES MAS APARTADOS DEL PLANETA.

DADO EL CARACTER INTERNACIONAL DE LA TECNOLOGIA MODERNA, EL CONOCIMIENTO DE IDIOMAS EXTRANJERAS ES CADA VEZ DE MAYOR UTILIDAD. EN NO POCOS CASOS, LA REVISION DE PLANOS Y ESPECIFICACIONES TENDRA QUE HACERSE EN OTRO IDIOMA. NO ES DE PAR-

SE EN LAS TRADUCCIONES BUENAS, POR DESGRACIA CUANDO ESTE TIPO DE
ESTA HECHO SIN CONOCIMIENTOS TECNICOS, PUEDE PRODUCIR VERSI-
ONES CARICATURESCAS. ASI ME HA TOCADO VER QUE UN TRADUCTOR
INDICO QUE UNA CERCA TENDRIA QUE SER HECHA DE CADERAS, (CABLE
LINK) CUANDO LO QUE SE PEDIA ERA UN SIMPLE ALAMERADO O QUE
UNA MADERA TENIA QUE SER DE CIGUEA (HEMLOCK) CUANDO LO QUE SE
REQUERIA ERA OYAMEL.

EN RESUMEN, SE VE QUE ES FACTIBLE TRABAJAR EN EQUIPO AUN CUAN-
DO SUS COMPONENTES SE ENCUENTREN EN LUGARES MUY DISTANTES EN-
TRE SI. POR TANTO, AL FORMAR EL EQUIPO DE TRABAJO NO ES TAN
IMPORTANTE LA CERCANIA DE LOS COMPONENTES COMO LA COMPRESION
E IDENTIFICACION EN LOS METODOS DE TRABAJO ENTRE LAS PARTES.
NO DUDO QUE A TRAVES DE TIEMPO ESTA COLABORACION A GRAN DIS-
TANCIA SEA CADA VEZ MAS FACIL DE LOGRAR Y QUE LA HERMADAD
QUE SE PREGONA ENTRE LOS PUEBLOS SEA UNA REALIDAD EN EL CAMPO
DE LA TECNICA.

LOS COMPONENTES DEL EQUIPO PODRAN PROVENIR DE LAS MAS VARIADAS
PROFESIONES Y TRABAJAR EN LUGARES MUY DISTANTES UNO DE OTRO
PERO ¿COMO HA DE INTEGRARSE EL EQUIPO?

EL ARQUITECTO DEBE ESTABLECER TAN PRONTO COMO SEA POSIBLE Y
A TRAVES DE UN ANALISIS DEL PROGRAMA CON QUIEN DEBE CONTAR
COMO CONSULTORES.

PARA EL PROYECTO DE EDIFICIOS ALTOS, ALGUNAS ESPECIALIDADES
FORMARAN PARTE PERMANENTE DE CUALQUIER EQUIPO. BASTA MENCIONAR
EL DISEÑO DE CIMENTACION Y ESTRUCTURAS, LAS INSTALACIONES
ELECTRICAS E HIDRAULICAS, CLIMATIZACION, ELEVADORES, PERO
DE ACUERDO CON EL GENERO DE EDIFICIO OTRAS ESPECIALIDADES
PUEDEN TENER UNA PARTE PREPONDERANTE EN EL PROYECTO COMO
PUEDE SER LA PREPARACION DE ALIMENTOS O LAVANDERIA EN HOTELS
U HOSPITALES, O EL ESPECIALISTA EN PROBLEMAS DE SEGURIDAD
EN EDIFICIOS BANCARIOS.

NO PODEMOS MENOS PRECIAR EL PAPEL DE NINGUNO DE ELLOS. NO
PODEMOS DECIR QUE UNO SEA MAS IMPORTANTE QUE OTRO.

SOLO EL TRABAJO EN CONJUNTO, EN EQUIPO, PODRA DAR LUGAR A UN EDIFICIO DE EXCEPCION.

EL DESEMPEÑO E IMPORTANCIA DEL PROFESIONISTA EN LOS CAMPOS TECNICOS ES RECONOCIDO POR TODOS NOSOTROS, QUE NOS HEMOS FORMADO DENTRO DE TALES DISCIPLINAS, PERO NO DEBEMOS DEJAR DE RECONOCER QUE EN EL PROYECTO DE GRANDES EDIFICIOS, JUEGAN UN PAPEL IGUALMENTE DESTACADO OTROS ESPECIALISTAS CUYA FORMACION HA SIDO EN CAMPOS TAN DIVERSOS COMO PUEDEN SER LA ADMINISTRACION O FINANZAS O LOS CAMPOS DE LOS SEGUROS O LAS BELLAS ARTES. LA ARQUITECTURA HA SIDO DESDE SIEMPRE EL PUNTO DE CONJUNCION DE LA CULTURA DE CADA EPOCA; LA ARQUITECTURA DE LOS EDIFICIOS ALTOS NO PODRIAN SUSTRARSE A ESTA CONDICION PUES ES EL EDIFICIO ALTO EL QUE EN CIERTO MODO, REUNE TANTO LAS VIRTUDES COMO LAS LACRAS DE NUESTRO ^{TIEMPO} ~~LEJIA~~.

EL PROYECTO DE UN EDIFICIO ALTO IMPLICA, POR SI, QUE SE TRATA DE UNA CONSTRUCCION QUE, ADEMAS DE LOS PROBLEMAS TECNICOS VA A TENER UN ALTO COSTO Y POR TANTO TENDRAN QUE SER RESUELTOS PROBLEMAS DE CARACTER ECONOMICO Y JURIDICOS BASTANTES COMPLEJOS. POR TAL MOTIVO DENTRO DEL EQUIPO DE PROYECTO HAN DE INTEGRARSE OTROS PROFESIONISTAS QUE ESTARAN ATENTOS A ESTUDIAR LOS ASPECTOS DE COSTOS Y FINANCIAMIENTO, LOS ASPECTOS DE RENTABILIDAD O COSTO EFICIENCIA, LOS ASPECTOS DE ADMINISTRACION Y COSTOS DE OPERACION.

ASI VEMOS QUE EL EDIFICIO ALTO SE HA VENIDO EMPLEANDO COMO UNA POSIBLE SOLUCION A MUY DIVERSOS PROBLEMAS DE CONSTRUCCION Y LO VEMOS REALIZADO DENTRO DE LAS ^{MAS} DIVERSAS FORMAS DE CONVIVENCIA POLITICA, SOCIAL Y ECONOMICA. ES APARENTE QUE EN AQUELLOS CASOS EN QUE SE REQUIERE UNA ALTA CONCENTRACION DE PERSONAS PARA UN DETERMINADO FIN, EL EDIFICIO ALTO PRESENTA UNA DE LAS SOLUCIONES MAS EFICIENTES Y ECONOMICAS.

VOY A PASAR A EXAMINAR ALGUNOS DE LOS PROBLEMAS QUE TIENE QUE ENFRENTAR Y RESOLVER EL EQUIPO TECNICO, ESBOZANDO ALGUNOS PUNTOS ^O SITUACIONES CONFLICTIVAS QUE ^{SE} LLEGAN A PROVOCAR ENTRE

LOS PROYECTOS INDIVIDUALES.

EL PROYECTO ESTRUCTURAL HA DE OBEDECER A UNA MODULACION QUE ESTE RELACIONADA A LA FUNCION DEL EDIFICIO. REQUERIRA UNA CUIDADOSA COLABORACION ENTRE EL PROYECTO ARQUITECTONICO Y ESTRUCTURAL. ASI SE ~~VA~~ TRATE DE UN HOTEL O DE UN HOSPITAL LA MODULACION DE LOS CUARTOS Y SUS SERVICIOS ANEXOS FIJARAN LA POSICION DE POSIBLES EJES ESTRUCTURALES? SIN EMBARGO NO SERA RECOMENDABLE APROVECHAR TODOS LOS EJES POSIBLES YA QUE LAS PLANTAS INFERIORES ESTARAN DESTINADAS A OTROS FINES CUYAS NECESIDADES DE ESPACIO SON GENERALMENTE MAYORES QUE LAS CORRESPONDIENTES A PLANTAS TIPO.

EN EDIFICIOS DE OFICINAS LA MODULACION TENDRA QUE SER MAS FLEXIBLE, PREVIENDO DESDE UN CUATRO DE TRABAJO MINIMO HASTA GRANDES SALONES PARA REUNIONES. ESTO SE ACUSARA EN LA MANGUETERIA VERTICAL DEL LAS VENTANAS, QUE ESTARA ACUSADAS LAS POSIBLES POSICIONES DE CANCELES DIVISORIOS.

IGUALMENTE, LA MODULACION TENDRA QUE SER ACEPTABLE DESDE OTROS PUNTOS DE VISTA. LOS CUBOS DE ELEVADORES Y ESCALERAS TENDRAN QUE LOCALIZARSE CON FACILIDAD Y UBICARSE EN UNA POSICION LOGICA. SI EL EDIFICIO HA DE CONTAR CON SISTEMA DE CLIMATIZACION LAS DERIVACIONES DE LOS DUCTOS VERTICALES HACIA LOS HORIZONTALES, CAJAS MEZCLADORAS, LAMPARAS, Y ELEMENTOS DE OTROS INSTALACIONES DEBEN COMPAGINARSE A FIN QUE LAS ALTURAS DE ENTREPISOS NO SEAN EXCESIVAS.

POR RAZONES OBVIAS, LAS INSTALACIONES ELECTRICA, HIDRAULICA Y DE CLIMA REQUEREN TAL COMPLEMENTACION QUE ES IDEAL QUE ESTOS PROYECTOS ESTEN A CARGO DE UN SOLO ESPECIALISTA.

SI POR RAZONES ECONOMICAS Y PARA DAR CUMPLIMIENTO A LEYES Y REGLAMENTOS PERTINENTES SE DEBE PROPORCIONAR ESPACIO, PARA EL ESTACIONAMIENTO DE VEHICULOS, ES NECESARIO QUE EL ESPACIAMIENTO ENTRE COLUMNAS PERMITA ACOMODAR LOS AUTOMOVILES DENTRO DE NORMAS ACEPTABLES PERO SIN DESPERDICIO DE ESPACIOS. VEMOS ~~QUE~~ PORQUE ES TAN NECESARIA LA COLABORACION EN EQUIPO

YA QUE SIN TAL COLABORACION SERA IMPOSIBLE COORDINAR LA LOCALIZACION DE LOS ELEMENTOS COMPONENTES DEL EDIFICIO.

POSIBLEMENTE EL ELEMENTO CLAVE DEL PROYECTO ESTARA DEFINIDO POR EL NUCLEO DE SERVICIOS Y EN PARTICULAR POR EL NUCLEO DE COMUNICACIONES VERTICALES.

SEGUN EL GENERO DE EDIFICIO, ESTE NUCLEO INCLUIRA EL NUCLEO DE ELEVADORES, ESCALERAS, DUCTOS Y SERVICIOS SANITARIOS, COMO ES EL CASO DE UN EDIFICIO DE OFICINAS, O INCLUIRA SOLO EL NUCLEO DE ELEVADORES Y ALGUNAS DUCTOS COMO ES EL CASO EN HOTeles Y HOSPITALES. POR OTRO LADO, VEMOS QUE LA UBICACION DE SISTEMAS DE ESCALERAS DE ESCAPE ES MUCHO MAS DELICADO EN EL CASO DE UN HOSPTAL QUE EN EL CASO DE UN HOTEL, Y DE MENOS IMPORTANCIA EN EL CASO DE UN EDIFICIO DE OFICINAS.

LA REGLAMENTACION DEL DISTRITO FEDERAL ACUSA MUCHO MENOS QUE LOS REGLAMENTOS VIGENTES EN OTRAS CIUDADES LAS DIFERENCIAS QUE DEBEN PREVALECER SEGUN EL GENERO DE EDIFICIO Y SEGUN SE TRATE DE LA CAPACIDAD DE ESCAPE QUE BRINDAN LAS CIRCULACIONES HORIZONTALES, LAS ESCALERAS, LAS RAMPAS Y CONFORMESE TRATE DE CIRCULACIONES EN SUBIDA O BAJADA.

ESTAS SUTILEZAS, QUE APARENTEN SER REFINAMIENTOS EXCESIVOS PUEDEN A TRAVES DEL TIEMPO COMPROBARSE NECESARIOS PARA LA SEGURIDAD DEL INMUEBLE.

POR LO QUE TOCA A ESCALERAS, QUE ES EL SISTEMA BASICO DE ESCAPE EN UN EDIFICIO ALTO, VEMOS QUE ES MUCHO MAS FACIL DE LOCALIZAR EN UN HOTEL U HOSPITAL QUE EN UN EDIFICIO DE OFICINAS. EN LOS PRIMEROS, LOS MODULOS DE UTILIZACION ESTAN DEFINIDOS DESDE LA INICIACION DEL PROYECTO, NO ASI EN LAS EDIFICIOS DE OFICINAS EN DONDE LA POSIBLE DISTRIBUCION FUTURA ES UNA INCOGNITA.

AFORTUNADAMENTE, ES MUCHO MAS FACIL DE LOGRAR UNA BUENA UBICACION DE LAS CIRCULACIONES VERTICALES EN LOS PRIMEROS GENEROS DE EDIFICIOS QUE EN LOS SEGUNDOS. ES OBVIO QUE UNA SITUACION DE EMERGENCIA ES MAS TRAUMATICA CUANDO OCURRE EN EL

SUEÑO QUE CUANDO OCURRE EN LA VIGILIA ACTIVA, Y ES AUN MAS DELICADA CUANDO SE TRATA DE SITUACIONES EN LA QUE LA PERSONA AFECTADA NO ESTA EN CONDICIONES FISICAS QUE LE PERMITAN RESPONDER EN FORMA NORMAL A LA SITUACION DE EMERGENCIA, COMO SUCEDE EN LOS HOSPITALES.

ASI EN EL HOTEL FIESTA PALACE LA UBICACION DE ESCALERAS ESTA EN LAS EXTREMOS Y EN EL CENTRO DE CIRCULACIONES, MIENTRAS QUE EN EDIFICIOS COMO LA REPUBLICA O COMERMEX, NOS VIMOS OBLIGADOS A SITUARLOS HACIA EL CENTRO DE CADA UNA DE LAS PLANTAS TIPICAS.

EN EL FUTURO, LAS AREAS MUY GRANDES EN LAS PLANTAS TIPICAS DE EDIFICIOS ALTOS NOS OBLIGARIAN A PREVER CIERTAS DISTANCIAS MAXIMAS DE UN PUNTO EXTREMO A LA ESCALERA MAS CERCANA.

EN TODO LO ANTERIOR HE VENIDO INSISTIENDO SOBRE ESCALERAS. NO HE MENCIONADO PARA NADA LOS ELEVADORES. EN CASO DE EXTREMAS EMERGENCIA EL SISTEMA DE ELEVADORES PUEDE QUEDAR INUTILIZADO Y POR TANTO TODO EL MOVIMIENTO DEBE PREVERSE A TRAVES DE LAS ESCALERAS.

ESTA SITUACION LA HEMOS PLASMADO EN EL SISTEMA DE CIRCULACIONES DE PLAZA COMERMEX. EN ESTE EDIFICIO EL SISTEMA DE ELEVADORES ESTA DOTADO EN SENSORES DE HOMO UBICADOS EN LOS VESTIBULOS. DICHOS SENSORES ENVIARAN SEÑALES AL SISTEMA DE MANDO DE LA CASETA. DE AQUI SE CORTARA LA RESPUESTA AUTOMATICA A LOS ELEVADORES Y LOS ENVIARA TODOS A LA PLANTA BAJA. A PARTIR DE ESTE MOMENTO, NINGUN ELEVADOR RESPONDERA EN FORMA AUTOMATICA. SIN EMBARGO UN GRUPO DE ELEVADORES PODRA OPERARSE MANUALMENTE A FIN DE QUE TANTO EL CUERPO DE SEGURIDAD DEL EDIFICIO COMO BOMBEROS PUEBAN TENER ACCESO A CUALQUIER NIVEL QUE TAL PERSONAL CONSIDERE CONVENIENTE PARA COMBATIR SITUACIONES DE EMERGENCIA.

POR LO QUE TOCA A ESCALERAS, ES BASICO QUE ESTEN BIEN VENTILADAS.

NO EXISTEN NORMAS ABSOLUTAS AL RESPECTO. LAS RECOMENDACIONES ACTUALES NOS INDICAN QUE ES CONVENIENTE UNA COMUNICACION DIRECTA EN CADA PISO A HACIA LA VENTILACION. EN PROYECTOS COMO EN EL FIESTA PALACE Y LA REPUBLICA, FUE RELATIVAMENTE FACIL DAR UNA SOLUCION DE VENTILACION AL EXTERIOR.

EN PLAZA COMERMEX, NO TODAS LAS ESCALERAS SE VENTILAN ASI, SINO QUE DOS DE ELLAS TIENEN UN DUCTO DE VENTILACION PARA ELIMINAR HUMO QUE POSIBLEMENTE PENETRE AL CUBO DE ESCALERA Y LA TERCERA VENTILA EN FORMA DIRECTA AL EXTERIOR.

VALE LA PENA NOTAR QUE LOS ESTUDIOS HECHOS POR HONEYWELL PARA EL GOBIERNO DE ESTADOS UNIDOS, PROPONEN UNA SOLUCION MUY DIFERENTE, YA QUE ACONSEJA INYECTAR AIRE POR MEDIOS MECANICOS A TALES CUBOS A FIN DE CREAR UN VOLUMEN DE PRESION POSITIVA, CON RELACION A LOS PISOS TIPICOS, ELIMINANDO ASI LA ENTRADA DE HUMO AL CUBO DE ESCALERAS

A MI MODO DE VER NO QUEDA CLARO COMO PUEDE GARANTIZARSE EL FUNCIONAMIENTO DE UN EQUIPO ELECTROMECHANICO EN CASO DE EMERGENCIA, NI COMO PUEDEN ASEGURARSE LAS PRESIONES DIFERENCIALES EN CASO DE EMERGENCIA.

EN LOS COMENTARIOS ANTERIORES HE TRATADO DE ILUSTRAR LAS RELACIONES QUE SE ESTABLECEN ENTRE LOS DIFERENTES ELEMENTOS DE LA CONSTRUCCION Y, POR TANTO, LA NECESIDAD DE UNA GRAN COLABORACION ENTRE LOS COMPONENTES DEL EQUIPO TECNICO.

PERO NO BASTA CON ESTO. DESDE UN PRINCIPIO LOS ASESORES QUE HAN DE SEÑALAR LAS FUTURAS MODALIDADES DE OPERACION DE UN EDIFICIO DEBEN EVALUAR EN TODAS LAS ETAPAS EL AVANCE LOGRADO. UNA VEZ TERMINADA LA CONSTRUCCION, SU FUNCIONAMIENTO DEBE ESTAR DE ACUERDO CON LA FINALIDAD PARA LA CUAL FUE CONSTRUIDO.

EN EL CASO DE EDIFICIOS ALTAMENTE ESPECIALIZADOS COMO SON HOSPITALES, HOTELES O BANCOS RESULTA EVIDENTE TAL COLABORACION EN EDIFICIOS COMO EL CENTRO TELEFONICO SAN JUAN, ES OBVIO QUE TODAS LAS PARTES COMPONENTES DEL PROYECTO GIRAN EN TORNO A LAS DIMENSIONES Y REQUISITOS DE LA OPERACION

TELEFONICAS. EN TALES CASOS SERA NECESARIO RECORRAR LA INFORMACION DETALLADA PARA QUE AL LLEVAR A CABO EL TRABAJO ESTRUCTURAL Y DE INTALACIONES DE SERVICIOS QUEDEN PREPARADOS Y LIBRES LOS PASOS CORRESPONDIENTES A CABLEADOS TELEFONICOS. EN EDIFICIOS DE OFICINAS NO RESULTA TAN OBVIA LA NECESIDAD DE ESTA PREVISION. SIN EMBARGO, PRONTO NOS DAMOS CUENTA QUE ENTRE MAYOR SEA UN EDIFICIO, TANTO MAS COMPLEJAS SERAN SUS NECESIDADES FUNCIONALES:

UNA ACCION TAN SIMPLE COMO ES LIMPIAR UNA VENTANA O ENTREGAR UNA CARTA O RECOGER CORRESPONDENCIA, LLEGAR A TENER GRAN COMPLICACION CUANDO SE TRATA DE REPETIR TAL ACCION MILES DE VECES.

EL SACAR DESPERDICIOS IMPLICA LA NECESIDAD DE CLASIFICAR Y COMPACTARLOS, Y, EN ALGUNOS CASOS, REFRIGERARLOS PARA EVITAR LA PROPAGACION DE PLAGAS.

EL CONSUMO DE AGUA PUEDEN SER DE MILES DE METROS 3.

LOS PERITOS EN ADMINISTRACION, POR TANTO, DEBEN TENER UNA INTERVENCION DIRECTA EN TODAS LAS ETAPAS DEL PROYECTO.

NO SOLO DARAN SU OPINION SOBRE LAS DISPOSICIONES GENERALES, SINO EN LO CONCERNIENTE A EQUIPOS QUE PODRAN SER MOTIVO DE ALTOS COSTOS DE MANTENIMIENTO, CUANDO NO SON ADECUADOS.

EL TRABAJO DE ADMINISTRACION NO PUEDE SER CONSIDERADO COMO LIMITANDOSE A ALQUILAR ESPACIO, COBRAR RENTAS Y ORDENAR LOS TRABAJOS DE ASEO Y MANTENIMIENTO.

CUANTO MAS GRANDE SEA EL EDIFICIO, TANTO MAS COMPLEJOA SERAN SUS ACTIVIDADES Y TENDRAN QUE ESTAR PREVISTAS DENTRO DEL PROYECTO.

UN GRAN EDIFICIO EN ALTURA REQUIERE UN GRAN NUMERO DE ELEVADORES, MONTACARGAS, ESCALERAS ELECTRICAS, ESCALERAS Y ESCALINATAS.

REQUERIRA UN GRAN NUMERO DE PUERTAS PARA PEATONES Y VEHICULOS. CADA UNO DE ESTOS ELEMENTOS BRINDARA SEGURIDAD A SUS HABITANTES.

PERO SI SUS HABITANTES NO TIENEN INSTRUCCIONES Y ADIESTRAMIENTO EN LA FORMA CONVENIENTE DE EMPLEAR TALES MEDIDAS DE SEGURIDAD, EN CASO DE SISMO PUEDEN VERSE ENVUELTOS EN UNA SITUACION DE PANICO, CAPAZ DE CAUSAR MAS PERCANCES QUE LA SUPUESTA EMERGENCIA.

UNA DE LAS PRINCIPALES TAREAS QUE TIENEN QUE ENCARAR LA ADMINISTRACION DE UN EDIFICIO ALTO ES ADIESTRAR A LAS PERSONAS QUE OCUPAN ^{EL} UN EDIFICIO A VALERSE DE LOS MEDIOS DE ESCAPE EN FORMA ORDENADA Y NO OBSTRUIRLOS POR ALGUNA CONVENIENCIA PASAJERA. CREO QUE A TODOS NOS HA TOCADO VER EN CENTROS DE REUNIONES LAS PUERTAS DE EMERGENCIA CERRADAS CON LLAVE, SUS PASILLOS OBSTRUIDOS CON MOBILIARIO O UTILERIA; COSAS SIMILARES PASAN EN EDIFICIOS ALTOS Y ~~QUE~~ PUEDEN LLEGAR A SER MORTALES EN CASO DE CUNDIR EL PANICO.

POR OTRO PARTE, LA FACILIDAD DE ESCAPE, DE LUGAR A FACILITAR EL ACCESO AL ROBO O INVITAR AL VANDALISMO. AUNQUE NO ES POSIBLE EVITAR ESTAS ACTIVIDADES MEDIANTE EL PROYECTO, SI ES FACIL HACERLAS MAS DIFICILES DE REALIZAR, SI LAS CIRCULACIONES VERTICALES SE VIGILAN EN FORMA ADECUADA.

ASI PUEDE LIMITARSE EL ACCESO A TRAVES DE LAS ESCALERAS, PERMITIENDO QUE SUS PUERTAS PUEDAN ABRIR HACIA EL CUBO, PERO IMPIDAN EL ACCESO DEL CUBO HACIA LAS PLANTAS TIPO.

MEDIANTES CONTACTOS ADECUADOS, PUEDE SER REPORTADO A UN PUESTO DE MANDO CENTRAL CUALQUIER VIOLACION DE UNA PUERTA, EL PUESTO DE MANDO DARIA LOS RASOS NECESARIOS PARA INVESTIGAR LAS CAUSAS DE LA ANOMALIA.

CREO QUE LO ANTERIOR ILUSTRA EL POR QUE EL PROYECTO NO SOLO HA DE CONTAR CON LA ASESORIA DE UN EQUIPO COMPUESTO POR TECNICOS DE LA CONSTRUCCION SINO QUE EN TODO MOMENTO SE HA DE CONTAR CON LA ASESORIA DE QUIENES TENDRAN

A SU CARGO LA ADMINISTRACION DEL EDIFICIO.

CUANDO SE TRATE YA NO DE UN SOLO INMUEBLE SINO DE UN CONJUNTO DE EDIFICIOS ALTOS, EL EQUIPO DE TRABAJO SE IRAN AMPLIANDO PARA INCLUIR A TODA UNA GAMA ADICIONAL DE ESPECIALISTAS; EL URBANISTA, EL INGENIERO MUNICIPAL, EL INGENIERO EN TRANSITO EL SOCIOLOGO, EL ABOGADO, EL ECONOMISTA Y MUCHOS MAS.

APARENTEMENTE PUDIERAMOS PENSAR QUE LA TECNOLOGIA DE LOS EDIFICIOS ALTOS ESTA LO SUFICIENTEMENTE ADELANTADA COMO PARA PODER EMPRENDER CUALQUIER PROYECTO DE ESTA NATURALEZA SIN SOZOBRA, PERO ENCONTRAMOS QUE POR DIVERSAS CAUZAS AUN QUEDA MUCHO CAMINO POR RECORRER.

EN EL CAMPO DE LAS ESTRUCTURAS SI BIEN YA CONTAMOS CON INGENIEROS CAPACES DE RESOLVER EN FORMA SATISFACTORIA PROBLEMAS TAN COMPLEJOS COMO LA CIMENTACION O EL DISEÑO ASISMICO, AUN QUEDAN PROBLEMAS DE VIBRACION QUE CONSTANTEMENTE PROVOCAN MOLESTIAS. EN ESTE CAMPO LA COLABORACION ENTRE INGENIEROS Y PSICOLOGOS QUIZA RESULTARIA PROVECHOSA.

EN EL CAMPO DE LA ACUSTICA, ENCONTRAMOS IGUALMENTE UNA CORRELACION CON EL CAMPO ESTRUCTURAL, PUES APARENTEMENTE MUCHOS DE LOS RUIDOS QUE SE TRASMITEN A TRAVES DE UN EDIFICIO, SE INICIAN COMO VIBRACION DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES.

HEMOS PREESTADO UNA GRAN ATENCION AL CALCULO ASISMICO; PERO EN LOS EDIFICIOS ALTOS MUCHOS PROBLEMAS NACEN DEL VIENTO. ASI EL CASO YA CLASICO DE EDIFICIO JOHN HANCOCK DE BOSTON NOS PARECE UN FENOMENO AJENO PERO OLVIDEMOS QUE YA EN LA CIUDAD DE MEXICO SE HAN PRESENTADO PROBLEMAS SIMILARES Y POSIBLEMENTE SE PRESENTEN CON MAYOR FRECUENCIA SI NUESTROS EDIFICIOS SIGUEN CRECIENDO EN ALTURA.

LAS PAREDES CORTINA SON ALTAMENTE VULNERABLES AL VIENTO, PUES SU MISMA LIGEREZA CONSTRUCTIVA HACE DIFICIL LOGRAR BUENOS ANCLAJES. POR OTRO LADO EL DESEO DE DAR UNA APARIENCIA DE MURO DE CRISTAL, NOS ESTA LLEVANDO CADA VEZ MAS HACIA ASIENOS INADECUADOS EN EL VIDRIO.

LOS MUROS CORTINA TIENEN OTRAS PECULIARIDADES QUE AUN NO ESTAN SUFICIENTEMENTE ESTUDIADAS. CUANDO LLUEVE SE FORMA UNA CASCADA QUE SE DESLIZA SOBRE LA VENTANERIA, QUE AL CARECER DE RELIEVE, PROVOCA ACUMULACION DE AGUA QUE FACILMENTE PENETRA AL INTERIOR.

SU MISMA FALTA DE AISLAMIENTO TERMICO HACE QUE SE PROVOQUEN CONDESACIONES EN EL INTERIOR Y ASI NO LE DAMOS SALIDA, PRONTO TENDREMOS MANCHADOS LOS ACABADOS.

YA SE HA VISTO EN VARIOS INCENDIOS QUE EL MURO CORTINA PUEDE CREAR EFECTO DE CHIMENEA, COMUNICANDO EL FUEGO DE UN PISO AL SIGUIENTE Y QUE LAS LLAMARADAS QUE SALEN DE UN PISO INCENDIADO INMEDIATAMENTE CAUSAN LA ROTURA DE VIDRIOS EN LOS PISOS SIGUIENTES Y COMUNICAN EL FUEGO A CORTINAS Y ACABADOS DE LOS PISOS SUPERIORES.

EN LAS INSTALACIONES HIDRAULICAS AUN ESTAMOS EN LA ETAPA DE PROPORCIONAR AGUA AL NUCLEO DE SANITARIOS, PERO SIN HACER PREVISION PARA TOCADORES, COCINETAS O BAÑOS PRIVADOS. POR OTRA PARTE, SIENDO BASTANTE LIMITADAS LAS ALTURAS AUN NO HEMOS LLEGADO A PREVER SISTEMAS DE BOMBEO EN PISOS INTERMEDIOS.

LA CIUDAD DE MEXICO HA SUFRIDO RELATIVAMENTE POCO POR SINIESTROS DEBIDOS A INCENDIOS. NUESTROS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS Y LOS MATERIALES EMPLEADOS PROPICIABAN UN ALTO RANGO DE SEGURIDAD. PERO LOS NUEVOS MATERIALES Y SISTEMAS ESTAN MODIFICANDO ESTA SITUACION Y PRONTO TENDREMOS QUE DEDICAR MAYOR ATENCION A ESTE ASPECTO DE LA CONSTRUCCION.

EN LAS INSTALACIONES ELECTRICAS CASI TODOS NUESTROS EDIFICIOS ESTAN ALIMENTADOS A BAJO VOLTAJE A PARTIR DE UNA SOLA SUBESTACION. VEMOS QUE LA PRACTICA INDUSTRIAL DIFIERE DE ESTE CRITERIO Y YA EN PLAZA COMERMEX EL SISTEMA ESTA PROYECTADO A BASE DE DOS SUBESTACIONES UBICADAS EN EL NIVEL DE CALLE MONTE ELBRUZ Y EN EL PISO 20 .

ESTO HA PERMITIDO UN AHORRO NOTABLE EN LOS CABLEADOS. EN UNA Y OTRA SUBESTACION SE RECIBE LA CORRIENTE A 23 K.V. Y SE TRANSFORMA A 44 0, 220 y 115V, PARA USO DE EQUIPOS, CONTACTOS. Y LAMPARAS.

POR LO QUE TOCA A SISTEMAS DE TRANSPORTE VERTICAL SERA NECESARIO INCREMENTAR EL NUMERO DE ELEVADORES Y SU VELOCIDAD ASI COMO UN MAYOR REFINAMIENTO EN SUS SISTEMAS DE CONTROL, CONFORME VAYAMOS SUBIENDO EN ALTURA. ES POSIBLE QUE SISTEMAS DERIVADOS DEL INSTALADO EN LA TORRE SEARS DE CHICAGO, SEAN REQUERIDOS EN ALGUN FUTURO EDIFICIO EN NUESTRO MEDIO.

LOS SISTEMAS ELECTRONICOS DE VIGILANCIA, YA SEA A BASE DE CIRCUITOS CERRADOS DE TELEVISION, O EN COMBINACION CON SENSORES TERMICOS, SENSORES DE VIBRACION, SENSORES DE HUMOS O GASES TOXICOS, RAYOS INFRARROJOS, RAYOS LASER Y OTROS ADELANTOS AUN DESCONOCIDOS DARAN NUESTROS EDIFICIOS MAS SEGUROS Y TRANQUILOS. POR LO PRONTO, INSTALACIONES NEUMATICAS, DE SEÑALIZACION, O SONORIZACION SON COMUNES EN MUCHAS DE NUESTRAS CONSTRUCCIONES.

DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL PROYECTO DEBEMOS EVALUAR LA UTILIDAD REAL DE TALES INSTALACIONES SIN OLVIDAR QUE POR MUY SOFISTICADA QUE SEA UNA INSTALACION, ES EL HOMBRE EL QUE POR FINAL DE CUENTAS VA A DEFINIR SU VERDADERO ALCANCE EN LA EDIFICACION.

EL EDIFICIO ALTO SE HA VUELTO UNA ESPECIE DE EMBLEMA DE NUESTRO TIEMPO.

CADA CIUDAD Y HASTA CADA EMPRESA, CADA NACION MUESTRA CON ORGULLO SUS GRANDES CONSTRUCCIONES. ESTA, COMO LA CONSTRUCCION DE GRANDES BARCOS O GRANDES FUENTES SON LA MUESTRA VIVIENTE DEL AVANCE TECNOLOGICO Y DEL PODER ECONOMICO DE UNA SOCIEDAD.

PERO CORREMOS EL RIESGO DE QUE ENAMORADOS DE NUESTRA TECNOLOGIA VAYAMOS A CONSTRUIR TAN SOLO POR LA VANIDAD DE DECIR QUE TENEMOS LO MAS ALTO O LO MAS GRANDE EN CUANTO AREA O VOLUMEN. A PARTIR DE LOS AÑOS TREINTA BAJA LA INFLUENCIA DE LAS DOCTRINAS DE LE CORBUSIER MUCHOS ARQUITECTOS Y URBANISTAS CREYERON QUE MEDIANTE LA CONSTRUCCION DE EDIFICIOS ALTOS SE PODRIA DAR LA SOLUCION A LOS PROBLEMAS DE ALTA DENSIDAD EN LAS CIUDADES.

ESTAS IDEAS, QUE HAN SIDO COMBATIDAS O ALABADAS, SIGUEN TENIENDO VIGENCIA. HOY VEMOS QUE UN PAOLO SOLERI, PRECONIZA ESTABLECER UNA UNIDAD ENTRE LA ECOLOGIA Y LA ARQUITECTURA MEDIANTE SUS DOCTRINAS DE LA ~~AR~~COLOGIA.

POR OTRA PARTE, SE TIENEN CRITICAS EN CONTRA DEL EDIFICIO DE ALTURA, SEÑALANDOLO COMO INHUMANO E INSEGURO Y HAY QUIENES PROPONEN QUE LAS CIUDADES SE EXTIENDAN EN FORMA HORIZONTAL YA FRANK LLOYD WRIGHT IDEALIZABA ESTA POSTURA EN SU PROYECTO PARA "BROADACRES." EN LA PRACTICA SE HA VISTO QUE TAL CRECIMIENTO NO LOGRA DAR UNA VIDA MAS SANA O MAS FELIZ Y SÍ DESTROZA LA ECOLOGIA REGIONAL.

SERIA DIFICIL PREDECIR CUAL SERA EL FUTURO DEL EDIFICIO ALTO, PERO ES CLARO QUE EN DETERMINADAS CIRCUNSTANCIAS RESULTA SER EL MEDIO MAS ADECUADO PARA RESOLVER CIERTOS PROBLEMAS DE CONVIVENCIA. LAS PRESIONES ECONOMICAS DERIVADAS DEL CRECIMIENTO DE LAS CIUDADES, DEL ENCARECIMIENTO QUE SE VISTUMBRA PARA LOS SERVICIOS URBANOS, LAS LIMITACIONES QUE TENDRAN QUE IMPONERSE AL USO DE LA TIERRA, HACE SUPONER QUE POR ALGUNOS AÑOS LOS EDIFICIOS ALTOS SE SEGUIRAN CONSTRUYENDO ALCANZANDO MAYORES ALTURAS A TRAVES DEL TIEMPO/

TALES CONJUNTOS DE EDIFICIOS ALTOS PROBABLEMENTE PRESENTARAN UN ASPECTO MUY DISTINTO AL QUE OBSERVAMOS ~~EN~~ EN LOS YA ANTICUADOS CENTROS DE NEGOCIOS DE CIUDADES COMO NUEVA YORK .

MUY PROBABLEMENTE SE ACERCARA MAS AL CONCEPTO CORBUSERIANO,
SIN PRETENDER SOLUCIONES TAL RADICALES O ANTI-ECONOMICAS
COMO LAS CONTENIDAS EN LA CIUDAD RADIANTE.

HASTA DONDE ES POSIBLE ASOMARNOS AL FUTURO, VEMOS QUE SE
SEGUIRAN CONSTRUYENDO EDIFICIOS ALTOS, QUE TENDRAN QUE CUM-
PLIR CON LOS FINES QUE LES IMPONGAN LA SOCIEDAD QUE LOS CIRCUNDA.
TENDREMOS QUE ESTAR PREPARADOS PARA QUE SEAN CADA VEZ MAS
COMODOS MAS SEGUROS, MAS EFICIENTES.

EL MUNDO DEL FUTURO VA A PEDIR MAS DE LOS CONOCIMIENTOS QUE
USTEDES AHORA PREPARAN.

INDICE SOBRE EL PROYECTO Y CONSTRUCCION DE EDIFICIOS

ALTOS

1. Definición del edificio alto
2. La problemática del proyecto
3. El equipo de trabajo: su formación modo de operación
4. Factores socio-económicos a considerar al proyectar
5. Factores técnicos a considerar en el proyecto
6. Factores administrativos y de operación
7. Campos de investigación para el proyecto
8. El edificio alto como solución contemporánea
9. Impacto urbano de los edificios altos
10. El futuro de los edificios altos

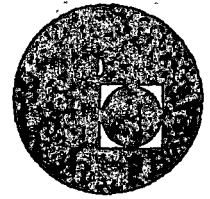
Arq. Manuel de la Colina

Octubre, 1976.

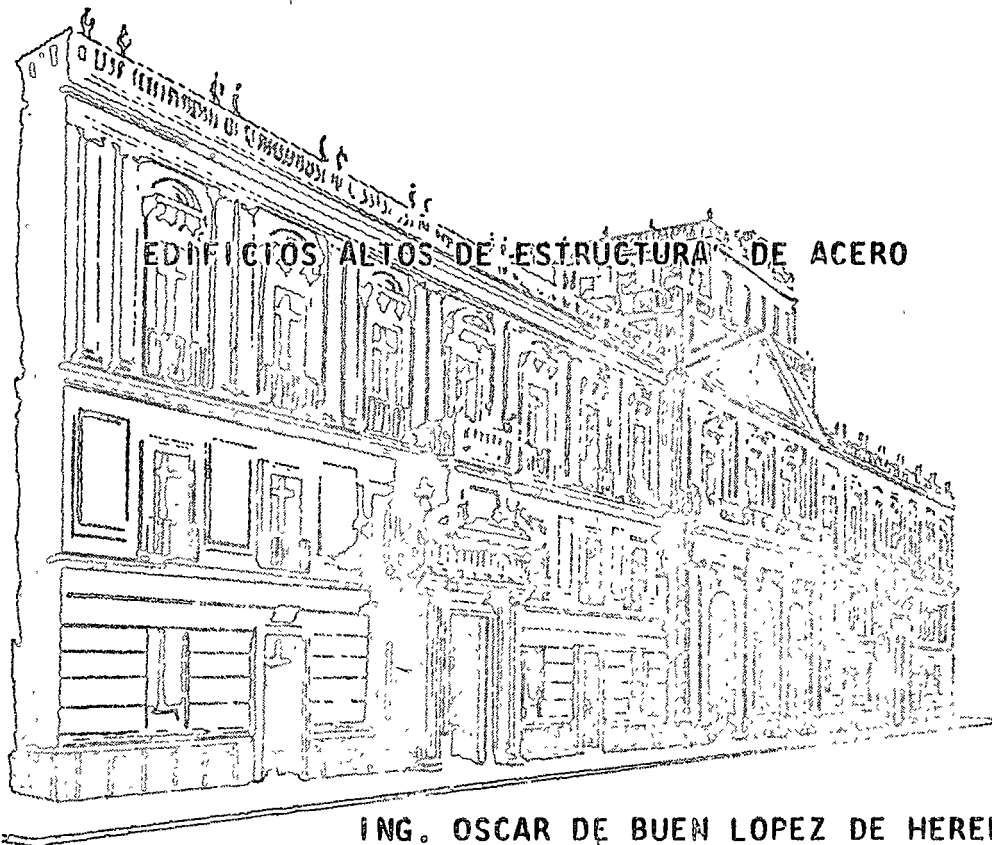




centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



EDIFICIOS ALTOS



ING. OSCAR DE BUEN LOPEZ DE HEREDIA

SEPTIEMBRE DE 1976

... sunt in ...
...
...



CURSO INTERNACIONAL DE INGENIERIA SISMICA

DISEÑO SISMICO DE EDIFICIOS DE ACERO

Edificios ALTOS DE ESTRUCTURA DE ACERO

OSCAR DE BUEN.

INTRODUCCION. Cuando se diseña y construye un edificio en una región sísmica se pretende que sea capaz de resistir temblores de pequeña intensidad sin sufrir daños y permaneciendo en general dentro del intervalo elástico; los temblores moderados pueden producir flujo plástico localizado en la estructura y daños no estructurales de poca importancia, fácilmente reparables, y los intensos ocasionarán problemas más importantes en los elementos no estructurales y algunos daños en la estructura. El objetivo que se persigue es obtener estructuras que se comporten elásticamente durante sismos que puede esperarse que ocurran más de una vez durante la vida del edificio, y que sobrevivan sin fallar el temblor más intenso que puede presentarse durante esa vida útil, aunque haya daños no estructurales y estructurales muy grandes, así como deformaciones permanentes considerables, que requieran reparaciones muy costosas. Se acepta, pues, la posibilidad de daños elevados, aún de tal magnitud que el edificio constituya una pérdida económica total, pero no el colapso y la pérdida de vidas.

Los análisis dinámicos muestran que no es económicamente factible construir estructuras que se mantengan íntegramente en el intervalo elástico durante temblores severos, ni se puede explicar el comportamiento de construcciones reales suponiendo una respuesta exclusivamente elástica. Se ha determinado la respuesta elástica de estructuras reales sometidas a movimientos de tierra registrados durante temblores intensos que han sido resistidos por ellas, y se ha encontrado que las fuerzas de inercia teóricas son mucho mayores que las que pueden resistir realmente. Esta aparente anomalía ha sido atribuida principalmente a la capacidad que tienen las estructuras dúctiles de disipar energía por medio de deformaciones plásticas,

así como a otros factores tales como la reducción de la respuesta ocasionada por incrementos en el amortiguamiento y por interacción suelo-estructura. La ductilidad de la estructura es el factor predominante.

El fenómeno que acaba de mencionarse es tan importante que el diseño sísmico de los edificios usuales carece de sentido si se ignoran las consecuencias del comportamiento inelástico, y aunque en la práctica actual suele efectuarse el análisis con medios puramente elásticos, los coeficientes sísmicos y las ordenadas de los espectros se reducen para tomar en cuenta, de una manera indirecta, los efectos de la plastificación parcial de la estructura.

La gran cantidad de muros que había en los edificios antiguos ocasionaba una disipación considerable de la energía impartida por los temblores, pero en los edificios modernos los muros han desaparecido casi por completo, sustituidos por cancelas y ventanales, de manera que la mayor parte de la energía debe ser absorbida por la estructura propiamente dicha, que tiene que estar diseñada y construida adecuadamente.

Una estructura reticular espacial que tenga un comportamiento dúctil bajo cualquier condición de carga posee una gran capacidad de absorción de energía y proporciona un factor de ductilidad adecuado. Además, tiene la ventaja de ser hiperestática y capaz de admitir deformaciones locales considerables, de manera que cuando alguno de sus elementos se sobrecarga se forman en él articulaciones plásticas y se transfiere el exceso de carga a otros miembros, con lo que la estructura en conjunto ofrece resistencia en emergencias severas y su capacidad de carga no está limitada por la del elemento más débil en el intervalo elástico. El comportamiento de estructuras reales sometidas a sismos ha mostrado, y la investigación y el análisis lo han confirmado, el valor de las estructuras reticulares dúctiles, de alto grado de hiperestaticidad, en la construcción de edificios altos en regiones sísmicas.

El acero estructural es un material eminentemente dúctil capaz de constituir, principalmente utilizando uniones soldadas, estructuras hipostáticas que llenan todas las condiciones mencionadas en los párrafos anteriores; es, por consiguiente, un material muy adecuado para la construcción de estructuras en zonas sísmicas -- siempre que su diseño y ejecución se efectúen en forma correcta, pues la ductilidad intrínseca del acero no garantiza que esa propiedad se conserve en la estructura en conjunto.

COMPORTAMIENTO DE EDIFICIOS CON ESTRUCTURA DE ACERO. Ver Anexo, hojas 1 y 2.

ELEMENTOS ESTRUCTURALES QUE FORMAN UN MARCO RÍGIDO. -- Un marco rígido está compuesto siempre por vigas, columnas y conexiones entre ellas; además, puede haber elementos de contraventeo, aunque éstos no son indispensables (Fig. 1).

Las vigas son los miembros, generalmente horizontales, que soportan directamente las cargas verticales permanentes, vivas y muertas, que obran sobre la estructura, al mismo tiempo que mantienen a las columnas con la configuración necesaria para que sean capaces de resistir fuerzas horizontales (en marcos no contraventeados) y contribuyen a la rigidez de conjunto de la estructura. Están sometidas a la acción de fuerzas transversales y de momentos en sus extremos, que ocasionan en ellas flexiones importantes, acompañadas de fuerzas cortantes; las fuerzas normales suelen ser despreciables, excepto en algunos casos de marcos contraventeados. Se tratan básicamente como miembros en flexión, y son los elementos estructurales ideales para ser diseñados plásticamente, como lo demuestra un gran número de experiencias de laboratorio y su empleo con éxito, durante los últimos años, en muchas estructuras dimensionadas de acuerdo con ese procedimiento.

Las columnas de los marcos rígidos deben soportar las cargas axiales que los transmiten las vigas adyacentes y los tramos de columnas que se encuentran sobre ellas, llevándolas eventualmente a la cimentación, así como los momentos que reciben de las vigas, debidos a cargas verticales. Además, deben ayudar a resistir las

fuerzas horizontales en marcos contraventeados y resistirlas en su totalidad en los que carecen de contraventeo, y contribuir a darle al marco la rigidez necesaria para evitar problemas de pandeo de conjunto. Trabajan fundamentalmente como elementos sometidos a compresión axial o a flexocompresión, ya que los efectos ocasionados por la fuerza cortante existente en ellas suelen ser despreciables.

Se designa aquí con el nombre de "contraventeo" a todos los elementos verticales que no forman parte del marco rígido propiamente dicho pero que contribuyen a resistir las fuerzas horizontales que obran sobre él, a contrarrestar los momentos adicionales creados por el desplazamiento lineal relativo de los extremos de las columnas (efecto $P\Delta$), a evitar el pandeo de conjunto del marco y a mejorar su rigidez lateral. En los marcos de varios pisos se utilizan básicamente dos tipos de elementos de contraventeo: muros de rigidez, de tabique o de concreto armado, empleados fundamentalmente en edificios urbanos, y contraventeos propiamente dichos, compuestos generalmente por ángulos de acero colocados en diagonal, en K, etc; los contraventeos del segundo tipo se utilizan también en edificios urbanos y, con mucha frecuencia, en construcciones industriales, en las que no suelen haber requisitos estéticos o funcionales que impidan su colocación.

El objeto de las conexiones es transmitir los elementos mecánicos, momentos flexionantes y fuerzas cortantes y normales, de las trabes a las columnas y viceversa, así como las fuerzas existentes en las diagonales de contraventeo al marco propiamente dicho, obligando de esta manera a que todos los elementos estructurales trabajen en conjunto. En lo que sigue se considerará únicamente el caso en que los marcos estén provistos de juntas rígidas entre vigas y columnas, capaces de transmitir de unas a otras los elementos mecánicos íntegros, sin que haya desplazamientos lineales o angulares relativos entre los extremos de las piezas que concurren en cada nudo. Las juntas de ese tipo se obtienen generalmente mediante el empleo de sol

dadura, aunque pueden utilizarse también pernos de alta resistencia.

Aunque los marcos rígidos se presentan en la literatura casi siempre como estructuras planas esto no es, en la mayoría de los casos, más que una simplificación de un problema mucho más complejo, ya que las estructuras de edificios son en realidad de tres dimensiones, formadas generalmente por dos grupos de marcos mutuamente perpendiculares entre sí. (Fig. 2). La separación de la estructura en marcos planos y el tratamiento aislado de éstos no suele introducir errores importantes, debido sobre todo a la poca rigidez torsional de los perfiles estructurales, pero debe recordarse que cada una de las columnas forma parte casi siempre de dos marcos ortogonales por lo que queda sometida a flexión alrededor de los dos ejes principales de sus secciones transversales, lo que debe tenerse en cuenta en su diseño, en el que introduce dificultades considerables.

A veces pueden lograrse estructuraciones que ocasionan momentos muy reducidos alrededor de uno de los dos ejes principales de las columnas, lo que permite considerar que éstas se flexionan únicamente en el plano de uno de los dos marcos de los que forman parte; este tipo de sollicitación suele requerir columnas más económicas que las que se necesitan cuando trabajan a flexión compuesta, por lo que en ocasiones puede ser conveniente buscarlo.

COMPORTAMIENTO DE MARCOS RIGIDOS (ref. 4).

El comportamiento de los marcos rígidos, lo mismo que el de los miembros estructurales aislados, queda representado por sus curvas carga-desplazamiento, es decir, por la relación entre la intensidad creciente de las sollicitaciones exteriores y algún desplazamiento resultante significativo.

Las características de la curva dependen de la geometría del marco y de las cargas, incluyendo la manera en que éstas se aplican.

Para que la relación carga-desplazamiento sea única y a cada problema le

corresponda un solo resultado final se requiere que las fuerzas exteriores se apliquen lentamente, de manera que su efecto pueda considerarse estático, y que sus intensidades guarden una relación constante durante todo el proceso; es decir, la estructura debe estar sujeta a un sistema de cargas que crece monótonicamente y en forma continua hasta que se alcanza la resistencia máxima. Debe suponerse, además, que inicialmente es elástica y está libre de esfuerzos, y que no hay inversión en el signo de éstos, en ningún caso, en el intervalo plástico.

Estas condiciones no se cumplen en las estructuras reales, pero permiten simplificaciones notables en los métodos de análisis y llevan a la obtención de cargas de colapso que son, aparentemente, conservadoras.*

Los marcos simétricos en geometría y carga en los que ésta no produce flexión primaria fallan teóricamente por pandeo, caracterizado por una bifurcación del equilibrio que se presenta cuando las solicitaciones alcanzan el valor crítico; cuando no hay elementos exteriores que lo impidan el cabezal se desplaza lateralmente, pero si se evita este movimiento cambia la forma de pandeo y la carga crítica aumenta considerablemente; éste es uno de los papeles principales del contraventeo (Fig. 3a). Si, en cambio, las cargas ocasionan flexión desde un principio el colapso es por inestabilidad, la que se presenta eventualmente al ir aumentando la magnitud de las solicitaciones, Fig. 3b.

(Estas dos formas de falla corresponden respectivamente a las de columnas comprimidas axialmente, que se mantienen rectas mientras la carga es menor que la crítica y fallan por pandeo al alcanzar ese valor; y de barras flexocomprimidas, en las que los desplazamientos empiezan cuando se inicia el proceso y crecen hasta que se alcanza la condición de inestabilidad).

Las gráficas de la Fig. 3 representan las dos formas de falla mencionadas.

Las de la Fig. 3b son ligeramente curvas desde el principio, a causa de la

* En estructuras reales hay ocasiones en las que no se considera que todas las cargas crecen proporcionalmente; en el análisis sísmico de edificios, por ejemplo, de acuerdo con la realidad se supone que las fuerzas horizontales se empiezan a aplicar cuando ya actúan las cargas verticales totales.

interacción momento-fuerza axial debida a cambios de geometría del marco; su pendiente se reduce más rápidamente cuando se inicia la plastificación del material y se anula cuando la carga alcanza el valor máximo; la rama descendente corresponde a estados de equilibrio inestable.

Una curva como la de la Fig. 4 contiene toda la información necesaria sobre el comportamiento de un marco; pues además de proporcionar su resistencia máxima permite determinar el desplazamiento correspondiente a cualquier intensidad de las sollicitaciones y da una medida de su capacidad de absorción de energía. Conocida la curva carga-desplazamiento se puede determinar el factor de seguridad con respecto al colapso y la magnitud de los desplazamientos que experimenta el marco bajo cargas de trabajo; si el primero o los segundos no son aceptables deben cambiarse los perfiles, ajustándolos hasta que la curva indique que el comportamiento es el deseado.

Aunque teóricamente conviene conocer la curva $P\Delta$ de toda estructura su obtención es en general complicada, o aún imposible; por lo que en la mayor parte de los problemas reales de diseño hay que recurrir a métodos aproximados para determinar la carga de colapso y las deformaciones producidas por las sollicitaciones de trabajo.

ABSORCION DE ENERGIA EN MARCOS RIGIDOS DE ACERO. La mayor parte de la energía que recibe un edificio durante un movimiento sísmico es disipada por las deformaciones plásticas que se presentan en la estructura, las que se concentran en las zonas de vigas y columnas en que el momento flexionante es máximo, y ocasionan eventualmente la formación de articulaciones plásticas, capaces de admitir rotaciones importantes bajo momento prácticamente constante; los desplazamientos laterales de la estructura posteriores a la iniciación del flujo plástico se deben principalmente a rotaciones en las articulaciones y llevan eventualmente a la forma---

ción de un mecanismo, que puede abarcar toda la estructura o una parte de ella.

Los mecanismos de solapso son de alguno de los dos tipos que se discuten a continuación.

Si las vigas son mas resistentes que las columnas, las articulaciones plásticas se forman en los extremos de éstas cuando la fuerza axial y el momento flexionante ^{que} actúan en ellas alcanzan los valores necesarios para producir la plastificación total de la sección. En esas condiciones, uno o mas de los entrepisos del marco se convierten en mecanismos como el que se muestra en la Fig. 5a, y todos los desplazamientos laterales adicionales se presentan al girar las articulaciones plásticas bajo carga constante.

El otro mecanismo posible es el ilustrado en la Fig. 5b, que corresponde a un marco con columnas mas resistentes que las vigas; todas las articulaciones se forman en vigas, con la única excepción de las que aparecen en las bases de las columnas, y para llegar al colapso se requiere que todas las vigas del marco se conviertan en mecanismos, de alguno de los tipos mostrados en la figura; en los pisos superiores se forma una articulación en un extremo y otra en la zona central de cada viga, pero en los inferiores, en los que los momentos producidos por el sismo son mucho mayores que los de carga vertical, las articulaciones aparecen en los dos extremos.

El mecanismo de la Fig. 5a es peligroso porque las deformaciones plásticas pueden concentrarse en las columnas de un solo entrepiso, y es poco probable que en esas condiciones las articulaciones plásticas tengan la capacidad de rotación necesaria para sobrevivir un temblor intenso; en cambio, cuando se forma el mecanismo de la Fig. 5b aparece un número de articulaciones mucho mas elevado, de manera que la ductilidad requerida en cada una es menor y puede ser proporcionada fácilmente. Por consiguiente, conviene diseñar la estructura de manera que los

mecanismos se formen en las vigas, para lo cual las columnas deben dotarse de la resistencia necesaria para que no aparezcan articulaciones plásticas en ellas.

Puesto que es imposible producir con exactitud las características de los movimientos de tierra que pueden ocurrir en un lugar dado, no se puede evaluar el comportamiento completo de un marco de varios pisos sujeto a perturbaciones sísmicas intensas. Sin embargo, sí se puede diseñar y construir la estructura de manera que su comportamiento sea el más deseable. En términos de daños, ductilidad, disipación de energía o falla, éste significa una secuencia conveniente en la ruptura de la compleja cadena de resistencia de los marcos, e implica una jerarquización deseable de los modos de falla.

A pesar de la naturaleza probabilística de las solicitaciones sísmicas, con los conocimientos actuales se puede obtener una respuesta más adecuada, y evitar el colapso durante un terremoto catastrófico, haciendo una distribución determinística de las propiedades de ductilidad y resistencia de la estructura. Se escogen y detallan adecuadamente los elementos o mecanismos que se van a utilizar para disipar la energía, y los elementos estructurales restantes se dotan de la resistencia necesaria para asegurar que los mecanismos elegidos mantendrán su resistencia máxima, o una cercana a ella, durante las deformaciones que se presenten.

En el caso de marcos rígidos la manera más conveniente de disipar la energía es por medio de flujo plástico y formación de mecanismos en las vigas, de manera que deben tomarse todas las medidas posibles para evitar que se formen articulaciones plásticas en las columnas.

Además de la gran demanda de capacidad de rotación asociada con el mecanismo de colapso de la Fig. 5a, hay otras razones para evitar, o al menos retrasar lo más posible, la formación de articulaciones en columnas. La falla de una columna es de consecuencias mucho más graves que la de una viga; la formación de un meca-

nismo con articulaciones plásticas en los dos extremos de todas las columnas de un entropiso produce desplomes permanentes del edificio, que hacen que las reparaciones sean muy costosas o aún económicamente imposibles, pues la estructura debe ser enderezada y apuntalada; la fuerza de compresión reduce la capacidad de rotación; las articulaciones en las columnas, asociadas con desplazamientos laterales importantes de los niveles, introducen problemas de inestabilidad que deterioran considerablemente la capacidad de la estructura para soportar cargas verticales.

De acuerdo con la discusión anterior, las estructuras de edificios construidos en zonas sísmicas deben tener ductilidad adecuada para absorber y disipar buena parte de la energía que les transmite el terreno durante un temblor por medio de excursiones fuera del intervalo elástico, durante las cuales pueden llegar a formarse articulaciones plásticas en vigas o columnas, y poseer la resistencia necesaria para soportar las sollicitaciones producidas por los temblores, disminuidas de intensidad gracias al comportamiento inelástico mencionado.

La manera más conveniente de disipar energía es por formación de articulaciones plásticas en las vigas, lo que puede llevar eventualmente al mecanismo de colapso de la Fig. 5b; por consiguiente, las estructuras deben diseñarse, detallarse y construirse de manera que se logre que la forma de falla sea la correspondiente a ese mecanismo, sin que se presenten fallas prematuras que lleven a una disminución de su resistencia y capacidad de absorción y disipación de energía.

MÉTODOS DE ANÁLISIS (ref. 1)

Análisis elástico de primero y segundo orden.

Análisis rígido-plástico de primero y segundo orden.

Análisis elasto-plástico de primero y segundo orden.

En la Fig. 6 se muestran, en forma cualitativa, las curvas carga-desplazamiento que se obtienen con cada uno de los tipos de análisis mencionados, aunque se ha

tomado como base un marco de un piso y una cruzía, los resultados son aplicables a marcos de cualquier número de niveles y cruzías. En la figura se ha trazado también la curva real del marco, que se obtendría experimentalmente y que sirve como base de comparación.

FACTORES QUE PUEDEN OCASIONAR UNA FALLA PREMATURA (Antes de que se forme el mecanismo de colapso).

1. INESTABILIDAD DE CONJUNTO.

Si el diseño se basa en los resultados de un análisis elástico de primer orden, la inestabilidad de conjunto se tiene en cuenta diseñando las columnas por medio de fórmulas de interacción, como las recomendadas por el AISC, en las que se incluyen factores de amplificación de los momentos (refs. 1 y 2).

Si se hace un análisis elástico de segundo orden, en el que se incluye el efecto $P\Delta$, el diseño de las columnas vuelve a efectuarse con las fórmulas de interacción, pero se aplican como si sus extremos no pudiesen desplazarse linealmente, puesto que los efectos de los desplazamientos se han incluido en el análisis. (ref. 2).

De acuerdo con las recomendaciones de la Convención Europea de la Construcción Metálica, el diseño plástico de los marcos altos no contraventeados debe hacerse, idealmente, utilizando un método elasto-plástico de segundo orden, en el que se tomen en cuenta los momentos adicionales inducidos por el desplazamiento lateral de los puntos de aplicación de las cargas verticales (efecto $P\Delta$).

Sin embargo se permite, como una alternativa, el método de diseño simplificado siguiente:

La inestabilidad de los marcos se toma en cuenta empleando la fórmula de Merchant-Rankine modificada

$$\lambda_F = \frac{\lambda_P}{0.9 + \lambda_P/\lambda_C} \quad (1)$$

donde λ_F es el factor de carga de falla, λ_P es el factor de carga rígido-plástico

obtenido para el mecanismo de colapso idealizado y λ_p es el factor de carga crítica de pandeo elástico, calculado suponiendo un comportamiento elástico ilimitado.

Si λ_c/λ_p es mayor que 10, λ_p es igual a λ_p y el marco puede diseñarse con la teoría plástica simple, de primer orden.

Si $4 < \lambda_c/\lambda_p \leq 10$, λ_p se calcula con la ec. 1, siempre que

a) Las articulaciones plásticas del mecanismo utilizado para calcular λ_p se formen exclusivamente en las vigas y no en las columnas (excepto en las bases).

b) Los marcos están contraventeados en la dirección perpendicular a su plano, a menos que pueda demostrarse que los marcos colocados en esa dirección permanecen en el intervalo elástico cuando obran sobre ellos las fuerzas de viento (o sismo).

Si λ_c/λ_p es menor que 4 debe hacerse un análisis elasto-plástico de segundo orden.

En los cálculos debe incluirse una falta de verticalidad inicial, debida a defectos de fabricación y montaje, de 1/200 de la altura de cada columna o de la estructura completa.

Análisis elasto-plástico de segundo orden. Método de los subconjuntos (ref. 3, 4, 5)

2. INESTABILIDAD DE MIEMBROS.

Vigas. Las especificaciones de diseño fijan las separaciones máximas que debe haber entre secciones de vigas soportadas exteriormente para evitar su pandeo lateral y dan fórmulas con las que, en caso necesario, se determina su resistencia disminuida por inestabilidad. Sin embargo, este problema no suele ser crítico en vigas de marcos de edificios porque el sistema de piso, que frecuentemente es una losa de concreto, se utiliza para dar soporte lateral continuo al patín superior.

Armaduras. En marcos de edificios altos se emplean con frecuencia armaduras en vez de vigas de alma llena, las que además de aumentar la rigidez lateral del edificio tienen la ventaja de permitir el paso de cables, ^{ductos,} etc., por los espacios libres entre cuerdas, diagonales y montantes.

Si las armaduras se diseñan en forma convencional lo mas probable es que fallen por pandeo de alguno de sus miembros comprimidos, y este tipo de falla, que es repentina, sin redistribución de momentos ni absorción importante de energía, debe evitarse en marcos construídos en zonas sísmicas. Sin embargo, puede obtenerse la rotación necesaria para que haya una redistribución de momentos semejante a la que se presenta en vigas de alma llena permitiendo que la cuerda de tensión fluya plásticamente en las zonas en que se forman articulaciones plásticas, y se alargue hasta la iniciación del endurecimiento por deformación, lo que se logra diseñando los miembros restantes de manera que no fluyan o se pandeen prematuramente.

Columnas. Se diseñan siguiendo alguno de los procedimientos descritos arriba, y se dimensionan para que resistan las sollicitaciones que les transmiten las vigas hasta que éstas se conviertan en mecanismos.

3. PANDEO LOCAL. Aún en estructuras diseñadas elásticamente, en las zonas de formación de articulaciones plásticas las relaciones ancho/grueso de los elementos planos que forman parte de los miembros estructurales deben ser las especificadas para diseño plástico, ya que al utilizarlas se garantiza que esos elementos podrán deformarse hasta entrar en el endurecimiento por deformación sin pandearse localmente, con lo que se obtiene la capacidad de rotación máxima que puede proporcionar el perfil. En la Fig. 7 se resumen esos requisitos.

4. CONEXIONES. (refs. 3 y 6)

Los miembros principales de una estructura se diseñan utilizando fórmulas basadas en teorías que han sido desarrolladas y refinadas a través del tiempo, de manera que generalmente se puede confiar en ellas para obtener resultados seguros y económicos. No sucede lo mismo con el comportamiento de las conexiones, el cual es a menudo tan complejo que resulta imposible describirlo por medio de fórmulas.

En muchas ocasiones, el ingeniero que proyecta una estructura, absorbe en el análisis y en el diseño de los miembros principales, no le presta la atención debida a las conexiones con lo que éstas, pobremente diseñadas, resultan puntos débiles y afectan desfavorablemente el comportamiento de conjunto de la estructura. - Si ésta es de poca altura y obtiene su resistencia lateral de muros de relleno o contraventos el problema que se acaba de señalar puede perder algo de importancia, pero es fundamental en estructuras de varios pisos cuya resistencia lateral dependa de sus propias características, ya que las vigas y columnas que las componen deben unirse por medio de conexiones capaces de transmitir momentos flexionantes importantes, producidos por las cargas verticales permanentes y por las horizontales eventuales.

El diseño de juntas rígidas en estructuras de acero se hizo durante muchos años utilizando métodos empíricos, reglas obtenidas de la experiencia, ya que el análisis elástico de esas juntas es muy complejo y, aunque posible, no lleva a resultados de fácil aplicación en el trabajo rutinario.

Sin embargo, debido fundamentalmente al gran desarrollo de la soldadura estructural y a la evolución paralela de los métodos plásticos de análisis y diseño, en los últimos años se han dedicado grandes esfuerzos al desarrollo de métodos de diseño de juntas, basados en el comportamiento plástico del acero.

La discusión que sigue se refiere a juntas soldadas, ya que por medio de la soldadura es como se obtienen en mayor grado características favorables en conexiones de estructuras de acero, pero esto no quiere decir que se desechen el empleo de pernos de alta resistencia, los que pueden resultar adecuados en algunos casos.

Los requisitos principales que debe llenar una junta en una estructura continua son:

- 1) Resistencia suficiente.
- 2) Capacidad de rotación adecuada.
- 3) Fabricación económica.

Es decir, las conexiones deben diseñarse de manera que puedan desarrollar el momento plástico de los miembros que concurren en ellas (o, al menos, el del miembro menos resistente), al mismo tiempo que conservan una reserva de ductilidad adecuada, después de alcanzar el momento plástico, que asegure su capacidad de girar la cantidad necesaria para la formación de las articulaciones plásticas a través de la estructura, o bien para que resistan las solicitaciones que actúan sobre ellas durante la formación y rotación de articulaciones plásticas en los extremos de las barras que concurren en ellas.

Los puntos anteriores se pueden ilustrar tomando como ejemplo una junta en ángulo recto entre una viga y una columna (Fig. 8a).

Al analizar la junta se supone que las fuerzas normales ocasionadas por momentos y fuerzas axiales son resistidas por los patines de viga y columna, mientras que las almas resisten únicamente las fuerzas cortantes.

Las fuerzas de tensión existentes en los patines exteriores de viga y columna son transmitidas al alma por cortante y puede suponerse, en ambos casos, que los esfuerzos cortantes varían desde un valor máximo τ_y en el borde B o D a cero en la esquina exterior A (Fig. 8b).

Si la viga pasa continua a través de la junta, como se indica en la figura, no hay necesidad de revisar las dimensiones de las placas AB y DC, puesto que siendo los patines de la viga tienen resistencia suficiente para soportar las fuerzas que hay en la junta; en cambio, las placas verticales, AD y BC, deben ser atisadores, la primera de dimensiones iguales al patín de la columna y soldada a tope a él; para BC, cuyo objeto es transmitir la fuerza de compresión del patín de la columna al alma de la viga, basta en general con emplear atisadores de altura igual a la mitad del peralte de la viga.

La fuerza total T que actúa en el patín superior vale

$$T = M_p / d_b$$

donde M_p es el momento plástico resistente de la viga.

Igualando ese valor a la fuerza cortante máxima que resiste el alma, $(\sigma_y/\sqrt{3})wd_c$, se obtiene una expresión de la que se despeja w , grueso del alma necesario para resistir la fuerza cortante:

$$w = \frac{\sqrt{3} M_p}{d_c d_b \sigma_y}$$

Si este grueso es mayor que el existente debe reforzarse el alma de la junta por medio de placas adosadas a ella o colocando un atiesador inclinado, de A a C, que, trabajando como la diagonal de una armadura, tome el exceso de fuerza cortante.

Las conexiones que interesan mas en marcos rígidos de edificios son entre vigas y columnas, de los tipos mostrados en la Fig. 9. En algunas ocasiones los patines de las vigas se sueldan directamente a la columna, generalmente con soldaduras de penetración completa, y en otras se utilizan placas horizontales, unidas a los patines con soldaduras de cordón y soldadas a tope a las columnas, pero el funcionamiento de la junta es semejante en los dos casos.

Al estudiar la junta debe considerarse el comportamiento de las zonas de la columna en contacto con los dos patines de la viga, la correspondiente al patín de compresión, que puede fallar por pandeo del alma, y la inmediata al patín de tensión, en la que puede haber fractura de la soldadura que conecta la viga con la columna (Fig. 10).

Las fuerzas transmitidas por los patines de la viga se reparten en una zona mas ancha al penetrar en la columna, como se muestra en la Fig. 11. Si la disminución de los esfuerzos correspondiente no es suficiente para que bajen a σ_y en la zona donde se inicia el alma (a la distancia K , Fig. 11), ésta no será capaz de proporcionar la resistencia necesaria, efecto que es mas serio en la región del patín de compresión, debido a la posibilidad de que se pandeo.

Se supone que la distribución de los esfuerzos sigue una ley lineal, lo que concuerda con resultados experimentales.

La capacidad del alma ^{de la columna} a la distancia K del borde exterior del patín, $\sigma_y (t_b + 5K)w$, debe ser igual o mayor que la fuerza en el patín de la viga, $A_p \sigma_y$:

$$\sigma_y (t_b + 5K)w \geq \sigma_y A_p$$

Por consiguiente, el grueso del alma de la columna debe satisfacer el requisito siguiente:

$$w \geq \frac{A_p}{t_b + 5K} \quad (2)$$

donde W es el grueso del alma de la columna, A_p y t_b el área del patín de la viga y el grueso del mismo y K la distancia de la cara exterior del patín a la sección — donde comienza el alma propiamente dicha.

Si no se cumple la condición dada por la ec. (2) se tendrán que colocar atisadores horizontales entre los patines de compresión de las vigas para resistir el — exceso de fuerza normal.

La fuerza transmitida por el patín de tensión de la viga, $A_p \sigma_y$, jala el patín de la columna, tendiendo a deformarlo como se indica en la Fig. —, y es resistida parcialmente en forma directa por la porción central gruesa de dicho patín, y el resto por la resistencia a la flexión de los patines. Por consiguiente,

$$A_p \sigma_y = \sigma_y t_b m + \sigma_y C_1 t_c^2$$

Introduciendo algunas hipótesis simplificatorias puede valorarse el coeficiente C_1 , y despejando t_c de la expresión anterior, se obtiene:

$$t_c \geq 0.4 \sqrt{A_p} \quad (3)$$

También en este caso es necesario colocar atisadores si el grueso del patín de la columna es menor que el valor dado por la ec. (3).

Ensayos efectuados han mostrado que las juntas diseñadas siguiendo este criterio se comportan satisfactoriamente.

En los casos en que en una columna concurren cuatro vigas las conexiones de las que llegan a los patines se diseñan como se acaba de ver; experimentalmente se ha comprobado que las vigas que llegan por arriba ejercen un efecto de atiesamiento benéfico.

Hay ocasiones en que no se requirieron atiesadores en las juntas viga-columna de estructuras de acero; sin embargo, cuando son necesarios su colocación es de primera importancia, ya que de no hacerlo la resistencia de la junta puede disminuir notablemente, impidiendo que la estructura sea capaz de desarrollar su capacidad de carga teórica.

Las columnas de sección en cajón son eficientes y económicas, pero tienen el inconveniente de que se dificulta la colocación de atiesadores.

En los últimos años se ha efectuado un buen número de investigaciones teóricas y experimentales tendientes a determinar el comportamiento bajo cargas dinámicas, con inversión del signo de los momentos, de conexiones entre vigas y columnas, y se ha encontrado que las diseñadas de acuerdo con los principios que se acaban de exponer se comportan satisfactoriamente.

DESPLAZAMIENTOS LATERALES. Los desplazamientos horizontales bajo cargas combinadas constituyen un problema fundamental en el diseño de marcos altos, al grado de que en muchas ocasiones pueden llegar a gobernar la elección de perfiles.

Ver anexo, hojas 3 a 6.

CONTRAVENTEOS Y MUROS DE RIGIDEZ

En muchas ocasiones los contraventeos y los muros de rigidez constituyen una forma económica y eficiente de contribuir a resistir las fuerzas horizontales y mantener los desplazamientos laterales de los entrepisos por debajo de límites admisibles.

Aunque en teoría es posible contruir un marco con todas las columnas apoyadas libremente en las vigas y proporcionarle toda su resistencia y rigidez laterales - por medio de contraventeos o muros, ese sistema no es conveniente en estructuras - situadas en zonas sísmicas; es preferible utilizar marcos rígidos, que constituyan una segunda línea de defensa si llegan a fallar los contraventeos bajo un temblor de intensidad excepcional.

Para estudiar la estabilidad lateral de conjunto y diseñar las columnas, en muchas especificaciones se clasifican los marcos como "contraventeados" y "no contraventeados", y se considera que en el primer caso no hay desplazamientos horizontales de los entrepisos. Sin embargo, esa clasificación es inadecuada, pues los desplazamientos Δ de un marco contraventeado pueden ser mayores que los de otro que no tenga contraventeo pero que esté compuesto por vigas y columnas mas rígidas; la mayor o menor importancia del efecto $P\Delta$ depende de la rigidez total del marco, y no de que tenga o no contraventeos. De hecho, en marcos diseñados para resistir - fuerzas horizontales importantes con desplazamientos laterales controlados, los factores de reducción de resistencia especificados en los códigos para el diseño de columnas en marcos "no contraventeados" son irrelevantes, puesto que los efectos $P\Delta$ son muy reducidos.

La importancia del contraventeo estriba en que, como se ha mencionado, en muchos casos puede constituir la solución mas económica para controlar los desplazamientos.

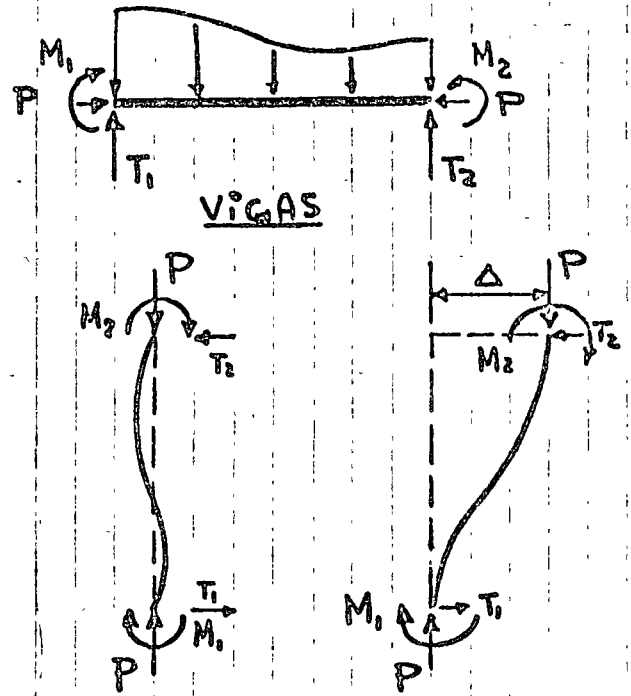
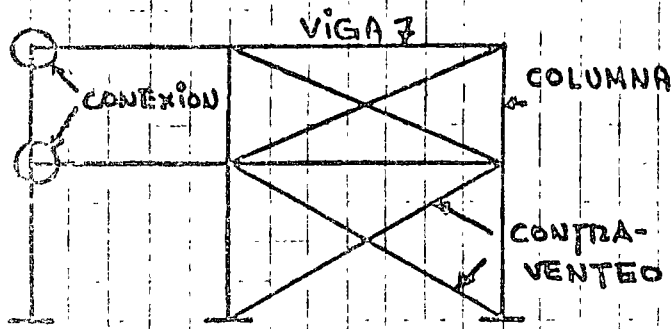
OTROS SISTEMAS ESTRUCTURALES (ref. 7).

REFERENCIAS

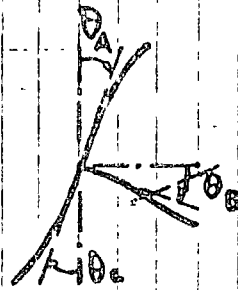
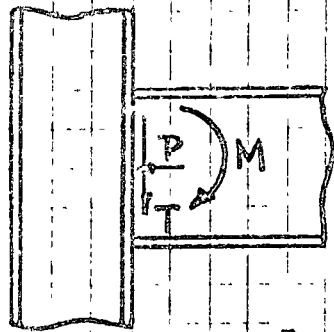
1. Galambos, T. V., "Structural Members and Frames", Prentice-Hall, Inc., 1968.
2. Wood, B.R, D. Beaulieu y P.F.Adams, "Column design by P-delta method", Proc. ASCE, J.Str.Div., ST2, Febrero 1976.
3. "Plastic design in steel, a guide and commentary", 2^a Ed., ASCE, Nueva York, 1971.

4. Daniels, J.H., y L.W.Lu, "The subassemblage method of designing unbraced multi-storey frames", Fritz Engineering Laboratory, Reporte n° 273.37, Universidad de Lehigh, Bethlehem, Pa, Marzo 1966.
5. M.B. El-Hafoz y G.H. Powell, "Computer aided ultimate load design of unbraced multistory steel frames", Reporte EERO 73-3, Earthquake Engineering Research Center, Universidad de California, Berkeley, Calif., abril 1973.
6. de Buen, O., "Conexiones para marcos rígidos de acero", Partes I y II, Ingeniería, México, D. F., Julio de 1966 y Julio de 1967.
7. Khan, F.R., "Current trends in concrete high-rise buildings", Apéndice I del libro "Tall Buildings", editado por A.Coull y B.Stafford Smith, Pergamon Press, 1967.

◉ ELEMENTOS QUE COMPONEN UN MARCO RÍGIDO, PAPEL QUE DESEMPEÑAN Y SOLICITACIONES A LAS QUE ESTÁN SOMETIDOS



JUNTAS
FLEXIBLES
RÍGIDAS
SEMI-RÍGIDAS



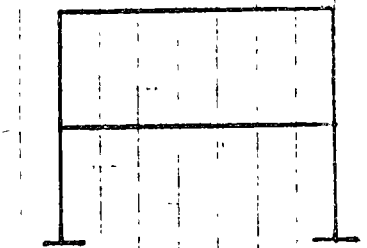
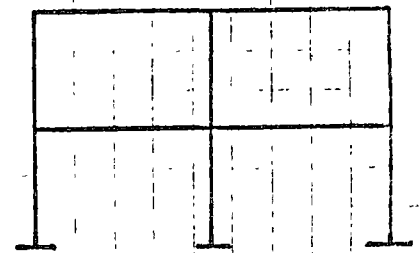
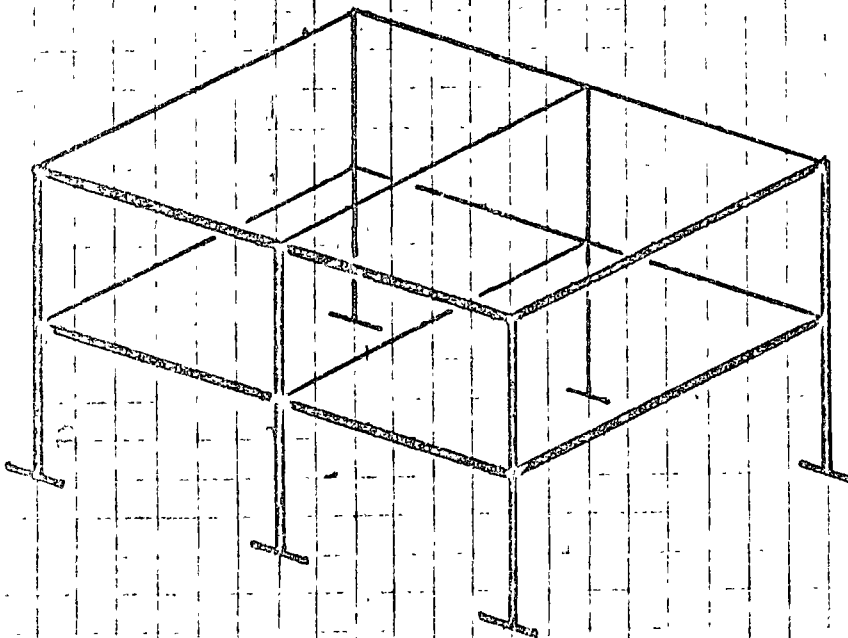
$$\theta_A = \theta_B = \theta_C = \theta_{\text{UNDO}}$$

CONEXIONES

COLUMNAS

FIG. 1

◉ EL MARCO RÍGIDO, ELEMENTO RESISTENTE BÁSICO EN GRAN NÚMERO DE ESTRUCTURAS



MARCOS PLANOS

FIG. 2

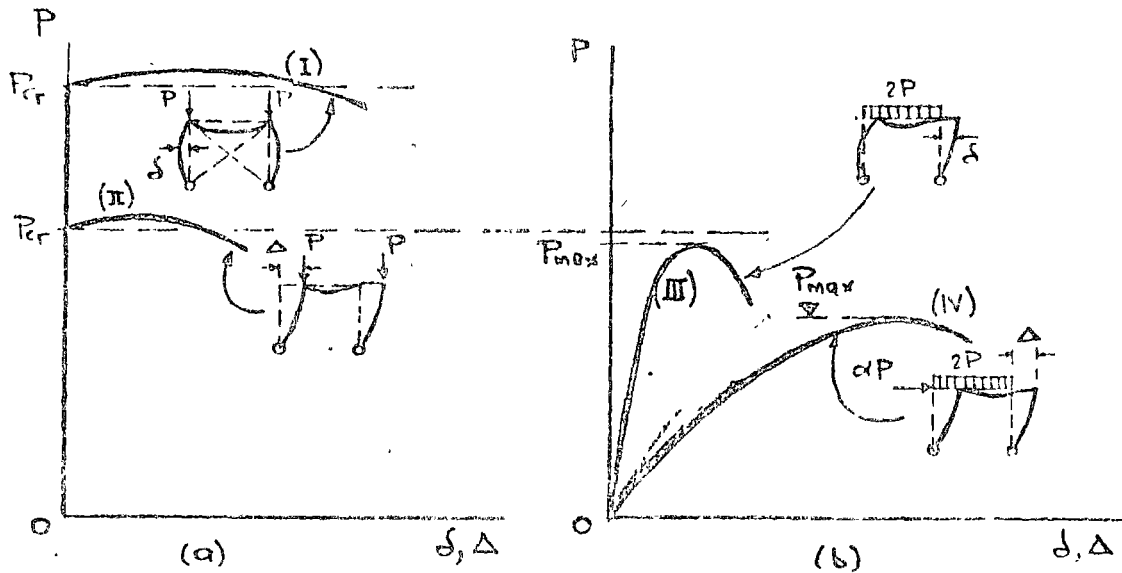


FIG. 3 CURVAS CARGA-DESPLAZAMIENTO DE MARCOS QUE FALLAN POR PANDEO Y POR INELASTICIDAD.

● CURVA CARGA-DEFORMACIÓN REAL DE UN MARCO RÍGIDO (OBTENIDA EXPERIMENTALMENTE).

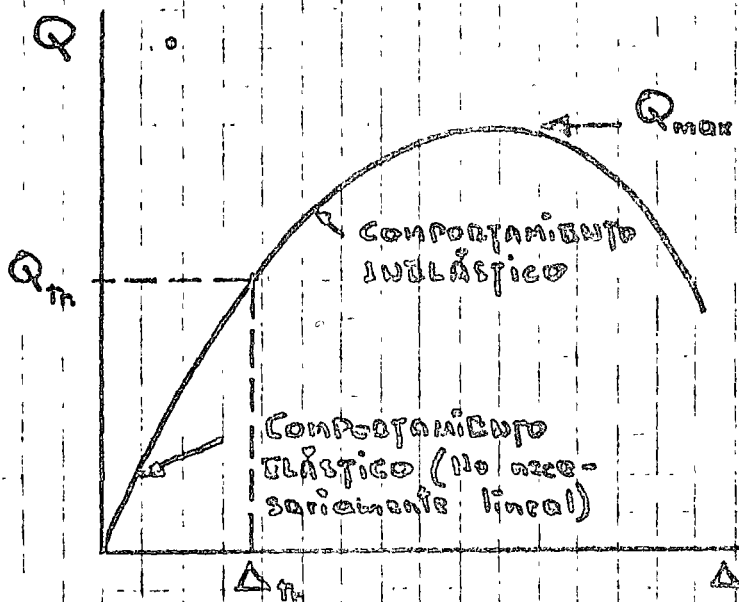
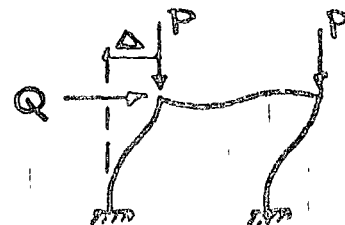


FIG. 4



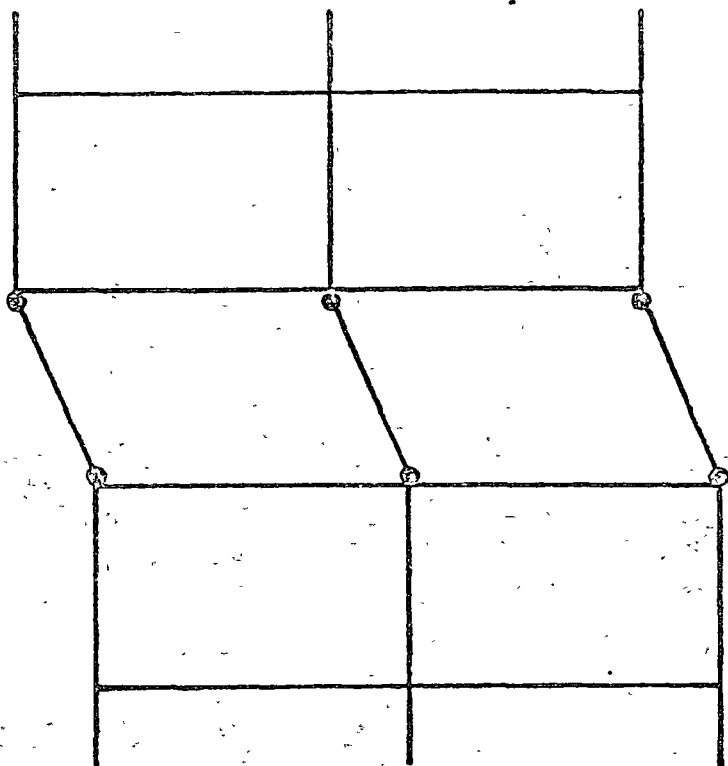
LA CURVA PROPORCIONA 3

1. COEFICIENTE DE SEGURIDAD (FACTOR DE CARGA)

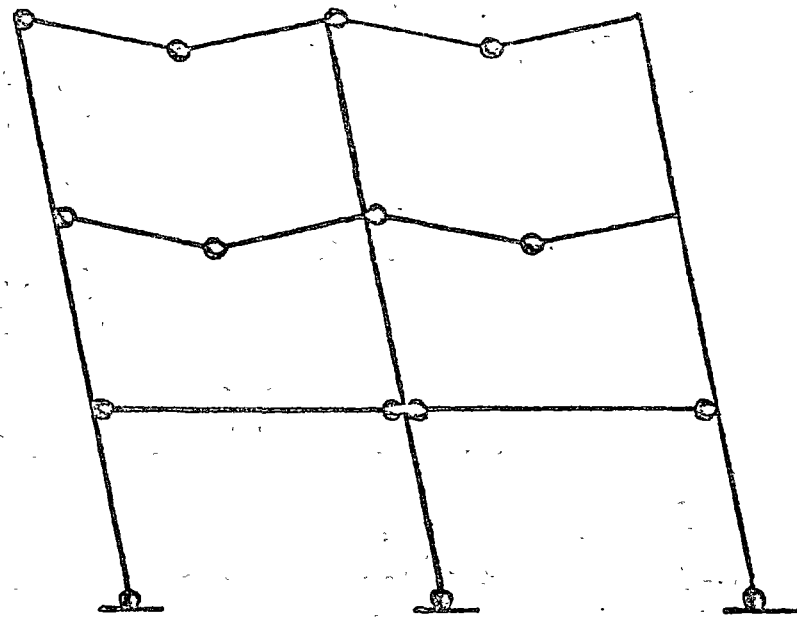
$$Q_{max}/Q_{cr}$$

2. DEFORMACIONES BAJO CARGAS DE TRABAJO

3. CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE ENERGÍA

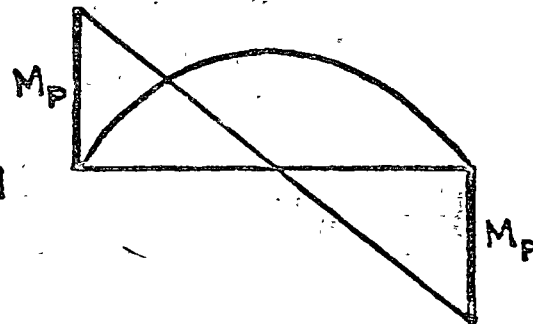
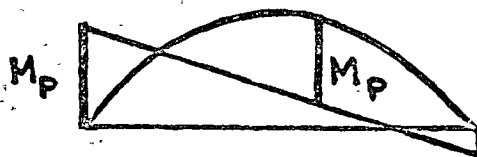


A) POR FORMACIÓN DE ARTICULACIONES PLÁSTICAS EN LAS ~~VIGAS~~ COLUMNAS



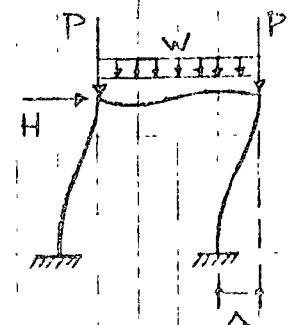
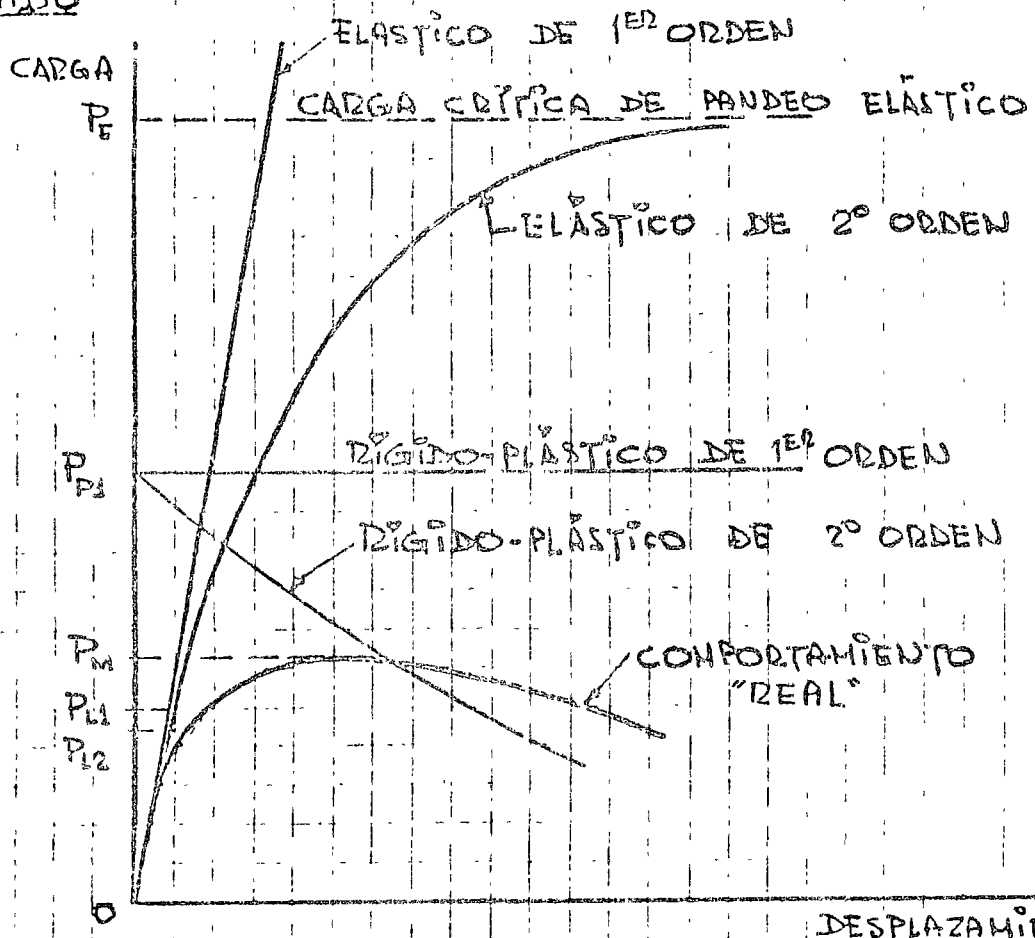
B) POR FORMACIÓN DE ARTICULACIONES PLÁSTICAS EN LAS VIGAS

FIG. 5 MECANISMOS DE COLAPSO DE MARCOS RÍGIDOS



IDEALIZACIONES DEL COMPORTAMIENTO DE UN MARCO

RÍGIDO



Las intensidades de las cargas se mantienen en una relación fija durante todo el proceso.

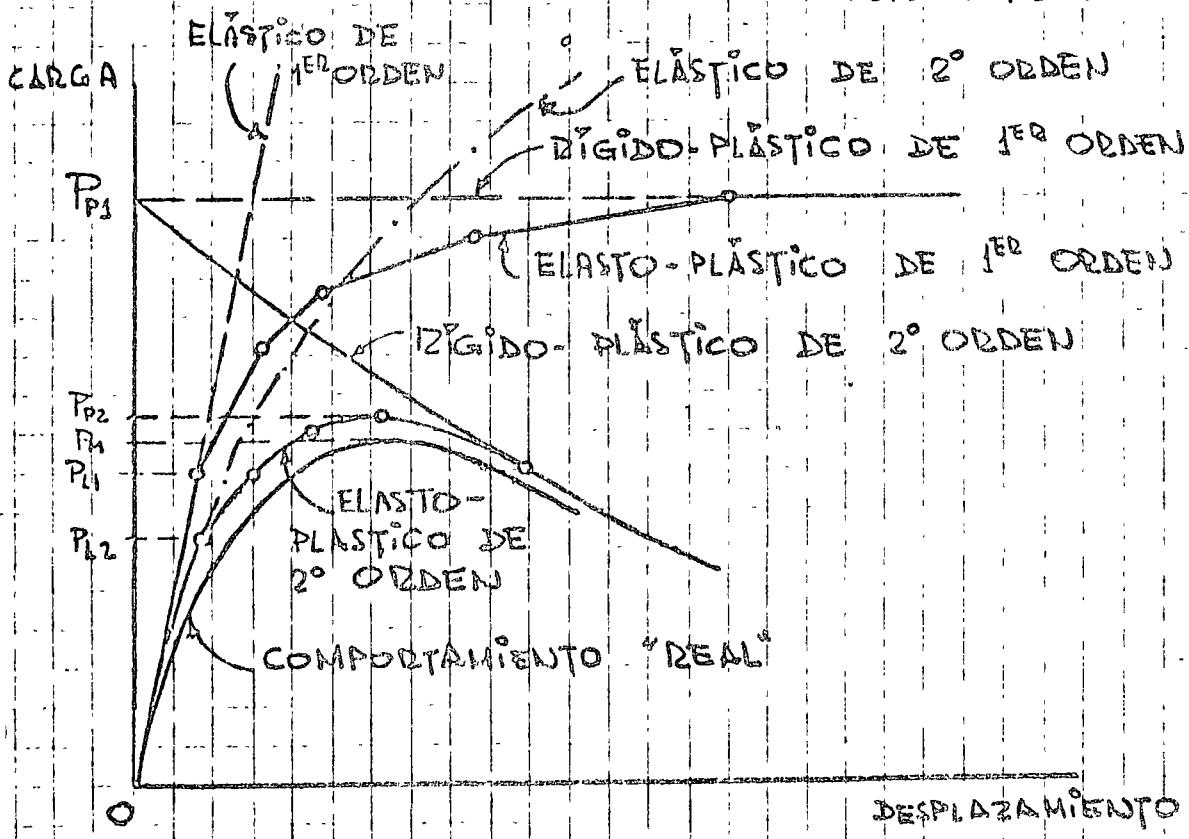


Fig. 6

DISEÑO DE COLUMNAS

DEBEN SATISFACERSE SIMULTÁNEAMENTE LAS FÓRMULAS

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{C_m f_b}{(1 - f_a/F_{e1}) F_b} \leq 1.0 ; \quad \frac{f_a}{0.60 F_y} + \frac{f_b}{F_b} \leq 1.0$$

$$f_a = P/A ; \quad f_b = M/S$$

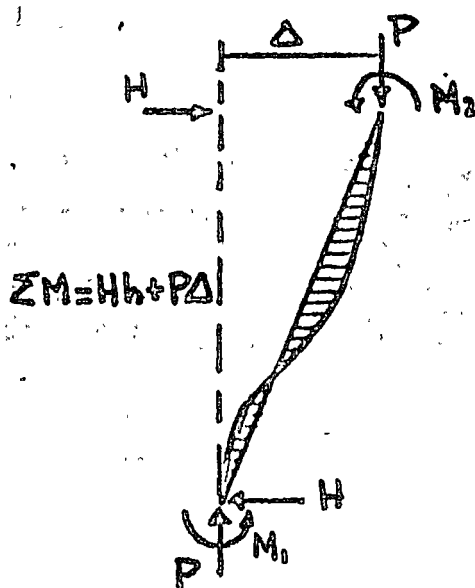
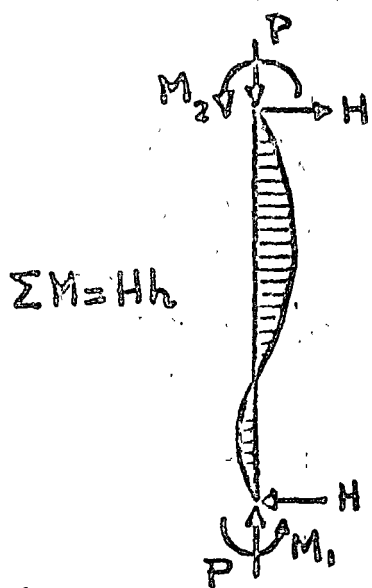
F_a - ESFUERZO PERMISIBLE SI LA PIEZA ESTUVIESE SOMETIDA A COMPRESIÓN AXIAL ÚNICAMENTE (ES FUNCIÓN DE LA RELACIÓN DE ESBELTEZ KL/r DE LA COLUMNA)

F_b - ESFUERZO DE COMPRESIÓN PERMISIBLE SI LA PIEZA ESTUVIESE SOMETIDA A FLEXIÓN ÚNICAMENTE

$$F_{e1} = 12\pi^2 E / 23 (KL/r)^2$$

ANÁLISIS DE 1^{ER} ORDEN. $K > 1.0$, $C_m = 0.85$

ANÁLISIS DE 2^º ORDEN. $K < 1.0$, $C_m = 0.6 - 0.4 M_1/M_2 \geq 0.4$



LOS EXTREMOS NO
SE DESPLAZAN LINEAL-
MENTE

LOS EXTREMOS SE
DESPLAZAN LINEALMENTE

RECOMENDACIONES DE LA CONVENCION EUROPEA DE LA
CONSTRUCCION METALICA PARA DISEÑO PLÁSTICO DE MARCOS

$$\lambda_F = \frac{\lambda_P}{0.9 + \lambda_P/\lambda_c}$$

λ_F = FACTOR DE CARGA DE FALLA

λ_P = FACTOR DE CARGA OBTENIDO CON LA TEORÍA PLÁSTICA
SIMPLE (DE 1^{ER} ORDEN)

λ_c = FACTOR DE CARGA CRÍTICA DE PANDEO ELÁSTICO

Si $\lambda_c/\lambda_P > 10$, $\lambda_F = \lambda_P$. EL MARCO SE DISEÑA CON LA
TEORÍA PLÁSTICA SIMPLE

Si $4 < \lambda_c/\lambda_P \leq 10$, λ_F SE CALCULA CON LA EC. , SIEMPRE

QUE:

a) LAS ARTICULACIONES PLÁSTICAS DEL MECANISMO UTILIZADO PARA
CALCULAR λ_P SE FORMAN EXCLUSIVAMENTE EN LAS VIGAS Y NO EN
LAS COLUMNAS (EXCEPTO EN LAS BASES)

b) LOS MARCOS ESTÁN CONTRAVENTEADOS EN LA DIRECCIÓN NORMAL
A SU PLANO, A MENOS QUE PUEDA DEMOSTRARSE QUE LOS MARCOS
COLOCADOS EN ESA DIRECCIÓN PERMANECEN EN EL INTERVALO
ELÁSTICO CUANDO OBRAN SOBRE ELLOS LAS FUERZAS DE VIENTO (O
SISMO).

Si $\lambda_c/\lambda_P \leq 4$ DEBE HACERSE UN ANÁLISIS ELASTO-PLÁSTICO
DE SEGUNDO ORDEN.

RELACIONES b/t MÁXIMAS EN ZONAS DE FORMACIÓN DE ARTICULACIONES PLÁSTICAS

PATINES DE SECCIONES I O H, LAMINADAS O HECHAS CON PLACAS, SOMETIDOS A COMPRESIÓN :

	KSI	36	42	45	50	55	60	65
F_y	KG/CM ²	2530	2950	3160	3515	3870	4220	4570
$b/2t$		8.5	8.0	7.4	7.0	6.6	6.3	6.0

CUBREPLACAS Y PATINES COMPRIMIDOS DE SECCIONES EN CAJÓN :

$$1590/\sqrt{F_y} \quad F_y \text{ EN KG/CM}^2$$

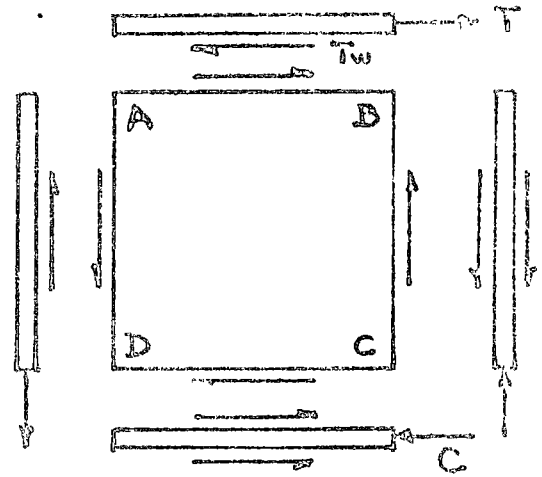
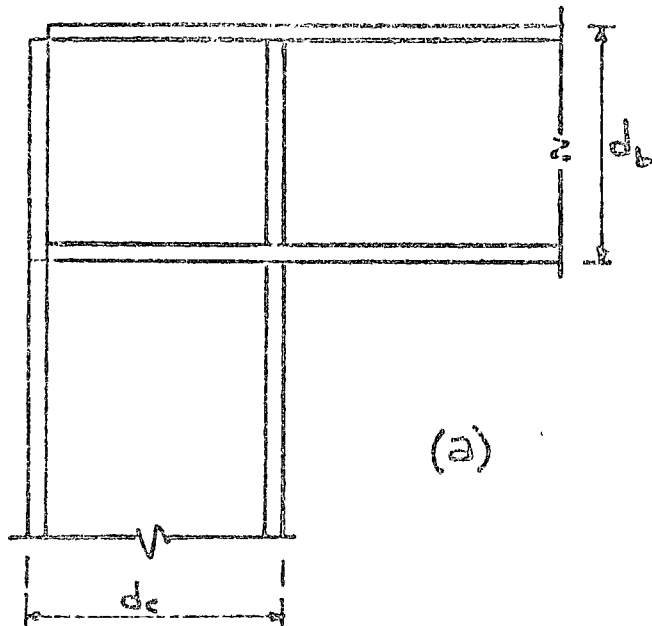
ALMAS. LAS RELACIONES ANCHO/GRUESO DE ALMAS DE MIEMBROS SUJETOS A FLEXIÓN PLÁSTICA NO DEBEN EXCEDER DE

$$\text{SI } P/P_y \leq 0.27, \quad \frac{d}{t} = \frac{3452}{\sqrt{F_y}} \left(1 - 1.4 \frac{P}{P_y} \right)$$

$$\text{SI } P/P_y > 0.27, \quad \frac{d}{t} = 2154/\sqrt{F_y}$$

F_y EN KG/CM²

FIG. 7



FUERZA DE TENSION EN EL PATIN SUPERIOR. $T = M_p / d_b$

RESISTENCIA DEL ALMA AL CORTANTE : $\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{3}} w d_c$

$$\frac{M_p}{d_b} = \frac{\sqrt{3} w d_c}{\sqrt{3}} \quad \therefore w = \frac{\sqrt{3} M_p}{d_c d_b \sqrt{3}}$$

FIG. 8 JUNTA EN ANGULO RECTO ENTRE VIGA Y COLUMNA

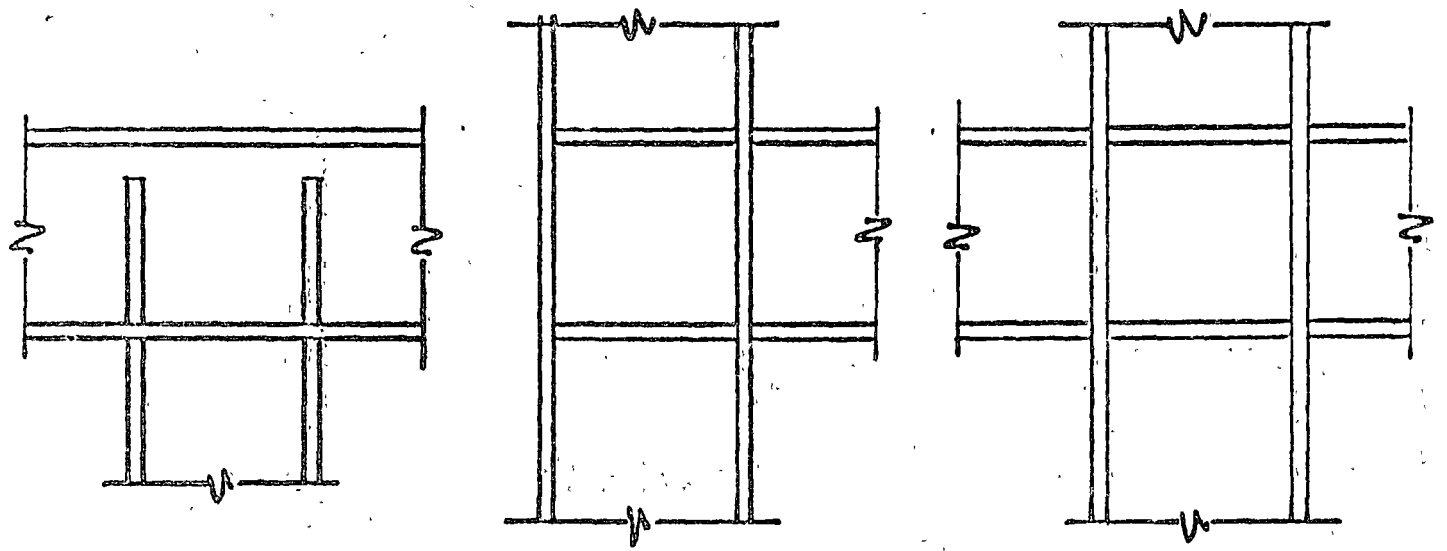
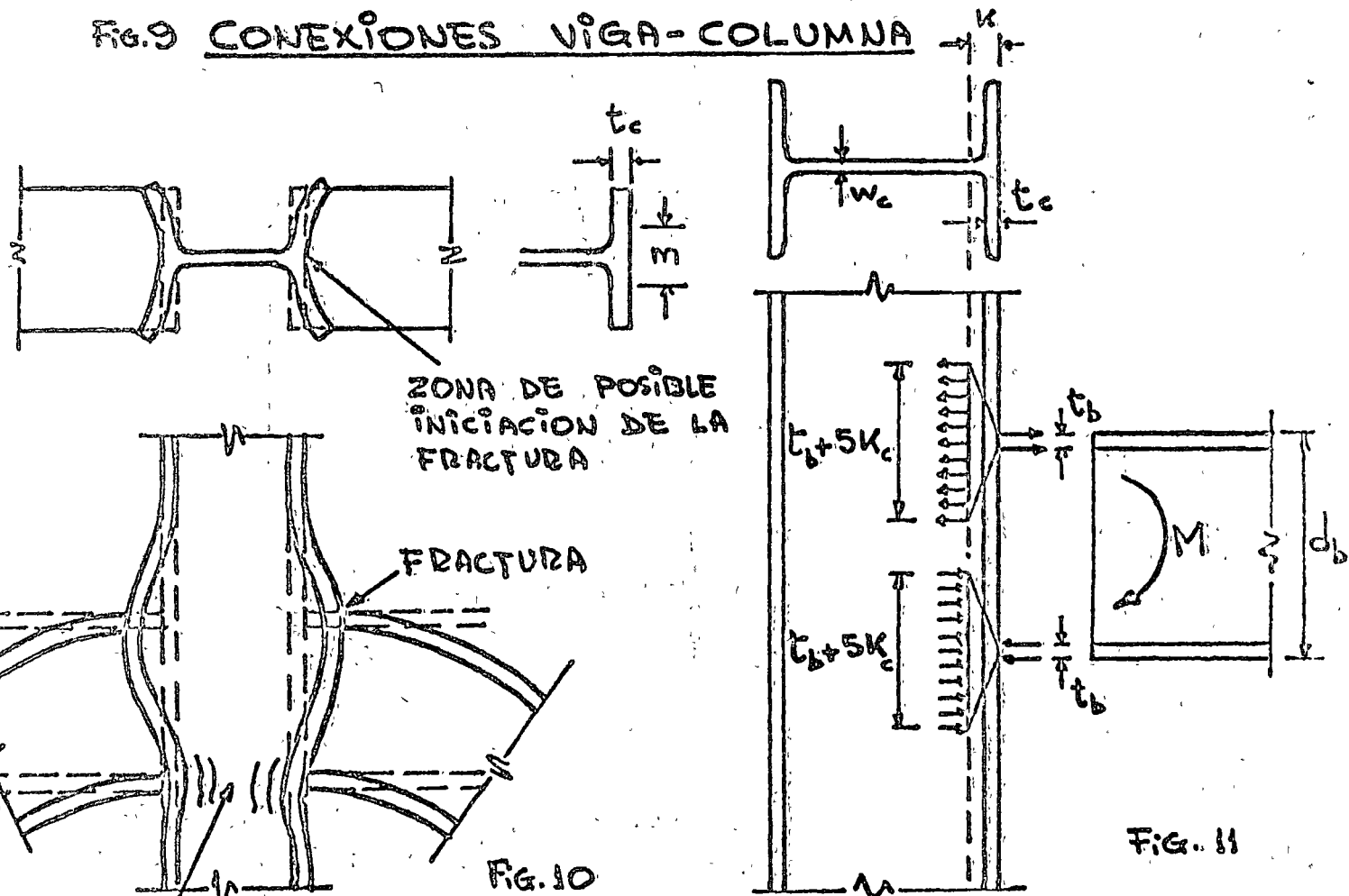


Fig. 9 CONEXIONES VIGA-COLUMNA



ZONA DE POSIBLE INICIACION DE LA FRACTURA

FRACTURA

PANDEO

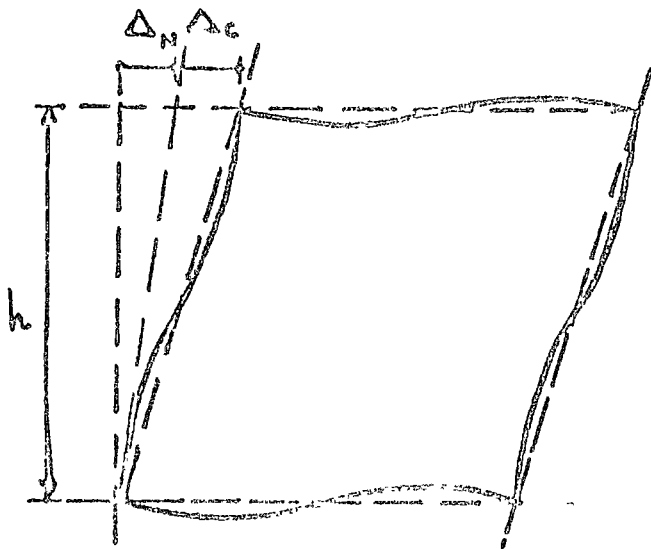
FIG. 10

FIG. 11

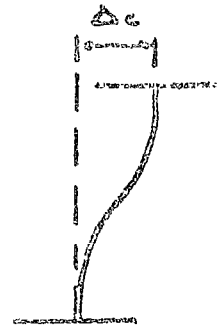
NO SE NECESITAN ATIESADORES FRENTE AL PATIN DE COMPRESION DE LA VIGA SI $w_c \geq A_p / (t_b + 5k_c)$

NO SE NECESITAN ATIESADORES FRENTE AL PATIN DE TENSION DE LA VIGA SI $t_c \geq 0.4 \sqrt{A_p}$

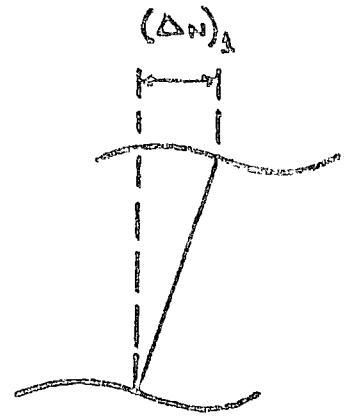
REVISION POR CORTANTE



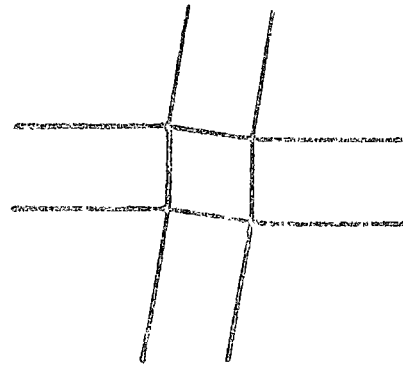
DESPLAZAMIENTOS
POR CORTANTE



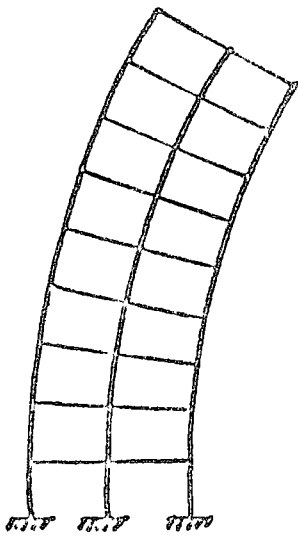
FLEXIÓN DE
LA COLUMNA



ROTACIÓN DE
LOS NUDOS



DEFORMACIÓN DE
LOS NUDOS $(\Delta_N)_2$



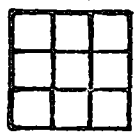
DESPLAZAMIENTOS
POR FLEXIÓN DE
CONJUNTO

CAUSAS PRINCIPALES DE LAS
DEFORMACIONES Y DESPLAZAMIENTOS

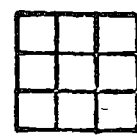
1. FLEXIÓN DE LAS COLUMNAS
2. ROTACIÓN DE LAS JUNTAS POR ESFUERZOS EN LAS TRABES Y EN LOS NUDOS
4. FLEXIÓN DE CONJUNTO DEL MARCO POR CAMBIOS DE LONGITUD DE LAS COLUMNAS



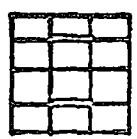
NÚMERO ECONÓMICO DE PISOS
 PARA DIVERSOS SISTEMAS ES-
 TRUCTURALES (FUERZAS HORIZON-
 TALES PRODUCIDAS POR VIENTO)



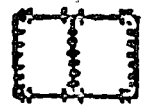
SEMI-
RÍGIDO



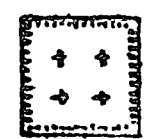
RÍGIDO



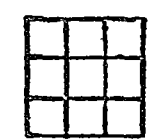
CONTRA-
VENTEA-
DO



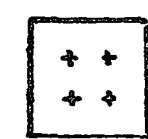
I+I
REFICU-
LARES



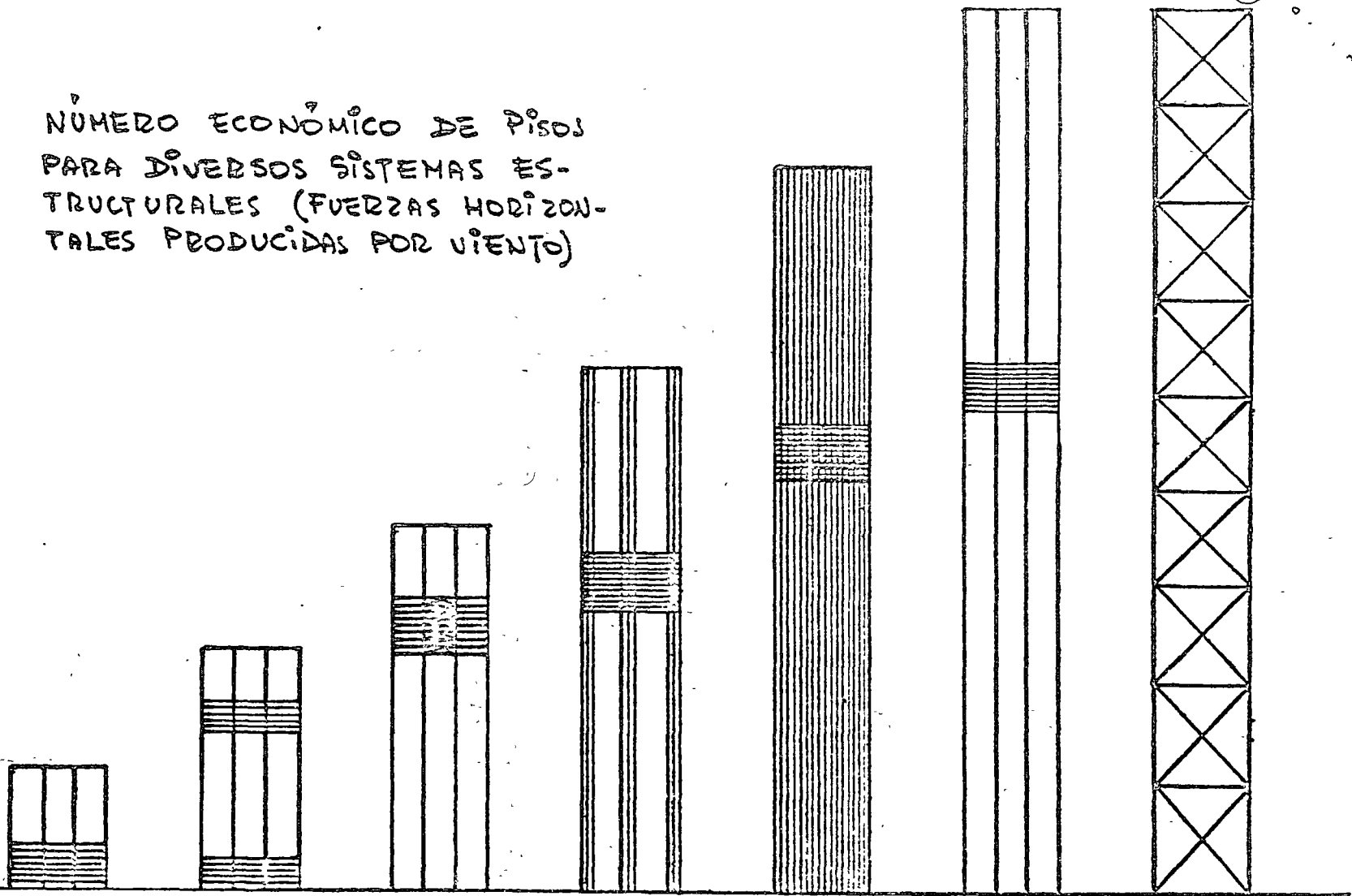
TUBO
RETI-
CULAR



HAZ
DE
TUBOS



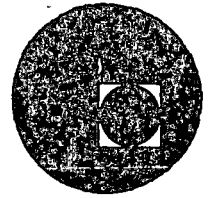
TUBO
CON DIA-
GONALES







centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



EDIFICIOS ALTOS

ASPECTOS GENERALES SOBRE PROYECTO, DISEÑO
Y CONSTRUCCION



LOS EDIFICIOS ALTOS COMO SISTEMAS Y COMO
PARTE DEL SISTEMA URBANO

ARQ. ALBERTO REBORA TOGNO

octubre de 1976.

Handwritten text at the top of the page, possibly a header or title, which is mostly illegible due to fading and bleed-through. Some words like "REPORT" and "DATE" are faintly visible.



X 15 27

AZCAPOTZALCO
CO. DE MEXICO

AIA JOURNAL

THE

SKYRISERS

TALL

BUILDINGS

Say highrise and you have a discussion going. Hardly anyone seems to be indifferent to the subject anymore. Some wouldn't live or work in a skyscraper if their lives depended on it. Others wouldn't be caught dead with a house and garden but vastly prefer the glamour of life on the 60th floor. These people don't object to the height at all but to the sameness, the lack of imagination in tall building design. The emergence of squared-off, homogeneous towers on the skylines of Paris, San Francisco, Santiago, Johannesburg, Bombay, Sydney and other cities on all continents concern and worry most of us. Why? Because, as René Dubos expressed it in his keynote address at the 1972 Houston convention of The American Institute of Architects (AIA JOURNAL, July '72): "The architectural styles all over the world indicate of course that they satisfy some needs of modern life. But it is also likely that international styles express the demands of technology, business or fashion rather than true human needs." We are all affected one way or another by tall buildings: as city dwellers, as tenants, as commuters, as tourists, as students in highrise schools, as taxpayers, etc.; even the jail has gone highrise and may have its as yet unknown effect on the prisoners. The subject

of height and locations of buildings has aroused comments from publications such as *Time*, *Newsweek*, *U.S. News & World Report*, the *New York Times* and the *Washington Post*, to name just a few. The concern is worldwide, a fact made clear with the recent International Conference on Planning and Design of Tall Buildings held at Lehigh University, Bethlehem, Pennsylvania, by the American Society of Civil Engineers and the International Association for Bridge and Structural Engineering and sponsored by the National Science Foundation and the American Iron and Steel Institute. The meeting—first of its kind and of a series to be held throughout the world—was called, says Lynn S. Bendle, chairman of the Tall Building organization's steering group, so that parties representing different nations could delve into the problems characteristic of tall buildings and exchange information of mutual benefit. (The AIA is one of several fraternal associations which has had representatives working on various committees since the Tall Building organization's initiation in 1969.) From an issue so complex that the Lehigh conference report alone will fill several volumes, are presented some subjects that may influence their height as well as their design.

THE EDITOR

FORCES THAT SHAPE THEM

Were togetherness ever needed it is in the planning and design of tall buildings. Now, finally, planners, architects/engineers and developers are facing the issues head-on — and together — to study the problems that loom in highrise shadows and will influence their future designs.

When is a building tall? Though most of us think of it in terms of a Sears Tower or World Trade Center, it doesn't have to reach that high in the sky to qualify. It may be just an ordinary apartment building down the street or in the suburb. One rule of thumb: It is tall when a firehose cannot cover all floors. Lynn S. Beedle, director of Fritz Engineering Laboratory at Lehigh University, sums it up more specifically: "The important matter is whether the planning, design and use are influenced by the concept of tallness."

For the man in the street, tall is when the height of a building does something to him: if it gives him a thrill by its mere improbable height (this still does happen!) or, which is more likely these days, it angers him because it sticks out on the cityscape or horizon like a sore thumb, it makes rush-hour traffic messier, takes away the sunny side of the street, blocks his view or some other such thing.

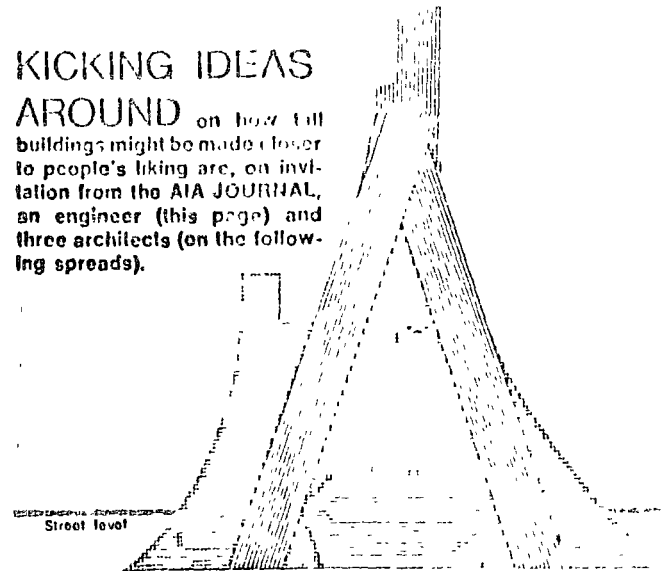
However, ours isn't the first generation that has witnessed ire over tall buildings, and they don't even have to be skyscrapers to provoke it. Lehigh's professor of classics, Douglas D. Feaver, reminds us how Juvenal, in his third satire written at the beginning of the second century AD, refers to five-story buildings as "tall" and relates his meeting with a friend who is quitting the city to move to a smaller town where one can have a garden and raise a few flowers and vegetables. He complains, Feaver reports in quoting Juvenal, "that most of the buildings in Rome are only held up with props; huge cracks in the buildings are merely plastered over by the landlords. Fire is still a constant fear. Asleep in the attic under the tiles with the pigeons, he does not hear the commotion at the foot of the stairs that would tell him that the third story is already on fire . . . In these fires the poor lose even the "nothing" that they possess, while the rich are immediately compensated. Sleep is impossible with the traffic, heavy lumbering carts, and shouting slaves. Tall buildings are particularly dangerous as roof tiles fall from lofty heights and even put a dent in the pavement. Vases are knocked out of upper story windows, so that one dares not venture out without having made one's will. You consider it a blessing when only the contents of the chamber pots fall on your head. Not only the streets but the apartments themselves are terrorized by bullying drunks and mugging bandits."

"Structural failure, fire, noise, sleeplessness and lack of security, together with an exploitation of the poor. . . . Do these complaints sound familiar?" Feaver asks.

Indeed they do. Today the list of complaints against the tall

KICKING IDEAS AROUND

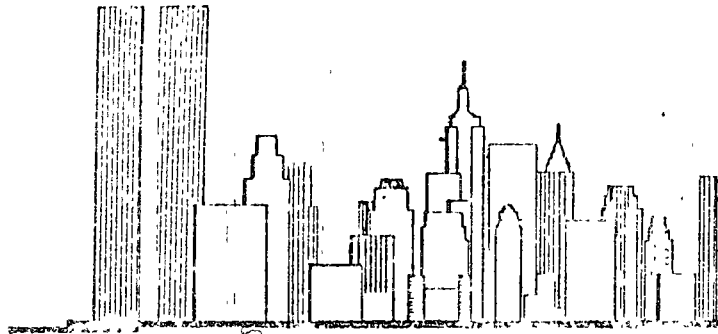
on how tall buildings might be made closer to people's liking are, on invitation from the AIA JOURNAL, an engineer (this page) and three architects (on the following spreads).



Progress in foundation design has lagged behind that of other disciplines due mainly to a lack of interest in anything that is not visibly dazzling in a structure. Architects rarely devote the necessary time to develop a foundation system. This is the result of some basic assumptions: first, the opinion that subgrade development is minor, that it naturally should follow with the above-ground layout; and second, the idea that the engineer can select a system to support the loads.

These assumptions may fulfill the requirements on small buildings, but in the design of very tall buildings the architect must remember that in the foundation, he is dealing with critically high lateral loads, coupled with enormous direct loads. This gives the foundation design precedence over all other aspects of the structure and, because of this priority, the characteristics of the classically beautiful structure must be carried into the subgrade design and not left only for the tall central building.

But the architect cannot assume full responsibility for these shortcomings. Engineers tend to exaggerate Mother Earth's fickleness and feel that mistakes and overdesign can be buried. Even in the case of an ingenious engineering solution, contractors raise their bids to protect themselves in the event of possible unforeseen problems. As a result



fortunes have been spent on foundations due to little effort being exerted to make them efficient or economical

A discussion of the problems is only half the battle. Now is the time for discussions of possible solutions. Many years ago Frank Lloyd Wright proposed that foundations could be designed not just as spread footings or on piles, but as rootlike extensions deep into the ground to anchor "mile-high buildings." Although this seems a blatant exaggeration, why not consider a design that spreads the load over the complete subgrade foundation area? A trussed, inclined column system that distributes the enormous direct loads over a larger area and provides a pedestal for the tall central building to resist overturning moments? This would spread the load over a much larger area and also increase the moment arm resisting the overturning effects of wind and earthquake loads. Through this increase in efficiency of the foundation, using all available subsurface strengths, the designer can increase building height and economize on dollars spent on foundations per square foot of rentable space. This increase in space also means greater income to the owner. Combining these with the premium rents for higher floor office space makes this a very attractive offering

Appreciating the architect's desire for column-free areas at the lobby levels, the truss system could be developed only in the subgrade levels. It could also be devised to allow for traffic flow, since this space is architecturally most convenient as a parking area. This is

just a sampling of what can be devised when consideration is given to the foundation. Why not use shells, circular, cylindrical or hyperbolic plates? Or perhaps cable systems or metal skins?

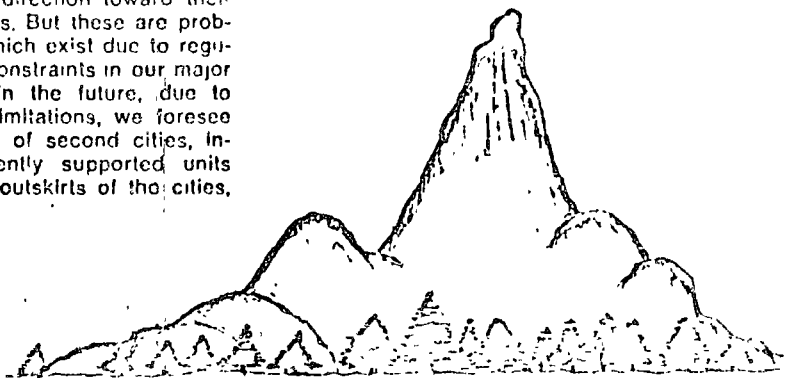
We have tried to state the problems as we see them and offer a direction toward their solutions. But these are problems which exist due to regulatory constraints in our major cities. In the future, due to space limitations, we foresee the rise of second cities, independently supported units on the outskirts of the cities,

whose design will encompass completely revamped criteria.

Studying the skyline or profile of our cities we see a multitude of independent, needlelike, cantilevering towers. Using this observation as a motivation into the future, how much material and how much labor could be saved if we would copy nature's mountain ranges? Why don't we interconnect tall buildings, brace them against each other and

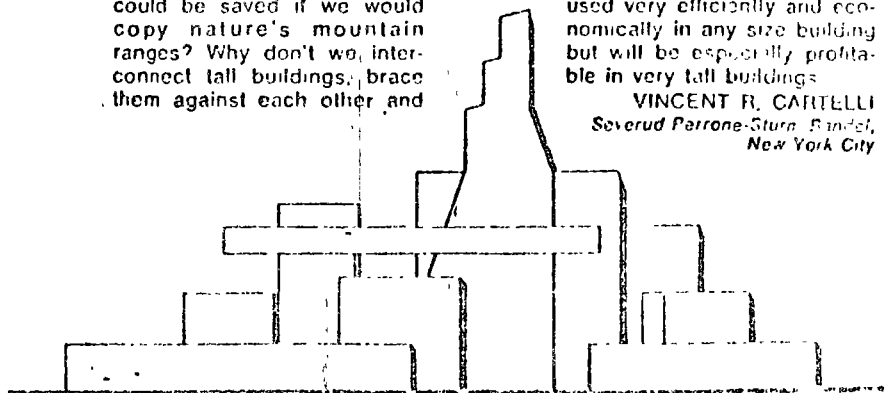
let real skyways convert their free cantilevers into guided ones, which potentially have a four-fold stiffness, thereby eliminating the tremendous overturning forces due to wind and earthquakes inherent in narrow structures? Or perhaps a tall building that flares out at its bottom onto a wide base? Such a structure would combine offices, apartments, entertainment centers and business and possibly have its own atomic power source, making it an independent community.

In closing, one thought should be left with the design architect. He must take into account that the concepts of design in his field have advanced meteorically in the last 20 years. He must not now handicap the foundation engineer by requir-



ing outdated systems, while he himself has progressed by experience and fresh thinking. Advances in many foundation design techniques such as driven-in elements which butt out to resist compression or tension in the deeper firmer strata, or the increasing use of bentonite slurry walls can be used very efficiently and economically in any size building but will be especially profitable in very tall buildings.

VINCENT R. CARTELLI
Severud Parrone-Stura Architects,
New York City



buildings alone drags on like a bad year, and the noise of the complainers has risen in proportion with their number and height. Since the appearance of the tall building, says engineering counsel Neal FitzSimons, "its social aspects have been blatantly and subtly argued in the press, in the novel, on the stage and screen, through the courts and in technical journals." Protest marchers have recently joined that chorus, and protests have found their ways into the booths at election time, when local candidates have made an issue of being for or against highrise construction in her or his districts. An ever more disgruntled public claims that tall buildings:

- disturb the scale of most cities
- block out views
- transform streets into canyons
- make anonymities out of people
- are firetraps
- present special problems in earthquake zones
- create havoc with traffic around them
- cost the taxpayers money
- invite more of their kind in the neighborhood
- take away blue collar jobs
- cast too much shadow
- make walking near them dangerous because of the wind effect they create
- cause pollution
- magnify solid waste and sewer problems, especially downtown
- disturb TV reception
- encourage crime
- demand more than a fair share of a city's energy
- are potential dangers to flight operations

There are other issues, both technical and social, which the public at large hasn't even thought to ask but which professionals are now beginning to study. Among the most important in the social category is: How do tall buildings affect body and soul of inhabitants, adults and children, people who choose to live in them and who like it?

Questions are more numerous than answers. What to do about them all? That tall buildings, although not necessarily the supertall buildings, will continue to rise is quite likely. One-third of the world's population lives in urban areas, and the tide from rural regions is still coming on. "It has been estimated that by the year 2000 85 percent of Americans will live in the city, an increase from 66 percent in 1970," points out Beedle. The National Policy Task Force of The American Institute of Architects sees it the same way and reports: "Our own guess is that most of America's expected growth from now until the end of the century will occur within existing metropolitan areas -- whether all of us would like that to happen or not."

"The pressures on land cost and land use push buildings up," says Beedle. How high up? "We can build the mile-high building this year," says Leslie E. Robertson, partner of Skilling, Helle, Christiansen, Robertson (see p. 25), "but do we really

want to?" The height limit, then, becomes a social rather than a technical question, and as such more complicated.

One thing seems eminently clear. The public will no longer accept tall buildings which will change the character of their neighborhoods or ruin cherished parts of a town. San Franciscans got that point across when they squelched plans for a 550-foot tower on the Bay. Placard waving marchers in Chicago, Cleveland, Portland, Oregon, Washington, D.C., and other cities are following suit and rally around their towns to save them from "Manhattanization." The public, in other words, is actively and strongly influencing the silhouettes of their cities.

In San Francisco, Bruce B. Brugmann, Greggar Stetteland, the Bay Guardian staff and 52 other arch skyscraper foes follow up the attack on the tower on the Bay with a broadside directed against tall buildings anywhere in the Golden Gate City. Raising the question of who pays for them, they conclude that the taxpayer does since the monoliths, with their higher density per acre, inevitably up costs in just about every city service.

To probe further into this issue, the US Department of Housing and Urban Development not long ago made \$200,000 available to let the San Francisco Planning and Urban Renewal Association make an objective examination of facts and figures. The findings could curb future heights.

Another study, this with both developer and users in mind, has been made by Charles J. Detoy and Sol L. Rabin, whose article "Office Space: Calculating the Demand" appears in the Urban Land Institute's monthly, *Urban Land*, for June 1972. Say the authors. "Anyone contemplating a significant office building project should take a cool, dispassionate glance at the community for which the project is proposed. To achieve a project which has reasonable probability of success, patient, tedious, accurate research and unprejudiced interpretation of the data brought forward by that research is a necessary first step ... Many urban areas of the western United States already have a three to five-year supply of new and unleased office space, yet in spite of this palpable distress signal, large, expensive and purely speculative office projects are continually being sponsored and initiated." Detoy and Rabin, who are both associated with Coldwell, Banker & Company, go on to present a formula for determining the market for office space. The need should play a part in deciding height.

Then enters the consideration how tall to go in order to reach the most economical vantage point, structurally speaking. "Sometimes a building has to be tall (or at least taller) in order for the developer to make money or to suit a planning function," says Beedle. "During a recent debate on building height limits in San Francisco, a preliminary ceiling of 72 feet (or six stories) for a region had to be abandoned because, according to Herb Caen in *San Francisco Chronicle*, 'No builder can make money on a six-story building, given this city's codes. Four, yes, because it can be woodframe, but above five stories steel is required, and the costs become such that only from 10 on and

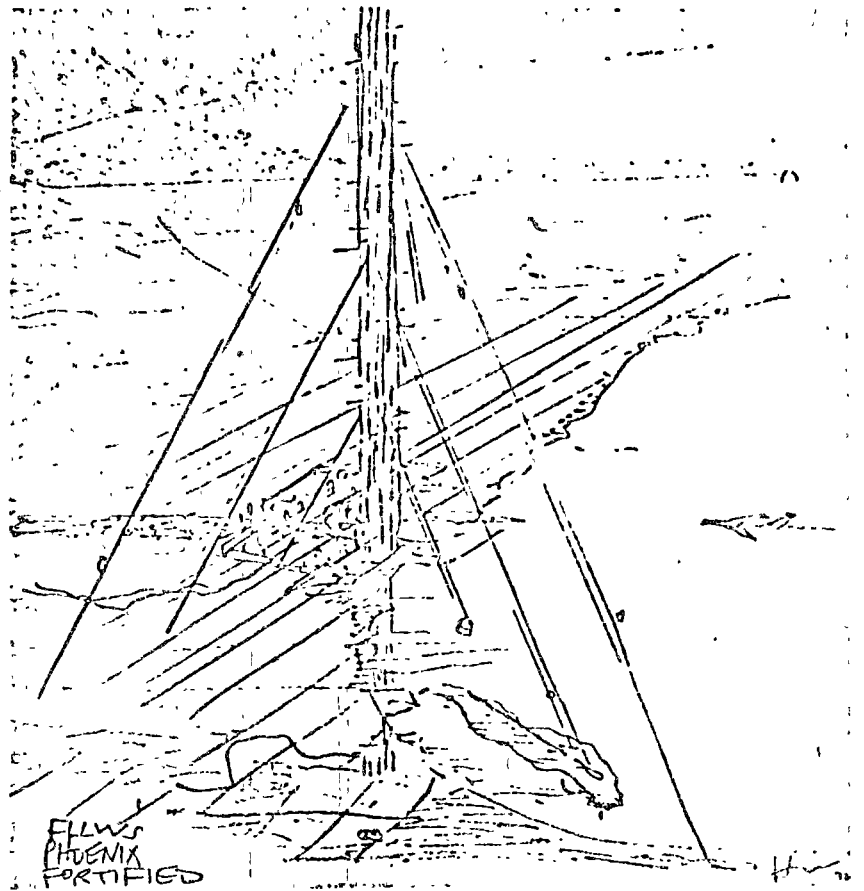
KICKING IDEAS AROUND

People have lived in multistory dwellings for thousands of years. But until the past 100 years it has always been within walking distances of the ground. Living over the store was a way of life in the preindustrial villages of Europe and Asia. As long as the scale was right this vertical mingling of uses was beneficial in providing diversity and convenience.

But vertical stratification can have adverse social effects when exaggerated. In the second half of the 20th century we begin to see the limits of high building, in land and in cost. High buildings are the product of technology and land price. The higher the buildings the greater the expectation of the land holder. So it goes.

Is gargantuan USA a necessary way of life? Who benefits beside the land owner? For every new mammoth, five or six smaller buildings will be downgraded. Or the land under them becomes so valuable that they are demolished. And when they are demolished the only cash flow comes from parking, and so the cycle continues: fewer buildings, taller and farther apart with our having little idea what to do in between but park a car. Downtown America is about an equal mix of parking lots and buildings, it seems.

Of course, highrise does have its uses: for offices, for housing the elderly, for swingers or for a jail. In fact, a highrise building is so ideal a jail one wonders if this is not its true essence. Every floor is electronically segregated from the next by the elevator, which can be controlled from the lobby to allow only certain approved movements. Zones without connection can be established by separate elevator banks. Highrises on college campuses isolate faculty from students and separate scientists and humanists alike from beneficial contact with each other. It is well known what it does to families with growing children. Merely because we have the capability of building high and



Frank Lloyd Wright's mile-or-more high fortified building with gondolas to the suburbs connecting the high rent districts, skipping over the rubble.

because land cost is inflated, must we continue to accept them as an inevitable proper way to build city cores?

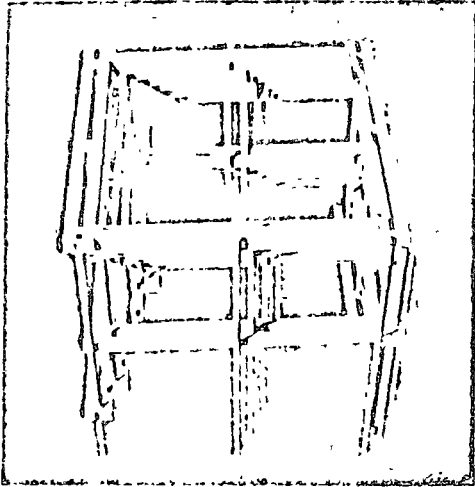
If one believes in determinism, that man should still be able to fashion a viable habitat, that there is actually plenty of land if managed properly, and that efficient movement systems could connect horizontally what the elevator connects vertically, we would not have to accept the tall building as inevitable.

Slice any layered building, say, on the Rue de Rivoli, and one gets a natural mix of arcades on the boulevard, parking under, office and apartments above the store, atriums to the sky. The fifth facade, the roof, has the best view, the sky. But presently we reserve the roofs for tar and gravel and machinery. Better tennis courts, preferably gardens. The rooftops of Rome and Milan are green.

In our fixation with architecture as a sculptural response to an economic equation free-standing on exclusive sites, we have neglected the ground, the sky and, most of all, the user. It is ironic; 3-D is in and facades are out. Yet facades are the essence of an organic city in which all buildings join to each other and have a common skyline. The facade is the essence of continuity and accretion of small elements, blending in nonaggressive unity. Bata, England, is a linear expression of this responsible land use. The facades are the organizing principle.

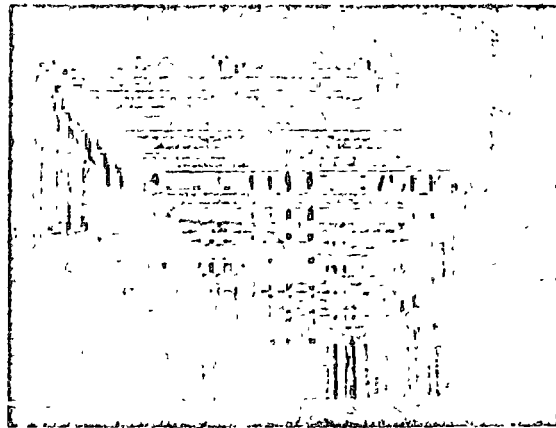
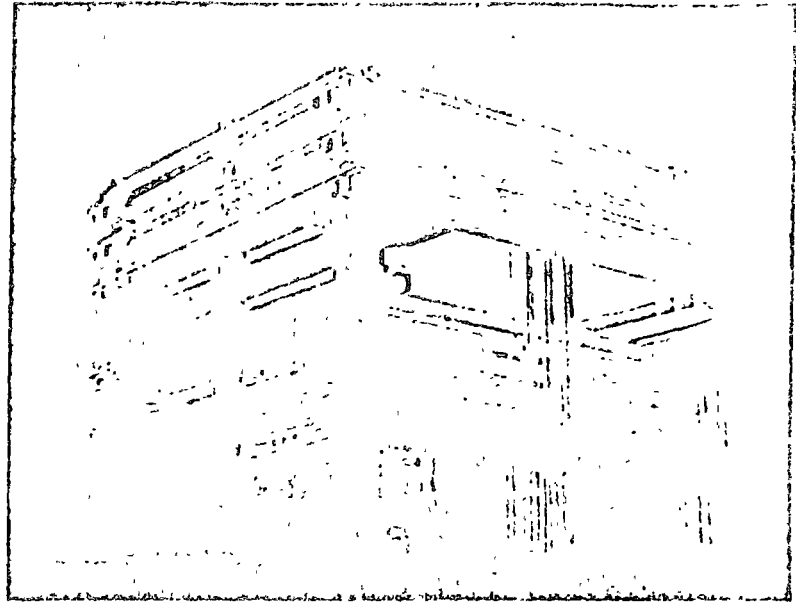
In our bemusement with the heroic skyscraper as the image of this culture, we might ponder the profile of the corporate state lying behind it. Or the rubble from which it rises. HARRY WEESSE, FAIA
Harry Weesse & Associates,
Chicago

KICKING IDEAS AROUND



The human element of a multi-story building becomes the relationship of the individual to his immediate surroundings. If this can be solved in a satisfactory way, the tall building becomes a "satellite city," complete with its own surroundings.

The structural system of a tall building is a necessary element to get one up in the air. If this idea of a structural system were expanded to also include the concept of a horizontal structural service system, one could then create the "Hanging Gardens of Babylon" in which to live, work and play. The living units could be oriented within the structural elements to provide a truly 3-D urban grid. Local automobile traffic could be safely brought up along the perimeter to convenience parking at desired levels, then horizontal pedestrian walkways would connect to local traffic to disperse it.



Each stacked studio living unit would have back-door access by automobile, and a public pedestrian way. Along these horizontal concourses would be interspersed shopping facilities and access to office spaces. Small parks, green belts and play areas interrupt this horizontal movement within the structure to form the recreational nodes of the city.

The idea of the 3-D structural matrix is the ability to orient within the grid to take after the sun or turn away from it, as the region dictates. The structure sits on a diagonal with its corners marking the compass points so that it can be stepped to the west to provide maximum protection from the sun, or stepped to allow the sun to penetrate into the

structurally defined open space core. The ability to have layers of vertically stepped units separated by horizontal space angled to accept or reject the sun creates a light and airy living environment.

The core of the structure becomes a gigantic park given back to its inhabitants for the enjoyment of living. The human scale has been created within the "Hanging Gardens of Today."

PRESTON M. BOLTON, FAIA,
and A. J. TAMBORELLO
*P. M. Bolton Associates,
Houston*

can a builder come out? In some cities it has been convenient to establish codes that would result in a similar pressure to increase the height. In Moscow, for example, it is understood that if a building cannot be kept to five stories, the next level is nine because of the elevator economics," Beedle reports.

Concern over money one way or another will always be a staple of building. It becomes a question whose money. Take the matter of that much-criticized 557-foot tower in Paris. President Georges Pompidou, as reported by *Le Monde* and again in the *Washington Post*, commented on it: "If one demanded lower heights, the state would end up by being in deficit, and it would be the taxpayers who would have to pay." Yes, but how high the cost to stay in the black, the public asks; can we afford much longer not to spend money to improve our environmental lots?

However, if the developers ignore the public and seem to care not a damn about humans or esthetics, then it is also true that the public tends to forget the headaches of the developers and the chances they take. No one can deny that without them, we'd be minus some pretty exciting spots. But there must be a meeting of the minds somewhere. The users of a building and the inhabitants of a city have to be adaptable to a certain degree — life is like that — but the creators of tall buildings must be able to better past records. Something's got to be wrong when a goodly number of the brains responsible for placing tall buildings in our midsts admit that they would never live in one but prefer instead to commute to work even if it takes an hour each way.

But there are those who prefer the urban scene and chose to live in tall buildings either because they like it or because it is the only choice; people for whom outlying areas would present an existence in isolation. Our suburbs and even our new towns are to an extensive degree planned and built for car owners. There are few sidewalks for a safe stroll, most stores are too far away for comfort and safety, so are most other facilities where things happen such as school, church, library, movie theater. Public links with the nearby city more often than not leave quite a bit to be desired and usually must be reached by car. Until the suburbs take on people-scale, living or working in the city in a tower has more to offer a lot of people. For many, a tower is a logical alternative to nondescript sprawl. The users, if they aren't already, should be a strong asset in helping architects and planners bring about better tall buildings.

Crime is another factor forcing new considerations on the height and design of buildings. Oscar Newman, author of *Defensible Space* (McMillan, 1972), challenges the use of highrises for low income public housing, claiming that they neither save taxpayer money nor house more people per acre, and that they encourage crime. During a three-year study of urban environments throughout the country, Newman and a team of New York University researchers have come to the conclusion that our post-war type of highrise developments are "containers for the victimization of their inhabitants." While they suggest solutions in

design that might ease the situation, the team suggests that such highrises should be completely avoided for low income families with children.

Security measures may well also shape tall buildings for higher income families and other users. Though not for typical tenants but planned for diplomats and others brought to the United Nations headquarters on business, a 38-story tower designed by Kevin Roche, John Dinkeloo & Associates for the United Nations Development Corporation reflects the anxiety over present conditions. It's a municity with all facilities available within the four walls, making it unnecessary for occupants to venture out. Even crossing First Avenue to the UN will be safe from street life, since it will be on a skywalk. Chicago's John Hancock Center is another all-in-one arrangement but for regular tenants. Such multiple-use buildings could have a mission beyond being safety barriers for the occupants, they could help keep life in a city turned on after five. On the other hand they may have an adverse effect. If they are self-contained they will keep life inside them turned on behind all sorts of security systems, while down in the canyons anything may go.

"Richer people can escape to country homes from the confines of their highrise filing cabinets. There is no such escape route for the poor. The office building represents a different situation. The kind of jobs available in them require education and training that poor people from rural areas very seldom receive," urban planner Jonathan Barnett, AIA, comments. "Unless countries take vigorous measures to bring poor people and appropriate housing and jobs together, there is a real chance that many of the older cities will be, in effect, abandoned to the poor — with the exception, perhaps, of a few carefully defended enclaves of tall buildings. This phenomenon can already be observed to be well advanced in a city like Newark, New Jersey." It is total concern for crime, not just for protection, which must dictate our building.

Notwithstanding persons who would line up behind the authors of *The Ultimate Highrise*, which by the way gives "an arsenal of legal ways for sniffing out, then snuffing out skyscrapers invading our turf," tall buildings are still a way of life for some. Good or bad, they are a sign of civilization in the 20th century. The conviction that they can be made better if we pool our efforts is the reason for the formation of the Joint Committee on the Planning and Design of Tall Buildings. Founded in 1969 by the American Society of Civil Engineers and the International Association for Bridge and Structural Engineering, the international committee has as its objective to coordinate research and exchange information. Close to 1,000 persons from 50 nations are working on 27 technical and 14 advisory committees. They represent 500 organizations in 260 cities throughout the world.

The major opportunities for specific activities in each country, Beedle, who is chairman of the joint committee, points out, include: 1) involvement of owners, developers, managers

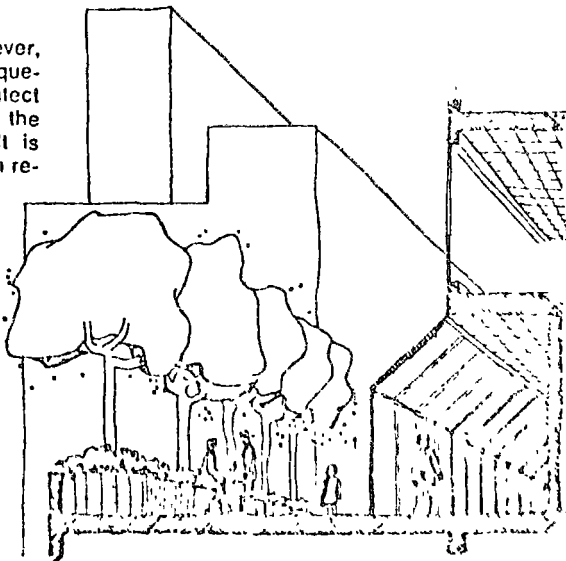
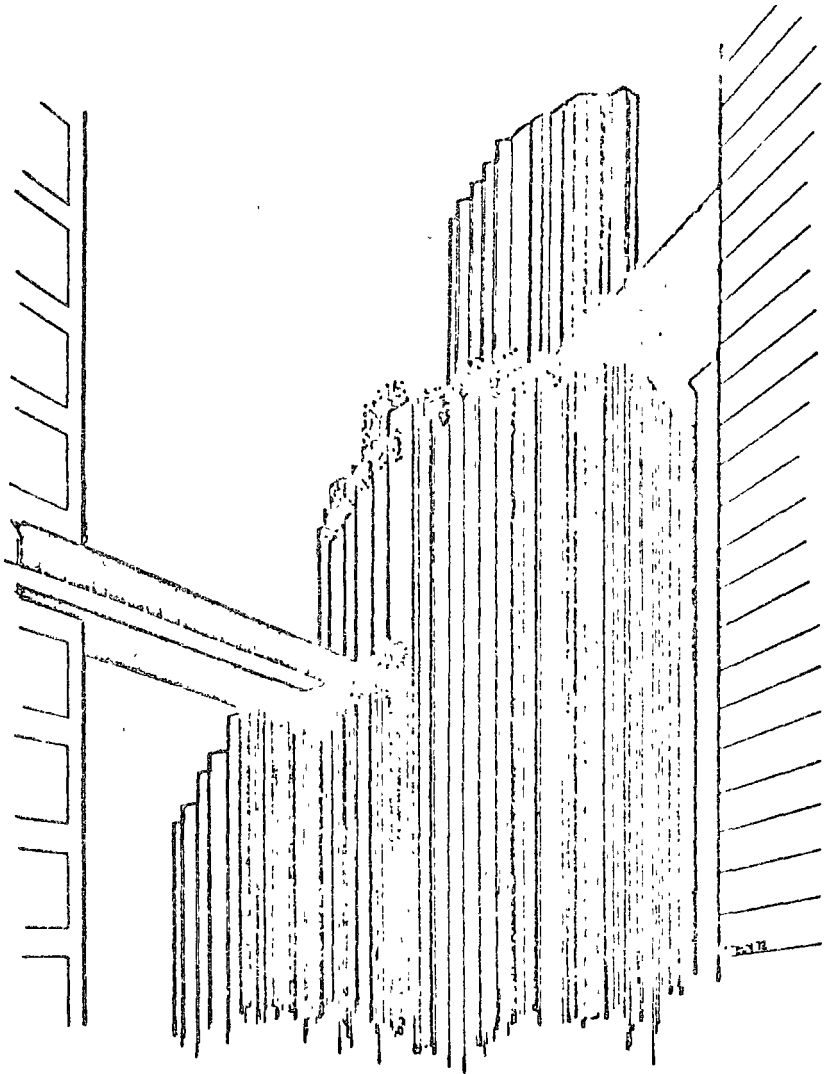
KICKING IDEAS AROUND

In the '20s the highrise, both residential and office, was seen as the expression of a bold new venture in the spirit of man. Exuberant buildings such as the Chrysler and the Beresford in New York City were typical with the attendant expensive setbacks and ornamentation. Today, with rare exceptions of corporate display, the physical symbolism of the highrise has become one of an inconspicuous, sleek box.

The highrise has joined the crowded ranks of architectural anonymity in the mid-20th century, a time in which few buildings express any particular aspirations on the part of the human spirit except toward technocratic efficiency. Thus the question of the highrise is perhaps at its core spiritual. We are simply not interested in expressing individualism and exuberance in our building forms. They express the anonymity of our work, our lives.

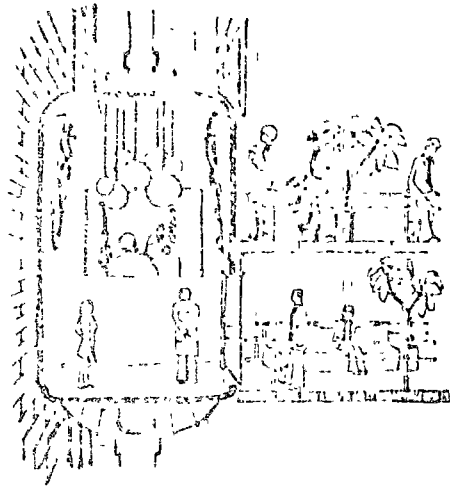
Certainly the money is there to do so. Corporate tenants pay high rents and collect fashionable and expensive paintings. Lavishly detailed plazas abound, providing generally meaningless breaks in the urban scene.

One is bound to feel, however, that aspirations toward uniqueness remain. It is the architect who has failed to excite the ambitions of the client. It is the architect who has been re-



sponsible for statements which are either bleak or bland and most often both. Some suggestions as to how this might be remedied:

Bring back the hanging garden. Current fashions in architecture which have now impressed themselves on zoning ordinances call for straight-sided towers. The older architectural standard in which buildings staggered back in profile as they rose upward offers much greater promise in terms of visual interest and delight. One only has to look at the spec apartment buildings of the '50s in New York City to see how inexpensive buildings took advantage of the opportunities this sort of form implies.

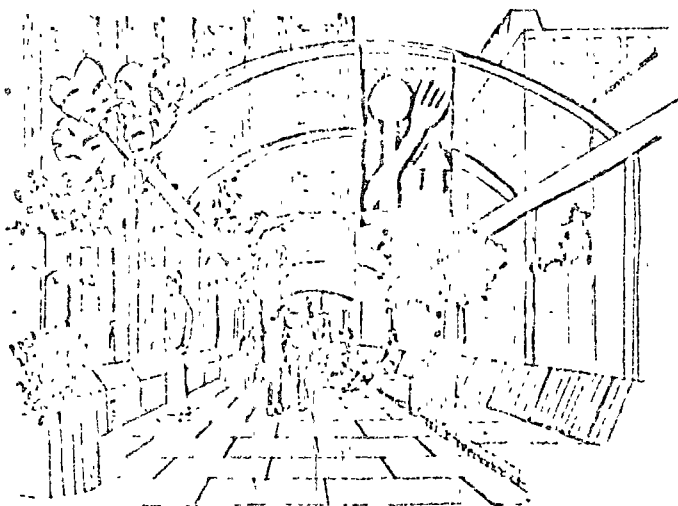
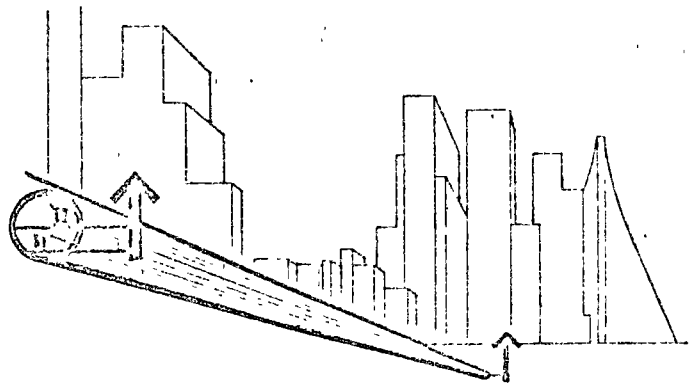


Shape up the elevator: One of the most potentially exciting experiences in highrise building is lost in the current esthetics of the elevator, which presents the rider with what is essentially a nonexperience in a context that could be enormously exciting. The shape of elevators could be changed. Cab heights could be raised. Audiovisual shows could be programmed on the walls, and the ceiling, responsive to the speed and movement of the elevator. All of the above assumes the necessity of interior elevators due to efficient floor plans. The advantages of the exterior glass wall elevator in the same context are obvious.

Create streets in the sky: There are advantages to tight groupings of highrise towers. One would be creation of streets in the sky. Taking a load from the

World Trade Center with its essentially unrealized concept of the sky lobby, one would link clusters of highrise developments of sky lobby floors with bridges. This would provide interest, excitement and a useful traffic pattern. Tenants on these floors would include shops as well as offices.

Create varied urban profiles: To use the images of terrain, there are three possible visual topographies: first, the mesa such as in Washington, D.C., with its low height limit to which is uniformly built; second, the shallow hill and valley characteristic of most cities in which the skyscraper profile is not particularly varied; third, the mountain and valley system in which skyscrapers are clustered at a few points, generally around rapid transit stops, and building heights are held down in between. This profile has worked nicely on a small scale on the Near North Side of Chicago, where new residential highrises are generally located on the corners



leaving older two and three-story apartment buildings in the middle of the block.

Pool bonuses for meaningful public spaces (see cover). At present builders are generally given plaza bonuses relative to their individual pieces of land. This has resulted in generally bleak and useless open spaces such as the ones that occur along the Avenue of the Americas between 50th and 60th Streets. City governments have the power to create useful, generous open space by having a developer pay into a land acquisition fund when he takes out his building permit. This would enable much more appropriate open spaces to be developed around buildings. The precedent exists in many communities which force a developer to pay a fee per unit into a park acquisition fund.

Require developers to subsidize ground floor public activities. As buildings grow taller, rents from ground floors constitute less and less a portion

of total income. Yet developers still charge premium rents for this space. Small restaurants, shops and theaters which make a city lively for the average worker are forced out to be replaced by banks, expensive restaurants, etc. Developers should be required to provide low rent space at ground floors for such restaurants and shops. Low cost theaters featuring short nonporno films would also be a welcome sight in downtown (whatever has opened to newness theaters?).
HERBERT McLAUGHLIN, AIA
Kaplan & McLaughlin,
San Francisco

and users; 2) specific contact to the joint committee for each major city; 3) coordination of reports of current research; 4) survey of tall building characteristics; 5) planning of national and regional conferences; 6) further involvement of architects and planners and building officials.

As an outgrowth of the organization's first meeting last August at Lehigh University, where it is headquartered, has come a half-hour documentary film where guests discuss environmental systems, socio-economic aspects, safety factors, etc. It is made available for use over the Public Television Network and also for foreign distribution.

States Beedle: "The rapidity is impressive with which we are all becoming concerned with the appropriateness of tall buildings. Each region faces basic problems that are quite similar, but there is a profound variety due to national culture, heritage, history and to degree of technological development." For instance, it can be a much more delicate problem to place a tall building in a centuries-old European city than in a modern American metropolis.

An international advisory committee may be established by the Tall Building organization which could be called in for consultation on such matters. It would evaluate proposed projects and undertake impartial studies of the need for tall buildings and of the impact they would have on their neighborhoods. Arch skyscraper foes though people may be, the best contributions they could make to their cities would be to work with, not against, planners, through the Tall Building committees, reaching a meeting of the minds without losing perspective of the issues at hand. The now-famous Urban Design Plan for the Comprehensive Plan for San Francisco (AIA JOURNAL, Nov. '71) has been made part of the Lehigh conference report. An international advisory committee, with its objective analysis, could be invaluable in helping to support such guidelines and help a city protect itself against personal greed or corporate vanity in the form of too-tall buildings, though it would in no way intervene in local disputes.

Of more immediate advantage is the sharing of research findings not only on highly technical subjects but also on the human elements involved. With respect to the latter, we have a long way to go but at least there is astute awareness of the importance of those that so far are known.

"To make an all-encompassing study of the human response to tall building environment is almost a hopeless task," says F. K. Chang of the firm of Ammann & Whitney. "There are so many problems to be considered, it is virtually impossible just to list them all, not to mention possible solutions. As time passes, there will be new problems. There will be different kinds of problems at different locations and for people of different ethnic and socio-economic backgrounds."

Results of future interdisciplinary research, then, will shape the architecture of tall buildings; but only if the architect will and can take full advantage of the tools at hand. Some research

engineers, for instance, chide designers for not making use of wind tunnel tests, which cost around \$20,000, instead of modifying the building after it's up, which quite often will run into six figures. One problem for the architect is that too often he gets the job only when all decisions have been made, thinks Frank L. Codella, AIA, vice president of Charles Luckman Associates of New York City and a member of various Tall Building steering committees from the start. "What effect a tall building will have on the rest of a city is a question city planners should ask themselves before the building goes up," Codella says. "Architects must become more active in the political arena, we must get in on the early decision making. Putting up a tall building is like plugging in a major appliance in your home. It affects everything around it, and it can overload the circuits. We must know the right questions to ask the public and also know how to make the public put the right questions to us."

"Structural engineers may yet become the 'trend makers' in architectural design, inadvertently, that is, or 'through the back door,' unintentionally. The session on structural systems at the recent Lehigh meeting was a real eye opener for the handful of architects present in the midst of hundreds of structural designers," Codella goes on. "State-of-the-art papers and slides were presented which showed many 'pure' framing systems before cladding was attached. I have heard many architects say that a building looks best at this stage. Framing diagrams and pictures of existing tall buildings were shown, as well as new ideas and probes into dramatic framing concepts."

"One message came through loud and clear—that these structural people were talking architectural design language in its purest form. Column lines, beam spans and shapes were being constructed along stress lines which were mostly curvilinear. We architects certainly should recall the bending and deflection diagrams, the early 'thin shell' vaults, hyperbolic paraboloids, etc., whose lines and forms approached the pure, natural stress systems. We even heard talk about structural design eventually reaching the epitome—nature's way of growing structures."

"Using today's technology, the mile-high building concept presented at Lehigh looked very different from Wright's slender shaft. At the base, the structure covered several city blocks with much high open space in the center with the enclosed space concentrated at the 'four corners,' which really consisted of four separate buildings converging as they went skyward. The new tubular system of structure for tall buildings is another instance of structural design dictating the final architectural design."

Concludes Codella: "Hopefully, simple economics will force architects to let the structure be expressive on the outside without the use of excessive applied skin materials. A promising aspect of tubular shaft design is that architects and structural designers are becoming equal decision makers in the final esthetics of tall buildings. This is the way it should be. Perhaps at long last architects will begin to shed the 'graph paper' look for the exterior appearance of tall buildings." —BESS BAYLON

HEIGHTS WE CAN REACH

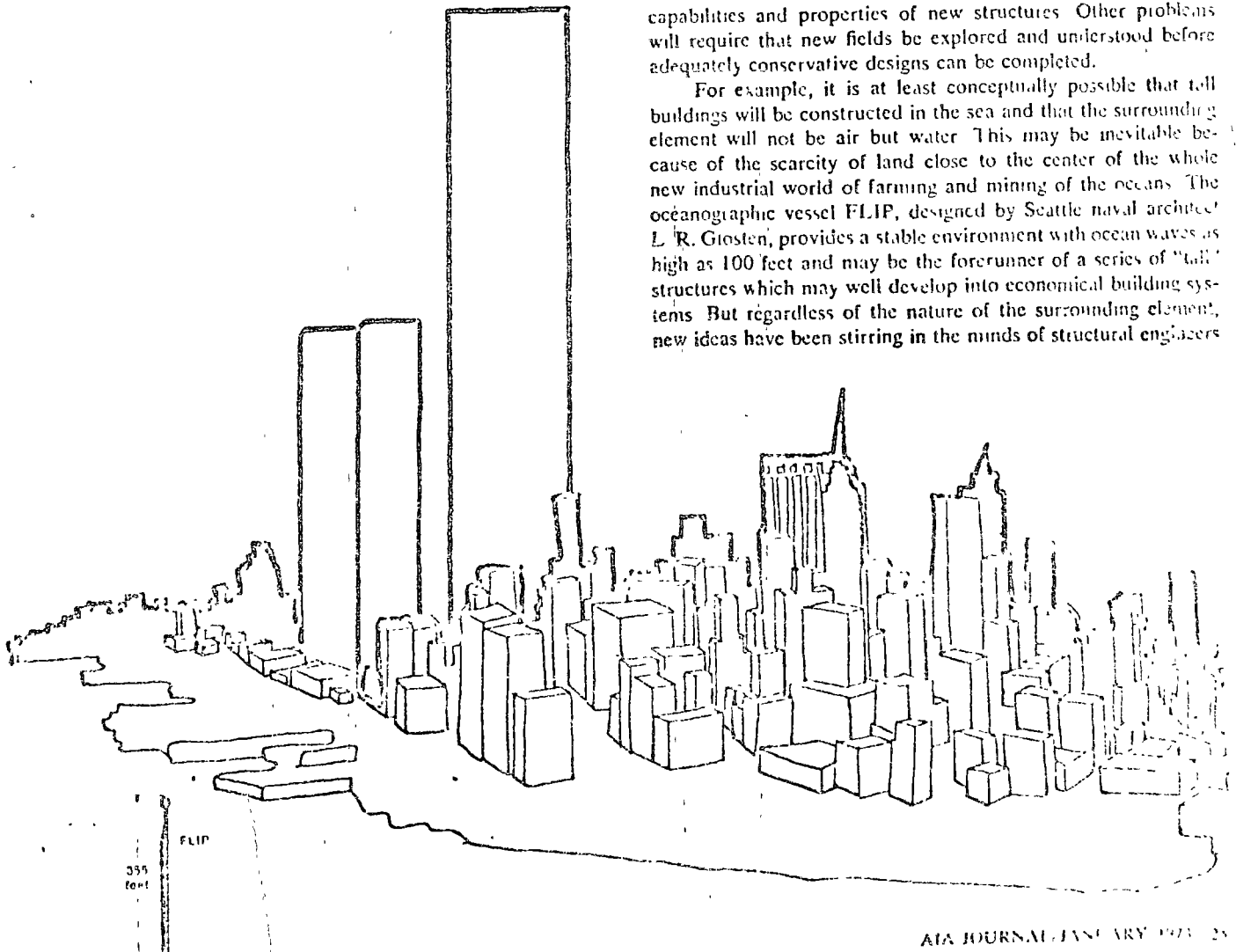
by LESLIE E. ROBERTSON

There is no limitation in the technology of structural systems that would restrict building heights to the present levels of about 1,500 feet. We could erect a structure more than twice that height in the near future.

Over the last decade we have seen remarkable improvement in the structural engineer's ability to develop appropriate building systems, to utilize the potentials of construction materials and to analyze and design the structural system. Equally important, he has developed a far more complete understanding of forces of nature such as wind, temperature and earthquake. In the next generation of tall buildings it will be necessary to sharpen these understandings in order to provide structural systems that both accept and dampen these increased forces while providing the needed integration of the entire building system—all at the least possible cost.

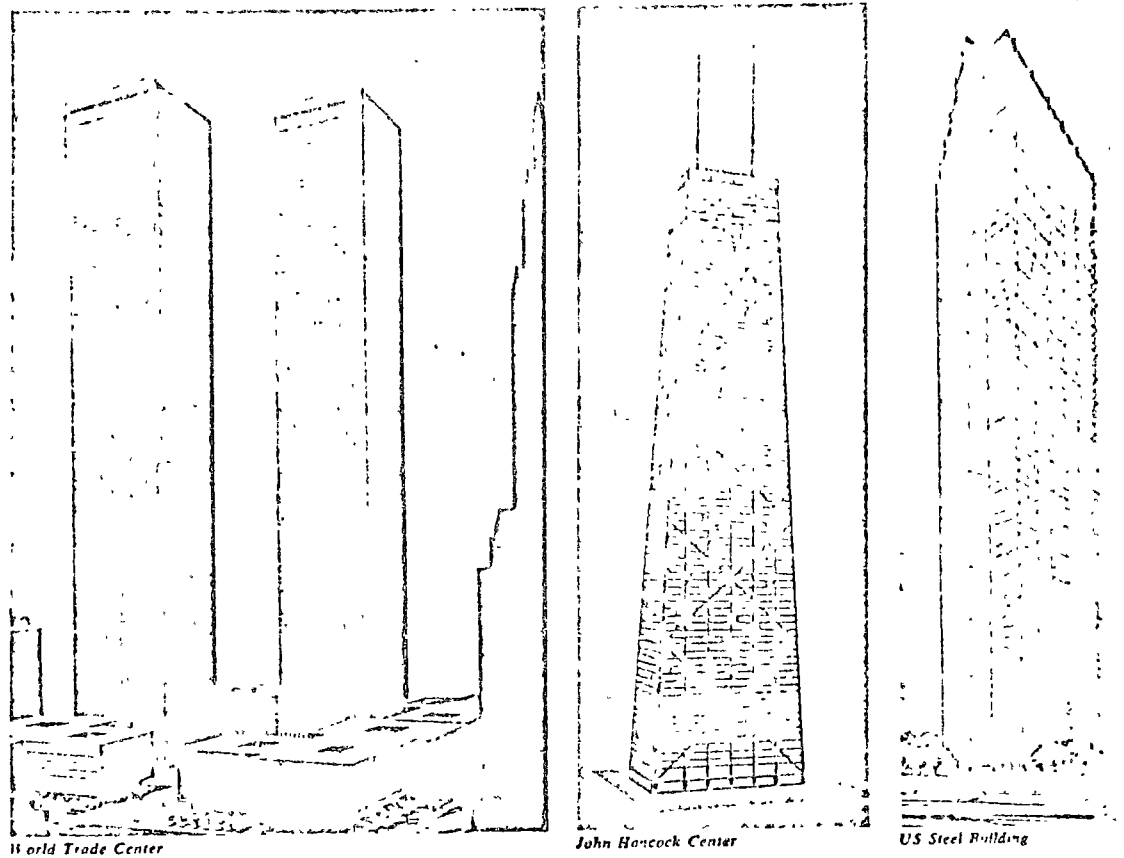
New problems will surely develop to tax the ingenuity of the designers of these tall buildings. Some of them will be mere extensions of those already met and solved in the past: the application of the laws of modeling, using the present generation of structures as models, may provide reasonable predictions of the capabilities and properties of new structures. Other problems will require that new fields be explored and understood before adequately conservative designs can be completed.

For example, it is at least conceptually possible that tall buildings will be constructed in the sea and that the surrounding element will not be air but water. This may be inevitable because of the scarcity of land close to the center of the whole new industrial world of farming and mining of the oceans. The oceanographic vessel FLIP, designed by Seattle naval architect L. R. Giosten, provides a stable environment with ocean waves as high as 100 feet and may be the forerunner of a series of "tall" structures which may well develop into economical building systems. But regardless of the nature of the surrounding element, new ideas have been stirring in the minds of structural engineers.



FLIP

335
feet



and new structural systems have erupted into the world of building construction

The primary frame to be used in the very tall building of the future is most likely the "tube" in any one of its many ramifications. In the tubular concept, a three-dimensional structure cantilevers from the foundation, both to resist all lateral forces and to provide stability to the remainder of the column system. The tubular concept has been used for many years in reinforced concrete construction, for the most part as the surrounding shell of the service core

The development of structural systems wherein the tube is moved from the service core to the outside wall provides an important step forward in the concept of the bearing wall. In 1962 the Vierendeel truss combined with the tubular concept found expression in the outside walls of the twin 110-story towers of the World Trade Center. Here, perhaps for the first time, the concept of the tube was employed in a highrise building, not for visual effect but because no other logical structural form could be found

Later, in 1963, a tubular concept in reinforced concrete was developed for the 43-story DeWitt Chestnut Apartments in Chicago and in 1965 the first truly highrise tubular design using diagonal bracing in the outside wall became a practical reality in Chicago's 100-story John Hancock Center.

In 1965, for the 78-level (but only 64-story) United States Steel Building in Pittsburgh (AIA JOURNAL, Dec. '67), the tube was moved from the outside wall back to the core by making use of the X-brace concept but with an added space frame or "hat" at the roof to mobilize the tensile/compressive capability of the outside wall

Finally, in 1970, the "bundled tube," using the Vierendeel concept, was developed for the 110-story Sears Tower which is

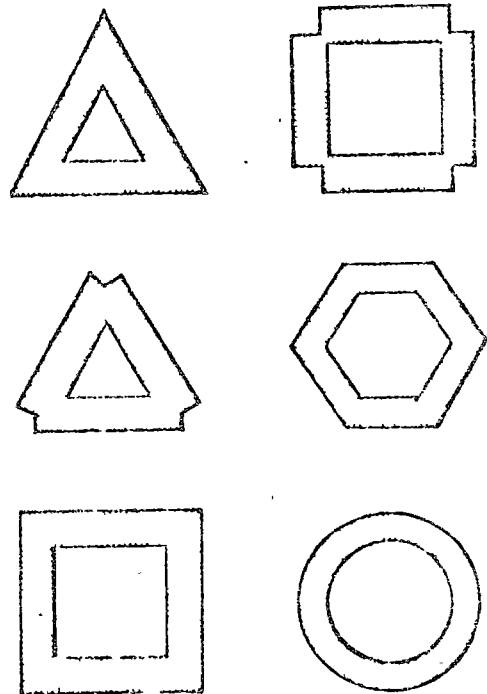
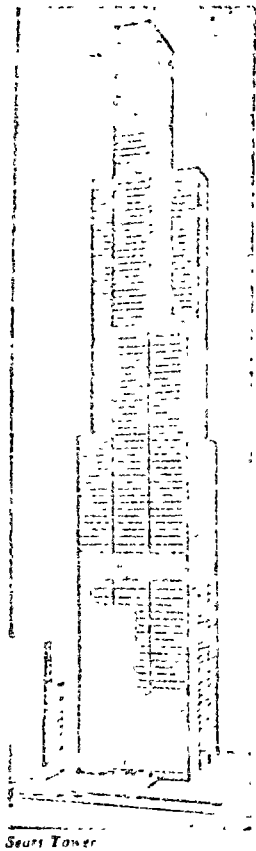


Figure 1



Sears Tower

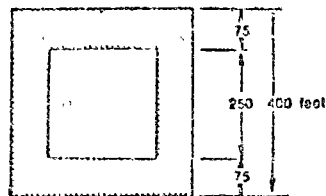


Figure 2

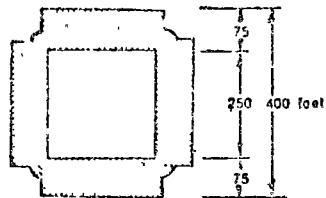


Figure 3

Credits: World Trade Center, architects, Minoru Yamasaki & Associates, associated architects, Emery Roth & Sons, engineers; Skilling, Helle, Christiansen, Robertson; John Hancock Center, Sears Tower, architects/engineers, Skidmore, Owings & Merrill; US Steel Building, architects, Harrison & Abramowitz & Abbe, engineers, Skilling, Helle, Christiansen, Robertson

now under construction in Chicago. This ingenious application of the tubular concept provides for a reduction in building floor area with height, reduces the shear-lag phenomenon and mobilizes nearly all columns to resist shear-induced bending moments.

Without some dramatic increase in available damping, it seems apparent that wind-induced dynamic excitation is of such importance in the design of very tall buildings that they will not greatly exceed the height-to-width ratio of 1,435/207 feet, or 7:1, achieved in the World Trade Center. For a building to be 3,000 feet high, it follows that the width must be not less than 400 to 500 feet while one of only 300 feet may not be possible.

With a width of as little as 400 feet, a square building would have a ratio of exterior perimeter to building area of $(1 \times 400)/(400 \times 400)$ or 1:100. This could be compared with 1.64 for the Sears Tower (lower 50 stories) or 1.52 for the World Trade Center (full height). In essence, such a building would be limited to a remarkably small percentage of window area. While this might provide important economies in the reduced cost of the exterior wall and in the reduction in capacity requirements for cooling and heating systems, some reassessment of human values would be essential because many occupants would be completely isolated from natural light.

For given plan dimensions it is possible to improve the ratio of window perimeter to floor area only by increasing the window perimeter, by decreasing the floor area or by some combination of the two. Increases in window perimeter can be accomplished by providing a complex shape for the perimeter of the building. Decreases in floor area can be the result of such a complex perimeter, or can be obtained by constructing the

building with a hollow center of shapes such as suggested in Figure 1.

For hollow center buildings, wherein the center is not large, it may be desirable to construct the inner surface without the windows. For example, the plan shape given in Figure 2 provides a window perimeter to floor area ratio of 1/61 with windows limited to only the outside surface and a ratio of 1/37.5 with windows on both surfaces. The ratios for the plan shapes in Figure 3 are 1/47 and 1/25 respectively. In both cases the limiting of windows to only the outside surface will provide for a proximity of occupants to natural light similar to that of present high-rise buildings.

For such a hypothetical structure, a tubular concept is the natural solution to provide the needed resistance to lateral forces. Following the historical development of tubular design, at least four potential systems are available:

1. Tubular concept utilizing the exterior wall, as in the World Trade Center (diagonal) and shown in Figure 4, 1.
2. Tubular concept utilizing the interior wall but coupled to the exterior wall, as in the US Steel Building and shown in Figure 4, 2.
3. Bundled tube concept, as in the Sears Tower but with a hollow center, shown in Figure 4, 3.
4. Tube-within-a-tube system, with or without a floor-by-floor coupling system, but almost surely with several levels of large-scale space-frame coupling, as shown Figure 4, 4.

In their simplest forms, the structural systems of the World Trade Center and the John Hancock Center are not suitable for use in very much taller buildings. There are many reasons for this, mostly they relate to the need for a structural system, perhaps of the type employed in the US Steel Building, linking all columns together to minimize floor level differential elevations (from thermal, lateral and gravity loads) and mobilizing them all in the resistance to overturning forces from wind or earthquake. While such a system was not required for the World Trade Cen-

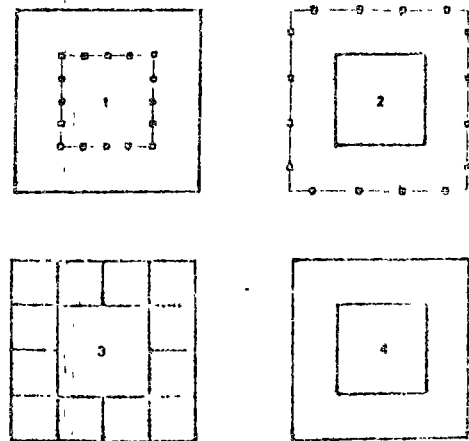


Figure 4

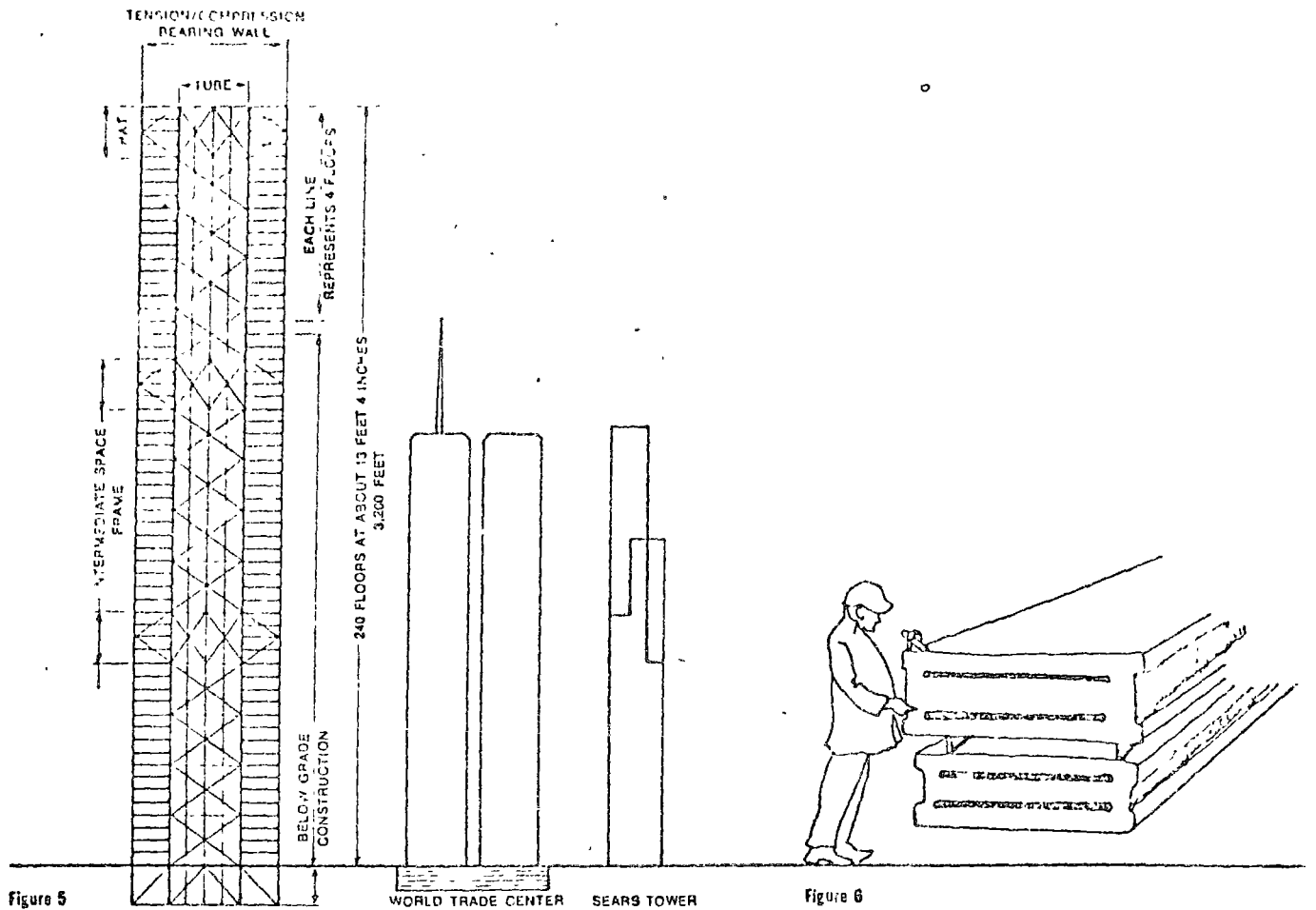


Figure 5

WORLD TRADE CENTER SEARS TOWER

Figure 6

ter, it was later added so as to provide an economical "root" for a 365-foot TV tower to be carried at roof level. The structural system of the US Steel Building also lacks direct suitability for use in a much taller structure as it would need to be augmented by additional space frames so as to enhance the participation of the outside wall. Only the bundled tube system with its augmenting space frame coupling system, as used in the Sears Tower, is directly suitable for use in a "hollow" building of tubular design at a height very much more than 1,500 feet.

For a tubular design of the Vierendeel type, it is possible to locate the Vierendeel on the inside surface, on the outside, or on both surfaces (tube-within-a-tube). In all cases positive structural coupling is required between the two surfaces. Of course, the bundled tube system is quite appropriate. For Vierendeel systems, the tube-within-a-tube and the bundled tube systems carry most promise since they mobilize the bending resistance of all columns to resist shearing forces.

For a tubular design of the trussed type, again the tube can be located on either or both of the surfaces. In making this decision, it should be recalled that there is a need for a coupling system to link all columns together to resist overturning forces. Since both surfaces will participate in the resistance to overturning forces, it follows that there is no primary consideration to force the shear-resisting tube to be on any one of the surfaces. In Figure 5 such a structural system is shown; here, the tube is on the inner surface.

For the proposed building, ducts and elevator shafts, toilet

rooms and the like could be placed in the central hollow core or could be within the floor area. Elevator, electrical, duct and piping shafts and other spaces that change in plan dimension or location at various points within the height of the building would most logically be placed in the hollow center to preserve the uniform, modular dimensions of the office area. Toilet rooms, stairways, electrical and communication rooms and other functions that retain their plan dimensions throughout the height of the building could be located as desired.

Columns supporting functions within the hollow center might best be supported on the space frame providing structural coupling between the inner and the outer surfaces. While these loads would be relatively small because the area is mostly shaft space, the "zoning" of the structural system would be compatible with those of other building systems.

The next question of interest is how the mechanical system would relate to such a structure. In order to improve the efficiency of the structural system, it is essential that the floor system should span the clear space between the inner and outer surfaces. Thus, because of the depth of structure needed for such a system, it is inevitable that all ductwork should pass through the beams or trusses of the long span floor. Indeed, all in-floor mechanical and electrical systems now employed could be used in such a structure.

But what of the location of mechanical equipment—fans, pumps, refrigeration equipment and the like—and of primary transformer rooms? In the past such rooms have occupied entire

floors located at appropriate intervals throughout the height of the building. In only a few instances has mechanical equipment been stacked vertically in a uniform enclosure or shaft.

In the proposed building it should be possible to obtain all fresh air from the roof through the hollow central core, and it may be possible to discharge all used air through the outside wall. At the very least such a system would allow supply air to be as pollution-free as possible. Mechanical equipment rooms could be located within the hollow center by making use of the large-scale space frames providing structural interaction between the inner and outer surfaces. Alternatively, such rooms could be in a continuous vertical shaft or could be through-floor systems as has been the custom in the past.

Fireproofing of the structural work may not differ greatly from that in lower buildings. It may be possible to omit fireproofing considerations from some of the heaviest columns since their vast bulk would provide a much larger heat sink than is found in more conventional columns. Even columns used in the US Steel Building, seen in Figure 6, fall outside the scale of fire testing accomplished to date.

In a hollow core building, life safety systems may well differ from those in conventional buildings. For buildings limited to the heights described, it is likely that the inner surface would be free of windows and could provide an internal fire wall, separating elevators, stairs, duct and plumbing shafts and the like from the occupied areas. It would seem essential to provide access to life safety areas within this hollow core. For even taller buildings, the increased size of the hollow center would encourage the addition of windows on the inner surface, thus diminishing its value as an escape area.

Resistance to dynamic excitation from wind and to a lesser extent from earthquake is an overriding consideration in the development of a structural system for a very tall building. Dynamic response can be reduced only through an increase in structure stiffness, building density or damping ratio. Since stiffness can be increased only through the addition of structural material and since any increase in density must result in a direct

increase in structural material (columns), it follows that methods for increasing damping should be explored.

Architectural solutions to improved damping and to obtain reductions in aerodynamic excitation include the use of an appropriate surface texture, the selection of an optimum building shape in plan and in changes in building shape with height. The incorporation of some form of "spoiler" to minimize the generation of vortices may be possible. With such large buildings, the spoiler would need to have a vertical scale of not less than one story but probably two or more. It is likely that the spoiler would take the form of the cantilevering of whole room areas beyond the outer surface of the basic structure. This technique could provide visual interest to the building mass and would improve the ratios of window perimeter to floor area.

Engineering solutions include the addition of tuned mass dampers or viscoelastic dampers into the structural system, this has been done only once in building systems. The twin towers of the World Trade Center use about 20,000 viscoelastic dampers. One possible damper configuration is illustrated in Figure 7. These dampers, used at the bottom chord ends of the floor members, provide a viscoelastic "hinge" with the columns of the outer walls but perpendicular to the plane of the tube. The column/damper/floor truss system comprises a secondary structural system, independent of the basic tube and not required for the inherent stability of the building itself. Optimization was obtained with the selection of a damper stiffness compatible with the stiffness of the companion floor truss and column. The theoretical work to determine the effectiveness of the dampers is quite straightforward, the system is predictable and reliable.

For buildings with primary and secondary structural systems such as was used in the US Steel Building and for buildings with braced cores, an as yet untried damping concept holds great promise. Under this concept, nearly the entire mass of selected floors is connected to the primary structural system through viscoelastic dampers, thus making their kinetic energy of oscillation available to the dampers for energy dissipation.

As a first example of the concept, consider a building con-

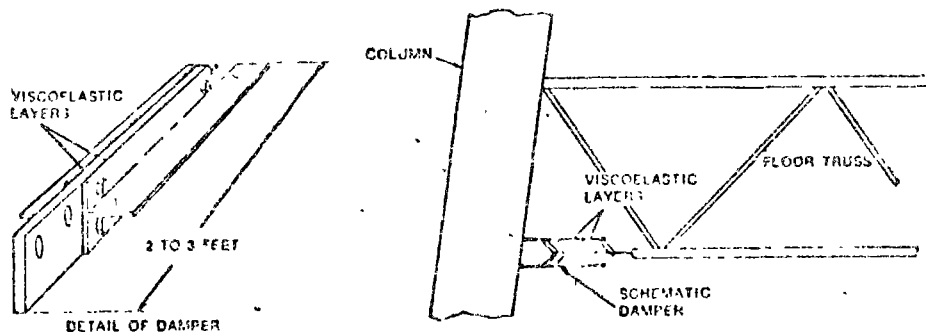
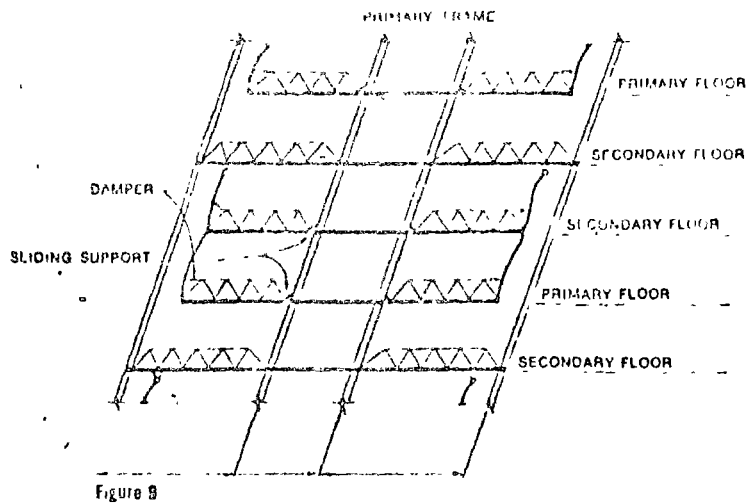
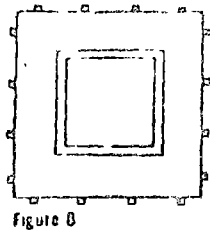


Figure 7



sisting of a slip-form concrete core with sufficient strength and rigidity to provide all resistance to lateral forces and with the floor outside of the core supported on flexible columns at the outside wall and supported at the core by seated and sliding supports. An expansion joint rings the core as shown in Figure 8, but with viscoelastic dampers bridging the expansion joint, providing the structural connection between the core and the surrounding floor. Under building oscillation, strain energy stored in the core structural system and the kinetic energy of the moving masses of the floor system are interchanged through the viscoelastic dampers.

As a second example of the concept, consider a building such as the US Steel Building, consisting of a primary structural frame supporting smaller, secondary structural frames. Under this concept the secondary floors are attached to the primary frame with viscoelastic dampers bridging expansion joints as described above or, alternatively, the secondary structural system is connected with viscoelastic dampers as used in the World Trade Center so as to provide a secondary, plastic frame. The secondary floors, as shown in Figure 9, can be posted or can be hung from the primary frame, hanging systems have a contingent advantage of providing a "centering" system to the secondary frames. The use of a secondary plastic frame has the advantages of magnifying the forces involved, thus providing for easier optimization of the dampers.

These supplementary damping systems provide for positive, determinable and reliable damping for buildings of any height. Through the reduction and absorption of lateral forces induced by wind and earthquake, these dampers provide a largely unexplored but powerful tool in the design of buildings.

The hollow building of tubular concept provides at least one other potential source for the reduction of aerodynamic

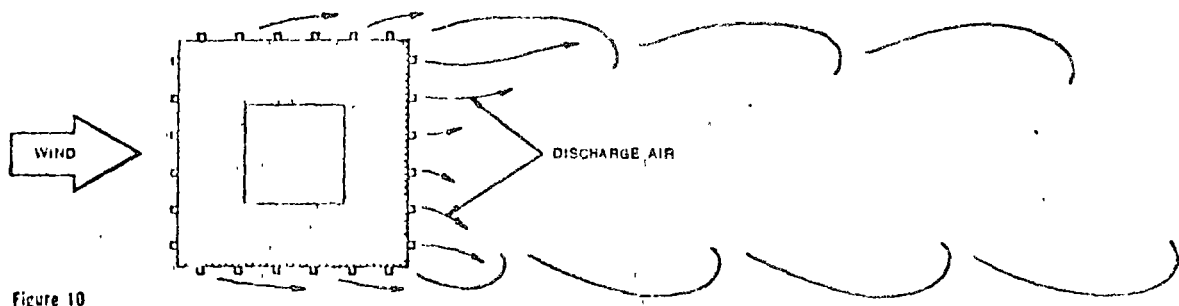
excitation. This concept, which is seen in Figure 10, still restricted to aircraft structures, involves the discharge of air from the leeward surface of the building into the downstream air flow.

There are three possible sources of discharge air.

- free air from within the hollow center
 - discharge of air from the mechanical system
 - release of air from the areas of occupancy.
- In all of these possibilities it is likely that the natural pressure difference between the leeward surface and the source of supply can provide the required propulsive force to move the air to points of maximum (steady state) negative pressure.

In considering this solution one must discriminate between levels of oscillation providing discomfort to building inhabitants or causing potential fatigue of structural components and violent oscillations leading to permanent damage or collapse. In the first case, massive exterior columns may be organized to provide for the vertical ducting of air to points of discharge. In the latter case it may be possible to organize selected areas of the building facade to become partially porous on the negative pressure side either upon command (prompted by the achievement of a given level of dynamic motion) or upon the attainment of given levels of pressure differential.

As building heights increase, the forces of nature will take on increasing importance in the overall building systems and will dominate the development of nearly every aspect of the building. Methods for obtaining solutions to these problems are available and there exists no limitation in the technology of structural systems that would limit building heights to levels now constructed. Indeed, height limitations, if they do exist, will be found only in considerations of human values, in the systems reliability of service and life safety functions and in other areas associated with the planning of our urban world. □



Points to Consider: Earthquake

by G. MARTIN DUKE

Our earth experiences 500,000 tremors a year; 100,000 of them can be felt or heard; some 1,000 cause damage. One-half to two-thirds of the United States is in potential danger zones. How much should be invested in making buildings earthquake resistant? With more tall buildings going up with consequent denser populations even in tremor-prone areas, it is time that the architectural and other professions take the lead in incorporating economic and sociological factors along with the structural factors.

This country is far advanced in the structural aspects of creating seismic resistant tall buildings. In comparison, we lag significantly behind in the art of incorporating economic and social factors into the design of these structures. In fact, we are still sorting out the relevant elements in this connection and are able only to treat some of them in moderate depth.

The central problem may be stated in two parts: 1) What incremental investment of funds should be applied to what ends in order to co-optimize seismic safety and the variables of function and esthetics in a proposed tall building of antisismic design? In other words, what proportion of the total cost should go to incorporate seismic resistance? 2) What public policies should be established relative to acceptable seismic risk, land use planning and building ordinances in a municipally planning its future growth with an eye on seismic hazards?

Two public policies affecting highrise buildings vis-à-vis earthquakes are those of land use planning and building regulations. The former may limit construction in fault zones, the latter dictate requirements of strength and flexibility and thus strongly influence the structural materials and hence the building esthetics.

The first problem is the concern of the building owner, the architect, the structural engineer and their professional colleagues, the second involves the community at large and requires initiative from the professional subcommunity. Both problems are solved daily around the world, but usually without much support in the form of factual information established professional methods or the results of research.

The attitude of the public toward the seismic hazard serve to establish the acceptable levels of risk of death and economic loss. For example, shortly after the San Fernando earthquake, Los Angeles voters defeated a bond proposition to rebuild unsafe schools, thus tacitly accepting the risk extent of one death per year per 400,000 population due to earthquakes. California homeowners generally decline to purchase earthquake insurance, implying that they are willing to accept the associated risk of destruction of their homes. On the other hand, owners and financiers of tall buildings usually provide for earthquake insurance.

Public indifference toward protection against economic loss is kept placid by a variety of disaster relief legislation wherein the government pays. The architectural and engineering professions should work hard to sustain a good level of understanding in the public mind of the consequences of its decisions on acceptable risk.

Under national and state laws, federal and state construction in the United States is exempt from local earthquake-resistant design requirements, though some enlightened agencies voluntarily incorporate earthquake factors into their designs. Buildings where people are confined, such as prisons and hospitals, are involved here, as are many bridges, dams, etc.

In the US, California has been uniquely active in adopting realistic design criteria to make buildings earthquake resistant. Other localities where earthquake resistant design should be applied include the states of Washington and Alaska, and to a lesser degree Boston, Charleston, South Carolina, Memphis and New Madrid, Missouri. Quakes in the latter four locations occur much less frequently, but the shocks that may be expected would be comparably severe with those on the West Coast.

In Japan, antisismic design is generally more conservative than in the US, and local site factors are included in the codes. Chilean professionals are eyeing the dual bracing system defined by the Structural Engineers Association of California Code, where ductile frames are provided to resist at least 25 percent of the expected lateral forces. A few buildings in Chile comply with this provision but, according to Joaquin Monge E., professor of civil engineering at the University of Chile in Santiago, the Chilean code for earthquake-resistant design presently gives no special encouragement in this direction. Reinforced concrete shear wall buildings are used in structures up to 30 stories.

What we should hope for ultimately are international design criteria with options related to provincial elements. These, of course, cannot be set by one profession alone. Seismologists, architects, engineers

and other professionals around the world must cooperate in adopting the criteria in various areas so that these can be developed to reflect the finest of international experience and research results.

Architects should study and understand antisismic design so that they may provide basic structural concepts that permit sound engineering. Furthermore, in the design of an infinity of nonstructural details the architect must incorporate seismic considerations. For instance, more attention must be given to stairs and elevators in tall buildings. Both are vulnerable to heavy damage during a quake, consequently making it unacceptably difficult for people to escape even though the building structure itself is unharmed.

For perspective on the seismic safety problem, the design criteria for tall buildings may be classified as follows.

1. Protection of human activities
 - Life protection
 - Continuity of work
 - Physical comfort
 - Mental security
2. Continuance of building functions in and after an earthquake
 - Intended function continuity (hospitals)
 - Access and egress
 - Services (communication, energy)
 - Facilities (elevators, airconditioning)
3. Protection of capital investment
 - Tolerable structural damage
 - Tolerable nonstructural damage
 - Tolerable damage to building contents, services, facilities
4. Building's role in disaster response
 - Evacuation and rescue of occupants
 - Emergency services and facilities
 - Panic prevention
 - Role of functional building in regional disaster relief.

Risk analyses should be made for individual building sites, these are routine for nuclear reactors no matter where they are located and this should be so for tall buildings as well, since they involve comparable life hazards. The earthquake hazard is not so much in the tallness of a building as in the earthquake resistance regardless of height.

Dr. J. H. Wiggins Jr. and structural engineer Donald F. Moran have ventured into the new field of making a risk analysis, this for the city of Long Beach, California. In their *Balanced Risk* (J. H. Wiggins Company, Palos Verdes Estates, California), they present a methodology for relating death risk to building safety on the basis of occupancy factors, soil conditions, earthquake recurrence probabilities and structural factors. The Wiggins-Moran methodology treats the rehabilitation of existing

Mr. Duke is professor of Engineering at the University of California, Los Angeles.

structures as well as the design of new buildings. Their philosophy is valuable and good, but there are still practical problems due to shortage of knowledge of earthquake occurrence and effect.

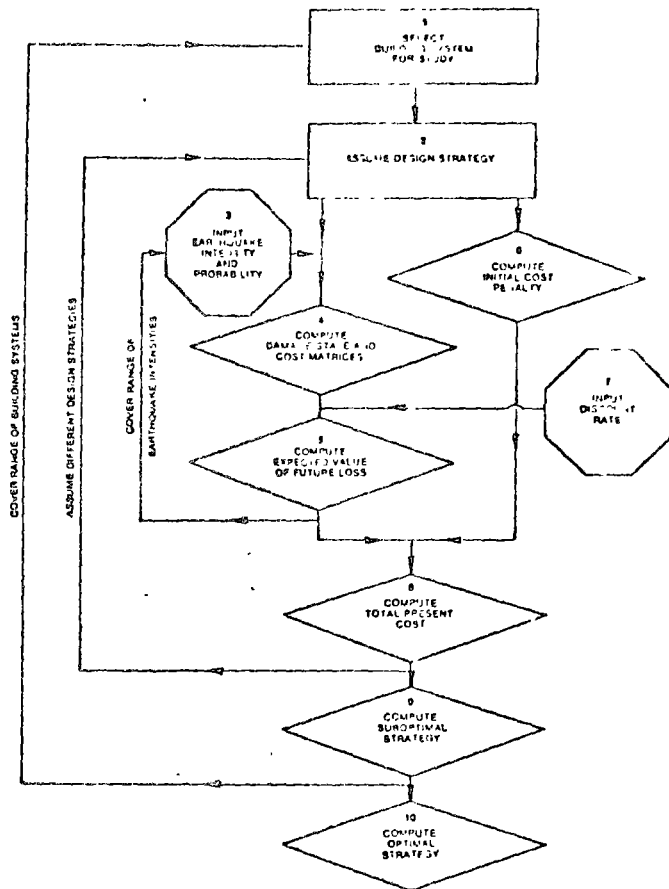
What about the buildings that cannot practically be made to fit the new standards, should they be torn down? For the safety sense, yes, but then again, you cannot tear down Memphis. The Los Angeles metropolitan area has about 40,000 nonearthquake-resistant buildings, mostly unreinforced brick masonry erected before 1933, which present economical and sociological problems. Some amelioration of the hazard can be provided by making the local public service buildings (hospital, police station, etc.) safe against quakes.

The paramount criterion is the avoidance of actual or near calamity of the type experienced by certain buildings in recent earthquakes in Anchorage, Tokachi Oki, Caracas, Mexico City and San Fernando. Between 1960 and 1970, more than 94,000 persons were lost in the nine major earthquakes during that period. Property damage may be tolerated up to a total loss, but life must not be lost. Thus there must be no complete collapses.

Design criteria such as mentioned, when carefully established and faithfully implemented in construction, serve to determine the cost of making a tall building earthquake resistive. Generally, the added cost is on the order of 10 to 15 percent more based on the structural cost, 5 percent based on the total cost. The percentage naturally depends on the level of damage tolerated, such as no damage, superficial damage, structural damage, or extensive damage short of collapse, and on the tolerated level of damage to building equipment and services. There are cost implications in the decision between rigidity and flexibility of the primary seismic force element; nonstructural damage patterns will differ in the two cases, and human sensitivity to building vibrations will be affected. A flexible building may suffer more nonstructural damage than a rigid building and will aggravate occupant vertigo. However, properly designed it can more economically resist collapse than a rigid highrise. A building with interrupted function precipitates costs due to loss of human productivity, loss of wages and loss of rent.

The topic of optimization of the investment in anti-seismic design has received but little attention so far. In principle it should be possible to approach this problem as an element of the overall decision making on cost/benefit tradeoffs for a building.

Robert V. Whitman, professor of civil engineering at the Massachusetts Institute of Technology, has made a promising approach at developing a methodology for optimizing seismic protection in the cost of



Flow diagram for a possible methodology for analyzing the costs and risks associated with designing tall buildings against earthquakes. The methodology is aimed at selecting seismic design requirements for a specific project or for use in a building code. However, the same general method can be used as a basis for insurance considerations or for federal disaster relief laws. A similar methodology has been applied to estimate possible future losses to residential dwellings in California by the US Department of Commerce. Courtesy Robert V. Whitman.

a building. "This methodology can never—and should never—be a substitute for judgment and experience," comments Whitman, "but rather provides a systematic organization of such experience and judgment." (See chart.)

By assembling experience during actual earthquakes plus using results from theoretical studies, continues Whitman, "it is now possible to provide tentative estimates for damage probabilities for various building systems with different levels of earthquake resistance."

Some cost data is available in *San Fernando Earthquake, February 9, 1971* by K. V. Steinbrugge, F. E. Schuder, H. C. Bigglestone and C. A. Weers (Pacific Fire Rating Bureau, San Francisco). The report gives this summary of damage and dollar losses to multistory reinforced concrete and steel buildings during that tragedy:

1. Steel frame and reinforced concrete (earthquake resistive) highrise buildings performed equally well, with some exceptions, when located 15 to 25 miles from the epicenter. Where exceptions occurred, they

were usually adverse with regard to reinforced concrete construction.

2. From a percentage loss standpoint, completed steel frame buildings never exceeded about 1 percent of value. A total of five reinforced concrete structures had losses over 1 percent, and two of these had losses over 5 percent.

3. Older nonearthquake resistive highrise buildings performed quite badly when compared to modern highrise construction. A limited selection of older structures in the downtown Los Angeles area all had losses over 5 percent.

This all sums up to a good start in the right direction toward establishing a balance between the risk of future losses and the cost of providing a strong building. However, if we are to elevate to a satisfying level the state of the art of integrating economic and social factors into anti-seismic design of buildings, we must create a sounder base of knowledge through research and general education and raise the levels of professional competence in the cognizant fields.

Points to Consider: Cost Control

by HARRY B. WILSON JR., AIA

The importance of keeping cost figures in line rises with the height of a building. Here's how a large A/E firm goes about it.

Cost control and construction management of tall buildings is one of the prime areas where we, as architects, have found that we must use a different approach to give our clients more for their money. Through the creative design process we must provide buildings of greater flexibility, find ways to reduce construction time, and, in the process, increase the scope of our services.

To accomplish these objectives, we have found the need to place more emphasis on the early contributions that contractors and manufacturers can make to a project. I realize that I am treading on sensitive architectural toes, but in today's practice contractors and manufacturers frequently are of great help, particularly during the design process. To make it possible to get their input earlier, one of the sweeping changes taking place today is reflected in the construction process. In the past about 90 percent of our projects were bid after completion of the contract documents. However, in a market of rapidly rising construction costs, this traditional procedure of awarding contracts on the basis of competitive lump sum bids based on completed working drawings and specifications is rapidly giving way to other processes, enabling us to reduce significantly the total elapsed time from the start of our design to completion of construction.

In addition, we have found that the traditional lump sum method of bidding offers contractors little opportunity or incentive to contribute to cost reduction since they enter the project after completion of working drawings. This frequently makes the architect the only entity actively involved in construction cost controls.

In an effort to correct this procedure, we are now instituting, where possible, a new method of controlling these construction costs whereby the owner, the architects/

engineers and the general contractor participate. To accomplish this we compile a list of five or six general contractors whom we consider competent for a given project. This list is reviewed by and subject to the approval of the owner. Each general contracting firm is called in individually for an orientation briefing. During this meeting each firm is given a set of schematic plans, outline specifications, our standard estimating form and an oral presentation of the scope of the project. It is during this meeting, with owner participation, that we describe the intent of the project and establish the quality level that we intend to achieve.

We also submit a list of 7 to 10 questions to be answered by each of these firms. These questions vary, depending upon the type of project, but include the proposed contractor's fee, his best estimate of total elapsed construction time, his method of scheduling, the name and background of the proposed project superintendent, the number of people to be involved in the administration of the work, the best guesstimate of total construction cost, and any early suggestions for probable construction economies without destroying the integrity of the design concept. In most cases we also ask for a list of probable subcontractors that they may wish to use for the project without firm commitment on their part.

Next, a timetable is set up with each firm to make a presentation of the above elements and any other additional qualifications that they may wish to express. Generally these second meetings, again depending upon the size and scope of the project, are limited to an hour and a half.

Following these evaluation meetings, each with owner participation, we recommend our choice of general contractor to the owner. Our judgment is based on a determination of the firm we feel is most competent for this particular project and one which offers the most realistic, not necessarily the lowest, cost estimate.

Once owner approval is given, we assist in negotiating an agreement with the general contractor on the basis of an agreed-upon budget or one which provides, in addition, for establishment of a guaranteed maximum amount at some future stage in the development of working drawings and specifications. For either method we prepare a con-

Mr. Wilson is president of the firm of Charles Luckman Associates headquartered in Los Angeles.

compensation schedule based on reimbursement of costs plus fixed fee which could be a percentage of the total construction cost or a negotiated lump sum. Both methods have merit depending on the nature of the project. However, by using an agreed-upon budget with extremely close monitoring of costs, instead of a maximum figure, we normally can provide better control of completing the project within budget.

We have also found that management contracting retains the advantages of competitive bidding in that all subcontracts are bid in this manner.

Additionally, since costs of materials steadily escalate, the general contractor can purchase his lead items early. Steel for the structural elements is bought in the preliminary phases of the project, and by the time our working drawings are completed, major elements of the building such as the vertical transportation, mechanical and electrical systems, curtain walls, partitions, acoustical elements and others are negotiated and purchased.

All Charles Luckman Associates projects begin with a total budget. We then prepare a set of diagrammatic and schematic plans and run an in-house estimate which is discussed with the client. Reasonable contingencies are introduced in this estimate, varying as to the type of the project. Upon budget approval we carefully monitor and design within the framework.

Keeping cost figures in line throughout the job is one of the critical tasks of our project manager. This is one of the major reasons why we look for project managers with technical backgrounds.

To provide another check, we also run an estimate at the end of preliminary working drawings. Since the general contractor is an integral member of the team, we request a simultaneous estimate from him early in the project and compare notes in terms of quantities, unit prices and time schedule.

These factors emphasize that cost control is really a team effort among the client, architect, general contractor and manufacturer.

In many cases a construction consultant is also part of the team. Although he is rela-

tively new on the scene (and many architects depreciate his importance) we feel that he makes a positive and significant contribution. We welcome the construction consultants' inclusion on large projects because we have frequently learned from their wide experience. They help us keep a project moving rapidly. Our experience shows that a project which moves quickly generally has less dilution of design concept and is better coordinated technically in addition to having a higher profit. From the client's side, every month saved in design and construction is important with today's skyrocketing price increases.

With all of our tall office building projects now on a fast-track construction schedule, we must be equipped to move quickly. Fast, accurate communications and coordination among our firm, the general contractor, client, construction consultant and others are critical. By having frequent project meetings, the team is kept up to date as the project evolves. Meetings are generally held once a week at the jobsite during construction. Monthly meetings between members of top management of the participating team enable us to keep the client fully advised of the progress and budget.

An excellent example of a fast-track construction project where both time and money were saved is the University of Delaware's Student Living Center (AIA JOURNAL, May '72), a development which was completed seven months ahead of schedule at a final cost savings of more than \$1 million under the \$113 million contract construction cost.

For this project the team consisted of Ogden Development Corporation, CIA, which is Ogden's national planning, architectural and engineering affiliate, joint venture partner Frederic Krapf & Son, Inc., general contractor, concrete panel manufacturer, and University of Delaware administrators. Two years of research in modular building technology and student housing preceded implementation of the theories which saved time and money on the university campus. The twin 15- and 17-story Christiana Towers, accommodating 1,300 students, were occupied 21 months from the date the contract was signed.

Our preliminary studies had indicated that a steel and stucco structure would be most economical. As we explored further, we concluded that the use of a completely precast concrete wall and floor/ceiling unit building system, the Bison, with certain pro-

posed changes by our people would offer more building at a lower cost.

While we were studying these methods, we used accelerated scheduling which, as a typical example, allowed the contractor to pour concrete for the foundation before the drawings on the center were completed.

The center is a case in point where the total process—careful integration of planning, design, manufacturing, site operations and management—resulted in the mechanized production of a building and contributed to control of costs.

The fast-track construction process was developed for tall buildings because of the steadily upward spiral of construction costs. With increases averaging from 6½ to 12 percent a year, depending on location, any reduction in the total construction time results in significant savings in money. These savings are so great that if a project is in danger of falling behind schedule, we have found that it costs less to work overtime than to complete the job at a later date than anticipated.

There are certain disadvantages to a fast-track construction schedule, but all are outweighed by the end results. For example, there has to be an allowance for certain omissions in the architectural and engineering drawings because we are moving so quickly. However, by anticipating these problems and programming them into the budget ahead of time, we are able to proceed smoothly and within budget allocations.

The fast track construction schedule demands full and complete cooperation of our clients because they are making decisions more quickly than in the past. Many tall building projects move so fast that as the steel is being topped out, lower floors are being enclosed. Many times our clients have "beneficial occupancy" of the lower floors before the building is fully completed. Decisions on space planning, programming, in-

terior design and furniture cannot be delayed.

During all tall building projects we are most cognizant of the importance of follow-through during the construction phase. This element preserves the integrity of the design and insures, for the benefit of the client, that plans and specifications are being properly adhered to and interpreted.

Clashes requested by the client or proposed by the contractor are examined to guard against possible code violations, structural, mechanical or electrical inadequacies and the use of unsatisfactory or unsuitable materials.

Another continuing process on all our tall building projects is value analysis, starting at the inception of the design process and continuing through completion of construction. We consider the analysis to be an organized system of investigation directed toward identifying and eliminating costs that do not produce optimum life-cycle value in the finished product.

Also contributing to control of costs in tall buildings is our intensive research and development program. By constant evaluation of materials and systems, we are able to select the most feasible structural, mechanical and electrical system for any particular job. However, on many occasions we are faced with outdated local building codes which mandate that we become involved with local governments to initiate changes.

New and better uses for standard construction materials is another important area of research. Solutions evolving from research and development efforts allow us to do an increasing amount of work away from the project. The jobsite becomes a place of application, not experimentation.

As many other of the larger architectural firms, we are fully staffed with construction management personnel. This has proved to be of significant value during the past few years due to the heavy volume of construction we are managing during the construction phase. Construction elements of out-of-town projects are always headed by a

member of our construction management group. We believe that this is an important contributing factor to effective cost control.

Another element which is germane to the subject of cost control is the Occupational Safety and Health Act of 1970. The construction industry, of course, was one of five singled out to "stimulate employers and employees to institute new and to perfect existing programs for providing safe and healthful working conditions."

In the design field, OSHA is concerned with the safety of design personnel in their own offices, safety of construction personnel at the job site and safety of the people who occupy a project upon completion. The first area is one that is relatively simple to implement since the office environment is as a rule a safe place to work. The remaining two raise intriguing questions, however.

Can litigation arise between the owner and architect because OSHA believes that the act's standards were not included in the design and construction of a building—standards which brand the building "unsafe" from OSHA's standpoint? The question is so complex that on one hospital facility we have retained a consultant to keep us advised of the complexities of OSHA so we do not inadvertently design elements into the building which could be in violation of the act.

For these reasons OSHA will have a significant future impact regarding cost control and management of tall buildings.

Since our business is built on serving our clients well, over the years we have investigated many plans that could improve our services. Recently we looked into the past for assistance in establishing a program which we believe will be of significant value in providing input to a client. James MacArthur, AIA, executive vice president, and Frank L. Codella, AIA, vice president, of our New York City office, have installed a computerized project information system that enables us to rapidly retrieve project data. In its broadest sense this system is designed to give our clients a quick but thorough cost and time element breakdown relating to the type of building he is contemplating.

For some time we have been involved in an intensive program to collect data for a wide range of projects we have completed throughout the nation. Every type of project

is represented in this grouping—office buildings, stores, apartment buildings, hospitals, shopping centers—the complete spectrum.

Eighty-six significant data elements that relate to the completed project, including areas, construction costs and time factors, are part of our input sheets and are fed into our computers. We then are able to retrieve selected data, such as floor areas and costs, for uses of various building types including multiple-use tall buildings. With this information we can project costs for one or more years and offer our clients a realistic time schedule and probable cost for the facility he is planning anywhere in the country.

Also included in this breakdown are unit costs relating to the number of apartments in a building, number of beds in a hospital, number of seats in an arena—in fact, any measure which relates to the building's total end use.

In addition it gives the client complete and accurate information about costs for various quantity levels in construction. In the final analysis this information helps him make a more realistic decision regarding his needs before any design planning has begun.

We see no end to the steadily escalating costs of constructing tall buildings. So if we, as architects, want to be the leaders of the building teams, we must lead the way in developing new solutions. Research into building systems and new building techniques must accompany an awareness of the increasing complexities of multiuse projects that are getting larger and more interrelated with the urban fabric. Tomorrow's architect will have to be a creative innovator who can design handsome buildings as well as a businessman who understands the tough demands of completing buildings ahead of time and within the budget. □



LISTA DE EMPRESAS AFILIADAS A ANFEMESE

ELEVADORES OTIS, S. A. de C.V.
Abedules 75, México 4, D. F.

ELEVADORES SCHINDLER SUWIS, S. A.
Av. de los 100 Metros 106, México, 14, D. F.

ELEVADORES SABIEM DISTRIBUIDORA, S. A.
Helitropo 168, México 4, D. F.

ELEVADORES IEM VILLARES, S. A.
Prolongación Ingenieros Militares 72-C, México 17, D. F.

ELEVADORES Y TRANSPORTADORES, S. A.
Av. Circunvalación Oriente 232, Naucalpan, Edo. de México.

ELEVADORES L.A. LEVANTE ASEGURADO, S. A.
Av. Circunvalación Oriente 234, Naucalpan, Edo. de México.

ELEVADORES DE MEXICO, S. A.
Alfredo Chavero 74, México 8, D. F.

MOLINA FONT MAQUINARIA, S. A.
Dr. Valenzuela # 68, México 8, D. F.

ASOCIACION NACIONAL DE FABRICANTES DE ELEVADORES
MONTAJAS Y ESCALERAS ELECTRICOS, A. C.

LIC. EUGENIO RAMIREZ ROMERO
DIRECTOR

AV. JUAREZ 42 EDIFICIO 11
DESPS. 102 - 103
TEL. 585 - 08 - 59
MEXICO 1, D. F.



CENTRO DE EDUCACION CONTINUA - DIVISION DE ESTUDIOS SUPERIORES
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.

EDIFICIOS ALTOS (1° de Octubre de 1976) ING. JORGE CEBRIAN AGUIAR.

INSTALACIONES ELECTRICAS

- I .- Sistemas que se incluyen en el área de Instalaciones Eléctricas.
- I.1.- Alumbrado.
- I.2.- Contactos.
- I.3.- Fuerza (motores eléctricos, resistencias, etc.).
- I.4.- Distribución de energía eléctrica (Alimentadores en alta, mediana y baja tensión).
- I.5.- Protecciones y controles en alta, mediana y baja tensión (interruptores, tableros, etc.).
- I.6.- Generación de energía eléctrica interna (plantas de emergencia).
- I.7.- Suministro continuo de energía eléctrica (U.P.S.-"No Brakes").
- I.8.- Transformación de energía eléctrica (Sub-estaciones).
- I.9.- Intercomunicación (Canalizaciones vacías).
- I.10.- Teléfonos a la calle (Canalizaciones vacías).
- I.11.- Sonido (Canalizaciones vacías).
- I.12.- Telex (Canalizaciones vacías).
- I.13.- Detectores de alarmas contra incendio (Canalizaciones vacías).
- I.14.- Antenas (Canalizaciones vacías).
- I.15.- Pararrayos.
- I.16.- Tierras Eléctricas.

CENTRO DE EDUCACION CONTINUA - DIVISION DE ESTUDIOS SUPERIORES
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.

EDIFICIOS ALTOS (1° de Octubre de 1976) ING. JORGE CEBRIAN AGUIAR.

INSTALACIONES ELECTRICAS.

- II.- Influencia fundamental de otras instalaciones en las Instalaciones Eléctricas.
- II.1.- Instalaciones de Aire Acondicionado.
 - II.1.1.- Coordinación de localización de difusores, de rejillas de extracción, de placas de calefacción, de termostatos, humidistatos, etc. con luminarios, bocinas, detectores de alarmas - contra incendio, contactos.
 - II.1.2.- Capacidad de motores eléctricos, calefactores (resistencias eléctricas) de los equipos de ventilación, calefacción, y refrigeración, tales como compresoras, bombas, ventiladores, calderas, etc. que afectan a la distribución de energía, a los Tableros donde se localizan las protecciones y controles de los circuitos de distribución a la planta de emergencia, a la sub-estación en la capacidad de sus transformadores y en el sistema de tierras eléctricas.
 - II.1.3.- Coordinación de localización de equipos en casa de máquinas.
- II.2.- Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias.
 - II.2.1.- Capacidad de motores eléctricos de las bombas de servicio normal de sistema contra incendio, de aguas freáticas, de aguas negras (cuando se requieran), de calderas para generación de agua caliente, etc. que afectan en igual forma a lo mencionado en el inciso II.1.2.
 - II.2.2.- Coordinación de localización de equipos en casa de Máquinas.
- II.3.- Instalaciones de Transportación Vertical.
 - II.3.1.- Capacidad de motores eléctricos de elevadores, monta-cargas, escaleras mecánicas; que afectan en igual forma a lo mencionado en el inciso II.1.2.
 - II.3.2.- Coordinación de localización de equipos en casa de máquinas.
- II.4.- Instalaciones de Intero comunicación. Teléfonos a la calle, Sonido, Telex, Detectores de alarmas contra incendio y Antenas.
 - II.4.1.- Coordinación de localización ya mencionada en el inciso II.1.1.
 - II.4.2.- Capacidad y calidad de requerimientos de suministro de energía eléctrica en sus centrales que afecta en igual forma a lo mencionado en el inciso II.1.2.

CENTRO DE EDUCACION CONTINUA - DIVISION DE ESTUDIOS SUPERIORES
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.

EDIFICIOS ALTOS (1° de Octubre de 1976) ING. JORGE CEBRIAN ACUIAR.

II.4.3.- Como normalmente se incluyen en la instalación eléctrica, canalizaciones vacías para este tipo de instalaciones, se requieren coordinar éstas con las canalizaciones de alumbrado, contactos, fuerza y alimentadores generales, así como los registros de cada una de éstas deben ser físicamente independientes se coordinarán entre ellos y en muchos casos con los tableros derivados.

II.5.- Instalaciones de Sistemas de Computación.

II.5.1.- Capacidad de los equipos en sus necesidades de suministro de energía eléctrica así como las características de la misma que afectan en igual forma a lo mencionado en el inciso - II.1.2, agregándose a esto los sistemas de suministro continuo de energía eléctrica (U.P.S.-"No Brake").

CENTRO DE EDUCACION CONTINUA - DIVISION DE ESTUDIOS SUPERIORES
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.

EDIFICIOS ALTOS (1° de Octubre de 1976) ING. JOIGE CEBRIAN AGUIAR

INSTALACIONES ELECTRICAS

III.- Datos de carga eléctrica para nivel ANTE-PROYECTO.

III.1.- Alumbrado.

<u>Nivel de Iluminación</u> (luxes)	<u>Tipo de Iluminación</u>	<u>Volts-Amperes/m²</u>
300	Incandescente	30 a 50
300	Fluorescente	20 a 30
500	Incandescente	55 a 75
500	Fluorescente	30 a 45
1000	Incandescente	105 a 145
1000	Fluorescente	60 a 90

III.2.- Varios (Contactos, señales, etc.) = + 20 Volts-Amperes/m²

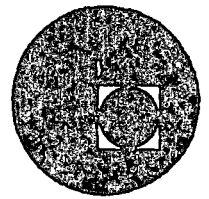
III.3.- Aire Acondicionado.

<u>Tipo de Edificio</u>	<u>Volts-Amperes/m²</u>
Banco	70
Comercial	30 a 100
Hotel	60
Oficinas	60

III.4.- Hospitales = + 3000 watts/cama.



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



EDIFICIOS ALTOS

LOS EDIFICIOS ALTOS COMO SISTEMAS
Y COMO PARTE DEL SISTEMA URBANO
(TOMADO DE LA REVISTA "PROGRESSIVE
ARCHITECTURE, OCTUBRE DE 1972, EDI-
TORIAL A REINHOLD PUBLICATIONS)

ARQ. ALBERTO REBORA TOGNO

SEPTIEMBRE DE 1976.

1. Quantitative methods of analysis
2. Qualitative methods of analysis
3. Instrumental methods of analysis



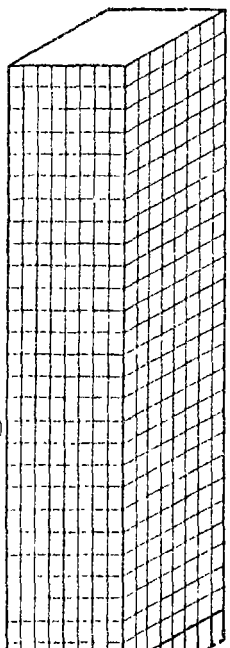
The future of highrise structures

Fazlur R. Khan

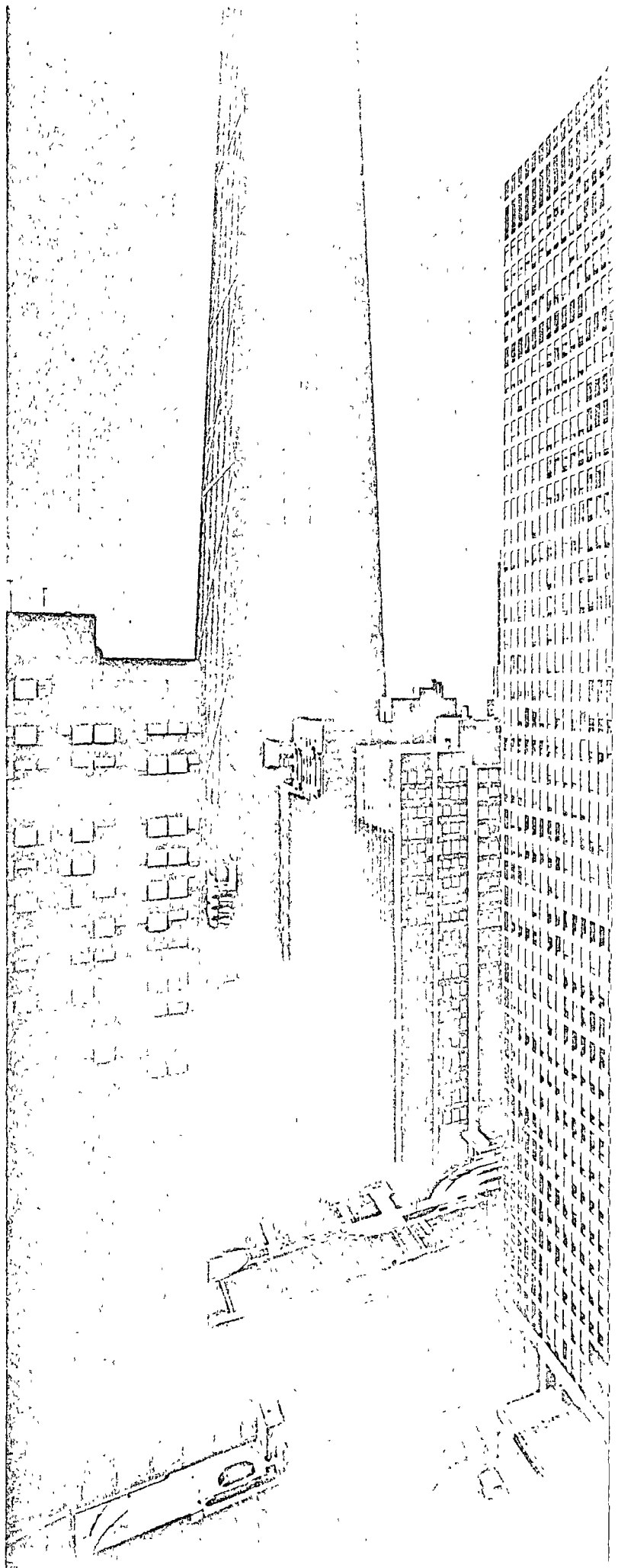
After discussing the present and future of tall buildings in the U.S., the author concludes that the development of these new systems is pointless unless these structures will result in the creation of better city environment

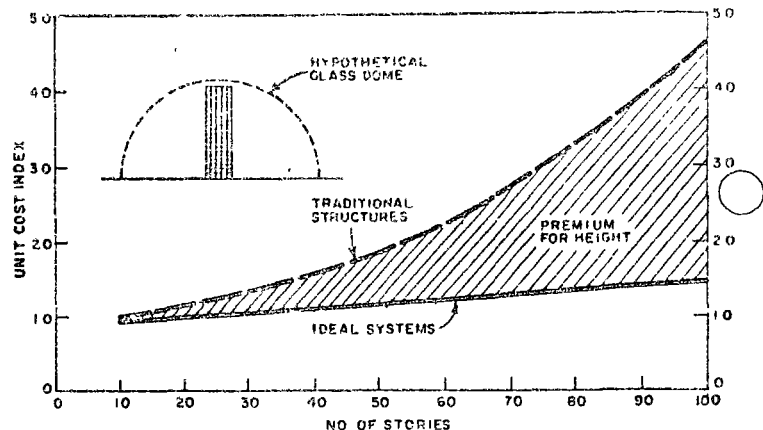
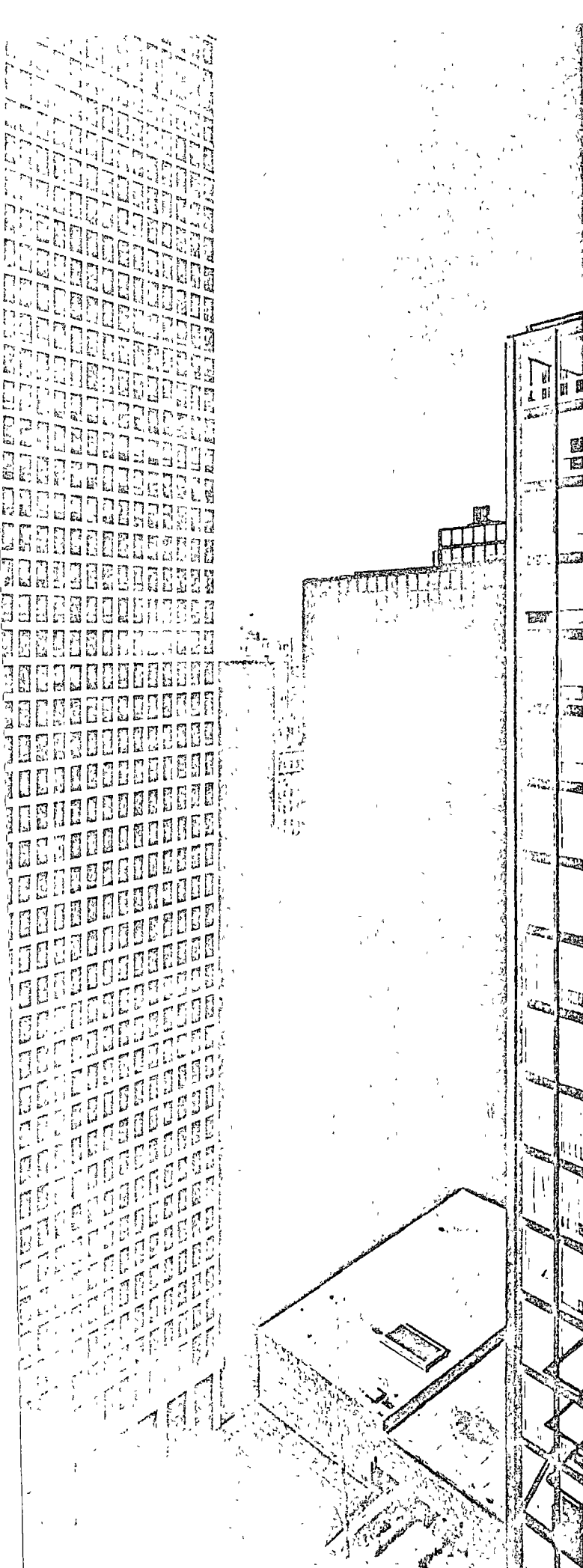
Traditional beam-and-column type of framing for high rise buildings was completely upset when a closely spaced exterior column and spandrel system—now known as "framed-tube" construction—(1), was used for the 43-story DeWitt Chestnut apartment building in Chicago, 1963 (2). Many versions of the tubular concept have since been developed for taller buildings: the 100-story John Hancock Center in Chicago, the 52-story One Shell Plaza building in Houston (at 714 ft in height the world's tallest concrete building), the 50-story One Shell Square building in New Orleans (world's tallest composite building) and finally the World Trade Center in New York and the Sears Tower in Chicago. But is the purpose of developing new structural systems simply to build taller buildings? I think not.

As an engineer who has been involved in the development of recent structural systems for high rise buildings in both concrete and steel, I believe that the building of tall structures



1,2 Framed tube concept was first used for De Witt Chestnut Apartments, Chicago (right).





3 Premium for height is largely due to wind loads.

simply for their own sake does not make economic sense, nor does it enhance the total environment of our cities. It seems meaningless to develop structural systems for high rise buildings if the results do not have a positive effect toward creating better cities and better environment. New structural systems, which permit erection of extremely tall buildings, have in fact provided architects and engineers with the choice of alternate solutions for a given requirement that can lead to more interesting and useful environments, yet do not cause undue waste of the society's energy and money.

In the final analysis, the development of tall buildings closely follows the development of the urban centers in America. It is undoubtedly the concentration of population in these centers, combined with the high cost of land, that results in buildings with high-density population. Tall buildings, however, are recent phenomena in the history of civilization and have been possible only because the vertical transportation problem was resolved by Elisha Graves Otis in the middle 19th Century, and because new high strength materials, both in steel and concrete, have been developed to carry heavy loads.

The most serious early problem in designing tall buildings--in addition to improper understanding of wind and earthquake loads--was that any reasonable lateral load usually limited the height of a building from an economic point of view. The traditional beam-column type of construction is not very efficient in resisting wind loads, and as a result buildings taller than 10 stories have to pay a substantial penalty for going tall--a "premium for height." This means that if a building did not have to withstand wind loads, as the number of stories increased, the increase in the building materials per sq ft of supported floor area would be small. But as it is, the premium for height increases rapidly with the number of stories (3)

It is because of this premium for height that the early tall buildings in our cities were limited to about 20 stories, and wherever a high-density design was allowed by zoning or other regulations, the builder simply erected a rather fat building of that height. The result was invariably a building extending from one end of the city block to the other. This, repeated from one block to the next and so on, eventually created "city canyons" where sunlight did not reach street level except for a few hours at a time. The dreary impression of many American city centers resulted from this reality of economic criteria.

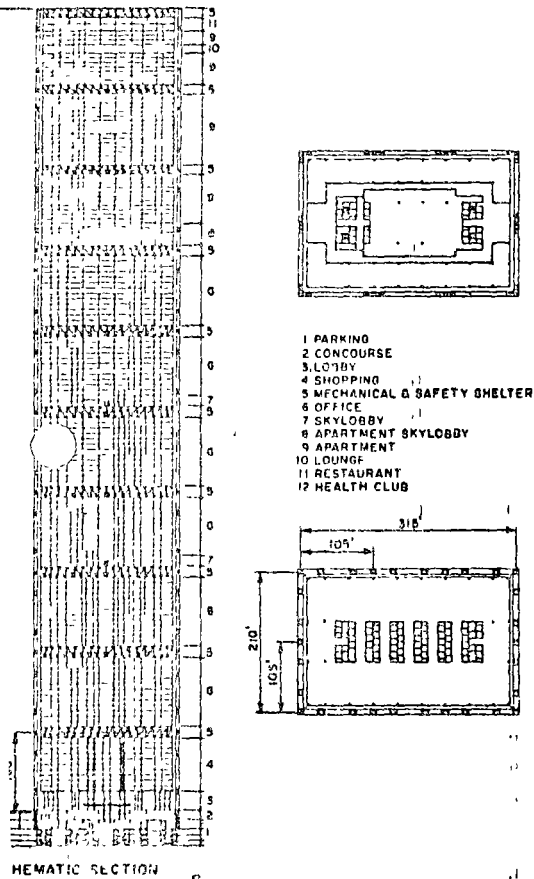
There were exceptions, of course, but it was only after 1950 that architects and engineers joined to develop more efficient structural systems that would allow much taller buildings to be built on a fraction of the site. This in turn left open spaces between buildings for plazas and concourses. Many recent buildings have followed this trend. But where are we going from here?

Efficient land use

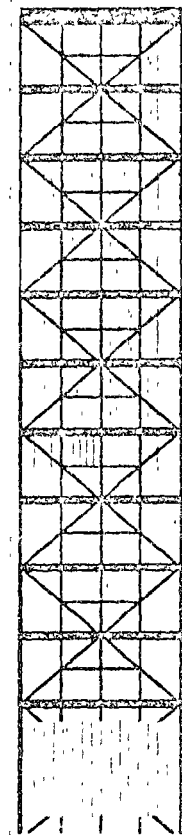
As a consequence of the increased density of urban centers in the U.S., the downtown areas of cities are being filled with an ever-increasing number of office buildings with high population density. These areas have developed their own artificial environment which remains alive only for the working

ments inside it to create differing interior environments for living, working, learning and playing, all in the same building. When we consider that the John Hancock Center has parking, commercial areas, banks, offices, apartments, restaurants, studios and an observatory, and when we consider also that it has so far proved to be a great success as an urban development, we must then think of projecting the next possible step in this evolution. We cannot economically build taller or larger buildings than Hancock, unless we can devise structural systems that will still be free of premium for height and also provide flexibility for different kinds of interior planning.

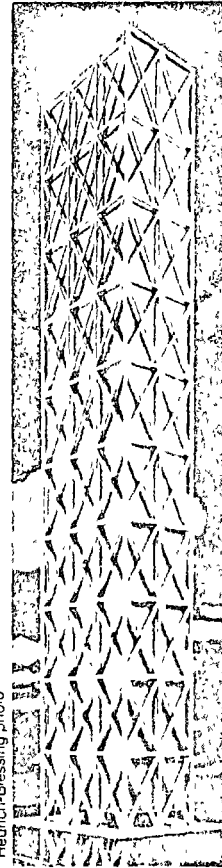
The first possibility is to have an exterior framing like John Hancock has, but eliminate the interior columns completely, leaving a column-free volume inside. Within this basic con-



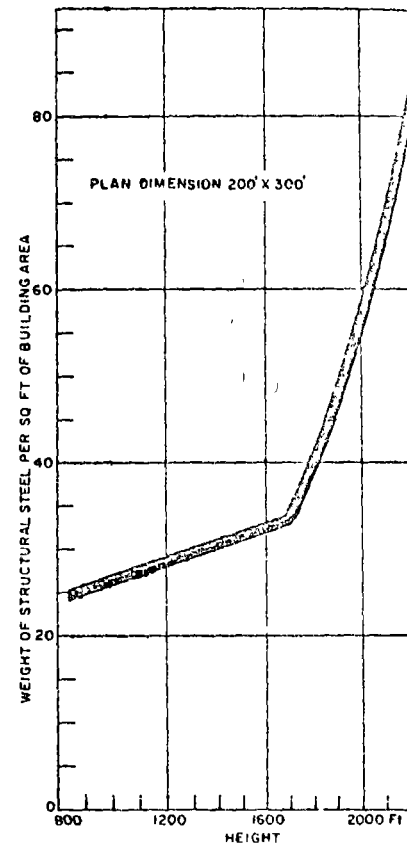
HEMATIC SECTION
Superframe leaves column-free areas where needed



5 Thesis elevation.



6, 6a Different proportions affect weight of structural steel required.



hours of the day, and becomes virtually empty afterwards. This constitutes a tremendous waste of well-developed land that is used only about 12 hours a day. Obviously many architects, engineers and planners are reacting to this situation and are attempting to bring back the total environment of living and working in the same place, thereby utilizing the land in a fuller and more satisfying way.

Chicago's 100-story John Hancock Center is a forerunner of this kind of urban environment, which requires larger and taller buildings. The basic building space arrangements tend to resemble a vertical township. The solution naturally points to the development of a large skeletal structural system that can provide the flexibility of different types of space arrange-

ment, transfer floor trusses could be provided, say, at every 20 stories on a secondary structural module. These trusses can then support interior columns within those spaces at distances consistent with the type of interior planning desired for specific occupancies. For instance, in the space allocated for housing the column spacing could be 20 ft on centers, in the space planned for office or commercial use the secondary columns could be 40 ft on centers, the space established for parking could be 60 ft on centers, and where open spaces for play and recreation area are required, the entire interior space can be kept column-free (4). For 120- or 130-story buildings, the structural advantage, of course, is that the total dead and live loads from every floor would al-

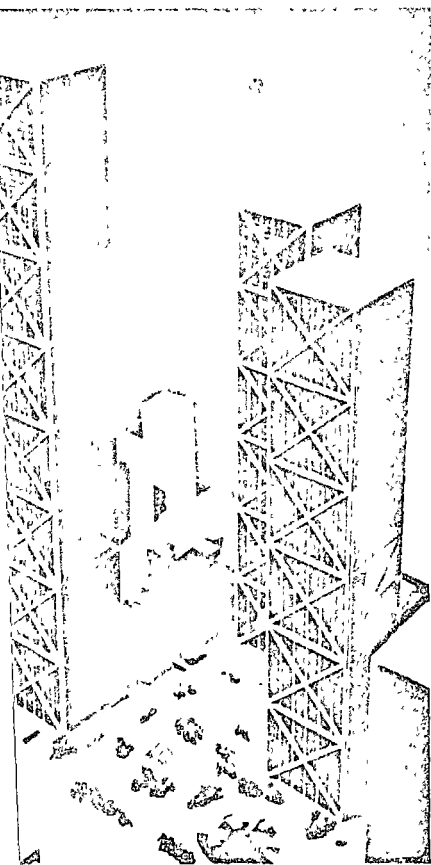
ways be transferred only to the exterior columns, thereby enhancing the inherent capacity of the structure to withstand wind and earthquake loading. Even though there would be some premium for the intermediate transfer trusses, the depth of those transfer trusses could be easily two or three stories; thus the premium spread over the entire building should be relatively small.

Research studies

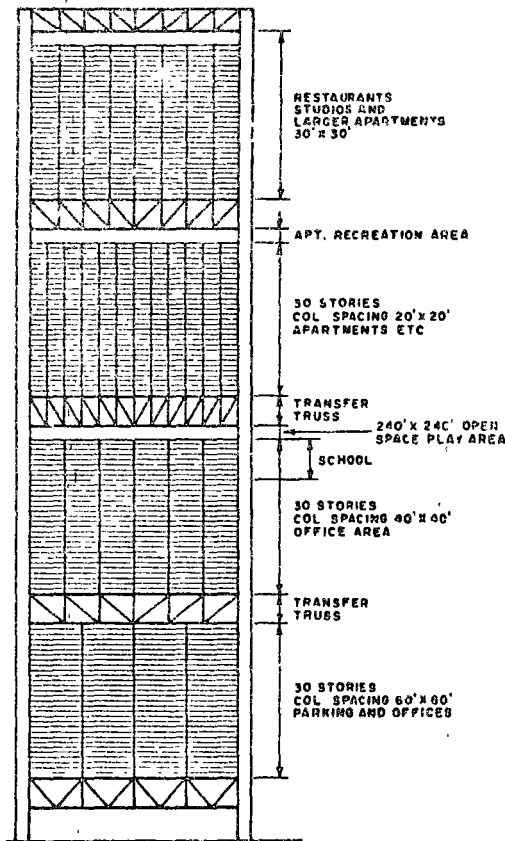
The architectural solutions resulting from this concept have been tried on two recent architectural theses at the Illinois Institute of Technology, under the structural advisorship of the author. A project done by Heinz Sieber raised some interesting possibilities of fenestration for such multipurpose

led to the complete and comprehensive analysis of various structural parameters. These studies proved the original point made earlier, that with the basic John Hancock type of trussed-tube superframe, the premium for height is indeed relatively insignificant even for 150 stories, and that the total structural cost probably could be kept in the same order as that for present day 50- to 60-story buildings. Similar architectural student projects were conducted at the Washington State University under Prof. Peter C. Pran, an IIT graduate. A fifth year student's project by James Meyer (7) is another example of interesting and sensitive superframe type buildings of the future in some of our urban centers.

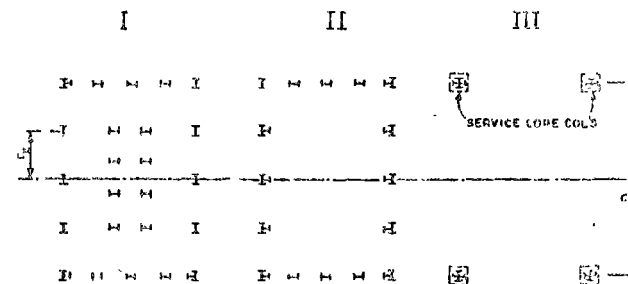
We should recognize that as the scale of the buildings increases in the future to such larger widths, lengths and



7. Integrating superframes into a city



8. Four corner columns supporting superframe.



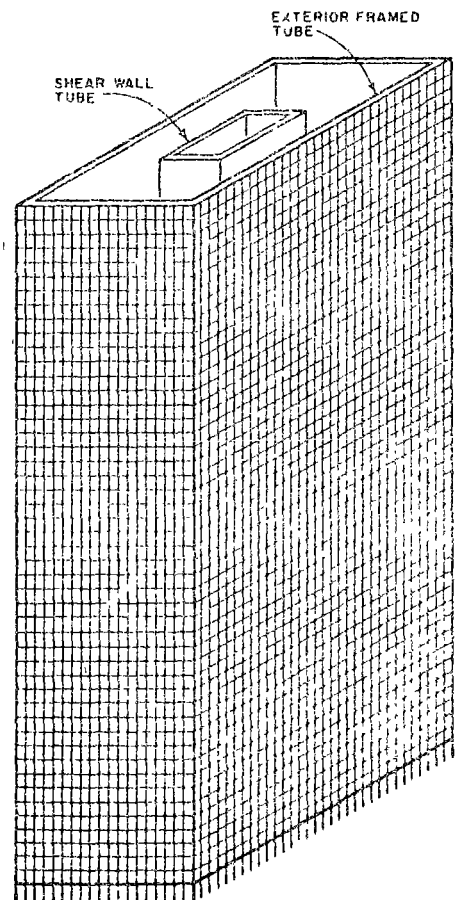
$$I_{XII} = \sum A g_0 \times r_x^2 \quad I_{XIII} = \sum A g \times r^2 \quad I_{XIII} = \sum A g \times \left(\frac{D}{2}\right)^2$$

$$A g > A g_0 \quad \frac{D}{2} > r_x$$

$$I_{XIII} > I_{XII} > I_{XI}$$

9. Floor plan of ultimate high rise

10. Tube-in-tube concept has closely spaced columns.



SCHEMATIC SKETCH OF TUBE-IN-TUBE SYSTEM

buildings as shown in his elevation (5). The entire building would be designed by the structural engineer and the supervising architect, and once the basic skeleton, the superframe, was decided upon, segments of the building for different functions or use could be given to separate investors and architects-engineers to design in an overall coordinated manner. Perhaps all mechanical services and utilities could be included in the base building.

Another recent project at IIT was done by Michael Breiتمان, with Alfred Swenson as architectural advisor. Breiتمان's thesis went deeper into the structural implications of different proportions for such superframes, showing the effect of height on structural steel weight (6, 6a). This project

heights, their successful performance will invariably require enlarging the scale of the city itself the concept of the megablock vs a single city block. The present spacing of street intersections was valid for the horse-and-buggy days, but simply is not compatible with automobile traffic. Whether change will occur or not, will depend on population density, the level of industrialization and the concept of living.

Steel or concrete? Or either?

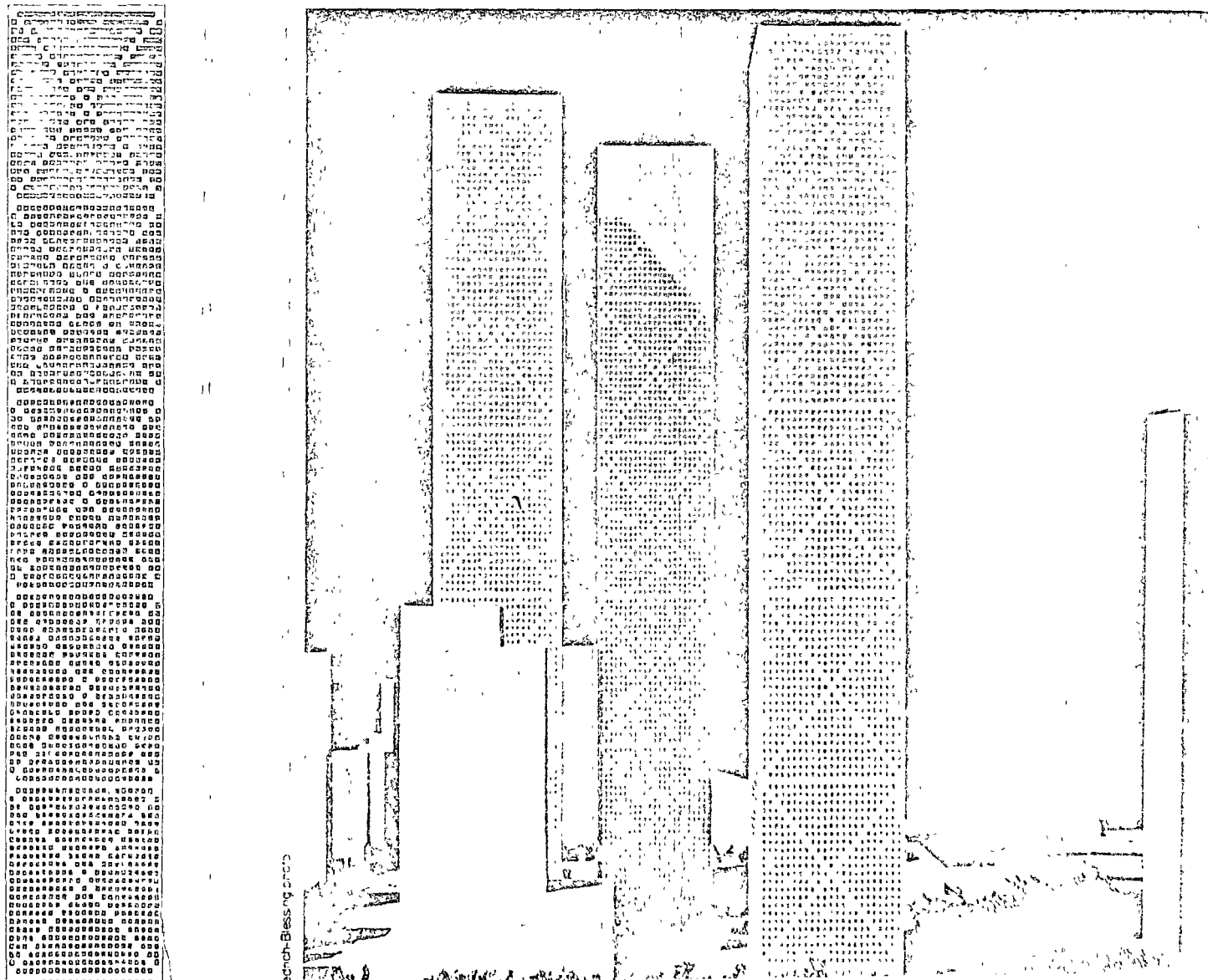
From a purely structural point of view the ultimate question is, what is the most efficient structure for ultra high rise buildings? Because steel was the material used in the first U S skyscrapers, one would tend to look at the steel buildings first. The superframe is the logical method to satisfy the requirements for higher efficiency, stiffness, strength and stability. Progressing from Chicago's John Hancock, which had interior columns, we must consider superframes without interior core columns

The ultimate possible improvement of the structural efficiency is to go from a multicolumn concept to a square tower having only four large corner columns. Logically, this can be arrived at simply (8) The moment of inertia and the effective section modulus of the entire tubular characteristic of the

building are successively increased from the trussed tube (John Hancock) type to the megastructure type truss tube, and finally to the four-corner column type truss tube This then is the ultimate high rise steel building It means that at every 20 floors or so there would be transfer trusses both on the exterior and interior of the building, thereby guaranteeing that all gravity loads in the building flow into the four corner columns. These corners are not going to be small in size, and facing the reality of the situation, one should make the four corner columns the service cores for the building If additional service core area is required, it can be placed anywhere within the basic supermodule of the interior floor system (9).

But what happens with reinforced concrete? Is there any future for its application to super high rise buildings? Experience in reinforced concrete office and apartment buildings of the 1960s clearly pointed to the great advantage of having relatively closely spaced exterior columns, thereby creating the framed-tube concept and the tube-in-tube concept (10). While both of these concepts made it possible to design and construct some tall concrete buildings such as One Shell Plaza in Houston, they were limited by the problem of high bending moment in the columns at each floor. The diagonal-truss tube developed for the John Hancock Center eliminated

11, 12 Concrete could be used for diagonal truss tube, as shown in thesis project with 110-story buildings proposed as a re-design of the Illinois Central redevelopment area



bending moments in the columns and resisted all of the overturning forces, as well as the dead and live loads from each floor by direct compression or tension in the diagonals and columns. Its efficiency could not be surpassed by framed-tube construction. This begs the question whether there can be an equivalent solution in reinforced concrete construction.

The search for this solution leads to the concrete version of the diagonal truss tube. This new concept was tested through a graduate thesis at IIT by Robin Hodgkison under the advisement of architect Myron Goldsmith. The equivalent concrete truss-tube system consists of exterior columns spaced at about 10 ft on centers and blocked out windows at each floor in a diagonal pattern (11). All lateral loads are then directly resisted by the diagonal configuration similar to the diagonals of the truss tube in John Hancock Center. The closely spaced columns primarily carry the gravity loads down to the ground, and they are relatively small since they are not affected by wind loads. The interior of the building would then consist of shear walls, enclosing the service core area, and these shear walls can be partially terminated in the upper floors as the elevators drop off. The clear span of 45-60 ft between the exterior and the interior core provides not only clear open space for office or apartments or commercial use, but the long span also means that a major portion of all loads are transferred to the exterior wall system, thereby assuring increased stability and stiffness of the building as a whole. This system was used in Hodgkison's thesis to demonstrate that high density development projects now being undertaken with a large number of medium rise buildings could be very well redesigned with fewer ultra high rise buildings of this type. This would provide large open spaces at the ground level, creating a much more viable and interesting environment.

The solution developed by Hodgkison was applied on the Illinois Central redevelopment area in Chicago (12) that is, in reality, now being filled with a large number of buildings about 30 stories high. His 110-story buildings, 1450 ft high, that embodied these solutions were realistically engineered and were proved to be practically free of premium for height. The proportions of the columns, the walls and the blocked out windows were architecturally acceptable and structurally buildable. Given the right circumstances, this type of structure will find its way to reality in the near future.

Future forms

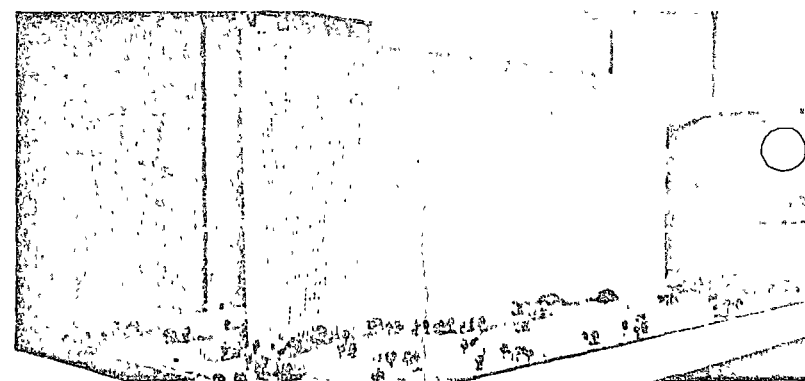
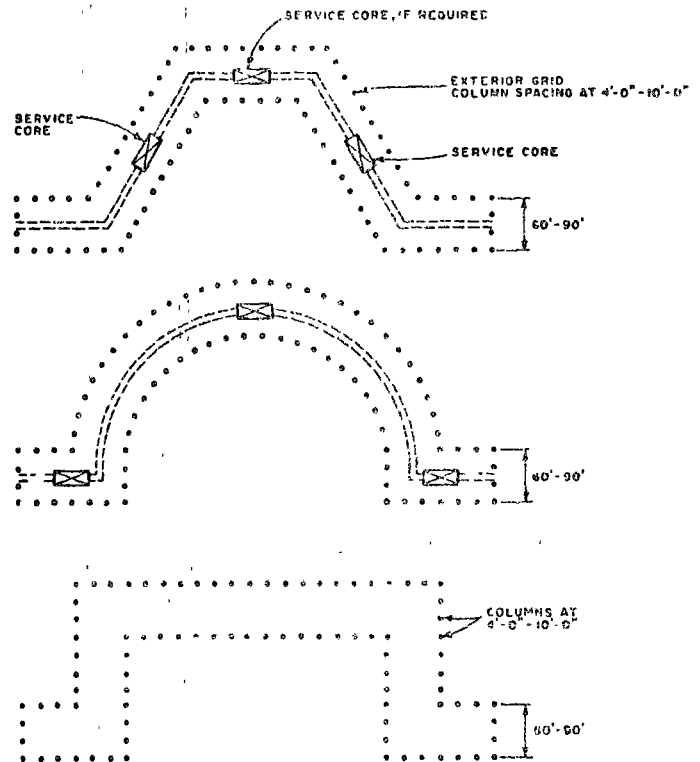
Concrete is a moldable material and its character leads to many unusual forms, while retaining high efficiency in construction. It is through these newer forms that concrete probably will find its use in future ultra high rise buildings for offices and housing in those urban areas of the world where steel is relatively expensive. Form may follow function, but certainly it can also give strength through shaping the entire building into structurally efficient and stable overall shapes.

Take, for example, a typical apartment building in the U.S. that is generally about 70 to 90 ft wide and possibly as long as 200 or 300 ft. The width of each building is naturally limited because of the normal requirement of windows in each room. A double-loaded corridor plus typical living and dining rooms would result in a maximum width of about 90 ft. To build a tall apartment building, therefore, one has to face the reality of

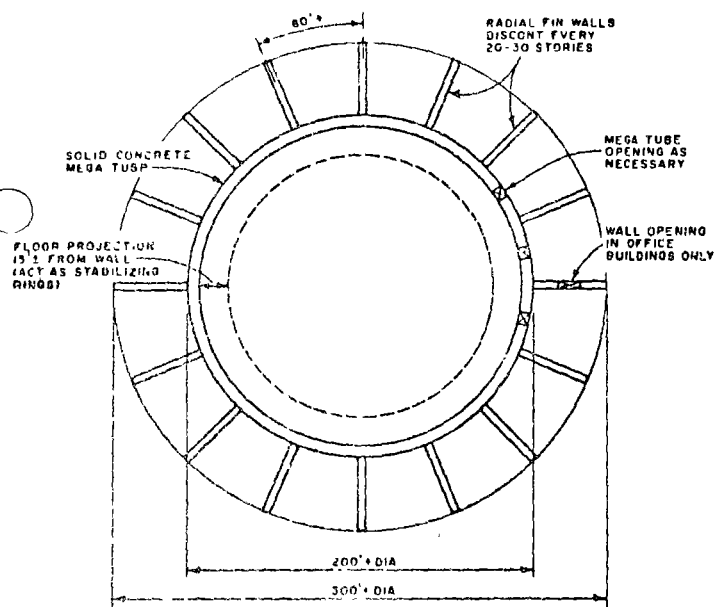
the height-to-width ratio. If the height of the building is more than eight times the width of the building, there is a good chance that the building will be too flexible no matter how it is constructed. Lateral sway under wind load may be perceptible too often to the dwellers and, as a result, such buildings may be structurally adequate but otherwise unlivable. The maximum height of these buildings therefore, would be limited to about 700 ft.

How can we then, if need be, extend the height to 1000 ft or more? One simple, possible way to circumvent this limitation is to curve the entire shape of the building in the form of a folded plate, a channel or a fluted shape (13). This is, in fact, a simple concept used for sheet metal floor and roof decks or in concrete shells. The trick is to create an equivalent thin plate out of each exterior face of the building. This can be done with closely spaced columns on each face of the building, connected by relatively deep spandrel beams running along the façade. A somewhat romantic version of this structural concept was proposed by one of the graduate students at IIT, Alfonso Rodriguez, also under architectural advisement of Myron Goldsmith (14). In reality, these shapes could be arranged in many possible forms and proportions as long as the overall section property of the equivalent thin

13 Stability of various wall shapes would stabilize tall, thin buildings



14 Proposed serpentine shaped apartment project.



15 Hollow megatube wall in concrete.

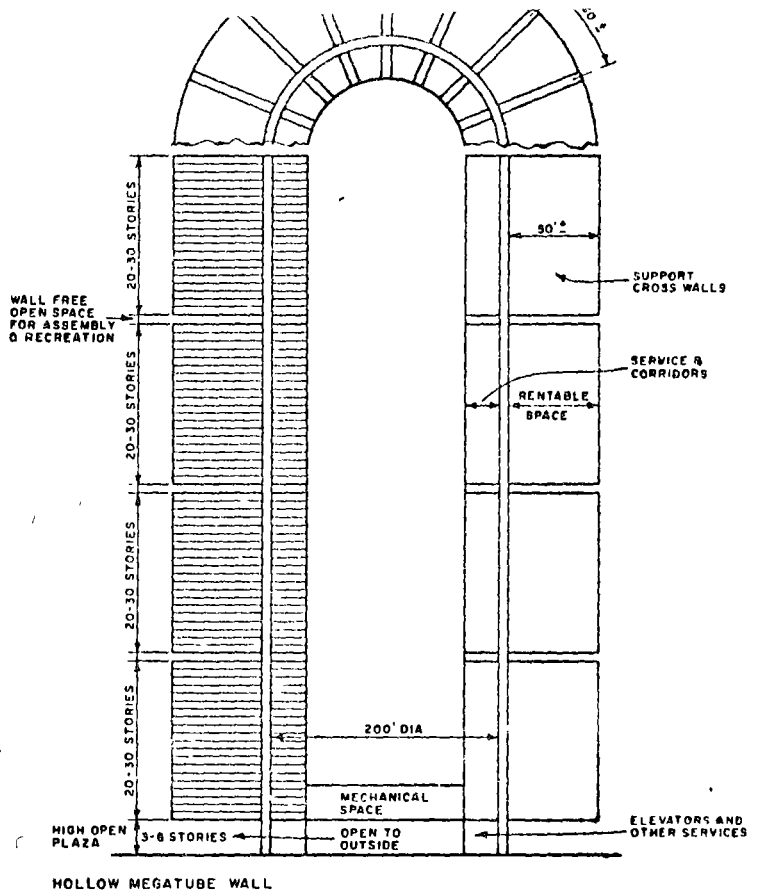
plates on each face of the building provides the required stiffness, rigidity and strength against the overturning forces caused by wind or earthquake.

The character of concrete as a plastic material naturally leads to different forms and shapes for ultra high rise buildings than those of steel. One of these promising future forms could be a single cylinder or square tube of concrete wall from which residential and office complexes project. These projections could be on either side of the hollow tube (15, 15a) Ideally, if the basic hollow tube is, say, 200 ft in diameter, the building can project inside and outside of this tube through cross shear wall diaphragms that are disconnected at, say, every 20 floors to compensate for relative temperature movements. In fact, there could be a completely continuous shear wall radiating out of the tube at intermediate spacings.

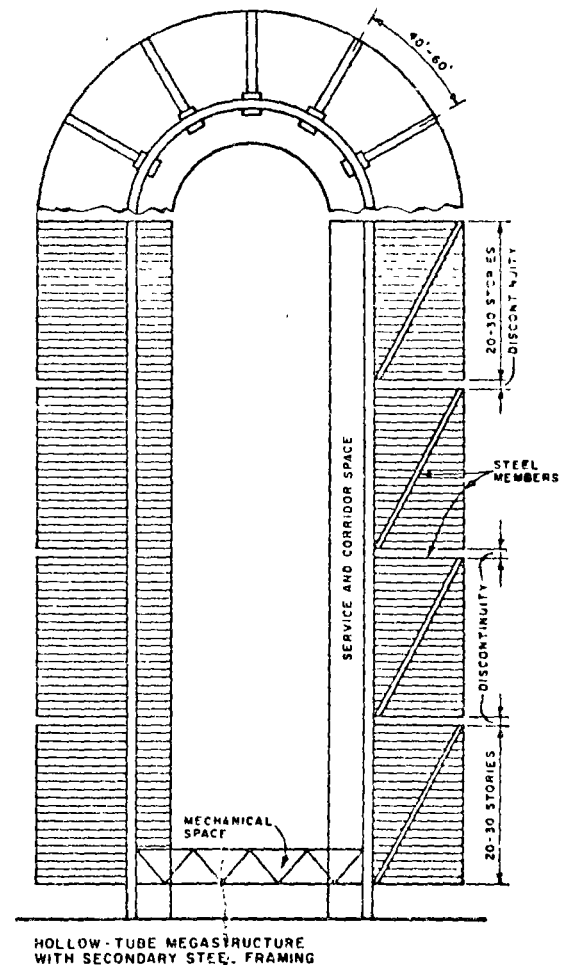
It is also possible to first slip form such a tube and then attach to it the exterior and interior portion of the building through secondary structural steel (16). With this kind of structure, the structural/architectural interaction would lead to interesting environments inside such a tube. One thing becomes clear: the moldability of concrete has almost limitless possibilities in form and shape, and can lead to the concept of a megastructure in which various kinds of multiuse buildings can be planned to create the 24 hr exciting environment of the future. In fact, with such a megastructure tube form, the remaining supporting structures outside or inside could be prefabricated or precast concrete construction for fast erection, perhaps one floor per day.

New systems

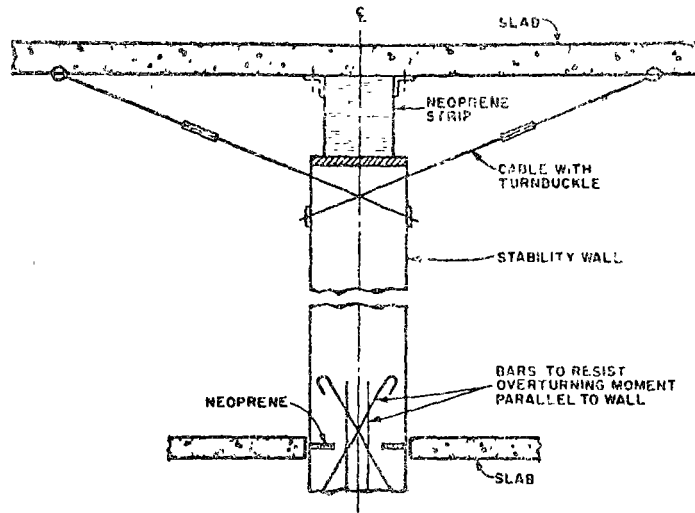
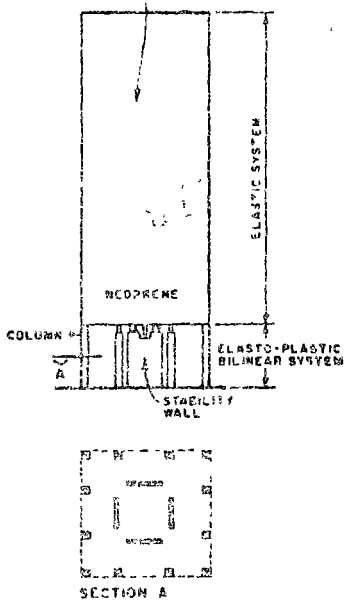
So far, we have been reviewing the future of high rise buildings that are primarily affected by wind load. But, in the U.S., and in almost every other country, there is increasing concern for adequate design for earthquake loading. At present, earthquake structures have been constructed as various refinements of the traditional beam-column type frames, with steel used because of its inherent ductility. But for both steel and reinforced concrete, future buildings must come out of



HOLLOW MEGATUBE WALL
15a Plan (top) and section of hollow megatube structure



HOLLOW-TUBE MEGASTRUCTURE WITH SECONDARY STEEL FRAMING
16 Hollow tube megastructure with secondary steel framing.



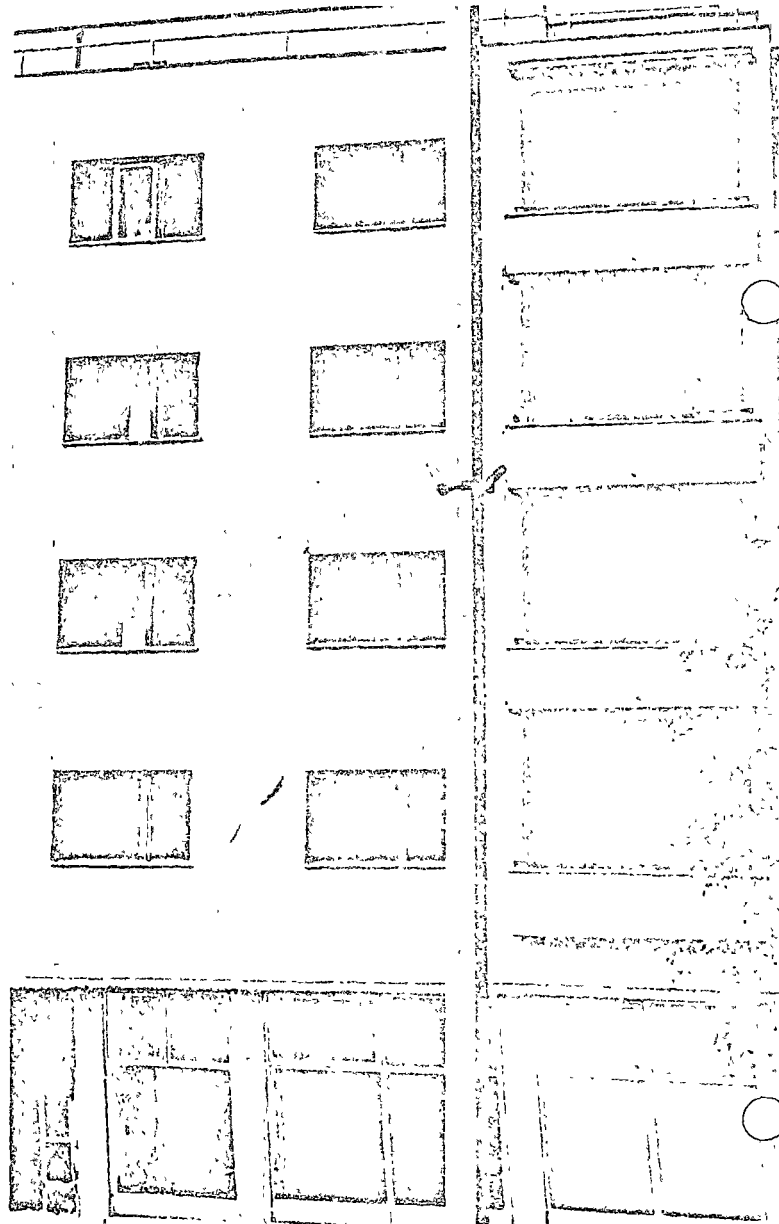
17, 18, 19 Shock absorbing soft story concept of earthquake resistant design would prevent damage as shown below

new systems and approaches to meet the challenges of more efficient office and apartment space.

One distinct possibility is a concept developed by Mark Fintel of the Portland Cement Association and the author, which has been named the Shock Absorbing Soft Story concept. In simple terms, this means that, instead of designing the entire building to resist high earthquake forces, the bottom story of the building is allowed to distort with the earthquake, thereby filtering out most of the resulting forces in that story. The upper stories can then remain relatively unaffected and behave more in the elastic manner. The bottom story is predesigned for calculated lateral distortion and can be adjusted and repaired after any strong earthquake. The concept (17) consists of a series of stability walls in the first story which control excessive displacement of the upper portion of the building in such a manner that the maximum forces in the stability wall never exceed a predesigned maximum (18). Some of the buildings that have survived severe earthquakes behaved somewhat in this manner, except that because those buildings were not designed ahead of time for such distortion, the damages could not be successfully repaired and the losses were heavy (19).

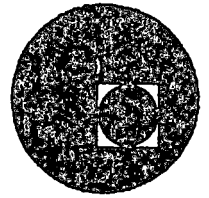
The future of high rise in America, and in fact in the world, depends of course on the future of urbanization and the social attitudes. But if the population density in all parts of the world continues to increase, combined with a higher level of industrialization and more need for urban space for living and working and recreation, it will be hard to avoid buildings that will be taller than those we are building today. Our civilization may never develop in that direction; but if it does, and if we have to erect those buildings, we might as well be prepared to construct them in ways that are socially functional, economically efficient, yet can create interesting, pleasant and exciting new environments in which to live, to work and to play.

Author: Fazlur R. Khan is a General Partner and Chief Structural Engineer of Skidmore, Owings & Merrill, Chicago, Ill.





centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



EDIFICIOS ALTOS



ING. SERGIO GONZALEZ KARG

OCTUBRE DE 1976.

UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR
BUREAU OF LAND MANAGEMENT
DENVER, COLORADO



DESCRIPCION DEL EDIFICIO

.1

- a) Edificio de oficinas con 22 pisos y 4 sótanos.
- b) Servicios integrados de cafetería, Restaurante Shirley's, Sala de Arte de 410 lugares, restaurante de alta cocina, auto-banco, multi-banco, auditorio de 104 plazas, locales comerciales para florería, copiadora, etc. Canchas de tenis para ejecutivos. Helipuerto.
- c) Aire acondicionado en todos los niveles.
- d) 12 elevadores marca Mitsubishi.
- e) Cisterna de 1,500 M3
- f) Sistema programado de bombeo con:
 - Sistema de bombeo con planta de emergencia.
 - Sistema de bombeo con motores Volkswagen
- g) Sistema de alarma a través de computadora que controla los sistemas de:
 - alumbrado,
 - bombeo,
 - seguridad
 - y
 - emergencia.
- h) Capacidad de estacionamiento para 703 carros.

ACABADOS

.2

Cada inquilino decorará su área rentada.

1. Muros para plástico o madera
2. Pisos para alfombra o vinílico
3. Mármol en vestíbulos (Peñuela)
4. Plafones de acustone
5. Mármol Travertino en lambrines
6. Plafón metálico registrados en sanitarios
7. Escaleras de granito
8. Techos de tyrol plástico
9. Planta Baja de mármol gris Tepeaca
10. Muros exteriores Piedra rosa labrada de la Villa
11. Pisos Auto-Banco - Loseta roja
12. Estacionamientos - piso asfáltico colocado en frío

ALGUNAS CANTIDADES DE OBRA EN LA SUPERESTRUCTURA DE PLAZA COMERMEX

1.	Concreto	7,300 M3
2.	Acero de refuerzo	700 Tons.
3.	Cimbra	69,500 M2
4.	Firmes pulidos en pisos	43,900 M2
5.	Pavimento asfáltico	22,200 M2
6.	Mármol en pisos y lambrines	10,600 M2
7.	Pisos de baldosín y adoquín	7,500 M2
8.	Loseta vinílica	5,600 M2
9.	Impermeabilizaciones	13,400 M2
10.	Muros de block	25,000 M2
11.	Protección contra incendio a estructura metálica	64,200 M2
12.	Precolados	11,400 M2
13.	Peso precolados	3,700 Tons.
14.	Mano de obra	2'943,200 horas
14.1.	Igual al trabajos de un obrero por 8 horas diarias durante	1,008 años
14.2	Horas técnico	176,600 horas
14.3	Igual al trabajo de un técnico por horas diarias durante	60 años

DATOS INTERESANTES

.4

Equivalente

Peso total del edificio	51,500 Tons.	53,000 coches Volkswagen
Area construida	67,800 M2	10 canchas de foot-ball
Volumen	334,500 M3	40% de la Pirámide del Sol
Peso de la varilla	300 Tons	500 casas habitación
Concreto	16,000 M3	Pavimentar el zócalo 2 1/2 veces
Cemento	5,000 Tons.	100,000 bultos de 50 Kg. c/u.

DESCRIPCION ARQUITECTONICA DEL EDIFICIO PLAZA COMERMEX

A.

Ubicación

Ubicado en uno de los cruces más transitados de la Ciudad de México, el Edificio Plaza Comermex se localiza en un terreno de 7,000 M2, está rodeado hacia el este por la calle Monte Elburz, al sur por la calle de Moliere, al poniente por el inicio de la Avenida Avila Camacho y al norte colinda con dos casas habitación.

El hecho de estar frente a la fuente erigida a Petróleos Mexicanos y a la zona más arbolada de la Ciudad de México, le permite se le considere como uno de los edificios característicos de la nueva y creciente Ciudad de México.

Conjunto

El conjunto arquitectónico está formado por varios cuerpos unidos entre sí a través de una sola estructura.

El cuerpo 1 está formado por 4 sótanos que ocupan toda la superficie del terreno y se consideran el basamento del conjunto.

Aprovechando el desnivel de un entrepiso entre la lateral de Avila Camacho y la calle de Moliere, sobre esta calle se localizó una zona comercial y la entrada y salida a los estacionamientos que se albergan en dicho basamento.

El cuerpo 2 está dividido en 3 zonas denominadas zona alta, baja e intermedia. Este cuerpo forma el edificio principal que va de planta baja al nivel 22 en la zona alta, al nivel 12 en la zona intermedia y al nivel 10 en la zona baja. A nivel de planta baja el edificio está rodeado de plazas y jardines que servirán de acceso al conjunto.

El cuerpo 3 es un anexo de 2 niveles que se liga al norte del cuerpo del edificio principal por medio de un pasaje localizado en el nivel 1 ó mezzanine.

Capacidad y su Uso

El Edificio Plaza Comermex será destinado para oficinas en sus plantas tipo, comercios en las zonas bajas del edificio, zona bancaria, cine de arte, cancha de tenis y estacionamiento para 700 automóviles localizados en el basamento del edificio. Se estima una población aproximada de 5,000 personas.

Descripción de cada uno de los cuerpos.

Cuerpo 1 (Basamento)

Este cuerpo está bajo el nivel de calle a excepción del sótano más cercano a la planta baja, del lado este del conjunto que dá a la calle de Monte Elbruz.

Los 7,000 M2 de este primer sótano están ocupados por la entrada y salida de automóviles, vestíbulo de elevadores, cuartos de aire acondicionado, subestación eléctrica, zona comercial, sanitarios para empleados de servicios del edificio, intendencia, cuarto de computación, bodegas y estacionamiento para automóviles.

El segundo sótano tiene estacionamiento para automóviles, bodegas, subestación eléctrica de acometida, vestíbulos para 12 elevadores, una escalera y dos rampas circulares.

El tercer sótano tiene estacionamiento para automóviles, bodegas, vestíbulo para 12 elevadores, una escalera de servicio y dos rampas circulares.

El cuarto sótano tiene estacionamiento para automóviles, bodegas, cuarto de bombeo y cisterna de almacenamiento con 1,500 M3 de capacidad, vestíbulo para 12 elevadores, una escalera y dos rampas circulares.

Cuerpo 2 (Edificio Principal)

Este cuerpo está formado por 3 zonas que se fusionan entre sí en su interior y se reflejan por el exterior debido a sus diferentes alturas.

La zona alta es considerada la parte poniente del edificio que se prolonga hasta el nivel 22. La intermedia es la zona común de elevadores y se prolonga hasta el nivel 12 donde se localiza la caseta de motores de 6 elevadores y la zona baja que está del lado este del conjunto, remata el nivel 10 con una flamante cancha de tenis.

La planta baja del edificio consta de un vestíbulo principal que se une a 2 vestíbulos que alimentan a 12 elevadores, una sucursal bancaria, un local comercial y servicios generales.

El primer nivel se comunica a la planta baja con una escalera monumental construida con mármol, aluminio y vidrio. En este nivel se localiza un pasaje comercial muy importante para la vida interior del Edificio.

Del segundo al noveno nivel son plantas tipo para oficinas con área rentable aproximada de 2,700 M2 cada uno y áreas comunes como sanitarios para hombres y mujeres, 3 escaleras de servicio, ductos, cuartos de aseo, bodegas, etc.

En el 10° Piso existe un área rentable de aproximadamente 700 M2, la cancha de tenis, cuarto de aire acondicionado y servicios generales.

En el 11° existe un área rentable de aproximadamente 700 M2, el cuarto de máquinas de 6 elevadores y servicios generales.

Del 12° al 19° nivel son plantas tipo para oficinas, con área aproximada de 750 M2 cada una y servicios generales.

En el 20° nivel hay cuarto de aire acondicionado, subestación eléctrica, cuarto de maquinaria para producción de agua helada y vapor para el aire acondicionado de todo el conjunto.

En el 21° nivel se localiza la caseta de máquinas de 6 elevadores que alimentan la zona alta.

El nivel 22 es la azotea del cuerpo principal con una vista extraordinaria de la Ciudad de México.

Cuerpo 3

Este cuerpo se localiza en la parte norte del edificio principal. En la planta baja hay un telebanco cuya entrada está del lado de la lateral del periférico y la salida es por una rampa recta que desemboca en la calle Monte Elbruz. Hacia la colindancia norte hay un local comercial y del lado oriente hay otro local comercial.

En el 1er. piso existen locales comerciales y un cine de arte con cupo para 414 personas.

En la colindancia nor-poniente, entre planta baja y 1er. piso hay un auditorio con cupo para 100 personas, este auditorio cuenta con equipo de traducción simultánea a tres idiomas, proyección, cine de 8 y 16 mm.

La liga de este anexo y el edificio es a través de un paso a cubierto en planta baja y un pasaje en 1er. nivel. En este pasaje existe la única junta constructiva del conjunto.

Materiales de acabados

Los materiales usados en los exteriores armonizan con todo el conjunto. Los muros son de piedra rosa de la Vila en grandes bloques que contrastan con el acabado de laja de mármol blanco utilizado en las columnas precoladas.

Los pisos exteriores fueron recubiertos con loseta prensada de barro rojo. Las fachadas recubiertas con precolados arquitectónicos, ventanería de aluminio anodizado duranodic, vidrios solar bronce en fachadas oriente-poniente y en la fachada sur se colocó vidrio espejo importado.

En los pisos de planta baja y 1er nivel se colocó piso de mármol Tepeaca y lambrines de tableta de aluminio anodizado Duranodic.

Los pisos de baños y vestíbulos de elevadores de las plantas tipo son de mármol Peñuela y en los lambrines se colocó mármol Travertino.

Los plafones son de Acustone y Sheet-Rock recubierto con tirol planchado.

Instalaciones

Sonido
Seguridad
Aire Acondicionado
Eléctrica
Hidráulica y Sanitaria
Elevadores.

COMPARACION

EDIF. TORRE LATINO

PLAZA COMERMEX

Altura	139 M.	90 M.
Area construida	27,700 M2	67,800 M2
Area rentable	21,000 M2	36,400 M2
Area estacionamiento	- - -	25,800 M2
Area servicios	6,700 M2	5,600 M2
Peso total del edificio	24,100 Ton.	51,500 Ton.
Volumen	91,000 M3	334,500 M3
Capacidad de refrigeración	516 Ton.	1,050 Ton.
Ventanerfa	4,400 M2	13,500 M2
Elevadores	8 piezas	12 piezas
Capacidad en kilowatts	3,000 Kw.	6,000 Kw.
Teléfonos	800 líneas	1,500 líneas
Muebles Sanitarios	479 piezas	595 piezas



DIRECTORIO DE PROFESORES DEL CURSO EDIFICIOS ALTOS

ING. SALVADOR AGUILAR REZA
GERENTE DE DISEÑO Y SUPERVISION
DISEÑO Y CONSTRUCCION, S.C.
EMPRESA 136
COL. INSURGENTES MIXCOAC
Z.P.19
TEL.: 563.59.00

ARQ. AUGUSTO HAROLDO ALVAREZ GARCIA
LAZCANO 20 ANTES 4
SAN ANGELINN
MEXICO 20, D.F.
TEL.: 550.10.23

ING. MANUEL DE ANDA FLORES
OBRAS CIVILES E INDUSTRIALES, S.A.
PUEBLA 387-2°
MEXICO 7, D.F.
TEL.: 533.08.30, 31 Y 32

ING. OSCAR DE BUEN LOPEZ DE HEREDIA
GERENTE GENERAL
COLINAS DE BUEN S.A.
V. MIGUEL A. 190
COL. NARVARTE
MEXICO, D.F.
TEL.: 519.72.40

ARQ. MANUEL DE LA COLINA RIQUELME
SOCIO
MESTRE Y DE LA COLINA A.P.
MELCHOR OCAMPO 463-DESP. 104
COL. ANZURES
MEXICO, D.F.
TEL.: 525.01.36 Y 35

DR. OSCAR MANUEL GONZALEZ CUEVAS
DIRECTOR DE PLANEACION Y DESARROLLO
U A M
MEXICO, D.F.
TEL.: 576.65.29 576.79.00 EXT. 32

ING. SERGIO GONZALEZ KARG
DIRECTOR
GONZALEZ KARG Y ASOCIADOS S.C.
MONTE ATHOS 165
LOMAS DE CHAPULTEPEC
MEXICO 10, D.F.
TEL.: 540.70.50 Y 520.14.23

DIRECTORIO DE PROFESORES DEL CURSO EDIFICIOS ALTOS

ING. ROBERTO MELI PIRALLA
COORDINADOR DE ESTRUCTURAS DE MATERIALES
INSTITUTO DE INGENIERIA, UNAM
TEL.: 548.97.94

ARQ. ALBERTO REBORA TOGNO
JEFE DEL CENTRO DE ESTUDIOS DEL MEDIO AMBIENTE
UAM
UNIDAD AZCAPOTZALCO
TEL.: 561.37.33 EXT. 187 Y 561.29.46 Y 38

ARQ. FELIX SANCHEZ AGUILAR
SOCIO
SANCHEZ ARQUITECTOS Y ASOCIADOS
TABASCO 327
MEXICO, D.F.
TEL.: 511.96.44

ING. GUILLERMO SPRINGALL CARAM
DIRECTOR GENERAL
GEOTEC S.A.
LONDRES 44
COYOACAN
TEL.: 544.20.85

ING. VICENTE VILLASEÑOR BIANCHI
GERENTE GENERAL
FERVI, S.A.
STA. TERESA 64
MEXICO 9, D.F.
TEL.: 558.66.11 Y 558.37.05 DIRECTO

ING. JULIO LIMON
SUPERINTENDENTE
ESTRUCTURAS Y CIMENTACIONES S.A.
MINERIA 145 ENTR ADA 5-3°PISO
TEL.: 516.04.60 EXT. 118

P.E. LESS ROBERTSON
200 PARK AVE.
NEW YORK 10017

P.E. JOHN R. URYNI

EDIFICIOS ALTOS

ING. JORGE CEBRIAN AGUIAR
DIRECTOR GENERAL
CIA. CONTRATISTAS ASESORES EN INTALACIONES A.A.
TEHUANTEPEC 257-6°
COL. ROMA SUR
TEL.: 564.99.00

ING. JOSE LUIS HERNANDEZ GALAN
GERENTE DE INGENIERIA
ELEVADORES OTIS, S.A. DE C.V.
ABEDULES 75
COL. STA. MA. INSURGENTES
TEL.: 541.60.00

ING. SERGIO HERRERA MUNDO
GERENTE GENERAL
G. H. A. Y ASOCIADOS S.A.
DAKOTA 423
COL. NAPOLES
TEL.: 523.04.85 Y 543.44.74

ING. SALVADOR MUÑOZ ESCALANTE
DESPACHO PARTICULAR
INSURGENTES SUR 594-202
MEXICO, D.F.
TEL.: 543.20.31



DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO DE EDIFICIOS ALTOS (DEL 20 DE SEPTIEMBRE AL 15 DE OCTUBRE DE 1976)

NOMBRE Y DIRECCION

NOMBRE Y DIRECCION

1. ING. ANTON'O ALVAREZ PEREZ
Pulacayo No. 16
Col. Lindavista
México, D. F.
Tel: 5860679

2. JACINTO AVALOS RAZ-GUZMAN
Av. Copilco No. 76 A5/204
San Angel
México 20, D. F.
Tel: 5481794

3. ING. FACUNDO AYALA FIGUEROA
Quemada No. 50
Col. Narvarte
México 12, D. F.

COMITE ADMINISTRADOR DEL PROGRAMA
GENERAL DE CONSTRUCCION DE ESCUELAS
México, D. F.

4. JOSE RAUL BRAVO GARCIA
Tajfn No. 618 Bis
Col. Narvarte
México 13, D. F.
Tel: 5751645

5. ING. OSCAR BORREGO ELIZONDO
Edif. E-3 Depto. 32
Col. Torres de Mixcoac
México 19, D. F.
Tel: 5938332

BUFETE INDUSTRIAL DISEÑOS Y PROYECTOS,
S.A.
Tolstoi No. 22
Col. Anzures
México 19, D. F.

6. ARQ. MIGUEL A. CALDERON JIMENEZ
Av. Universidad 2042-704
Copilco Universidad
México 20, D. F.
Tel: 5485854

DESPACHO DE ARQUITECTOS
Torres Adalid No. 21
México, D. F.

7. ARQ. JOSE CARIDAD MATEO
Plaza de las Vizcainas No. 15-7
México 1, D. F.
Tel: 5212186

CONSTRUCTORA LACAR, S.A.
Plaza de las Vizcainas No. 15-7
México, D. F.

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO DE EDIFICIOS ALTOS (DEL 20 DE SEPTIEMBRE AL 15 DE OCTUBRE DE 1976)

<u>NOMBRE Y DIRECCION</u>	<u>NOMBRE Y DIRECCION</u>
8. ING. PEDRO ESPARZA S. Rfo Atoyac 26-13 Col. Cuauhtémoc México 5, D. F. Tel: 5116790	SERVICIOS INDUSTRIALES PEÑALES Paseo de la Reforma No. 383-14 México, D. F.
9. ING. ANDRES E. FERNANDEZ AVILES Retman No. 23 Los Robles México 22, D. F. Tel: 5443861	OFATEC MEXICO, S. A. DE C. V. Liverpool 88-401 México 6, D. F.
10. ING. MANUEL FLISSER S. Bosques de Guayacanes No. 31 Bosques de las Lomas México 10, D. F. Tel: 5962164	HERMAN FLISSER ASOCIADOS, S.C. Aguascalientes No. 199-P.H. Col. Hipódromo Condesa México 11, D. F. Tel: 5743281
11. ING. FRANCISCO GARCIA JARQUE Monclova 67-401 Col. Roma Sur México 7, D. F. Tel: 5843852	GARCIA JARQUE A.P. INGENIEROS CIVILES Av. Baja California No. 206-402 México, D. F.
12. ING. SALVADOR MEDINA RIVERO Ave. Revolución 314-403-B Col. Tacubaya México 18, D. F. Tel: 5168969	CENTRO DE EDUCACION CONTINUA Tacuba No. 5-1o. Piso México, D. F.
13. ARTURO MUÑOZ CUETO Emiliano Zapata No. 104 Col. Pradera Cuernavaca, Mor.	
14. ING. ALFONSO OLIVARES C. Círculo Economistas No. 66 Cd. Satélite Edo. de México Tel: 5628506	HOJALATA Y LAMINA, S.A. Paseo de la Reforma No. 116-5o. Piso México, D. F.

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO DE EDIFICIOS ALTOS (DEL 20 DE SEPTIEMBRE AL 15 DE OCTUBRE DE 1976)

<u>NOMBRE Y DIRECCION</u>	<u>EMPRESA Y DIRECCION</u>
15. ENRIQUE RAMIREZ PERALTA Bosque del Hayar No. 6 La Herradura México 10, D. F. Tel: 5892188	
16. ARTURO RIOS SANTOS CRUZ PCLANCO Agricultura No. 95 Col. Escandón México 18, D. F. Tel: 5157094	MOTA VELAZCO Y ASOCIADOS Av. San Jerónimo No. 508 México, D. F.
17. ING. ENRIQUE A. ROA ORDOÑEZ Benjamín Hill No. 12 Héroes de la Revolución México 10, D. F. Tel: 5895474	SECRETARIA DE LA DEFENSA NACIONAL Lomas de Sotelo México, D. F.
18. ING. ENRIQUE SALDAÑA TOULET Calle Convento San Lorenzo No.8 Jardines de Santa Mónica México, D. F. Tel: 3971668	BUFETE INDUSTRIAL DISEÑOS Y PROYECTOS, S.A. Tolstoi No. 22 México, D. F.
19. ROBERTO WONG URREA San Bernabe No. 393 San Jerónimo México 21, D. F. Tel: 5951645	SECRETARIA DE LA PRESIDENCIA Paseo de la Reforma No. 445-11o.Piso México, D. F.

C

C

C

U