

00164 3
2ej



EFFECTO DE LA EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA EN LA ARQUITECTURA
MEXICANA EN LA PRIMERA MITAD DEL SIGLO XX.

MA. ISABEL CÁRDENAS VALDÉS

273695



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

EFFECTO DE LA EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA EN LA ARQUITECTURA
MEXICANA EN LA PRIMERA MITAD DEL SIGLO XX.

Tesis que presenta

MA. ISABEL CÁRDENAS VALDÉS

para obtener el grado de maestra en

arquitectura - tecnología

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

FACULTAD DE ARQUITECTURA

MCMXCIX



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

JURADO

Presidente:

M. en Arq. Francisco Reyna Gómez

Vocal:

M. en Arq. Gemma Verduzco Chirino

Secretario:

Dra. en Arq. Dulce María Barrios y Ramos García

Sinodales suplentes:

M. en Arq. Alejandro Rojas Contreras

M. en Arq. Jorge Rangel Dávalos

AGRADEZCO

AL MAESTRO FRANCISCO REYNA GOMÉZ POR SUS CONOCIMIENTOS Y POR ANIMARME A CONTINUAR CON LA INVESTIGACIÓN QUE DARÍA COMO RESULTADO ESTA TESIS.

A LA DRA. DULCE MARÍA BARRIOS Y RAMOS GARCÍA POR SU CONFIANZA Y AMISTAD. POR CREER EN MÍ, POR COMPARTIR SUS VALIOSOS CONOCIMIENTOS. POR SU GUÍA SIN LA CUAL ESTE TRABAJO NO SERÍA LO QUE ES, ASÍ COMO POR INCULCARMEL INTERÉS PARA PROPONER SOLUCIONES QUE MEJOREN LA ENSEÑANZA Y LA PRÁCTICA DE LA ARQUITECTURA.

A MIS ASESORES: DRA. GEMMA VERDUZCO CHIRINO Y MTO. JORGE RANGEL DÁVALOS, POR SU ESTÍMULO, APORTACIONES Y COMENTARIOS QUE AYUDARON AL MEJORAMIENTO DEL PRESENTE TRABAJO.

| ÍNDICE | | pag. |
|---|----|------|
| INTRODUCCIÓN | 1 | |
| I ANTECEDENTES EN LA CIUDAD DE MÉXICO DE 1900 A 1950 | | |
| Contexto económico, político y social | 4 | |
| Contexto educativo y arquitectónico | 8 | |
| Conclusión | 19 | |
| II NUEVAS TECNOLOGÍAS DURANTE 1900 A 1950 | | |
| Hierro, fierro, acero | 22 | |
| Concreto | 31 | |
| Otros materiales complementarios | 37 | |
| Su consecuencia en la práctica de la arquitectura | 41 | |
| Conclusión | 47 | |
| III CASOS DE ESTUDIO | | |
| El Palacio de Hierro (1888) | 49 | |
| | | 53 |
| | | 67 |
| | | 79 |
| | | 92 |
| | | 100 |
| | | 109 |
| | | 113 |
| IV EL CONOCIMIENTO TECNOLÓGICO EN LA ENSEÑANZA DE LA ARQUITECTURA | | |
| La Academia de Bellas Artes | | 115 |
| Escuela Nacional de Arquitectura UNAM plan Villagrán | | 118 |
| Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura; Instituto Politécnico Nacional y el Tecnológico de Monterrey | | 121 |
| Conclusión | | 128 |
| CONCLUSIONES FINALES | | 133 |
| BIBLIOGRAFÍA | | 136 |
| INDICE DE ILUSTRACIONES | | 142 |

INTRODUCCIÓN

Nos encontramos a un paso de fin de siglo, al inicio de un nuevo milenio, éste es el momento idóneo para evaluar, rescatar o renovar la función del proceso constructivo en la Arquitectura. Con el propósito de enriquecer y mejorar los resultados arquitectónicos

La presente investigación tiene como propósito realizar una evaluación de los procesos constructivos en los edificios de la ciudad de México a principios de este siglo, para conocer la articulación que hubo entre el conocimiento tecnológico y la evolución del concepto de diseño en esta época. Así mismo se estudiará la evolución que han experimentado dichas técnicas en el transcurso de los últimos cien años, con la finalidad de mostrar que son vigentes, eficientes y en algunos casos la mejor opción que no se considera, simplemente por que no han sido aprendidas, pero que deben ser reintegradas a las formas actuales de edificación. Hecho que denota la gran importancia de incrementar la diversidad temática en la enseñanza

tecnológica en la formación de los arquitectos, conocimientos que mejoraran las soluciones a los problemas actuales o sustento de nuevos desarrollos tecnológicos que puedan convertirse en factores importantes para el desarrollo del diseño arquitectónico.

Estas técnicas mexicanizadas*, concebían la construcción como una unión armónica entre tecnología y estética lo que permitió la existencia de edificios óptimos en estructura, estética y funcionalidad. La arquitectura actual, olvidando sus inicios, da énfasis sólo a la forma, a la belleza óptica de la construcción, dejando en un segundo plano el proceso constructivo, a pesar de que sin éste no es posible la construcción, esto limita el proceso de diseño, al privarlo de uno de sus instrumentos fundamentales: la tecnología, herramienta indispensable del diseño, la cual amplía las opciones de una mejor propuesta de diseño.

Lo antes expuesto hace necesario que investigadores y estudiosos de la tecnología aporten nuevas técnicas y/o soluciones al proceso constructivo que responda al momento

* variación que sufren las técnicas, tomando en cuenta los recursos y necesidades en México.

histórico que vivimos, aportando una tecnología adecuada al medio ambiente, y al contexto económico y cultural.

Este estudio cronológico de los edificios de la ciudad de México está dividido en tres capítulos. El primero dedicado a los antecedentes, se realiza una descripción breve del contexto con relación de cómo algunos eventos fomentaron este desarrollo tecnológico durante 1900-1950.

En el segundo capítulo se describen los principales procesos y su impacto en la evolución de la arquitectura mexicana durante este mismo período, iniciando con el acero, del cual se analizan el nivel de conocimiento a principios de siglo y su desarrollo hasta 1950. En segundo término se explican los atributos y aplicaciones del concreto. Los avances que permitieron estos materiales, sus características físicas, aportación y ejemplos, además se mencionaran otros materiales que contribuyeron a este desarrollo.

El tercer capítulo se enfoca a estudiar casos típicos, analizando su proceso constructivo, explicando sus aportaciones y trascendencia en la enseñanza y la práctica

de la arquitectura; la selección de dichos edificios se realizó tomando en cuenta tanto la utilización de nuevas tecnologías, como su participación en la realización del diseño.

Con esta investigación se pretende demostrar que el conocimiento tecnológico es una herramienta para mejorar las soluciones del diseño arquitectónico, y que es responsabilidad de los encargados de la enseñanza de la arquitectura enfatizar este conocimiento dentro de los planes de estudio, así como la investigación de nuevos materiales y procedimientos, que ayuden a recibir un nuevo siglo acorde a las necesidades que la época va requiriendo, soluciones reales que no nos lleven al simple trámite de repetir soluciones formales que frecuentemente no son las adecuadas, lo que evidentemente limita el desarrollo del diseño arquitectónico y la generación de una arquitectura integralmente eficiente.

El proceso de investigación requirió de una extenuante y larga tarea de búsqueda bibliográfica. Recorrí un gran número de bibliotecas y archivos en busca de los documentos y

I ANTECEDENTES EN LA CIUDAD DE MÉXICO DE 1900 A 1950.

Contexto económico, político y social

En la etapa porfirista, el papel del Estado se destacó por la solidaridad con los impulsos externos de transformación capitalista, colaborando en toda su capacidad con los intereses de exportadores e inversionistas extranjeros y protegiendo celosamente las fuertes utilidades que éstos obtenían. También garantizó la seguridad que requerían los países expansionistas y los capitales nacionales con una serie de medidas políticas y administrativas que facilitaron su acción, pacificando el país con la centralización del poder y mano dura. El sector público, fuertemente apoyado por la burguesía y al servicio de ésta, fortaleció su influencia al cobrar crédito debido a su política de saneamiento de las finanzas públicas y al subsanar la deuda exterior llevada por largo tiempo sobre los hombros de la economía nacional. Los ingresos de la

federación fueron acrecentados con el auge de exportaciones y por la política de deslinde y apropiación de baldíos. Así el estado cobró importancia como promotor y protector de transformaciones: acción empresarial, integración del territorio nacional con vastas obras de infraestructura como los telégrafos, los ferrocarriles, y estimulando la producción de diversos sectores.

A través de la prensa, revistas y crónicas urbanas, en los últimos años del siglo XIX se lleva a cabo una intensa propaganda que intenta demostrar que finalmente se había establecido el orden en la Ciudad de México, fundamentándose en el material logrado. La realidad urbana, enormemente compleja en una coyuntura tan importante, se redujo a unos cuantos elementos.

El mito se basó en las buenas condiciones de infraestructura y servicios de las colonias burguesas, las calles céntricas pavimentadas y el alumbrado, así como la modernidad de Avenida Reforma y el bosque de Chapultepec; lo que centró el concepto de ciudad manejado con fines demagógicos. Pero se trataba de una imagen parcializada que

no obstante, se constituyó en prueba científica de progreso, orden material y capacidad de organización para patentizar la eficacia del régimen y de los capitalistas.

En el porfiriato dado su vínculo con Francia y las otras potencias fue posible importar y conocer y posteriormente producir, primero fierro colado y luego acero.

A partir de la década de 1900, iniciada la lucha por el derrocamiento del régimen de Porfirio Díaz, ésta se prolonga después de la traición a Francisco I. Madero y su muerte. El Estado porfirista, como elemento aglutinador inicia una serie de movimientos entre facciones que no llegan a consolidar un poder estable.

Al endeble régimen de Eulalio Gutiérrez, apoyado por la Convención de Aguascalientes, sigue al de Venustiano Carranza (1917-1920), que logra consolidarse precariamente. Se inician así los gobiernos posrevolucionarios.

Al término de la Revolución, el Movimiento Constitucionalista tiene como tarea principal reconstruir, proponer y consolidar las instituciones y organismos del gobierno y activar el desarticulado proceso económico. Para

esto es preciso actuar como propulsor y árbitro de la consolidación social.

La reactivación del proceso económico comprende estímulos a inversionistas; control de obreros (CROM); lento reparto agrario (cuatro millones de hectáreas de 1917 a 1930 entre ochocientos campesinos, que representaban el 70% de la población económicamente activa); y favorecimiento del proceso de industrialización que había decrecido desde 1910.



1. Paseo de la Reforma, la modernidad urbana llegaba a la ciudad a principios de siglo.

A su vez el proceso de urbanización de las ciudades se acentuó pasando de 11.7% en 1910 al 14.7% en 1921, y sumando el 17.5% en 1930. La ciudad de México pasó de 469,960 habitantes en 1910, a 903,063 habitantes en 1920 y 1'238,202 en 1930. La construcción, que ocupó el 12.5% del producto interno bruto en 1921, subió al 19.4% en 1930. (Solís. 1973)

Con el asesinato de Venustiano Carranza en 1920, y tras el breve período de cinco meses de Adolfo de la Huerta, llega al poder Alvaro Obregón. El último que asume el poder por medio de un levantamiento militar, lo que le da oportunidad de establecer un control sobre las distintas facciones en pugna y, a pesar de que existieron intentos de levantamientos, se pudo controlar y mediatizar el poder del ejército, aunque existía una libertad relativa de jefes militares que sólo con el tiempo fue posible disminuir. Debido a este clima de incertidumbre, el crecimiento económico fue sumamente lento (0.6% de 1921-24) y con poca participación del Estado, hasta el régimen de Calles.

Alvaro Obregón inicia en noviembre de 1923, el movimiento a favor de Adolfo de la Huerta, que pronto es seguido por un numeroso grupo de generales. Sin embargo, este levantamiento es liquidado y se asegura así la continuidad del régimen. Ocupa entonces la presidencia Plutarco Elías Calles (1924-28), que consolida e institucionaliza el movimiento posrevolucionario. El gobierno, en este período, a través de la Secretaría de Hacienda reorganiza la actividad económica creando el Banco de México y renegociando la deuda externa; con esto se quintuplicó el crecimiento del producto interno bruto de 1924 a 1929.

El país estaba desunido y sólo con el reparto del poder se pudo atraer a algunos jefes militares y eliminar a otros. Esto favoreció la formulación de camarillas que se aglutinaban alrededor de caudillos o líderes en pugna con sus rivales. Aunque se dieron intentos repetidos de rebelión (Adolfo de la Huerta, 1923) éstos no prosperaron y aceleraron el proceso de hegemonía política, consolidándose en el poder Plutarco Elías Calles.

La necesidad de estabilizar lleva a la creación de un partido político que aglutinó las diversas facciones revolucionarias una vez que fueron eliminados sus líderes principales.¹

Así, la nascente élite del poder se fusiona en el partido oficial (PNR 1928) que resulta de una coalición de distintas facciones de militares, caciques regionales y líderes obreros y campesinos. Esta acción logró estabilizar las distintas corrientes que se enfrentaron a raíz del alzamiento en 1927 de Serrano y Gómez, que son eliminados; pero sobre todo como consecuencia del asesinato de Obregón en 1928, cuando intentaba reelegirse. Se convoca a los jefes militares para solucionar la situación de tensión y finalmente se designa a Emilio Portes Gil como presidente provisional. Al término de su gestión surge otro serio enfrentamiento con la postulación de Vasconcelos para la presidencia y el levantamiento de Escobar en 1929, que pronto fue sofocado.

La designación de Pascual Ortiz Rubio, la liquidación de la corriente vasconcelista y la consolidación del partido en el poder, permitieron a Calles centralizarlo, iniciándose la etapa del maximato (1928-1934). Esta etapa, se nombro así por la influencia ejercida por Plutarco Elías Calles sobre los gobiernos de Emilio Portes Gil (1928-30), Pascual Ortiz Rubio (1930-32) y Abelardo Rodríguez (1932-34), fue rica en acontecimientos de toda índole que conformaron una nueva sociedad con requerimientos distintos.

México era un país visto, desde fuera y desde dentro, como un territorio de enormes extensiones vírgenes y poco habitadas. En 1935, se calculaba que en la República Mexicana había 18'480,801 habitantes, de los cuales 1'447,274 se concentraban en el Distrito Federal. Con esta visión de baja densidad poblacional, inicio una campaña de repatriación de los mexicanos que habían emigrado, sobre todo a los Estados Unidos, en busca de fuentes de trabajo y mejores condiciones de vida. Fue en 1937 cuando se lanzó un llamado a los mexicanos que residían del otro lado de la frontera para retornar al país y así aumentar el número de

¹ Emiliano Zapata y Felipe Angeles muertos en 1919; Venustiano Carranza, muerto en 1920; Felipe Carrillo Puerto, en 1924; F. R. Serrano, en 1927; Alvaro Obregón, en 1928; Creación en 1928 del PNR (Partido Nacional Revolucionario) por Elías Calles.

arquitectos), los arquitectos fueron considerados artistas, debido a esto la edificación urbana se encomendó a los ingenieros en demérito de los arquitectos², quienes de esta manera se vieron desplazados de la edificación urbana.

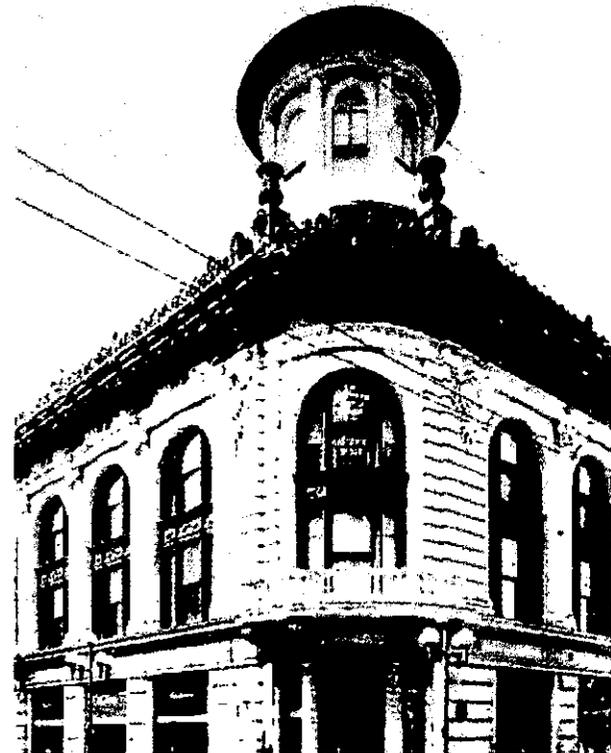
Esto posibilitó, a partir de 1903, a los ingenieros, cualquiera que fuera su especialidad (militares, industriales de minas y civiles), a obtener licencias de construcción para la edificación de obras civiles, desplazando a los arquitectos nacionales y beneficiando a los extranjeros. Dando como resultado obras que correspondían a un diseño y una tecnología importados de Europa, sin contextualización a la ciudad de México.

Las obras realizadas durante esta época, acusan el eclecticismos más completo rayando en el despropósito, dando cabida tanto al estilo renacentista italiano, como al pseudo gótico, al modernismo y neoromano.

Con la paz porfiriana se volvió la mirada hacia un tipo de vida refinado y al embellecimiento de las ciudades con la

erección de grandes edificios oficiales, lo que corrió a la par con la construcción de espléndidas residencias particulares.

Durante esta etapa, el diseño arquitectónico correspondía al academicismo, a pesar de eso, existía vinculación entre éste y la tecnología que se estaba importando.



2. Casa Baker, el uso de nuevas tecnologías, con acero

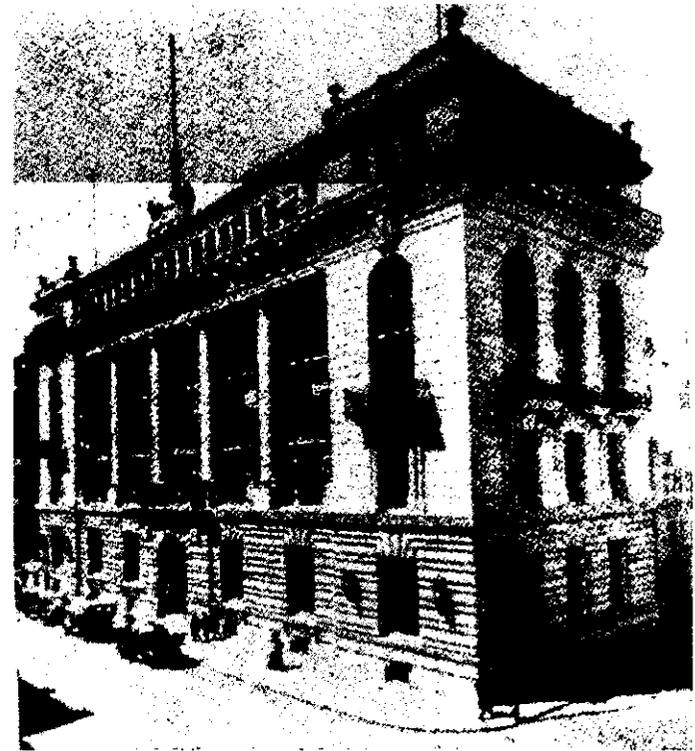
² En 1795 y 1796 la Academia incluye dentro del programa de estudios la técnica de las montañas, cálculo de arcos y bóvedas, materias de construcción, formación de cimbras, andamios y demás cosas pertenecientes a la práctica constructiva.

Se hizo una adecuación a los modelos constructivos del acero y del concreto europeos y norteamericanos, presentándose en el país esquemas diferentes a los empleados tradicionalmente para los edificios de servicio público.

Un ejemplo del uso de esta tecnología es la mercería de Boker, primer edificio que se construyó con esqueleto de fierro y cimentación de cemento, otro edificio fue La Mutua, de cinco pisos de esqueleto de fierro y revestimiento de cantería y piedra, realizado en 1905; y La Mexicana, suntuoso edificio en la esquina de Plateros, también de esqueleto de fierro revestido de mármol. El academismo no se ha perdido como podemos ver, en estos ejemplos donde el revestimiento se sigue dando.

Es hasta el gobierno del general Alvaro Obregón, que a instancias del Rector de la Universidad Nacional, Lic. José Vasconcelos, habría de volverse a fundar un ministerio que agrupara los esfuerzos educativos del país, en lo que actualmente es la Secretaría de Educación Pública, fundada a mediados de 1921, siendo su primer titular el propio licenciado

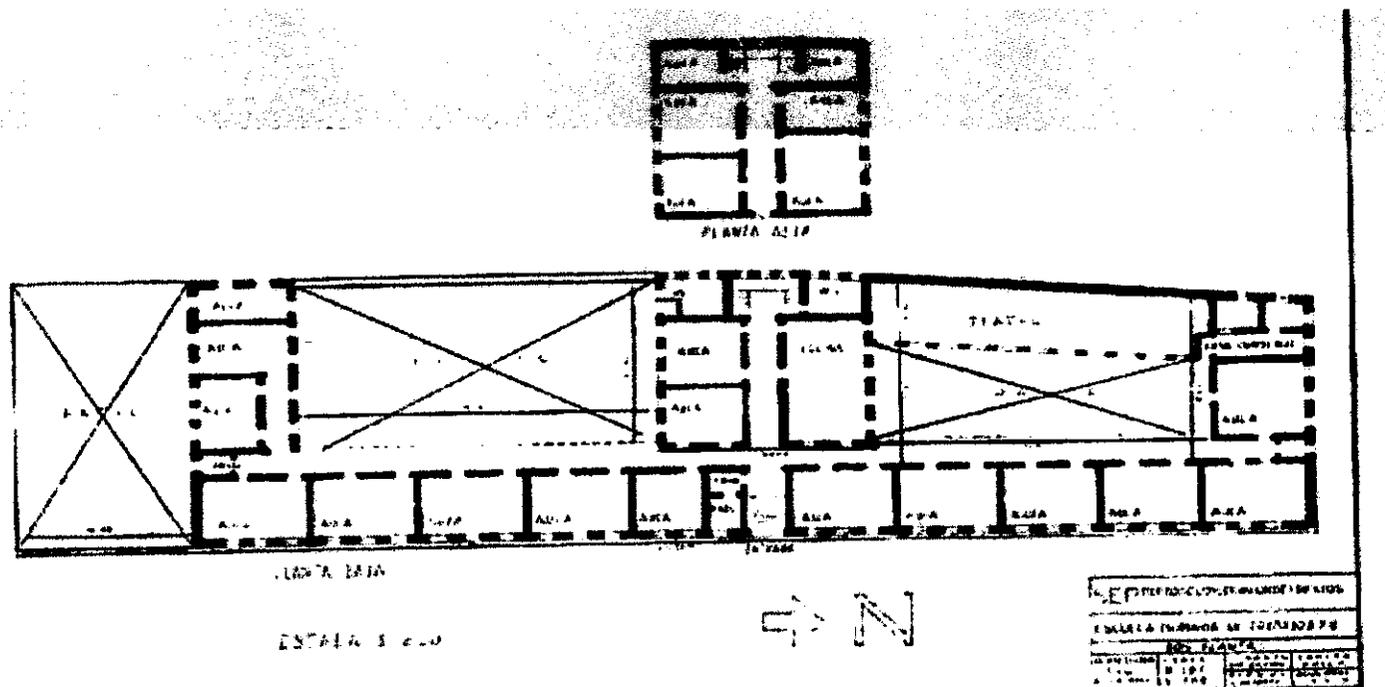
Vasconcelos. Ante el estado de letargo social y cultural por el que pasaba el país; Vasconcelos se opone al sistema educativo vigente, proponiendo otra visión cultural. Propone en su programa cultural una identidad nacional que reivindicaría a las masas (70% de analfabetas) como resultado de la educación.



3. La Mutua. Ejemplo del uso de la tecnología del acero, pero aún no se supera el academismo, se recubre de cantería y piedra toda la estructura.

Este polémico primer secretario de Educación Pública, impone, con su llamada hispanidad, el estilo neocolonial en las edificaciones oficiales, el cual es acogido por influyentes arquitectos mexicanos (Carlos Obregón Santacilla) seguidores del partido oficial. Convirtiéndolo rápidamente en el estilo oficial.

El esfuerzo constructivo se queda a cargo del Jefe de Edificios, y aunque en la tarea colaboran distinguidos arquitectos jóvenes, Vasconcelos personalmente modificaba los proyectos que se antojan parchados, remendados, carentes de sentido plástico por irreverentes con los valores estéticos que tanto le preocupan.



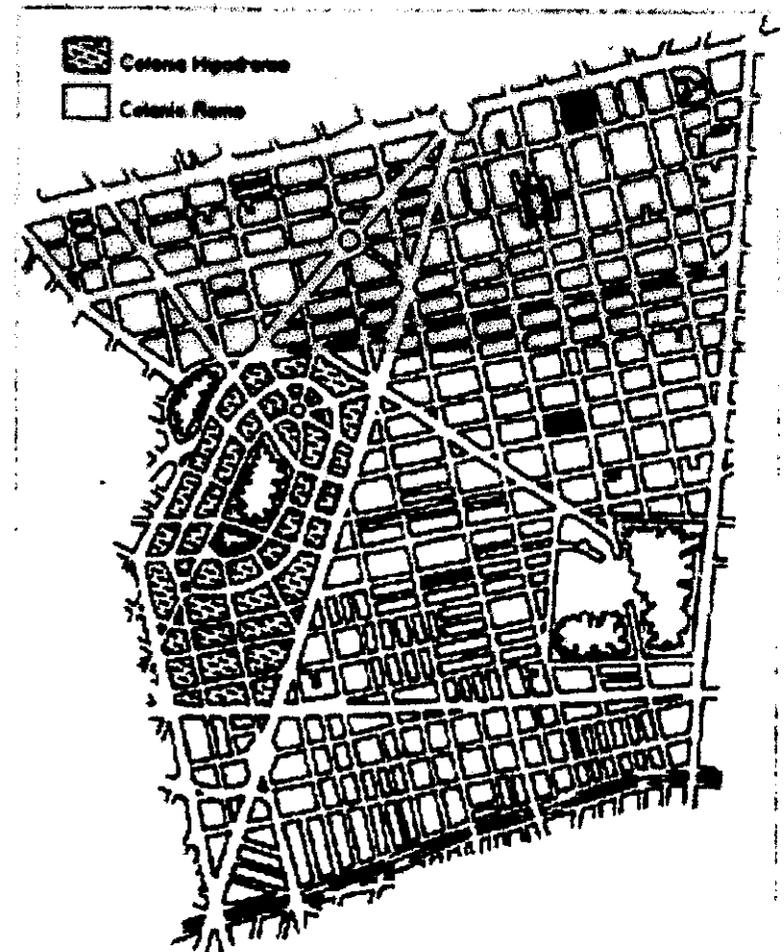
4. Escuela Abraham Castellanos. Las escuelas, se construyeron todas con el estilo neocolonial impuesto por Vasconcelos. Escuela diseñada por Obregón Santacilla en 1921

Edificios en los que se gastaban millones de pesos, de arquitectura al estilo conventual, con patios de recreo rodeados de corredores porticados dando acceso a salones de clase sin orientación correcta respecto a la posición del sol.

En su afán de mecenas Vasconcelos llama a colaborar a los pintores, a quienes asigna hectáreas de muros en los edificios para ser decorados, pero de manera tan arbitraria y con temas tan heterogéneos y desorientados, que gran parte de los esfuerzos de los artistas en este renacimiento del muralismo mexicano, se destruye antes de quedar concluidos, por ejemplo, lo que hizo Orozco en la planta baja de la Preparatoria Nacional se vino abajo antes de que lo terminara, de la misma manera, se echaron abajo, obras realizadas dentro del patio de la Secretaría de Educación.

Orozco, Rivera, Dr. Atl (Gerardo Murillo), Rodríguez Lozano, Montenegro, Charlot, Leal, Siqueiros, Cuevas del Río, fueron los encargados de esa tarea; Asúnsolo, Centurión, Olagübel, Elizondo, Encino, Fernando y Adolfo Best, son otros nombres que junto a los de poetas y músicos formaban la

corte vasconcelista; y como arquitectos Alvarez Espinosa, Centeno, Zamudio, Obregón Santacilla, Tarditti, Flores, Villagrán, y probablemente Macedo Arbeu.



5. Nuevos fraccionamientos, colonias Hipódromo y Roma en 1925

Debido al crecimiento y urbanización de la ciudad, se realizan nuevos fraccionamientos como la Condesa, Hipódromo, Clavería, que son ocupados por la clase media y media baja. La colonia Roma que surge durante el porfiriato para la clase alta, para 1925 sufre una mezcla pasando a formar parte de estos fraccionamientos para clase media. La solución que se da a las casas y edificio pronto se refiere a la arquitectura propuesta por el Estado, con lo cual se identifican los parques y jardines que se construyen ayudando a mantener una unidad y escala visual que armoniza con las casas y edificios que los rodean, dando un extraordinario ejemplo de Integración urbana.

Ejemplo de ello son, el parque México (1927) de Noriega y la Plaza Pococatépetl (1930), con la fuente de Gómez Echeverría.

Hay, por otro lado, ejemplos notables que anticipan el inicio de la arquitectura moderna y que incorporaban creativamente el uso de materiales y técnicas que se adecuaban a la tradición constructiva del momento, proponiendo modificaciones

espaciales en los esquemas tradicionales que se adaptaban a las necesidades de modernización de la época.



6. Parque México, 1927 arq. Leonardo noriega, ejemplo de solución arquitectónica propuesta por el Estado.

El conjunto Isabel, en Martí y Revolución (1929) y el edificio Ermita (1930) de Juan Segura; Francisco Serrano con su edificio Martí en Sindicallismo 87 (1931) y el edificio Anáhuac de Querétaro 109 (1935) constituyen un caso relevante

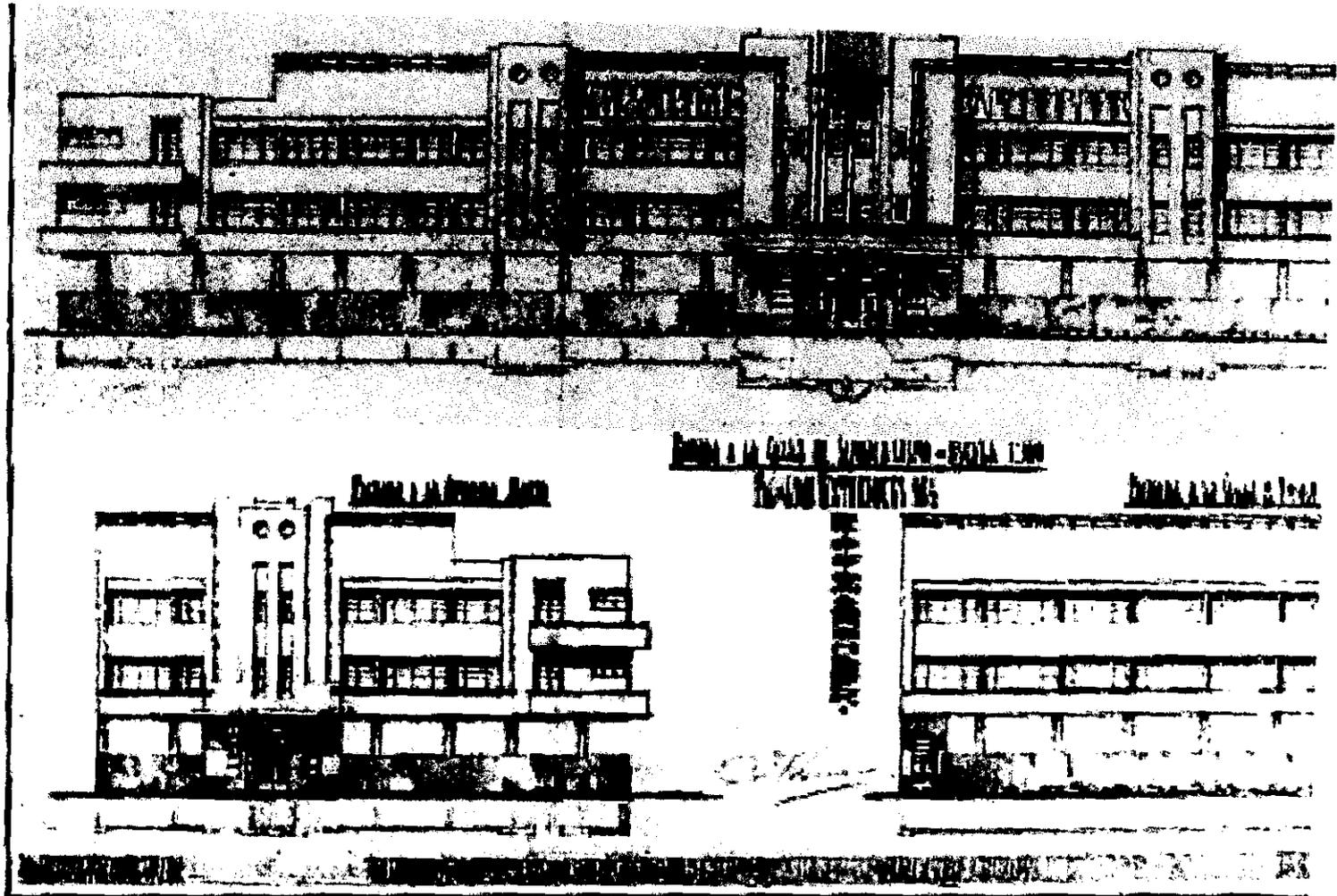
La Iniciativa privada, receptiva de los resultados de la arquitectura estatal, moderniza su producción; la compañía Ericsson con su Central Victoria (1929) de Cervantes y las once Estaciones de Servicios en el D.F.; el edificio de La Nacional (1930) de Ortiz Monasterio y Bernardo Calderón; el edificio del Banco Mexicano en Av. 5 de Mayo (1934); EL Frontón México (1929) de Capilla; el edificio de la Fundación Mier y Pesado (1933) de Juan Segura, son algunos ejemplos iniciales del funcionalismo.

En enero de 1942 se publicó la nueva Ley Orgánica de la Educación, en la cual el secretario de Educación Pública dispuso la desconcentración de las escuelas técnicas en los estados; así se constituyeron el Departamento de Segunda Enseñanza y el Departamento de Enseñanza Especial, antes Departamento de Enseñanza Técnica. Se dieron los pasos

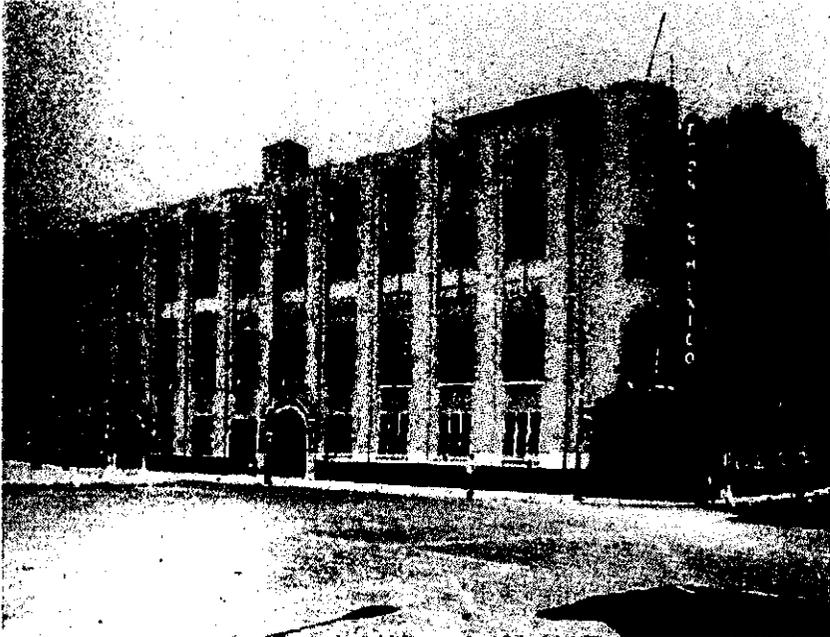
iniciales para crear los Institutos Tecnológicos Regionales y el Departamento de Antropología dejó de pertenecer al Instituto Politécnico Nacional, al ser incorporado al Instituto de Antropología e Historia con el nombre de Escuela Nacional de Antropología e Historia (ENAH). Todo esto se llevó a cabo con el fin de enfatizar los estudios tecnológicos, y separarlos de los humanísticos, pero los resultados no fueron los deseados, no se niveló la tecnología con los demás aspectos.



7. Conjunto Isabel 1929, ejemplo de la arquitectura que incorpora el uso de materiales y técnicas



8. Edificio Martí 1932, ejemplo de modernidad arquitectónica



9. Frontón México, arq. Joaquín Capilla, 1929, ejemplo de modernidad arquitectónica

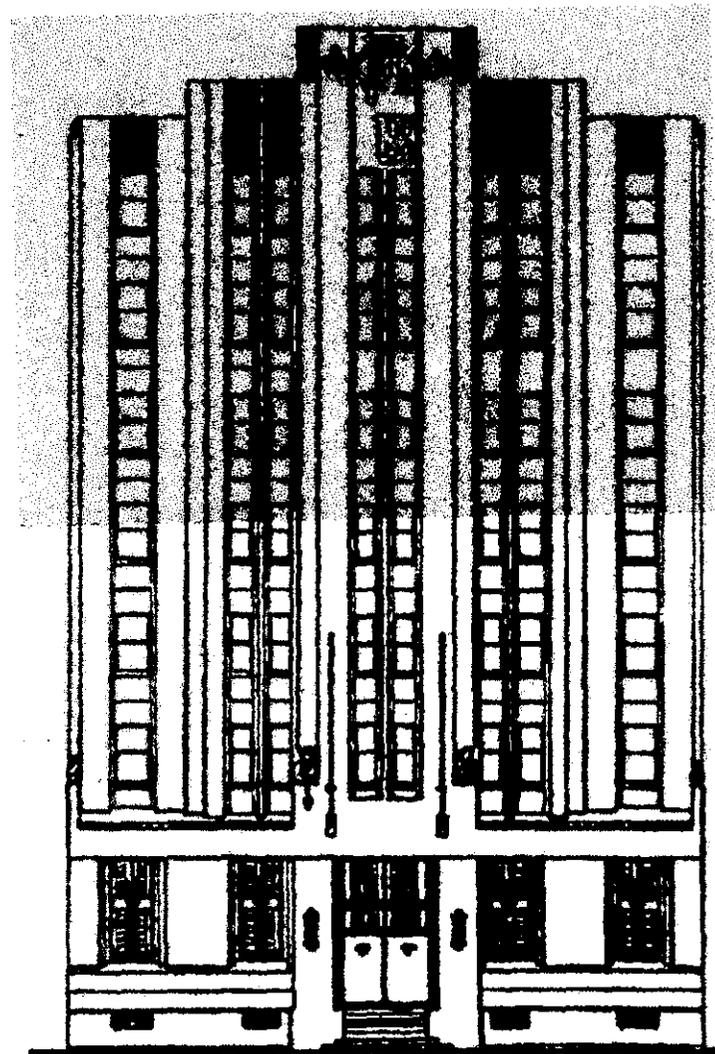
El rápido desarrollo industrial de México desde el año de 1940 tuvo un señalado efecto sobre la construcción. La producción del acero aumentó en tales proporciones, que ya no era necesario importar este elemento esencial para construir. El cemento se fabricaba en cantidades crecientes durante las últimas tres décadas, y en parte esto se debió al

ritmo acelerado de la construcción moderna. El ladrillo, la cerámica y los productos de vidrio encuentran mercado propicio y creciente. La industria de la construcción depende todavía en gran parte del trabajo manual, pero la introducción de maquinaria y equipo moderno, especialmente en los grandes proyectos, demostró que los obreros mexicanos podían dominar las técnicas avanzadas de la producción tan rápidamente como cualquier otro.

Con el adelanto de la construcción moderna en Europa y con un movimiento paralelo en Estados Unidos, unos cuantos arquitectos mexicanos que miraban al futuro prosiguieron la lucha en busca de una forma que pudiera reflejar genuinamente la esencia de su época. Enrique Yáñez, Enrique del Moral y otros, que trabajaban en el sector de los proyectos de residencias y apartamentos, llevaron la teoría funcional a nuevas alturas. La industrialización y la urbanización de la ciudad de México y el correspondiente aumento de edificios para comercios y fábricas, tuvieron un efecto saludable en los proyectos residenciales. Se desechó la ornamentación superflua.



10. Estación de servicios "colonia" finales siglo XIX



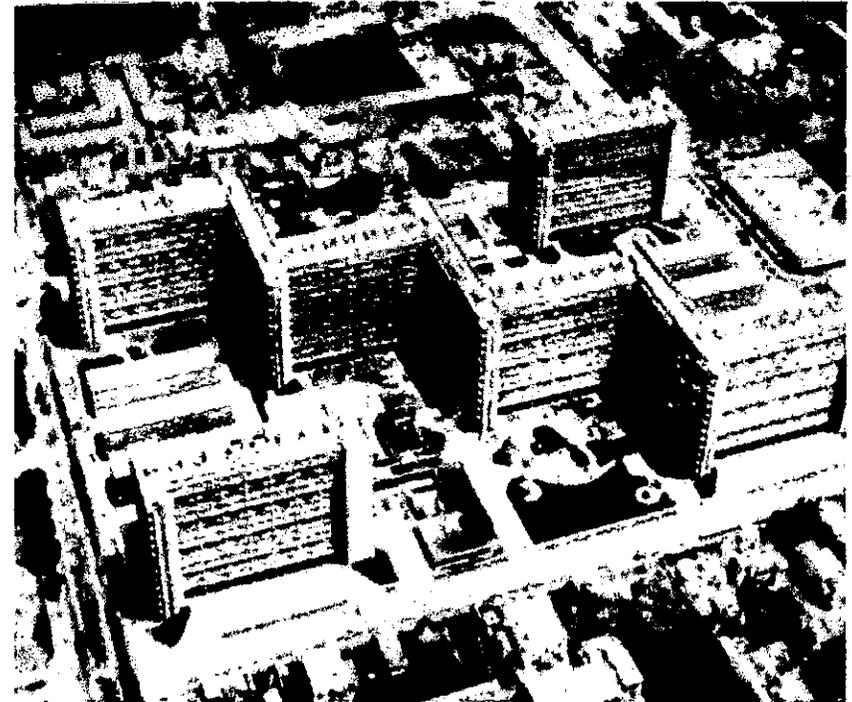
11. Banco de México 1934, av. 5 de mayo

Pero muchos arquitectos incapaces de comprender la teoría del funcionalismo, vaciaban concreto en el estilo modernista³.

Aparecieron por toda la ciudad ventanas aerodinámicas y esquinas redondeadas añadiendo poco al buen desarrollo de la arquitectura, si se exceptúa un conocimiento más amplio de la utilización del cemento. La década de los años cuarenta fue testigo de un gran adelanto en la construcción moderna con la aparición de una nueva generación de arquitectos familiarizados con las obras de Le Corbusier, Neutra, y Mies Van der Rohe. La influencia de la escuela europea moderna se puede apreciar en muchas de las obras hechas en la ciudad de México. También surgió una tendencia inspirada en la escuela de Beaux Arts de París. Apoyada en un plan decorativo formalista que pudiera denominarse barroco, esa tendencia mostró en muchas ocasiones ser incapaz de cubrir las exigencias funcionales.

Dos proyectos de habitaciones para trabajadores del

estado, Presidente Miguel Alemán y Presidente Benito Juárez, realizados por el arquitecto Mario Pani en colaboración con Salvador Ortega y otros, se cuentan entre las unidades de habitación mejor proyectadas de la ciudad, que contaban con estética entre los proyectos de alojamiento de gran densidad.



12. Vista panorámica del conjunto Miguel Alemán 1947, una de las dos mejores proyectados en la ciudad

³ Se conoce con estilo modernista al que surge a partir de la creación de la escuela del Bauhaus hasta 1960 aproximadamente, donde se busca la geometría de la forma y la función.

II NUEVAS TECNOLOGÍAS DURANTE 1900-1950

En la historia del desarrollo de la tecnología es un hecho que la transformación de los materiales como el hierro y el concreto, crearon nuevas técnicas constructivas que determinarían cambios sustanciales dentro del diseño arquitectónico. El México de fines del siglo XIX es un país que quiere insertarse en la modernidad por lo que estas tendencias tecnológicas son aceptadas. También otros materiales como el vidrio, el aluminio, el cobre, se involucran en este cambio, gracias a las nuevas maneras de producción de estos, se dan nuevos usos que tendrían un impacto menor pero que conjuntamente con los anteriores contribuirían a la aparición de nuevas formas arquitectónicas.

Dentro de las cimentaciones estos materiales y procedimientos permitieron la utilización en México de cimentaciones de concreto, losas de concreto, cascarones, por sustitución, pilotes de fricción y de control, que ayudaron

desde la década de los veinte a la construcción de edificios de más de dos niveles, cosa que parecía imposible por lo fangoso del subsuelo de la ciudad de México.

En las supraestructuras fue más favorable la aportación ya que con el uso de estas tecnologías se realizaron edificios con plantas libres, el acero enriquece el sistema constructivo con la utilización de armaduras, dando como resultado grandes claros para las naves industriales.

Los otros materiales que contribuyeron a la evolución de estos procedimientos constructivos son:

- ° el cobre permitió que fueran ocultas las instalaciones
- ° el vidrio, la utilización de grandes vanos
- ° el aluminio, la utilización de grandes vanos, este también tuvo otros usos como puertas, cancelas, juntas en pisos, etc.

Por lo mencionado anteriormente, se puede afirmar que los nuevos materiales y los procesos de construcción fueron los que sustentaron una nueva arquitectura, gracias a ellos, surgieron nuevas técnicas dentro de los sistemas

constructivos que ayudaron a realizar nuevas soluciones arquitectónicas, formas de espacios y de cubiertas, proporción de los vanos, etc., es decir fueron determinantes para el diseño de la arquitectura a partir de la segunda década de este siglo. Siendo el caso extremo el uso de cubiertas laminares de concreto que se contruyeron, aunado el diseño formal a la tecnología constructiva.

La adopción de los cánones funcionalistas, nacidos como respuesta a un nuevo estilo de vida urbana en los países industrializados y en la sociedad mexicana aunados al uso de las nuevas tecnologías y materiales hicieron posible el Funcionalismo característico de la primera mitad del siglo.

Hierro, fierro, acero

Iniciaremos nuestro estudio, definiendo cada uno de estos materiales por sus características físicas y como su evolución hizo posible el desarrollo de técnicas constructivas que enriquecerían el diseño, dando como resultado una arquitectura que respondería a los avances de su época.

El hierro, que por sus características físicas de composición fue el primer material que permitió el desarrollo hasta el acero, según el procedimiento de obtención y su perfil o sección, recibe diversas denominaciones. Así si nos referimos a lo primero, podrá hablarse de hierro fundido o forjado; por su perfil en general, como hierro doble T y angular, como sección, en U, redondo o cuadrado, más tarde este sistema de elaboración se realizaría transformando un redondo, por laminación, en un perfil acanalado y luego se sometía a torsión con uno de los extremos sólidamente empotrado y el otro móvil, lo que le daba resistencia a la tensión y uso estructural.

Este tipo de fabricación dio origen al acero, aunque fue necesario modificar su composición, la dosis de carbón del acero oscila entre el 0.25 y el 1.6%. Con lo que admite el temple y acepta como límite inferior de resistencia a la tensión 4,500 kg/cm.

El hierro, hasta el siglo XVIII se obtenía escasamente. En arquitectura se empleaba en muy pocos elementos, cinchos, tirantes, grapos, portavidrios, cerrajería, etc. El conocimiento

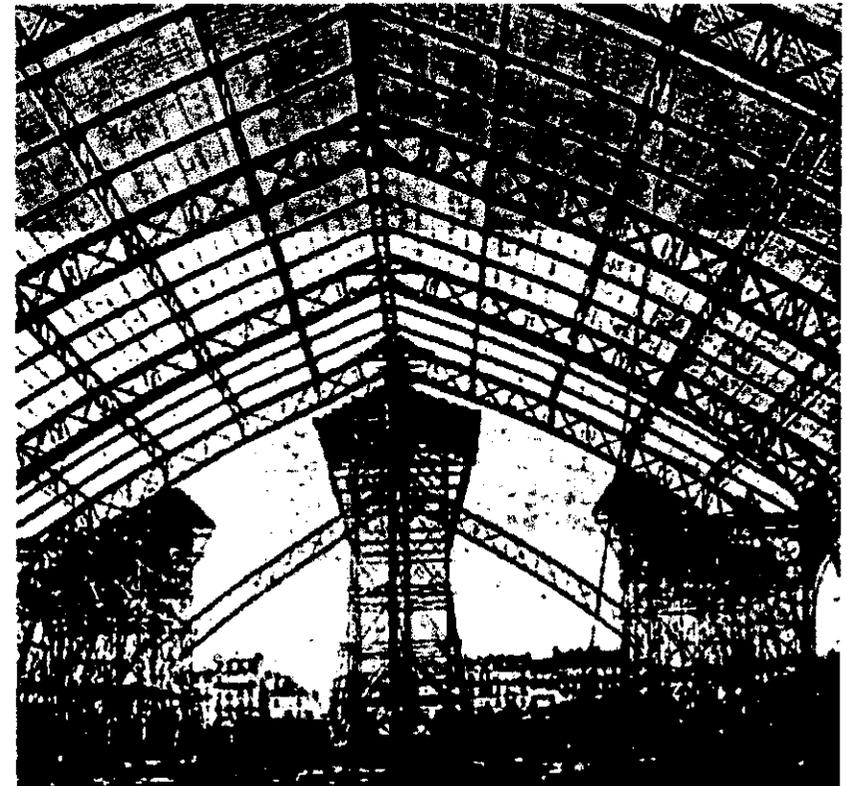
molecular de los materiales y el empleo del carbón mineral hizo posible que se empezara a obtener el hierro en mayores cantidades. En 1767 se fundieron los primeros rieles de hierro; en 1775, se levantó sobre el río Severn, Inglaterra, el primer puente de hierro fundido. El hierro laminado, se logró en 1845 en Francia.

Para emplear el hierro en las cubiertas se vuelve al sistema adintelado de los monumentos prehistóricos y los antiguos templos egipcios y se produce un acercamiento a la arquitectura popular de madera. El Grand Salón del Louvre se techó con hierro en 1780. Hay otros ejemplos aislados del uso del hierro en el siglo XVIII. Uno de ellos es la fábrica de Mánchester, construida por Boulton y Watt (1801), donde se utilizó la estructura independiente en hierro con vigas de sección en I

Posterior a 1891, se alcanzan claros con armaduras de hierro, de 45 y 50 metros. Se crea el marco rígido que consiste en el empotramiento de las vigas con las columnas, con lo que es posible reducir más el peralte de aquellas. En 1908, Maillart en Suiza y C. A. P. Turner en Estados Unidos

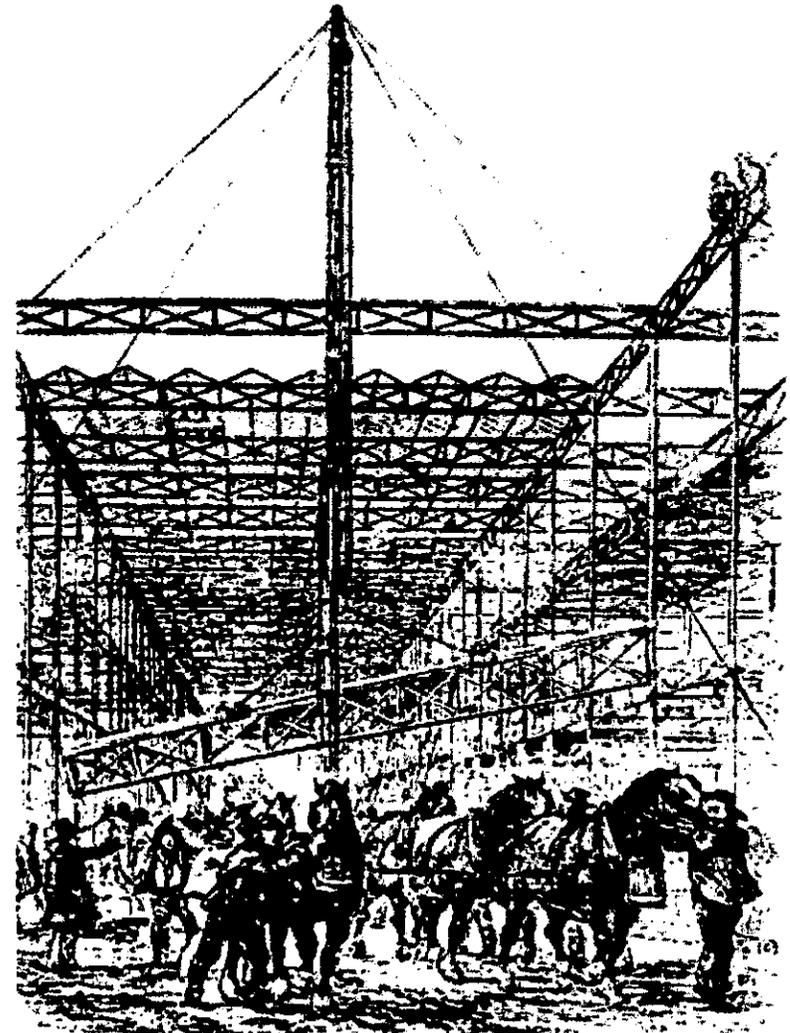
hacen experiencias con losas fungiformes (sin trabes y de grandes capiteles entre losa y columna), útiles para grandes claros con cargas rodantes.

La armadura, ventajosa por su triangulación, se emplea de bronce en muy raros ejemplos antiguos romanos.



14. Galería de Máquinas, París, claros de 115 m

La armadura curva de hierro se emplea desde el siglo XVIII. El sistema de cables en catenaria de los puentes colgantes, que más tarde se introduce en los edificios, fue conocido siglos atrás en China con cuerdas o con cadenas. Hacia 1740 se hace tal vez el primer puente colgante en Europa sobre el río Tees en Inglaterra. A principios del siglo XIX se popularizan en el resto de Europa y Estados Unidos. Precisamente con los cables colgantes y las armaduras, se logran claros entre columnas, nunca alcanzados anteriormente: los arcos de los acueductos romanos en Francia alcanzaban 25 metros de claro; el diámetro de la cúpula del Panteón de Roma, es de 43 metros (claro que no sobrepasa después ninguna otra cúpula). En cambio, la Galería de Máquinas de la Exposición de París de 1889, logra un claro de 115 metros y el Golden Gate en San Francisco (1933) de 1280 metros. Las ideas de prefabricación, estructura desarmable y rapidez de construcción, nacen también en el siglo XIX. En la Torre Eiffel se limitó a diecisiete meses el tiempo de su construcción. En 1859 Jaime Bogardus, en Estados Unidos, comienza una serie de edificios con estructura de hierro y



15. Palacio de Cristal, Londres, montaje de la estructura

elementos prefabricados. Tres años después, hace una estructura desarmable, para la Primera Feria Mundial de Nueva York, también el Palacio de Cristal de Paxton, en Londres (1851) era de elementos prefabricados y desarmables. Es entonces cuando el acero estructural, como elemento constructivo arquitectónico, demarca nuevas tendencias y empieza a asentarse firmemente como base de concepciones que harán mover la Arquitectura hacia metas insospechadas.

Desafortunadamente no en todos los casos se entendió esta aplicación, como en el edificio para la Biblioteca de Sainte Genevieve, en París (1843-50) donde la estructura no sólo trabajó estructuralmente sino que también se utilizó como elemento decorativo.

Más tarde el proceso de fabricación en serie de elementos debidamente controlados en el taller, produce el standard que haría posible la obra tipo, que repercutiría en una arquitectura industrializada. La soldadura aplicada a la construcción de estructuras permitió la producción de nuevas formas. El viejo capitel de acero, ménsulas, contraménsulas y



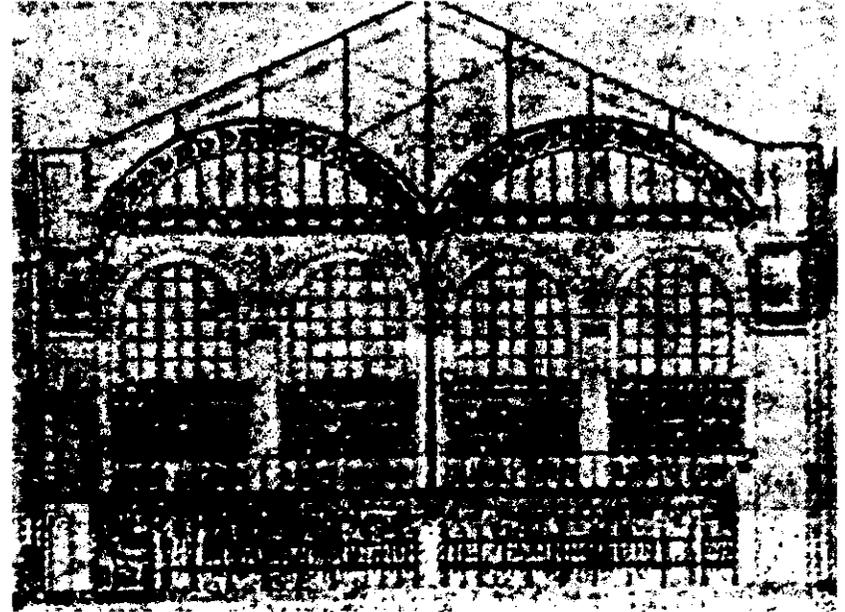
16. Interior de Palacio de Cristal, Londres

placas mariposa, se substituyeron por placas soldadas de espesor conveniente, la columna y la nervadura aparente de fierro, la soldadura eléctrica permitió la formación de cualquier tipo de perfil, el más adecuado a su propia función como elemento constructivo.

El acero laminado permitió por sus condiciones homogéneas de composición, desde el punto de vista mecánico, que secciones a tracción trabajaran en un momento dado como secciones de compresión y viceversa.

Las estructuras metálicas permitieron el máximo aprovechamiento del área de la planta, la columna cuando es imprescindible dentro de ella resulta de dimensiones mínimas, en otros casos, se aleja hasta la fachada y forma parte de la misma confundiendo con otro material similar, el metal de la ventana o el chasis del muro mampara, fundiéndose la estructura al diseño, enriqueciendo la solución arquitectónica.

El hierro como material de construcción en México se introduce en 1840, no como elemento complementario sino como parte de las estructuras completas, totalmente resueltas, en su aspecto constructivo con este material.



17. Biblioteca Sainte Genevieve, París, ejemplo del uso desafortunado del acero, las columnas (estructura) y remates ojivales (diseño).

Sin embargo, podemos decir que en su época, cada sección y segmento de la estructura, eran mandados a hacer especialmente para cada caso particular y solamente algunos elementos eran iguales, como los pernos, sistemas de unión, capiteles y fustes de columnas, sobre todo estos últimos donde la preocupación de darles forma semejante a las de los elementos de piedra, hacía que, junto con otros elementos

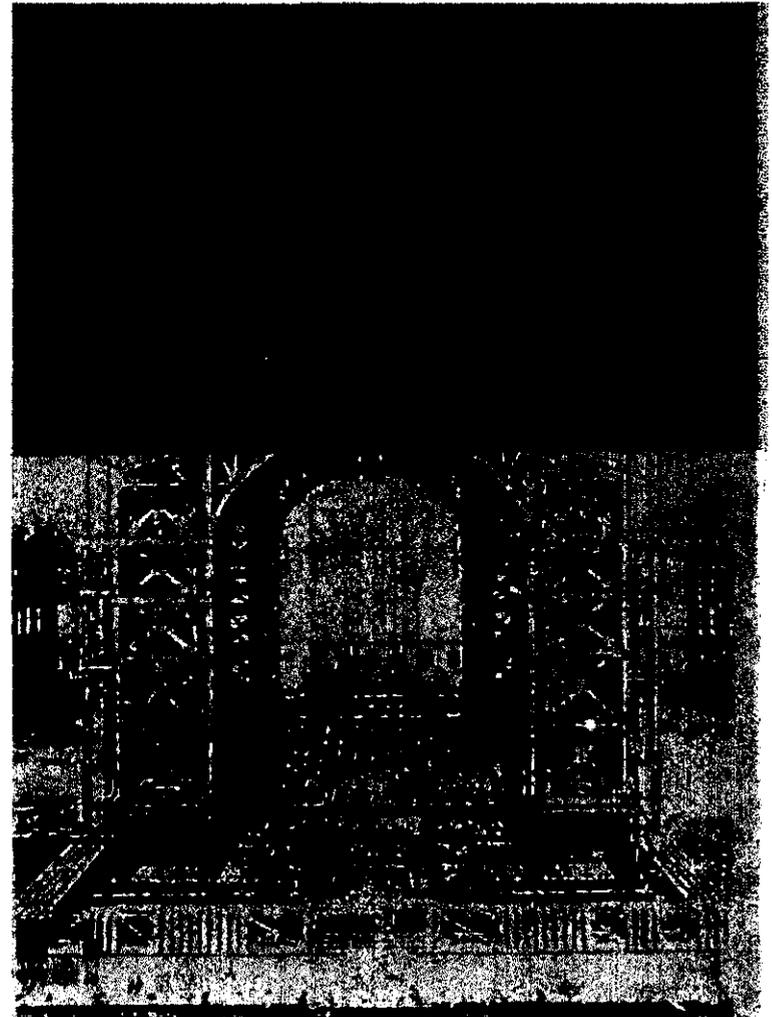
meramente ornamentales, se fundieran en moldes iguales para abaratar su producción.

En 1897 el gobierno abrió un concurso Internacional para construir el Palacio Legislativo en el que participaron más de 60 arquitectos. Era el primer edificio que el México Independiente erigía para sus gobernantes.

El proyecto lo elaboran el francés Emile Bernard con la colaboración de Maxime Rolsin, dejó una doble influencia en la arquitectura de México, pues el taller de estos dos arquitectos fue una verdadera escuela de donde salieron varios maestros para la Escuela de Arquitectura como Eduardo Macedo y Abreu y Jesús Acevedo. La masa central y la cúpula del mismo con estructura de hierro al no terminarse, quedó como parte integrante y muy importante en la silueta de nuestra ciudad actual, convertida en Monumento a la Revolución.

Después sería recubierto de mármol blanco de carrara, con la Revolución quedó abandonada. Las crujeas laterales, mal cimentadas, empezaron a hundirse aún sin recibir carga definitiva, presentaban en su larga extensión el aspecto de un

sube y baja y fue necesario desmontarlas y vender el fierro.



18. Palacio Legislativo, masa central de acero, más tarde se recubriría de mármol

Durante los años veinte, se generaliza el uso de estructuras de hierro en construcciones industriales, gracias a la creación de la Compañía de Aceros Monterrey en 1917. La primera estructura completa que se realizó fue para la fábrica de hilados y tejidos La Victoria (1922), al año siguiente para la Escuela Industrial de Orizaba, el mercado de Villahermosa, las fábricas de San Rafael, La Hormiga y la Cervecería Modelo, donde el espacio arquitectónico adquirió nuevas dimensiones físicas y estéticas.

Estos nuevos materiales también se emplearon para cimentaciones, el sistema de pilotes no había tenido éxito; por ser muy costoso, y resultaba contraproducente en la ciudad de México, cuyo subsuelo es más y más compresible a medida que se profundiza.

Debido a esto, se utilizaban los emparrillados de fierro que estaban dando buen resultado en esta época. Eran los más confiables y duraderos. Las bóvedas invertidas, por cuanto a que amplían la base de sustentación, presentaban también una buena solución, pero eran costosas y exigían una construcción esmerada.

Más tarde, la industria nos proporcionó elementos de acero laminados en forma de soleras, láminas, ángulos, canales, viguetas, etc., que permitió formar estructuras, combinando estos diversos elementos y creando nuevas secciones, con la posibilidad de yuxtaponer, sobreponer y unir esos mismos elementos de acuerdo con su función constructiva y como consecuencia del cálculo sumamente preciso que permitía este material, ahorrando en sección, ganando ligereza y al mismo tiempo procurando la mayor solidez y flexibilidad del conjunto. Estas construcciones realizadas con ayuda de pernos o soldaduras, desgraciadamente aparecen casi siempre ocultas, con el objeto de protegerlas del fuego y la intemperie, lo que provocó que el arquitecto desculpára los recursos que desde el punto de vista estético podía aprovechar al lograr una estructura aparente de este material en la que resaltarán claramente diferenciadas las diversas funciones de sus componentes y aparecieran las características propias de este material, como es su resistencia a la tensión y flexión.

Con estos avances surge en la ciudad de México un

proceso constructivo para resolver losas, que consistían en soportes de tubo de U, I, fierro y como cubierta lo que llamamos bóveda catalana, este sistema se utilizó para construir la mayor parte de las escuelas, en la década de los veinte. Se utilizaban además las cadenas de piedra labrada en mochetas y cerramientos y en los muros el tabique prensado, dejando estos materiales sin recubrimiento. En estos sistemas constructivos actuaban como influencias la de los maestros constructores catalanes, los procedimientos del uso del fierro y materiales prensados e incipientemente el uso del cemento en forma de acabados pulidos.

Este fue uno de los materiales que permitieron el desarrollo de la arquitectura, aunque en la ciudad de México se utilizó tardíamente con relación al resto del mundo, ya que durante los años veinte surgió como elemento estructural, que ayudo al diseño y construcción industrial.

En México, tenemos todavía buenos ejemplos de esa época, como el Monumento a la Revolución antes mencionado, donde se utilizó el acero como principal elemento estructural, el Centro Mercantil, el Palacio de Bellas Artes, la Torre

Latino Americana, y otros donde fue más fuerte la influencia academicista, que los recubrió de mármol.



19. "El Centro Mercantil la influencia academicista se deja ver en este edificio donde la estructura es de acero

Por último, aparece el hierro en estructuras formadas por elementos todos iguales, tanto en su sección como en su longitud, resueltos por uniones idénticas que también se convierten en el elemento universal para todos los casos.

Hemos hablado de elementos estandarizados, y lógicamente mediante la prefabricación de muchos de ellos, podríamos decir dentro de un proceso industrial, sería absurdo el no llegar a una sinceridad absoluta en el uso y función de los materiales, y así una prefabricación o estandarización bien orientada deberá tender siempre a alcanzar esa meta, una conjugación entre los materiales, la tecnología y el diseño, para lograr soluciones adecuadas al medio y la época.



21. no se niega la belleza del material predominante, el acero

Concreto

Otro material que determinó a las nuevas formas, y a los grandes claros cubiertos dentro de la arquitectura funcionalista, fue el cemento, que trajo consigo la aparición de la técnica del concreto armado.

El uso del acero en varillas y el concreto armado, aunque ya se sabe que resisten esfuerzos tanto de compresión como de tensión, se abre otro campo de posibilidades constructivas con el logro de vigas de dimensiones vedadas a nuestros antepasados con elementos más esbeltos, la posibilidad de cubiertas voladas o sea empotradas de un solo lado, cubiertas laminares, etc.

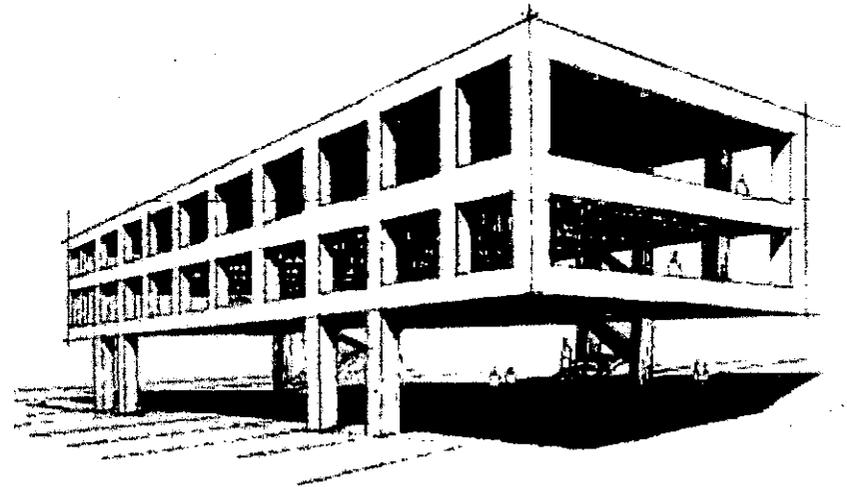
A mediados del siglo XIX se hacen las primeras vigas y losas de concreto armado, usadas ambas generalmente en combinación, vigas por encima o por debajo de la losa. En claros chicos, con apoyos continuos, se introducen losas sin vigas, con lo que la cubierta se reduce a la simplicidad de una placa monolítica. Esta tendencia conduce más tarde a la creación de las losas nervadas de mayor espesor y para

claros más grandes en que las vigas colocadas entre bloques se encuentran integradas en el espesor de la misma losa. En las prismáticas, cada una de las losas oblicuas hacen a la vez el papel de losa y viga.

Las primeras teorías y experiencias sobre cubiertas laminares de concreto datan de 1910; éstas cubiertas o cascarones con delgadas curvas admiten grandes claros porque se elimina al máximo los esfuerzos de flexión a cambio de esfuerzos directos de tensión o compresión. En 1920, Carl Zeiss en Alemania, experimenta cubiertas cilíndricas, Roberts Schaefer en 1930, son los primeros en hacer cubiertas de cañón corto en Estado Unidos. Los paraboloides hiperbólicos son estudiados por Almond en París desde 1920. (Katzman,1964)

En México los primeros ejemplos de cubiertas de concreto con vigas voladas, con arcos y de losas cilíndricas se realizan por el Ingeniero Modesto C. Rolland que construye en 1925 el estadio de Jalapa, Veracruz, con alerones de 11.00 m. En 1927 Federico Mariscal construye el edificio para la Durkin con arcos de concreto armado de 14.00 m de claro.

Américo Schawrs, ese mismo año, construye la fábrica de focos eléctricos *Águila Nacional*, con una bóveda de concreto armado de 20.50 m de claro y un espesor variable de 10 a 15 centímetros.



22. Losas y vigas de concreto, trabajando monolíticamente, dieron como resultado las plantas libres

Gracias a la participación de los arquitectos y a la publicidad desplegada por las fábricas y la Cámara del Cemento, fue que se dieron a conocer las ventajas estructurales del concreto armado sobre los procedimientos

Otros materiales complementarios.

Vidrio:

El vidrio fue conocido desde las primeras civilizaciones, no fue fácil hacer de una bolita de vidrio ardiente una hoja plana; esto se logró después de muchos intentos. Debido a su alto costo, no se usaron inmediatamente los vidrios planos en las casas sino únicamente en los templos. En la edad media se inventaron las vidrieras o vitrales emplomados.

Luego hicieron su aparición las máquinas. Enoch Robinson inventó en 1827 el sistema de prensar el vidrio en moldes, en lugar de soplarlo. Michael J. Owens construyó una máquina para fabricar botellas en 1899. A partir de entonces se inventaron máquinas capaces de producir hojas con una tersura y transparencia que las hacía casi invisibles.

La técnica del colado, en vez de soplado, produce vidrios de grandes dimensiones y sin defectos de transparencia, y tiene como consecuencia cristales de grandes dimensiones, que ayudaron a cubrir grandes claros. Por la ineficacia térmica de los cristales surge la invención del cristal doble, sellado y

con el vacío en su interior, los cristales inactínicos⁷, etc.

El vidrio utilizado en la construcción de edificios, además del concreto ayudó a la evolución de las estructuras ligeras, a los grandes claros libres y a los edificios de gran altura.

Además de ventanas el vidrio se ha utilizado para puertas, mamparas, plafones, claraboyas, cúpulas transparentes y lucernarios.

Madera:

Nuevos usos de la madera: Con el nuevo procedimiento para doblar la madera, protegerla de la pudrición y hacerla incombustible, se le da un uso estructural de manera más segura. En 1900 se crea la madera terciada, con la que se puede fabricar cualquier forma y dimensión para utilizarse en entramados ligeros, tejados, cubiertas, ventanas, puertas, pisos y otros acabados.

Convertiendo a la madera en una opción para solucionar estructuras, además del acero, uso que se da hasta nuestros días.

⁷ contra la acción química de las radiaciones luminosas, polarizados, antirreflejantes.

Aluminio:

El aluminio, aunque descubierto en 1827 y obtenido en barras en 1855, no empieza a tener aplicación en la arquitectura sino hasta principios del siglo XX. La invención de la galvanización en 1859, hizo posible los recubrimientos metálicos del hierro con lo que se evitaba la oxidación por causa del desuso. Esto propició que en puertas y ventanas se popularizará el uso de la herrería y después aparecería la herrería tubular, es decir, de lámina y hueca en su interior, primero de hierro y después de aluminio y otros metales.

El aluminio tiene prácticamente las mismas aplicaciones que el acero inoxidable, incluso considerado como material para carpintería metálica y como elemento estructural para la construcción de interiores, así como un muchos recubrimientos de fachadas.

Los materiales de revestimiento prefabricados con aluminio, suelen trabajarse por laminado y extrusión.

Se usa para mosaicos de aluminio anodizado, azulejos baldosines autoadhesivos, planchas y perfiles de aluminio (para muros cortina), paneles de aluminio con alma de madera (para

revestimiento de fachadas), lamas acoplables (recubrimiento fachadas), laminados vinil-metal, chapas perforadas, techos metalo-acústicos, falsos techos de aluminio perfilado, perfiles de ventanas, puertas, etc.

Se puede hacer de él hilos y láminas delgadas por lo que se utiliza también para cables de alta tensión, para tuberías, cables, rejillas, ductos y accesorios de sistemas de ventilación, calentamiento de aire, lavado, humidificación, enfriamiento y eléctrico.

Plásticos:

En el siglo pasado aparecen los primeros productos de la familia de los plásticos. El poliestireno fue descubierto en 1835, y la nitrocelulosa se moldea desde 1860. Hubo descubrimientos a los que no se prestó atención sino recientemente, en parte, porque faltó la divulgación adecuada para su uso en la arquitectura. (Katzman, 1964) Se hizo la introducción de los plásticos en elementos secundarios, pero hoy en día es uno de los materiales más utilizados. Su

aplicación va desde fibras textiles y finísimas películas, hasta hojas, tubos e infinidad de artículos.

Al iniciarse industrialmente su elaboración se le incluyeron aditivos químicos, materiales de relleno, fibras de vidrio y colores, con lo que se pudo utilizar para la fabricación de productos semilacabados y elementos prefabricados que se utilizan en la construcción, tales como: placas y láminas, cubiertas traslúcidas, contenedores, silos, piscinas, torres, chimeneas, escaleras, revestimientos de suelos, perfiles (que no sean para ventanas), tuberías, tubos flexibles y accesorios, masillas, impermeabilizantes, adhesivos, espumas rígidas y elásticas, elementos de fijación, herrajes, accesorios para instalaciones de ventilación (no tuberías), unidades sanitarias, aparatos sanitarios, tuberías para instalaciones eléctricas y accesorios, elementos de alumbrado, etc.

Cobre:

El cobre, aleado con el cinc forma el latón y unido con diferentes elementos, como el estaño, el níquel y el aluminio,

constituye el bronce, material muy usado para tuberías sanitarias.

El cobre tiene como características naturales la maleabilidad y ductilidad, lo que lo hace ser un gran conductor de la electricidad y el calor, siendo utilizado principalmente en alambres y cables eléctricos; también se usa en calentadores de agua y calderas por ser relativamente inerte.

El adelanto de la Ingeniería mecánica, la demanda de confort y de rápida eficiencia, determinan la introducción de un mayor número de instalaciones en los edificios, la cual fue posible gracias a la utilización del cobre..

Cerámica:

La cerámica es un arte antiquísimo que conocieron los hombres primitivos tanto en Asia y en África como en Europa y América.

En España los árabes introdujeron desde el siglo X la técnica del vidriado en color lo que dio origen a la cerámica vidriada y policromada. En Venecia, partir del siglo XVI se inicia la producción de famosos azulejos policromos, que luego

se extendería a toda España y desde finales del siglo XVII se tiene conocimiento de los famosos azulejos de Puebla, México.

Los productos cerámicos comprenden desde ladrillos, azulejos, placas, losetas, baldosas, muebles sanitarios y accesorios.

Los W.C. con sifón aparecen en Europa hacia 1775; al principio su uso fue principalmente para muebles, más tarde surgiría un gran auge de este material, creando toda una revolución en el uso de cerámicas para los acabados, que subsiste hasta nuestros días.

Electricidad y motores:

La luz eléctrica en los edificios de Europa se empieza a utilizar en 1878; el primer elevador, en Nueva York, con motor no eléctrico en 1853, y con motor eléctrico en 1880; el aire acondicionado en 1906, y más adelante aparecen también las escaleras mecánicas, extinguidores de incendio, etc.

La resistencia de los materiales al paso del calor y del sonido son estudiados científicamente por la Ingeniería y ante

las nuevas exigencias arquitectónicas, se crea una serie de materiales livianos, de bajos coeficientes térmicos y altos coeficientes de absorción del sonido, que se emplean en muros de esqueletos y plafones.

La posibilidad de medición científica de la absorción del sonido, conduce a la creación de fórmulas y tablas para saber el tiempo de reverberación que debe tener una sala y para diseñarla acústicamente eficiente.

Con el aire acondicionado artificialmente se toma en cuenta no sólo la necesidad de aumento de temperatura en invierno en lugares fríos, sino también el enfriamiento, la humedad o deshumectación, el filtrado y la circulación adecuados.

Por el empleo excesivo del vidrio, en innumerables casos se sacrificaban aspectos térmicos, intimidad, etc., sin embargo, la reducción del área de ventanas en edificios volumétricos estaba en conflicto con la tendencia estética a la ligereza. Esto trajo un nuevo tratamiento exterior en los muros con materiales laminados sujetos por un esqueleto

metálico con el cual se alcanzó casi la misma ligereza óptica del vidrio aun cuando el macizo predominaba sobre el vano.

Consecuencia en la práctica de la arquitectura

Es interesante observar como los materiales y las técnicas, se nos pueden presentar para su empleo en forma de elementos más o menos estandarizados y como éstos deben traducirse en la elección del sistema constructivo que al conjugarse enriquecerá el diseño, de acuerdo con la complejidad del problema arquitectónico a resolver.

La utilización de estos materiales, técnicas y tecnologías, así como su desarrollo nos proporcionan procesos de avance arquitectónico dentro de la historia como se pudo ver anteriormente.

La evolución de la ciudad a una concepción moderna empezó a fines del siglo XIX; ya en un plano de 1869 aparece en embrión la colonia Santa María la Ribera y el 15 de mayo de 1874 la colonia Guerrero (Nájera y Valdez, 1998), la Buenavista, la Teja, y después la San Rafael. En estas

colonias (para la clase media) se construyó un nuevo tipo de casas en lotes angostos y profundos, consistían en zaguán y salida a la calle, una larga hilera de cuartos comunicados entre sí con angosto corredor enfrente, baño al fondo, comedor cerrando el patio y raquíptico jardín. Entresoladas y con planta llamada de alcayata en vez de los amplios patios con columnas y arcadas de piedra.

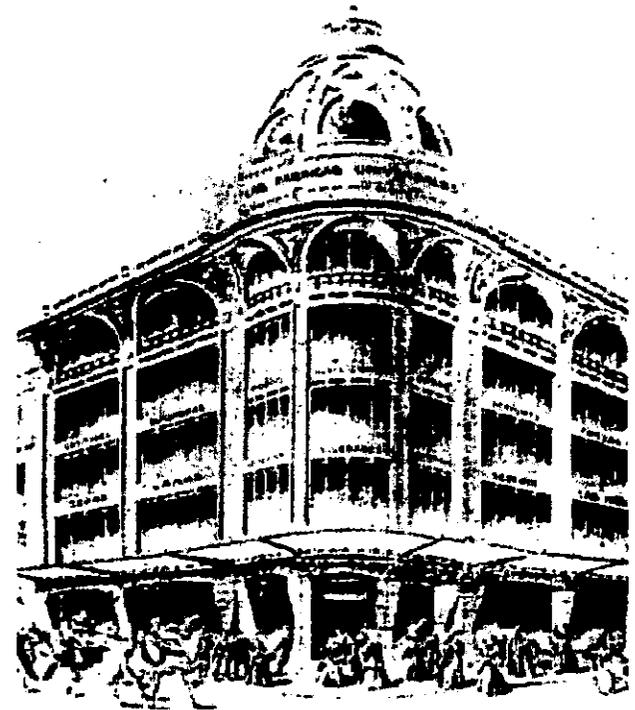
Los partidos arquitectónicos de escuelas, hospitales y penitenciarías, resueltos tradicionalmente en torno al patio enclaustrado, se sustituyeron por los modelos de pabellones aislados dentro de grandes extensiones Jardinadas y relacionados entre sí por pasajes cubiertos. Aparecen por primera vez edificios departamentales de varios niveles destinados al alojamiento de actividades financieras y comerciales. El comercio en las grandes ciudades construyó las primeras tiendas departamentales cuyo propósito fue proveer a las clases medias y acomodadas de artículos domésticos de importación. Los templos se revisten de estilos preferentemente relacionados a los grandes periodos arquitectónicos del medievo, como el gótico y el románico. Y

las viviendas encuentran la definición de sus aspectos externos en función de la diferenciación clasista de los moradores.

En 1909, seis años antes de que Le Corbusier proyectara la estructura para las casas Dominó, en México, el ingeniero Miguel Rebolledo propone, en una conferencia, casas totalmente rígidas de concreto armado aún en los muros. Pero teniendo en cuenta el costo recomienda que por lo menos las losas se hagan de concreto la losa que apoyada sobre cuatro vigas descansan en columnas colocadas en las esquinas del cuarto; cada columna sobre una zapata, ligándose la parte alta de éstas con barras de hierro. También propone los sótanos para los edificios altos porque los muros de contención de concreto trabajan como vigas y además se aligera el suelo (substitución).

En los grandes almacenes y edificios de oficinas desde principios del siglo XX, la necesidad de mayor iluminación fue el requerimiento; y el empleo de la estructura independiente, como se expresó anteriormente, la solución empleada en aquellos inmuebles con grandes ventanas, siendo la tecnología

un instrumento para el desarrollo del proyecto. Dándose un acercamiento a la arquitectura contemporánea por una vía diferente, la tecnología. Ejemplos de edificios de este tipo son El Palacio de Hierro de antes del incendio de 1914 y el edificio de la Fábricas Universales (1909). Este sistema sería utilizado más tarde por Fernando Marcón y en los almacenes El Correo Francés (1926).

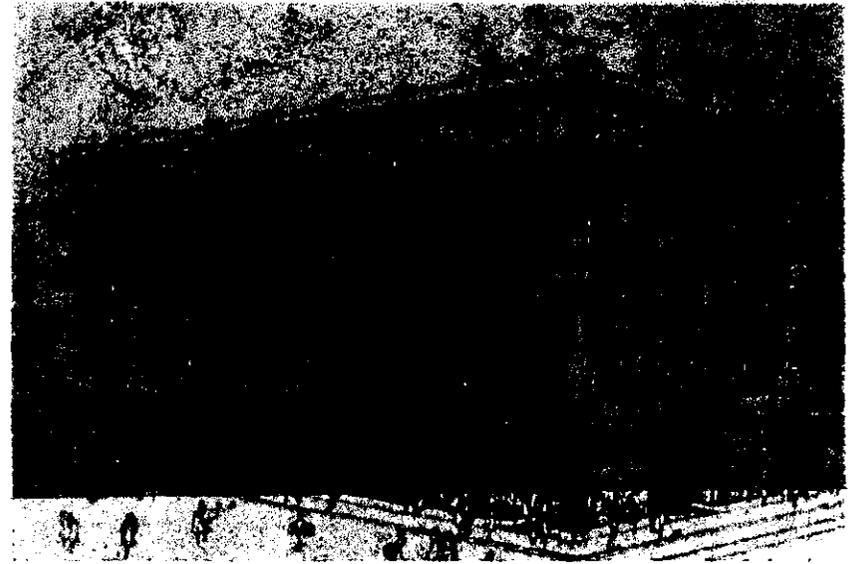


27. Fábricas Universales, gracias a la tecnología se pudieron crear grandes ventanas.

Otro antecedente valioso en el predominio del vano sobre la masa, es el edificio de Madero 32, realizado en 1925 por Carlos Obregón Santacilla.

Las ideas estéticas, los conceptos sociales y económicos, el desarrollo industrial y muchos otros factores, influyeron sobre los arquitectos de las generaciones de los años veinte para forjar en ellos nuevos conceptos de lo que debía ser la arquitectura. Como en toda innovación hubo aciertos y errores, pero se dio un paso para la creación de una arquitectura más en consonancia con la vida social y las posibilidades económicas de la época, se volvió al uso de materiales naturales tradicionales: recinto, ladrillo, azulejo, piedra en general; y a la aplicación de la cal en interiores.

Se puede observar que la producción de la segunda mitad de la década de los veinte se sitúa en una contradicción entre el nacionalismo propuesto (representado por la vuelta a la arquitectura colonial) y la necesidad de relacionarse con los primeros resultados de arquitectura moderna europea.



28. El Correo Francés 1926, se resolvió empleando estructura independiente

El proyecto para el Departamento de Salud de Obregón Santacilla (1925), constructivamente tiene la contradicción entre la ligera estructura de acero y el exterior pesado, masivo. Es evidente también el predominio en el conjunto del eje axial, característico de la arquitectura de la tradición de la Ecole Beaux Art.

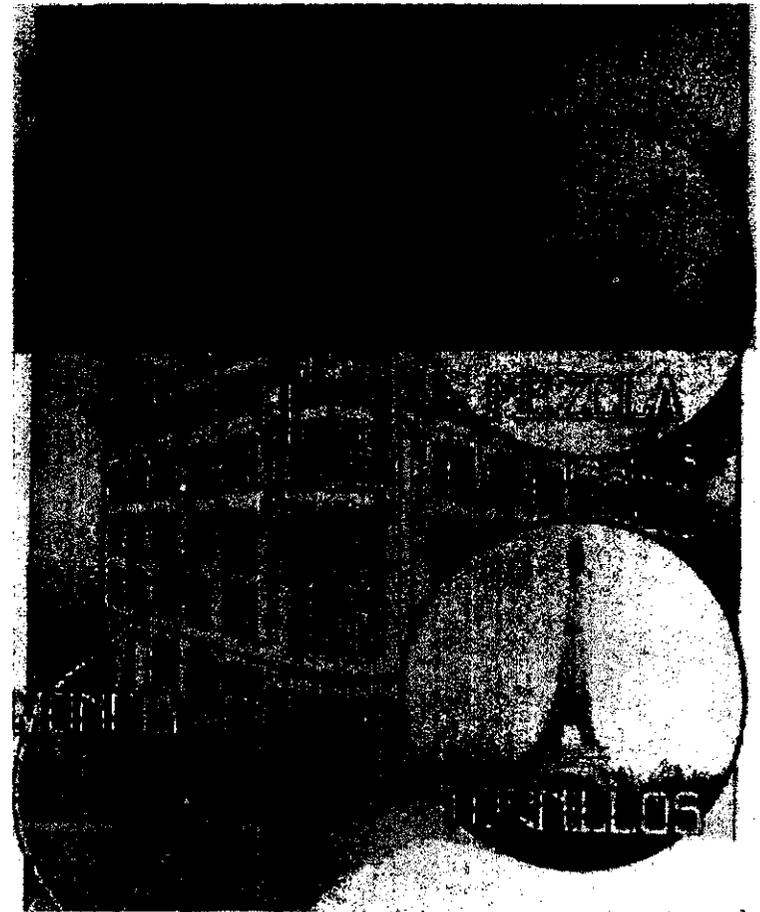
Sin embargo, la arquitectura posrevolucionaria de 1920 a 1930 tiene aún entre sus fines el ser auténtica respuesta a

la necesidad de tener una identidad propia. Es esta meta la que le da su mayor valor.

La arquitectura posrevolucionaria mexicana empieza a dar sus primeros frutos realmente valiosos en todos sus aspectos, cuando jóvenes arquitectos de la década de los treinta maduran y principalmente cuando éstos transforman la enseñanza de la arquitectura, impulsando a las nuevas generaciones por un camino diferente.

Tras el apogeo que el racionalismo tuvo durante los años del cardenismo, paulatinamente disminuye su beligerancia social cediendo ante un proceso de asimilación estilística que aceptó algunos de sus planteamientos arquitectónicos para incorporarlos de manera extensiva al fortalecimiento de una nueva bandera: el internacionalismo. El modelo que se produce a partir de este estilo consistía básicamente en concebir la obra arquitectónica a partir de la libertad espacial interna, la libre expresión de la estructura, el abandono de la plástica regionalista, la condena al ornamentalismo externo y el gradual fortalecimiento de los principios estéticos tan vituperados por los funcionalistas de la década anterior. Dentro del panorama

que ofrece la edificación de esta época, tres serán las corrientes



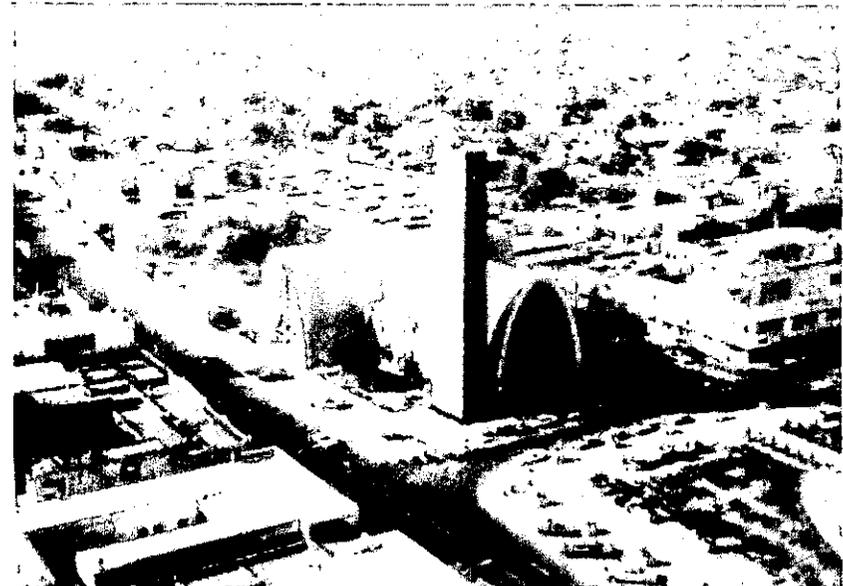
29. Edificio Cidosa, madero no. 32, predominio del vano.

que alcanzan a resumir la inclinación de la arquitectura local. La que encabeza José Villográn García, robustecida por el desempeño profesional de Enrique del Moral, (discípulo suyo desde los primeros cursos en la Escuela de Arquitectura); la de Carlos Obregón Santacilla, autor de una arquitectura que cualitativa y cuantitativamente es representante tanto del sector oficial como de la iniciativa privada; y la línea que inaugura Marlo Pani, presentando nuevos modelos de solución a partir de su propia concepción estética.

Dos son los arquitectos que en México establecen con sus experiencias constructivas, un avance cualitativo a favor de la vinculación de la tecnología con el diseño, Enrique de la Mora y Félix Candela; el primero, intuyendo una nueva definición simbólica del espacio y Candela haciendo posible, mediante su propia teoría de las estructuras, la construcción de las cubiertas, que serían el resultado de la aplicación de la técnica al diseño.

La Iglesia de la Purísima (1946) en Monterrey, Nuevo León, diseñada por Enrique de la Mora, es un caso pionero dentro de la nueva configuración del espacio. La cubierta de

concreto se sustenta en la figura de la parábola, que al extenderse en profundidad genera una bóveda en la que desaparece la tradicional división entre muro y losa, para constituirse en un solo elemento que a la vez que crea el espacio para la celebración litúrgica, se convierte en la forma que define la expresión plástica del edificio, este es uno de los mejores ejemplos donde podemos encontrar que la aplicación de la tecnología enriquece las soluciones arquitectónicas.



30. Iglesia de la Purísima, pionera en la configuración del espacio, existe una comprensión de la unión de la tecnología y el diseño.

III CASOS DE ESTUDIO

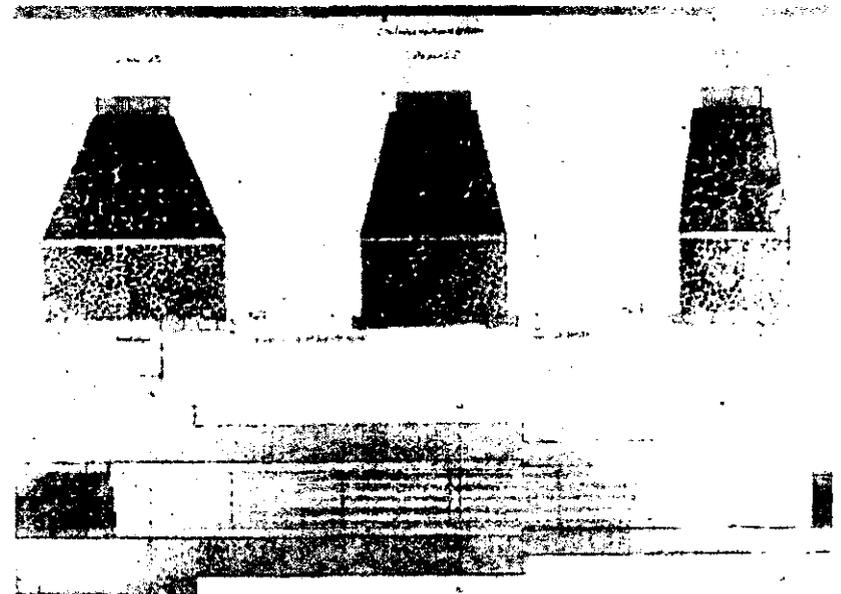
Para elegir los edificios que conforman los casos de estudio, se seleccionaron aquellos cuyo uso de materiales y técnicas originaron el desarrollo del proceso constructivo, vigente hasta nuestros días, para demostrar que el aprendizaje de tecnologías y la comprensión de éstas nos dan una herramienta con influencia directa en la arquitectura. Si se desea la evolución de la construcción arquitectónica se debe tomar en cuenta la tecnología y su valiosa influencia en el diseño.

El Palacio de Hierro (1889)

Un ejemplo notable de la utilización de nuevas técnicas y materiales (fierro) en la ciudad de México fue el Palacio de Hierro, que se empezó a construir en 1889 y se terminó en 1891; proyecto de Eusebio e Ignacio de la Huidaga y García⁶,

⁶ Los hermanos Ignacio y Eusebio de la Huidaga, se graduaron como arquitectos e Ingenieros civiles en 1867 en la Academia de San Carlos; de la ciudad de México.

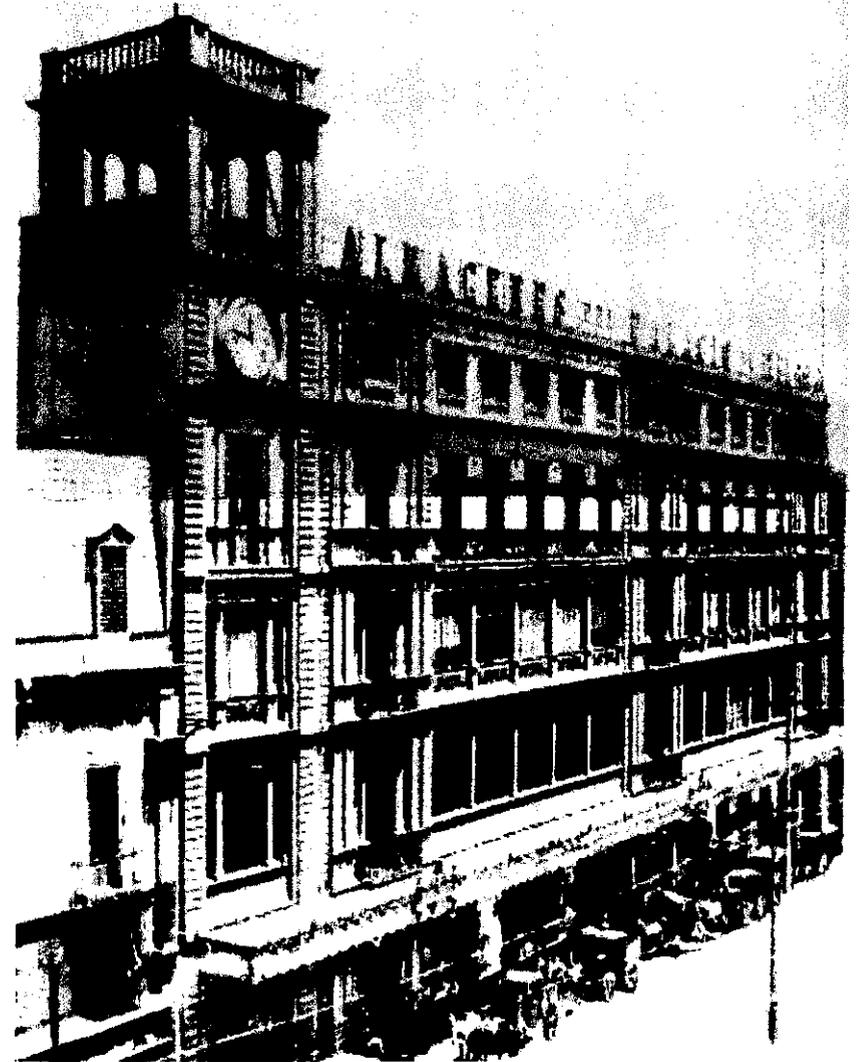
ubicado en la esquina de la Callejuela (hoy 20 de Noviembre), y antigua calle de San Bernardo (hoy Venustiano Carranza), el proyecto arquitectónico consta de un edificio de cinco niveles cada uno con áreas libres que se dividen de acuerdo a las necesidades. La cimentación se solucionó con cimientos aislados de piedra, ligándolos con rieles, este sistema es el utilizado actualmente por las trabes de liga; los entrepisos se resolvieron mediante soportes de tubo de fierro cubiertos con



32. Cimentación aislada de piedra, se usaron rieles de acero para ligarlos.

bóvedas catalanas terminándolos con madera, terrados y entarimados sobre marcos metálicos; cielos rasos o plafones de yeso y estuco cubrieron los entramados internos de los techos y muros, quedando aparente la estructura de fierro, la fachada también se hizo de fierro, el claro de las vigas de fierro es de paño a paño de las columnas; se calcularon para resistir momentos sobre apoyos libres $M = \frac{P \cdot l^2}{8}$ (cargas uniformemente repartidas), para las secciones de todas las piezas de la estructura de fierro se aumentó su peso hasta un 5%, debido al desgaste de los laminadores.

Los paramentos están recubiertos a base de recinto, este recubrimiento no era necesario, sólo se utilizó para conservar un estilo tradicional, una hilada recintado de $\frac{1}{2}$ por vara y guarnición de chilluca con molduras. No sólo se usó el fierro estructural en su construcción sino también en sus fachadas, escaleras y tragaluces, lo cual dio al edificio todo el aspecto de una obra totalmente construida con fierro lo que le dio su nombre "Palacio de Hierro". Esta obra tuvo un costo total de 1'572,900 pesos⁹.



33. El Palacio de Hierro, construido con acero en su estructura y en su decoración

⁹ Censo General de la República, verificado el 28 de octubre de 1900.

Por la antigua calle de San Bernardo se le hizo una primera ampliación en 1898, siguiéndose el mismo sistema constructivo. Más tarde, en 1909, hubo de hacersele al almacén una nueva ampliación por el lado de Callejuela, empleándose en ella la estructura y forjado de piso de concreto armado; consistió en un anexo con sótano para el departamento de cristalería, que construyó como contratista, el Ingeniero Ángel Monasterio con el sistema Hennebique¹⁰.

Por fin, en 1911 el almacén El Palacio de Hierro, haciendo honor a su nombre, iba de la esquina de Callejuela a la de Cinco de Febrero, por la calle de Capuchinas, con un derroche de fierro ornamental en la esquina de Cinco de Febrero y un amplio empleo también de fierro estructural en barandales y escaleras; siendo de los primeros en reducir al máximo los macizos entre ventanas en su diseño de fachadas.

Todo hacía presumir que aquel hermoso almacén, en el que se había empleado abundantemente el fierro, duraría eternamente; parecía indestructible. Tres años más tarde, en abril de 1914 la acción del fuego producido por la quemazón de

las mercancías, hizo que minutos después de haber estallado la conflagración, "El Palacio de Hierro" se estremeciera, crujiera y se desplomara. Edificado en el transcurso de veinte años con los mejores aceros, parecía que debía resistir sin lesiones a cualquier evento, sin embargo la estructura no resistió la temperatura del incendio, éste había sido tan violento e intenso que todo había sufrido a su acción. Sólo la



34. Vista general del Palacio de Hierro (1900)

¹⁰ Sistema que se describe en el análisis del edificio de la Secretaría de Relaciones Exteriores, más adelante.

estructura de concreto armado y forjado de pisos que construyera en 1909 el ingeniero Monasterio no sufrió daños; quedo aparentemente intacta por lo cual, le fue permitido al ingeniero hacer pruebas de resistencia para descubrir dónde podría considerarse la estructura de concreto armado resistente a la acción del fuego.

Dicha estructura, se sujetó a la acción de una sobrecarga por varios días, la cual fue soportada sin ninguna manifestación de debilitamiento, esta prueba práctica fue un argumento contundente y con plena razón justificado, para decir que el nuevo Palacio de Hierro debía construirse desde sus cimientos en concreto armado; así fue como en 1921 el arquitecto Paul Dubois hizo el proyecto donde quedó definitivamente sustituido el palacio de hierro por un palacio de concreto armado.

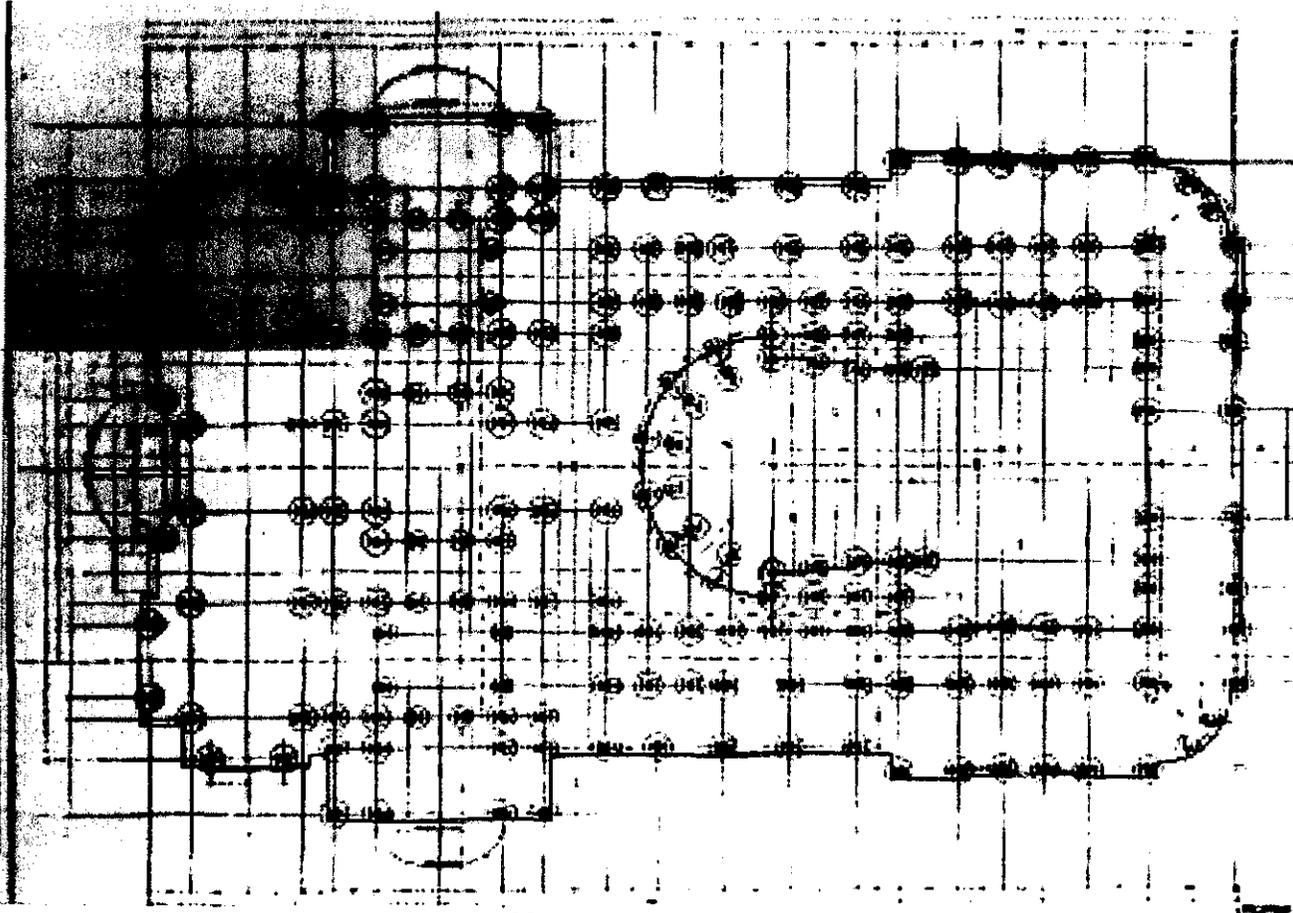
Como la negociación seguía creciendo y ampliando instalaciones, en 1925 se compraron las casas adjuntas al edificio y al edificio del Departamento Central, en 1928 se terminó la ampliación del Palacio de Hierro sobre la calle de 5 de Febrero, contando el edificio actualmente con tres

fachadas, la de Avenida 20 de Noviembre, la de 4a calle de Venustiano Carranza y la de 1º calle de 5 de Febrero.

Este edificio usó la tecnología y materiales de su época, muy adecuadas a las condiciones y a los pocos resultados obtenidos en edificaciones semejantes en la ciudad de México; además de ser un gran adelanto en la construcción se utilizó una estructura totalmente de fierro desde su cimentación, bien solucionada para la zona de la ciudad en la que se ubica y con excelentes resultados, siendo un antecedente muy valioso para las cimentaciones de edificios pesados.

Dentro de las aportaciones tecnológicas de este edificio encontramos el modelo parisino de la estructura de hierro, que la mayoría de las subsecuentes tiendas departamentales seguirían; gran vestíbulo central abierto en toda la altura con la natural convergencia de todos los espacios, cubierta de vidrio y elevadores de jaula de hierro; estas estructuras de hierro a pesar de encontrarse debidamente protegidas por concreto, son más ligeras que las estructuras de concreto. Un ejemplo es el edificio del Centro Mercantil (hoy Gran Hotel de la Ciudad de México), decorado por el arquitecto francés

Calles. En este lapso se avanzó poco, aunque al empezar los años treinta había mejorado el de las fachadas.



35. Planta de puntos de apoyo

alcanzada en los edificios de la última Exposición de París, siguiendo el nuevo movimiento que es el resultado de la introducción del acero en las construcciones; pero sin apartarse de las líneas arquitectónicas que obedecen a las leyes de la Academia.

El revestimiento trataría de ocultar los elementos constructivos, sobre todo el acero, por la influencia academicista que existía; el mármol y la ornamentación deberían dar énfasis a la estructura constructiva y distributiva del edificio, por lo que las fachadas, a simple vista, debían revelar las plantas. En los interiores se seguirían también las líneas impuestas por el Art Nouveau, de acuerdo al proyecto, con una ornamentación orgánica en la que se emplearían las mayólicas y terracotas con esmalte, sin embargo finalmente quedarían con un estilo Deco. La sala de espectáculos y el hall serían decorados con aplicaciones de cerámica y hierro bronceado, con gran profusión de flores naturales en el vestíbulo y hall.

En cuanto a la forma del edificio pretendió Boari introducir algunas innovaciones, teniendo siempre en mente al Teatro de

la Opera de París (1861-1875), paradigma de los teatros europeos, ya fuera para mejorarlo o para romper con él.

Para el arquitecto la idea del hall cubierto por la cúpula bizantina sobre planta oval y dos semicúpulas resuelve una de las mayores dificultades en la composición arquitectónica del conjunto. El volumen de la triple cúpula hace un solo conjunto con la fachada principal y se encuentra alejado del macizo exterior del escenario todo lo largo de la sala de espectáculos cuyo espacio está cubierto por una bóveda de cañón corrido. Al centro del hall estaba la compleja escalera de honor, por la que se llegaría a la sala del teatro y al salón de fiestas; esta solución se modificó en el momento de la terminación (1930-1934).

Se comienzan los trabajos de excavación el 27 de noviembre de 1904, una vez demolida la finca de la oficina de teléfonos que estaba en el número 6 de la calle de Santa Isabel. Estos trabajos a cargo de Alfredo A. Jiménez fueron terminados en febrero de 1905. El volumen del terreno sacado y acarreado fue de 20,000 m³.

El 2 de abril de 1905, el entonces presidente de la

Para la cimentación se adoptó el sistema de emparrillado con relleno de concreto, formando una plataforma flotante muy usada en Chicago, cuyo subsuelo se creyó semejante al de México. Resulta una composición maciza, de viguetas de acero y concreto proyectada para el edificio en caso de asentamiento, y en número suficiente para repartir el peso de las columnas de la estructura metálica.

Esta plataforma, con rampas, escalinatas y explanadas ocupó una superficie de 7,500 m², y su espesor fue de 2.40 m, de los cuales 1.38 m son de concreto y el resto de relleno de tezontle. Se puede calcular que 1 m³ de la plataforma pesó por término medio 1,800 kg., siendo su volumen de 18,000 m³, lo que da como resultado un peso de 32400,000 kg. La plataforma, se encontraba lista a mediados de 1906.

Según los cálculos, el peso total del edificio sería de 45'300,000 kg. más el peso de la plataforma (32400,000 kg.), resulta un peso total de 77700,000

kg., pudiéndose deducir que la reacción del terreno sería de 10,000 kg/m². (Urquiza, 1995)

Sobre la cama de concreto se asientan los emparrillados, ahogados en el mismo material, formando el conjunto un solo cuerpo. Consta de 210 columnas, distribuidas simétricamente respecto al eje longitudinal del edificio (norte/sur) equilibrándose las cargas de ambos lados.

Al aumentarse la profundidad de las excavaciones a 2.40 y 3.50 m fue necesario modificar el grueso de la plataforma y consecuentemente los cimientos del esqueleto, bajando el nivel del emparrillado y aumentando la altura de las columnas de acero. La nueva plataforma quedó constituida por una capa general de concreto de 2.32 m de espesor, sobre la cual descansan las vigas del emparrillado; que consta de una hilera de viguetas que reciben las vigas sobre las cuales descansan las columnas. En lugar de usar diferentes peraltes se usaron diferencias en los pesos y secciones de las vigas.

reobling de poco espesor o equivalente, de sección muy delgada, lo que disminuye el peso del edificio en favor de los cimientos.

La estructura metálica consistió en una armazón completa de acero que soporta todos los pisos, salvo el foro, todos los techos y paredes fueron concluidos a finales de 1906; poco tiempo después se termina la estructura interior de la sala, en cuanto a palcos y galerías se refiere.

La estructura de acero fue cubierta con concreto y éste, a su vez, en los muros exteriores, con mármol incorporando un exceso de peso al edificio, además de que no se comprendió la estructura como elemento de diseño. Los muros exteriores son de concreto; de 44 cm de espesor, llenando los espacios entre las traves y las columnas de cada piso. El concreto estaba formado por una parte de cemento portland, dos partes de arena limpia y cinco partes de piedra quebrada. Los muros de concreto por las fachadas los hicieron los contratistas Narciso Pasta y Roberto R. Shepard, terminándolos en 1908.



39. parte construida de la armazón de acero, ángulo noreste

Los muros interiores son en parte del mismo espesor que los exteriores, y en parte de tabiques del sistema roebbling, de 5 a 8 cm de espesor. En la sala de espectáculos toda la estructura de palcos, balcones, anfiteatros y escaleras también es de acero, revestida con la estructura ligera del sistema roebbling.

Algunos trabajos paralelos a la construcción, iniciados casi todos en 1905, fueron entre otros:

Una maqueta general del edificio en yeso, realizada por los escultores mexicanos Leopoldo Godoy, Desiderio Mercado, Humberto Pedretti y Roberto Basurto.

Se instaló una vía férrea eléctrica dentro de la plaza del teatro para el acarreo de material.

Se construyó un muro de revestimiento alrededor del terreno perimetral en las excavaciones de los cimientos; los contratistas fueron José Pelfini y Francisco Vincl.

El terreno que comprendía la plaza del teatro estaba rodeado de tapias que se arrendaban para anuncios; a finales de 1904 se remodela el tapial oeste, reduciendo con esto el ancho de la calle del Mirador de Santa Isabel o de la

Alameda (Angela Peralta).

Después de algunos estudios para seleccionar la piedra del basamento del edificio se sugiere que el material sea mármol.

Desde 1907, al estar casi concluida la parte metálica se dan los primeros indicios de hundimientos: la estructura por el lado de la Alameda se hundió de tal forma que se tuvieron que reforzar los cimientos. El arquitecto Boari comentaba al respecto:

"Aunque el edificio ha sufrido un hundimiento con respecto al nivel inicial, arquitectónicamente el monumento no perderá aspecto, pues una vez terminada la consolidación del suelo, en lo que se trabaja activamente en la actualidad, se podrá llevar a la práctica los proyectos de las nuevas rampas, escalinatas y modificaciones al basamento que hará lucir en todos los detalles al edificio". (Urquiaga, 1995)

Con el fin de averiguar la causa del hundimiento se hicieron varios pozos alrededor de la plataforma, y después de una serie de observaciones sobre las diferencias de nivel en

las fluctuaciones del agua subterránea, pudo averiguarse que existía una corriente de agua con dirección noroeste y relacionada con el eje de los descensos del Teatro. En 1908 se construye una ataguía con láminas de acero o steel cofferdam con el fin de evitar esos movimientos. El resultado de ésta fue nulo, pues el hundimiento continuó sin que se notara alguna mejoría. Con el objeto de consolidar el subsuelo entre la plataforma y la ataguía, y que ésta cumpliera las funciones de un verdadero muro de contención se construyó un tramo de aldillas de concreto armado y grapas de acero, pero se dejó el trabajo por ser muy costoso.

Una explicación que se manejaba en 1908 con relación al hundimiento es que el asentamiento de la plataforma tendía a inclinarse hacia el lado de la Alameda por encontrar menos resistencia en las capas de terreno, el cual ya había sido comprimido del lado de Santa Isabel (eje Central) por la Iglesia y convento que allí existían.

En 1907 la plataforma se inclinó hacia el suroeste; algunos meses después varió la inclinación hacia el noroeste y desde entonces siguió inclinándose en esa dirección. La mayor

velocidad del hundimiento en 1910 debe atribuirse a que poco antes se aumentó considerablemente el peso del edificio por la construcción de los muros y la instalación de la maquinaria del escenario; en 1911 los movimientos sísmicos originaron hundimientos bruscos. También se empezaron a manifestar las cuarteaduras en la parte correspondiente a la unión de las terrazas con el edificio; se realizaron trabajos de reparación y se detuvieron otros; se arreglaron y repusieron las piedras del basamento de las terrazas, para que no se produjeran en las mismas piedras quebraduras y despostillamientos. Entre los trabajos que se interrumpieron estaba la construcción de los techos de los pórticos debido a que por los asentamientos que estaba sufriendo el edificio se desnivelarían.

Buscando las causas probables de los hundimientos coinciden los Ingenieros en los siguientes puntos: que el terreno no tenía la misma resistencia, ya que las antiguas construcciones habían comprimido desigualmente el terreno; del lado del actual eje Central eran más pesadas (Hospital de Terceros y Colegio de Minería). Otro factor imperante que influyó fue un exceso de presión para la plataforma. La presión

total de ésta se calculó de 1.131 kg/cm².

El trabajo más importante que se realizó para detener el hundimiento se inició en septiembre de 1910, cuando se empezaron a poner unas inyecciones de cemento y cal en el lado oriental de la plataforma. La mezcla empleada en las inyecciones se componía de 100 kg. de cemento, 20 lt de lechada de cal grasa y 150 lt de agua; eran puestos por medio de un tubo de 9 m de largo y 2 1/2" de diámetro, provisto de una punta afilada con agujeros para dar salida al líquido. La presión natural para la inyección se obtenía mediante un depósito en la azotea del edificio.

Durante los trabajos relativos al hundimiento del edificio, en enero de 1910 se halló el sepulcro de la fundadora del Convento de Santa Isabel: doña Catalina de Peralta.

Esta primera serie de inyecciones se terminó en agosto de 1911, y el cemento empleado en ella alcanzó un total de 951 ton. En mayo de 1912 se puso otra serie de inyecciones, también del mismo lado, en las que se emplearon 908 ton, terminándose dos meses más tarde. Tal vez estas inyecciones hayan detenido un poco los hundimientos de la

plataforma del lado occidental, en este caso el efecto de ellas se hizo notar hasta uno o dos años después.

El hundimiento del lado poniente de la plataforma llegó en 1921 a 1.84 m. Con los hundimientos se dedujo que la plataforma ya no era plana, puesto que se notaron en el edificio cuarteaduras que indicaban que la plataforma se había hecho ligeramente cóncava. Además, ésta no presentó ninguna grieta ni señal de haberse roto por los hundimientos.

Se había cotizado originalmente en 149,673 m³; \$28.00 x m³ su costo total sería de 4,190,844 pesos y tendría una duración de obra de 4 años.

El costo total del edificio se calculó como sigue:

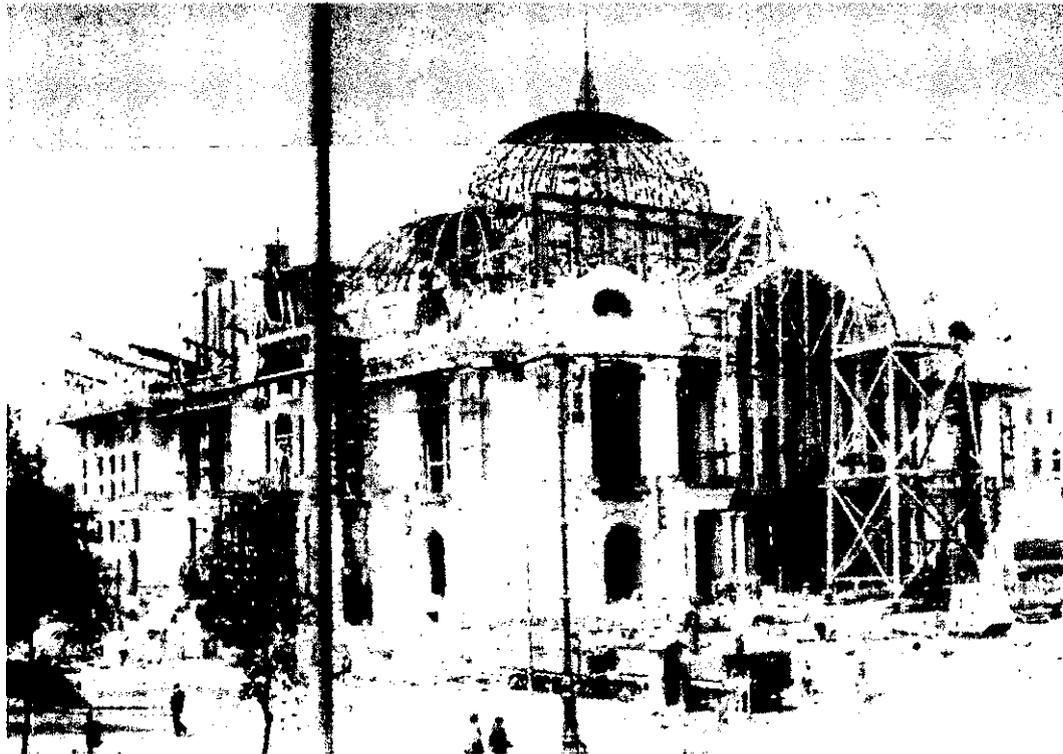
| | |
|------------------------------------|------------------|
| Primeras obras (1904 - 1913) | \$ 12,000,000.00 |
| Interrupción (1914 - 1931) | \$ 670,000.00 |
| Obras de terminación (1932 - 1934) | \$ 6,500,000.00 |
| | <hr/> |
| | \$ 19,170,000.00 |

El palacio de Bellas Artes, concluido por el arquitecto Federico Mariscal el 10 de marzo de 1934, fue entregado por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público a la Secretaría

de Educación Pública el 16 de junio de ese mismo año e inaugurado oficialmente por el entonces presidente de la república Abelardo L. Rodríguez el 29 de septiembre de 1934.

No se tomaron en consideración las experiencias del pasado, en lo que refiere a sistemas de cimentación para

edificios pesados. Se usó el sistema de plataforma con emparrillado de acero ahogado en concreto, conocido como sistema Chicago, y no se consolidó en ninguna forma el terreno antes de apoyar la plataforma, con un peso de 32,400 ton más el peso del edificio, sería en total 45,300

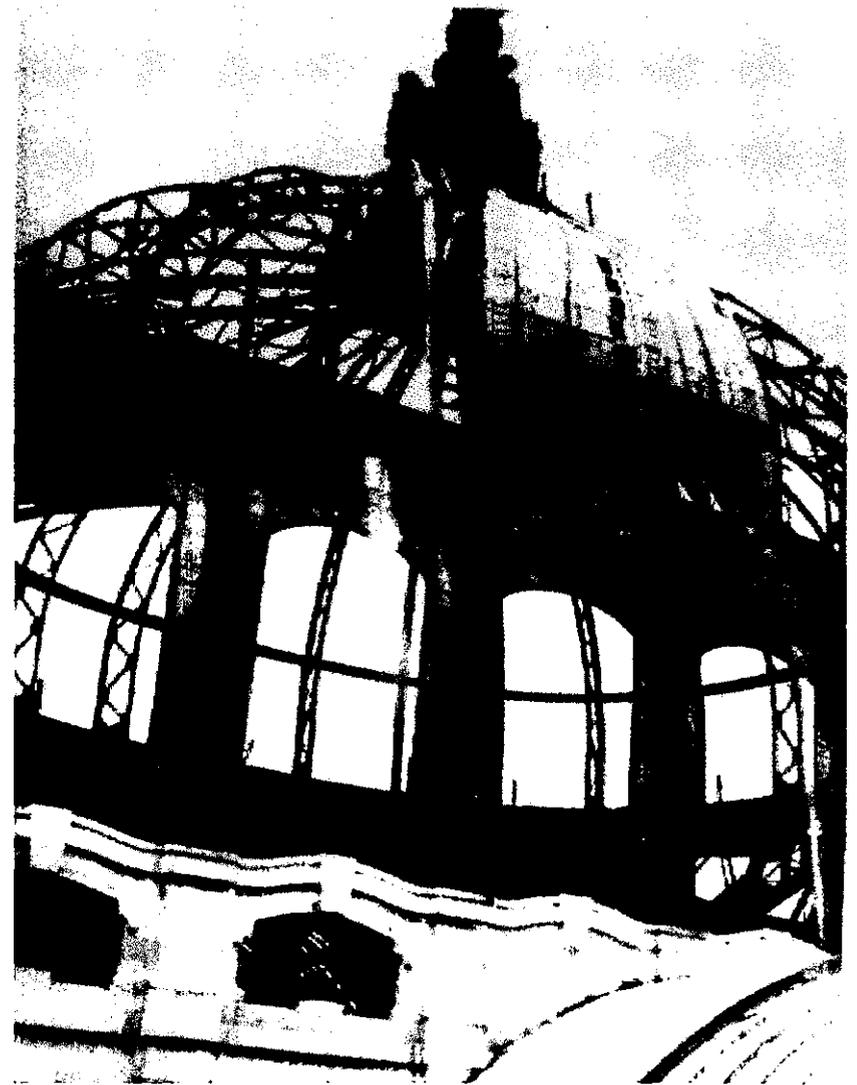


40. Obra al iniciarse los trabajos de revestimiento, muros de concreto armado que recubre la estructura de acero

ton o sea 6.8 ton por m², fatiga que sobrepasa la máxima aceptable para el suelo en esa zona. Más tarde y gracias a estudios de suelo se conoció que la resistencia máxima permitida sería de 5 ton por m².

Como resultado de este fracaso surgieron hundimientos que produjeron considerables asentamientos, formándose un casquete cóncavo semejante a un plato, que comprueba el llamado *dished effect*. La ataguía de acero construida posteriormente para evitar el paso de una corriente de agua subterránea, no detuvo el hundimiento; no obstante los esfuerzos titánicos que para curarlo desarrollaron los expertos en el sistema de inyección, el fracaso del sistema de cimentación utilizado era inevitable, a pesar de las modernas tecnologías aplicadas y los materiales más novedosos que se importaron.

Esta obra sin embargo deja una amarga experiencia en los hundimientos; pero con resultados positivos ya que en el futuro sería necesario efectuar estudios de mecánica de



41. Trabajos de revestimiento de la cúpula central, clara influencia del academismo.

suelos y analizar la resistencia del terreno antes de iniciar una construcción, sin dejar que arquitectos extranjeros sin experiencia en el suelo de la ciudad de México hicieran los cálculos de cimentaciones y estructuras necesarias para las construcciones futuras.

Aun así dio importancia y confianza al uso del acero en las estructuras de grandes dimensiones, pero no dejó de seguir el nuevo estilo arquitectónico de recubrimientos.

La lección del Palacio de Bellas Artes sería que este edificio fue el primer teatro de grandes dimensiones construido completamente según los nuevos sistemas y siguiendo las normas más modernas de diseño. Aunque no con los mejores resultados, constructivos, pero a pesar de eso hoy en día está ahí de pie, recordándonos las imposiciones de un régimen porfirista. En los Estados Unidos existían ya algunos teatros de construcción metálica y a prueba de fuego; pero eran edificios de especulación particular, de dimensiones reducidas y no de perímetro aislado, como lo era este.

Este monumental edificio desencadena la construcción de edificios majestuosos y grandes en la ciudad de México, y el

uso del acero como elemento estructural. (Urquiza, 1995)

La Secretaría de Relaciones Exteriores (1902)

Este edificio fue seleccionado como caso de estudio, porque para su diseño fue determinante el sistema constructivo que se emplearía para su edificación. Por primera vez el sistema Hennebique era utilizado en todos sus elementos (nervaduras, losas, trabes, cimentación, etc.), y se presentaban los cálculos necesarios para utilizar dicho sistema en las condiciones de la ciudad de México.

Obteniendo grandes resultados incluso en cuanto a sistema para cimentación, utilizando las nuevas técnicas del concreto armado en su edificación. Se le llegó a considerar como el primer edificio de concreto armado en la ciudad de México. Siendo que antes de 1900 el cemento se utilizaba entonces, solamente en las industrias de mosaico y piedra artificial.

Fue en el año de 1902 cuando el arquitecto Nicolás Mariscal presentó a la Secretaría de Relaciones Exteriores

los proyectos para la reforma del edificio que originalmente ocupaba esta Secretaría. Asimismo el arquitecto Mariscal construía la ampliación del edificio de oficinas anexo al edificio principal y que da a la calle de Colón.

El partido arquitectónico adoptado por el arquitecto Mariscal situó a todas las oficinas alrededor de un patio; comunicadas a través de un corredor perimetral al patio. Solución clásica obligada por el terreno. En la fachada del

edificio se pueden apreciar de manera diferente a los dos niveles. El primero con un basamento en todo el frente almohadillado, conservando el estilo tradicional, incongruente con los nuevos sistemas constructivos que se aplicarían, tiene cuatro vanos y al centro la entrada. En ambos lados de la entrada se localizan dos columnas de fustes lisos que soportan un entablamento rematado por el frontón curvo.

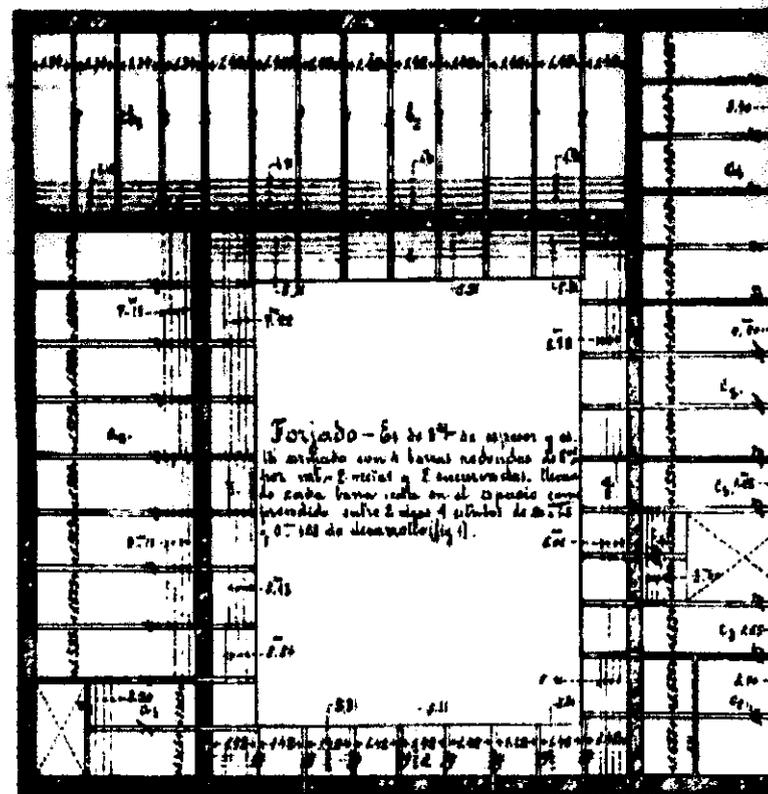


42. Fachada original del edificio de la Secretaría de Relaciones Exteriores sobre Av. Juárez

Este frontón, ligeramente elevado forma ya parte del segundo cuerpo. Una cornisa muy simple con roles en toda su longitud, une los dos cuerpos. El segundo cuerpo, de grandes ventanales en comparación con el primero, tiene en sus extremos dos ventanas enmarcadas en columnas que semejan estípites y como capiteles, cabezas de leones sosteniendo los dados en que se apoyan las cornisas. Las ventanas centrales del segundo nivel no tienen columnas, sino simples jambas con cerramientos rematados por cornisas. Un gran entablamento sobre el cual se apoyan las ménsulas, sostiene la cornisa quebrada. Dos remates laterales de espléndido trazo, unidos por una balaustrada coronan el edificio; estos originales remates dan suntuosidad a la fachada y le anexan un toque característico.

La ampliación de las oficinas de la Secretaría de Relaciones Exteriores, que daba a la Calle de Colón no. 39 (demolido para dar paso a la prolongación del Paseo de la Reforma), fue uno de los primeros edificios en la República Mexicana y el primero en la ciudad de México, en que se

empleó el concreto armado, entonces llamado cemento armado o más correctamente, según la época, concreto armado.



Forjado con sus vigas. Escala 1:100.

43. Forjado con sus vigas.

El edificio de oficinas, anexo al edificio principal de la Secretaría de Relaciones Exteriores, consta de dos pisos y se levantó sobre un terreno de 27 x 22.70 m; los dos edificios mencionados quedan unidos a través de la escalera monumental del edificio principal.

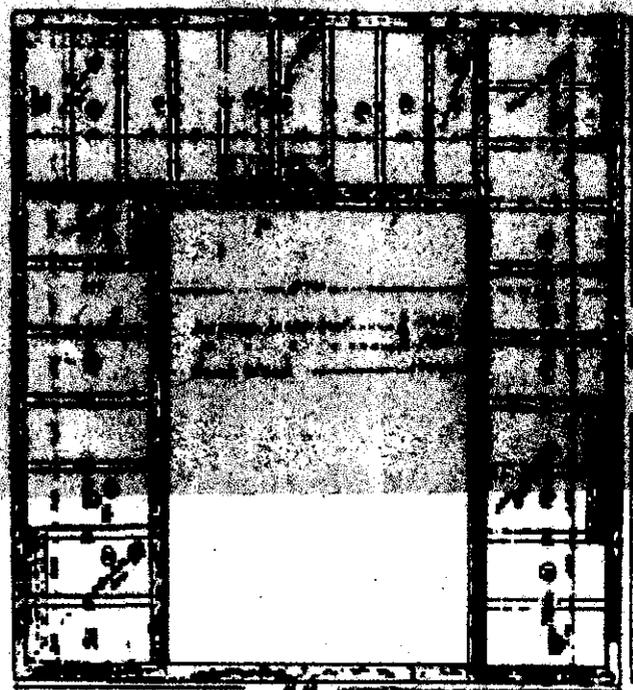
En la estructura de este edificio están representados todos los elementos estructurales del Sistema Hennebique: losas, trabes, muros, zapatas y columnas. Tanto la losa de la azotea como la del primer piso están resueltas a base de una serie de nervaduras paralelas, perpendiculares a los muros de carga, con separaciones de centro a centro que van de 1.57 a 1.68 m. El claro de estas nervaduras es de 5.38 m y a un lado tienen un voladizo de 1.50 m. La mayor parte de estas nervaduras tienen una sección de 15 x 25 cm, algunas otras de 15 x 35 cm. Sobre las nervaduras, y monolíticas con ellas, se apoya una losa de 8 cm de espesor. El sistema de pisos, integrado por nervaduras y losa, sobresalía 1.50 m de los muros que circundaban el patio interior, formando una circulación en voladizo que servía a los distintos locales de las oficinas. En el proyecto original, el pasillo que comunica con el

edificio principal estaba sostenido por tornapuntas que, saliendo de las nervaduras, se apoyaban en el muro de colindancia. En alguna modificación posterior esta solución fue alterada.

Los pisos antes descritos transmiten sus cargas a muros de mampostería. Los muros principales de la planta baja se apoyan sobre contratrabes de igual espesor, 60 cm de peralte total, estas contratrabes transmiten su carga al terreno por medio de otra serie de contratrabes secundarias de 30 x 60 cm, perpendiculares a las primeras, y de una losa de cimentación de 20 cm de espesor.

Las contratrabes secundarias (con una separación de 2.24 m y 2.36 m de centro a centro) junto con la losa, sobresalen 30 cm hacia el patio interior, a fin de lograr una reacción mayor en los muros interiores, los cuales transmiten una carga de 19,200 kg./m, mayor que la transmitida por los muros exteriores que es de 18,100 kg./m.

Según se dice en el artículo que el Ingeniero Rebolledo escribió en 1904 con este procedimiento pudo evitarse, de manera segura, el empleo de muros medianeros los que, antes

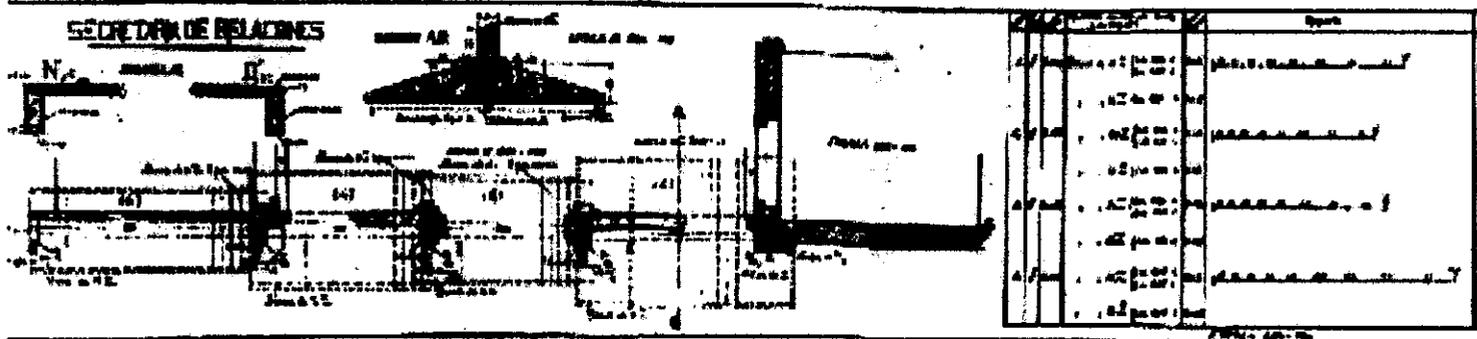
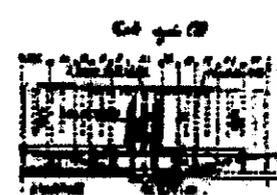
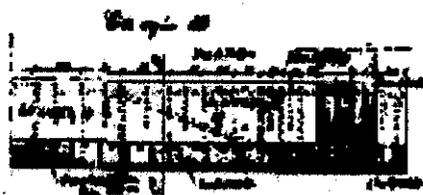


Plano n° 1

Oficinas y Secretaría y Relaciones

Centrales

Proyecto de adaptación al sistema Hennebique



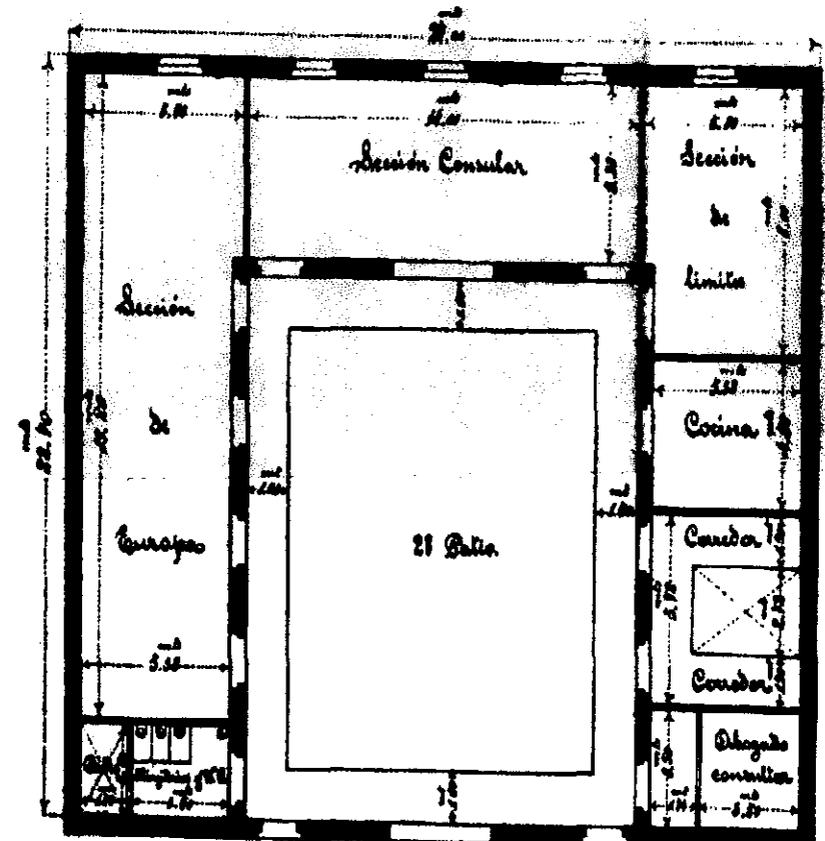
44. Proyecto de adaptación al sistema Hennebique.

del empleo de las losas de cimentación de concreto armado, constituían la solución tradicional cuando se trataba de construir cimentaciones con cargas excéntricas de importancia y las ocasiones en que se recurría a cimientos con carga excéntrica no siempre se obtenían resultados satisfactorios. Decía el Ingeniero Rebolledo en este artículo: "Gran número de casas de las calles de Bucarell y Humboldt, la mayor parte nuevas, están hundiéndose desigualmente". (Rebolledo, 1904)

La zona del edificio de oficinas que colindaba con el edificio principal estaba apoyada sobre una zapata corrida, que recibe las cargas que le transmiten los muros (uno de los cuales es de concreto armado), y las columnas, cuatro de ellas de sección rectangular y una de sección L.

En todo el edificio se transmite al terreno una carga de 0.617 kg./m^2 , menor que la que era posible obtener en esa época en construcciones de la misma altura, pero que empleaban otro tipo de cimentaciones.

Las losas de este edificio son de 8 cm de espesor y ya que el claro máximo es de 1.68 m, resulta que la relación claro



45. Planta arquitectónica

peralte máxima es igual a 21. Estas losas están armadas únicamente en el claro corto, perpendicular a las nervaduras, con barras lisas de 8 mm de diámetro, separadas de 25 cm y

dispuestas según el principio básico del Sistema Hennebique, o sea alternando barras rectas y barras dobladas cuyos extremos se han partido en forma de "pata de ciervo". En ocasiones, Hennebique empleaba también ganchos de anclaje. Otras características del Sistema Hennebique es el empleo de estribos de solera, que en el caso de las losas del edificio descrito son de 10 x 1.5 mm y están colocados únicamente en las barras rectas, redondeadas. Tanto en las losas como en las trabes las barras dobladas se levantaban de acuerdo con el diagrama de momentos flexionantes.

En el Sistema Hennebique solamente en las losas de azotea se empleaban refuerzos de contracción y de temperatura. Además, cuando la longitud de una losa era mayor de 30 m, cada 15 ó 20 m se dejaban juntas de dilatación de 2 a 3 mm de ancho que se rellenaban de asfalto y que en general se hacían coincidir con el centro del intervalo entre dos nervaduras. Tal vez con el fin de evitar deflexiones mayores que las obtenidas en pisos intermedios, cuando el claro de las trabes era mayor de 6 m se colocaban barras de refuerzo en la zona de compresión, y el diseño se hacía

aceptando un esfuerzo de compresión admisible del 28% menor que el empleado en pisos más protegidos.

De acuerdo con el método de cálculo de Hennebique, el espesor de las losas era escogido de manera intuitiva, según el claro y las cargas por soportar. El esfuerzo se determinaba, lo mismo que en el caso de las trabes, haciéndose las siguientes hipótesis:

1. - El concreto no resiste tensiones.
2. - Los esfuerzos en la zona comprimida del concreto son uniformes.
3. - El momento estático respecto al eje neutro, de la resultante de las compresiones en el concreto, es igual al momento estático de la tensión en el acero respecto al mismo eje, y cualquiera de estos momentos es igual a la mitad del momento exterior.

Para determinar el refuerzo, la altura de la sección (y de ahí d), se elegía de antemano, lo mismo que el ancho b ; el momento exterior M era un dato conocido y los esfuerzos admisibles se fijaban, suponiendo que f_c era igual a 25 ó 30 kg/cm^2 y que f_s valía 1,000 a 1,500 kg/cm^2 según se

Hennebique limitaba la separación de las nervaduras a 3.00 ó 3.50 m a fin de poder considerar como efectivo todo el ancho de losa solidario a las trabes. En el caso en estudio el ancho mayor del patín superior de las trabes (excepción hecha de la trabe no. 16) es de 1.68 m, de modo que la relación entre la parte del patín que sobresale a cada lado del alma respecto al espesor de la losa es de $765/8=9.5$, mayor que el ahora aceptado generalmente y que aún no ha llegado a establecerse de manera racional. El ancho de la losa sólida a la nervadura es, sin embargo, pequeño en este caso, ya que Hennebique llegaba a admitir anchos equivalentes a 50 veces el espesor de la losa. En 1906 en los Estados Unidos según Reid¹¹, se admitían anchos de losa que iban de 3 a 10 veces el ancho del alma. El mismo Reid opinaba que ambos valores extremos eran exagerados, en uno u otro sentido, y recomendaba que se empleara un valor de 4 a 6. Otros aceptaban como ancho total la mitad de la distancia centro a centro entre nervaduras; otros, todavía aceptaban como válida un tercio de esta distancia. El mismo Reid sugería que

sería más racional adoptar un ancho equivalente a cierto número de veces el espesor de la losa y después de algunos cálculos sugiere que se tome un ancho equivalente a 10 veces el espesor de la losa.

En vista de la incertidumbre relativa al ancho de la losa que debe considerarse solidaria al alma, el método de cálculo de las vigas *T* usado por Hennebique, parece razonable. Suponía, como lo hacía en las losas, que el concreto quedaba sujeto a una compresión uniforme y despreciaba la contribución de la parte comprimida del alma. De acuerdo con esta hipótesis, una vez fijadas las dimensiones de la trabe, la profundidad del eje neutro se calculaba suponiendo que el momento de la resultante de las compresiones respecto al eje neutro, era igual a la mitad del momento exterior.

Respecto al refuerzo en el alma, Hennebique suponía que la mitad de la fuerza cortante era resistida por las barras dobladas y la otra mitad por los estribos, a los que suponía el papel de conectores transversales que impedían el deslizamiento del concreto a lo largo de planos horizontales. Debe notarse que en el diseño del refuerzo en el alma no es

¹¹ Homer A. Reid, "Concrete and Reinforced Concrete Construction", The Myron C. Clark Publishing Co., New York, 1908.

considerable la intervención del concreto.

A los estribos se asignaba un esfuerzo de trabajo de 60 a 70 kg./cm² si eran de fierro, y de 80 kg./cm² si se hacían de acero.

El método de diseño de refuerzo en el alma, antes indicado, estuvo en boga en Europa durante casi 10 años, no sin ser objeto de críticas frecuentes. Hasta 1910, aproximadamente, se volvió al método empleado hasta hoy, basado en lo que Ritter llamó en 1899 la analogía de la armadura, de la que obtenía la siguiente fórmula bien conocida:

$$V = \frac{A_f j d}{s}$$

El armado longitudinal de las columnas en el sistema Hennebique, estaba constituido por cuatro barras redondas con diámetro comprendido entre 8 y 50 mm dispuestas en la periferia de la sección transversal. Las barras verticales se sostenían cada 50 cm por medio de estribos formados por cuatro pequeñas placas de 2 mm de espesor que quedaban atravesadas por las barras verticales, en el caso de la secretaría de Relaciones; en este ancho se veía un

inconveniente que limitaba su empleo, ya que la masa del concreto quedaba interrumpida en una parte importante de la sección transversal, favoreciendo la formación de fisuras si la pieza se sometía a flexiones causadas por cargas laterales; por lo que se prefería el empleo de estribos formados por placas colocadas verticalmente o alambres que unieran dos a dos las placas verticales, las cuales, en su parte inferior, se hacían descansar sobre una placa sólida de 3 a 5 mm de espesor con la misma forma exterior que los estribos. Se decía que esta placa tenía por objeto impedir la penetración de las barras en los cimientos y asegurar la repartición de los esfuerzos. La dimensión misma de las columnas del sistema Hennebique se limitaba a 15 cm.

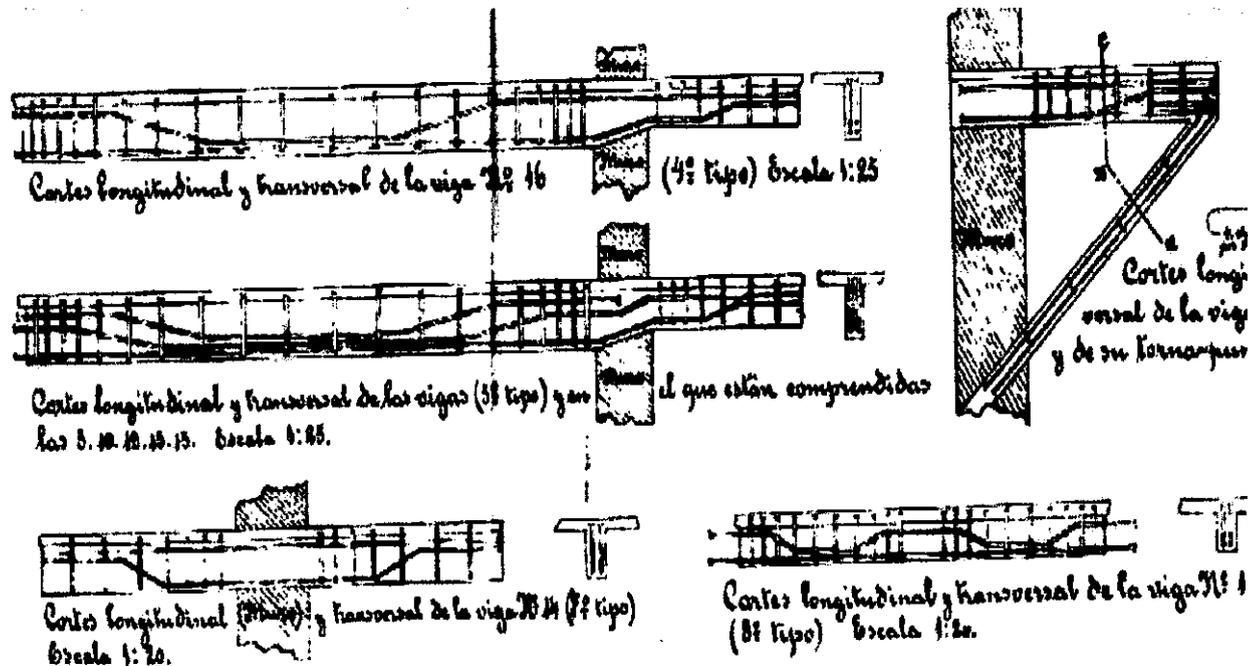
En el caso de zapatas para muros, estaba formado de un macizo de concreto, hecho con grava fina, de espesor variable según la relación del suelo. Este macizo está armado en su parte inferior de unas varillas de acero ligadas al resto del mismo; a veces se omitía el refuerzo en la dirección mayor si en este sentido no ocurrían flexiones importantes, limitándose el refuerzo a dos barras principales, tal es el caso del edificio

que se comenta.

La losa de cimentación del edificio de Relaciones presenta una disposición estructural semejante a las losas de piso, con un armado similar al que antes se detalló. Se observa que la cimentación está formada por las trabes principales, las trabes secundarias y la losa propiamente dicha, armada en un solo sentido. El armado ocupa, por supuesto, una posición simétrica inversa a aquella empleada en las losas.

(Rebolledo, 1904)

Como conclusión podemos decir que la aportación tecnológica de este edificio, no sólo fue en cálculo y dimensionamiento estructural, sino en el uso del concreto armado y el sistema Hennebique ya que fue el primero en construirse con este sistema, pudiendo verificar y comprobar el trabajo del concreto armado, logrando tener grandes



46. Corte transversal y longitudinal de vigas

resultados, el edificio no sufrió hundimientos, ni presentó cuarteaduras o flechas en sus elementos estructurales, es una pena que no exista a la fecha por la valiosa aportación técnica, que no dista mucho de los procesos constructivos que se utilizan hoy en día.

También ayudó a crear confianza y sirvió de modelo a la construcción de edificios de 10 y 15 pisos en la ciudad de

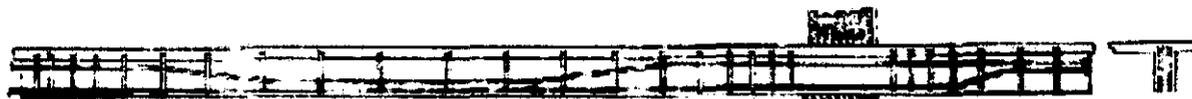
México. Resultó que el sistema utilizado era el más racional, resistente y económico para cimentar en terrenos malos semejantes al nuestro. Era el más apropiado para muros, por tener la propiedad de resistir sin agrietarse cualquier movimiento sísmico.



Cortes longitudinal y transversal de las vigas primer tipo y en el que están comprendidas las 2, 5 y 8 Escala 1:20.



Cortes longitudinal y transversal de la viga N° 6 (segundo tipo) Escala 1:20.



Cortes longitudinal y transversal de las vigas 3º tipo y en el que están comprendidas la 1, 4, 7, 9, y 11. Escala 1:25.

47. Corte longitudinal y trasversal de vigas

Al formar los muros con el cemento y los pisos una figura indeformable, resistían cualquier desnivelación o hundimiento que se producía en el subsuelo.

Por los buenos resultados obtenidos en este edificio con este sistema se construirían más tarde edificios, siguiendo los mismos lineamientos, como el edificio destinado a los Bancos Agrícola e Hipotecario y Mutualista (1904), la Sexta Demarcación de Policía (1906), el Anfiteatro Bolívar (1908) y el templo de la Sagrada Familia, con estilo tradicional (1910).

Combinar la resistencia del cemento a la compresión con la que el acero presenta a la tensión, es la base de este nuevo sistema constructivo, en el cual disminuye notablemente la masa del uno y la escuradía del otro, aligerando todo lo posible la construcción, consiguiendo con la unión de estos dos que el acero no se oxide. Ya que este era un problema por resolver a principios de siglo. Sin embargo sigue aún presente la estética académica, no se han comprendido totalmente los avances tecnológicos que aporta el nuevo sistema constructivo, se insiste en cubrir la estructura.

La Nacional (1929)

Este edificio se eligió por sus aportaciones al estudio del subsuelo, por la adecuada solución que se dio en su cimentación y la aportación del uso de concreto armado en elementos estructurales en construcciones de más de cinco niveles. Una vez más la tecnología determinaría el diseño, enriqueciendo las soluciones arquitectónicas.

Si analizamos el contexto constructivo que rodeó a este edificio, encontramos que el conocimiento acerca de la mecánica de los suelos prácticamente no existía, ni los referentes a cimentaciones profundas y análisis sísmicos. Ya que la experiencia con Bellas Artes era desalentadora. Sin embargo en este edificio se logran grandes avances técnicos en el proceso constructivo con concreto como podremos ver más adelante.

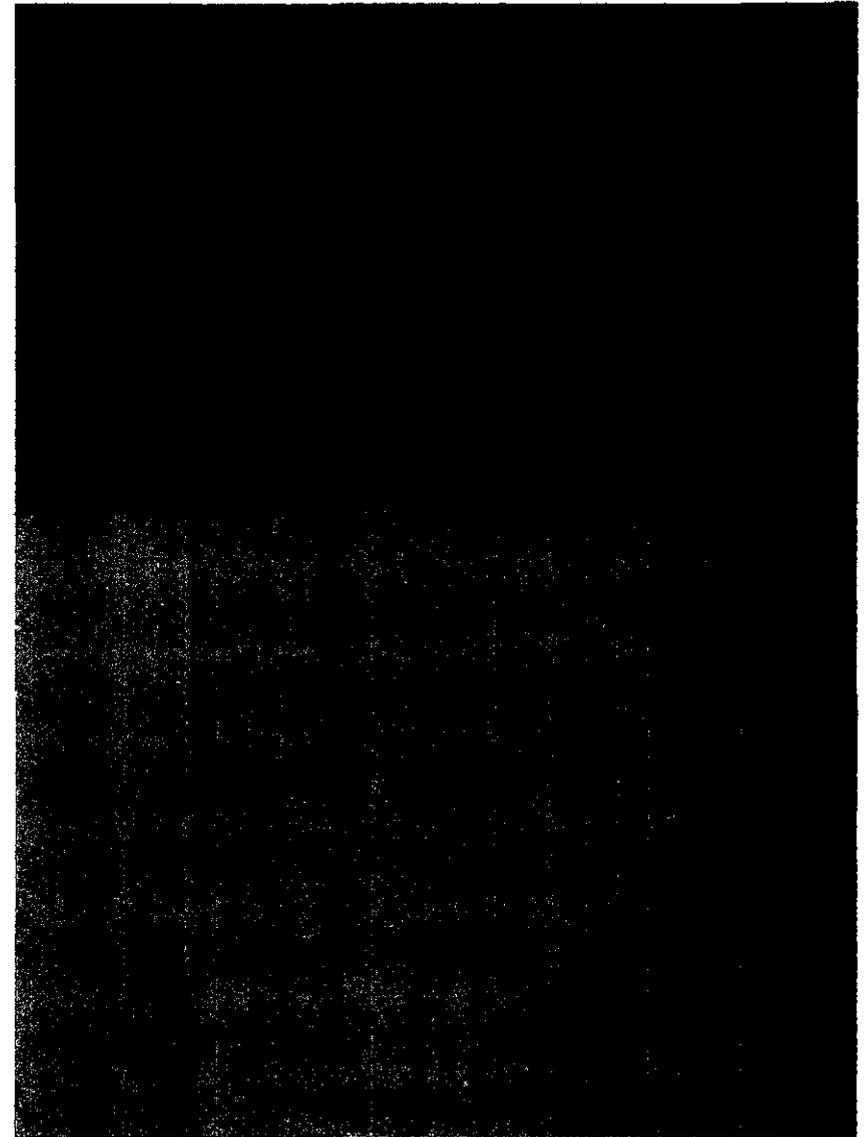
En 1929 se fundó la Cámara Nacional de Cemento, que con motivo de la conmemoración del primer centenario de la invención del cemento en Inglaterra, dicha Cámara convocó un concurso para premiar los mejores trabajos sobre las

propiedades estructurales del cemento armado.

Este concurso, marca el momento en que los Ingenieros reconocieron que eran los arquitectos, los capacitados para proyectar y dirigir la arquitectura de la ciudad.

Los premiados fueron; el Ingeniero José A. Cuevas y los arquitectos Bernardo Calderón Caso y Manuel Ortíz Monasterio, por el proyecto del edificio de La Nacional, Compañía de Seguros sobre la vida, S.A., obra urbana de primera categoría en que el concreto se dejó expuesto en función abiertamente decorativa. Este edificio fue el primero de esta categoría que se hizo en México, por lo cual despertó gran interés y constituyó un paso firme de la ciencia de la cimentación aplicada en la ciudad.

El edificio fue erigido con el propósito de revestirse con la imagen de un prisma de altura sobresaliente, a pesar de que el número de niveles interiores no justificaría el adjetivo de rascacielos.



El volumen (armado integralmente a base de concreto armado) en forma de paralelepípedo, se remata con un cuerpo de tendencia piramidal que junto con los escalonamientos de la masa de soporte tiende a apuntar verticalmente la composición general del edificio disminuyendo la sensación de masividad. El edificio consta de 13 pisos con una altura total de 55.00 m, con respecto de la calle, y 4.00 m más, bajo este nivel, de los cuales 2.40 m corresponden al sótano, 1.40 a la altura de las trabes y 0.20 m al espesor de la losa de concreto.

Tiene una armazón de acero estructural contraventado para resistir los esfuerzos de tensión que pudieran provocar los posibles hundimientos o bien los temblores, haciéndola prácticamente indeformable.

Los detalles decorativos del vestíbulo, la portada del acceso principal, el barandal de la escalera, etc., son los elementos más sobresalientes de la aplicación del estilo art déco neoyorquino.

Cuando en 1929 la Compañía de Seguros La Nacional encargó la construcción de su edificio a la firma Monasterlo y

Calderón, se presentó el problema de proyectar la cimentación para un edificio que pesaba 10,000 toneladas sobre una superficie de 735 m² o sea 14.5 toneladas por m², y con el terreno pantanoso del centro de la ciudad de México.

No era posible una cimentación de superficie después del fracaso del Teatro Nacional; ni la consolidación del terreno por medio de inyecciones. El sistema de flotación integralmente resuelto, sólo se había aplicado en pequeños ensayos, en muchos casos se aplicaba en cierto sentido esta teoría de bajar las plataformas hasta una profundidad en la que se contara con la resistencia hidráulica del agua permanente del subsuelo.

Para resolver el problema y determinar la clase de cimentación que se emplearía se hicieron seis sondeos del terreno, ensayando la resistencia relativa a la penetración en las diversas profundidades encontrando a los 37.00 m bajo el nivel de la calle, una capa arcillo-arenosa con un espesor de 7.00 m y resistencia once veces mayor que el resto de las capas atravesadas.

Los análisis de laboratorio que el eminente ingeniero

mexicano Hermion Larlos hizo de las muestras obtenidas en los sondeos, indicaron que la capa que había dado mayor resistencia tenía una elevada proporción de arenas (diámetros menores de $1/100$ mm) y una proporción reducida de limos y arcillas, lo que significaba un aumento en la fricción y reducción de la plasticidad.

Por lo que la cimentación fue calculada de acuerdo a los siguientes puntos:

- Existe en el suelo de la ciudad de México a una profundidad que varía de 36.00 a 40.00 m bajo el nivel de la calle un estrato arcilloso con elevada proporción de arena, que permite apoyar pilotes que trabajan como postes aún despreciando el rozamiento de los pilotes en las capas superiores
- La teoría de M.L. Engers M.A.S.C.E. relativa a la distribución parabólica de las presiones en las placas rígidas de cimientos que cita el Dr. Tersaghi en su memoria fue aplicada, ampliándola hasta suponer que los ordenadores de un parabolode cuyo eje está en el centro de gravedad de la plataforma y es perpendicular

a ella, son proporcionales a las presiones en un punto considerado.

- La distribución de pilotes se hizo de acuerdo con esa misma suposición de la ley de variación parabólica de presiones y su resistencia (bearing capacity) al rebote fue siempre considerada menor que su resistencia como poste. La resistencia dinámica por fricción durante la hincada fue calculada por la fórmula del Engineering News.
- La plataforma de cimentación formada por fuertes trabes y losas diseñada para lograr máxima rigidez. A fin de evitar un gran número de cantidades indeterminadas, se calculó la estructura de la cimentación como plataforma integral para resistir en caso dado el asentamiento irregular de los postes.
- El terreno excavado representa un peso de $2/3$ partes del edificio, de manera que esto permite aprovechar en la plataforma a los 5.50 m bajo el nivel de la calle cuya resistencia hidrostática es aceptable ya que probablemente ayuda a evitar los hundimientos

relativos.

Después de los puntos analizados anteriormente y los resultados obtenidos por los sondeos realizados, dio como resultado una cimentación de pilotes, haciéndolos trabajar como postes, despreciando su resistencia únicamente al flotamiento del pilote (trabajo a fricción), sino para que transmitan la carga a la capa de mayor resistencia, distribuyendo esta carga de 10,000 ton, que pesa el edificio, entre 373 postes de 32.00 m de longitud, pilotes de madera profundos con tramo superior de concreto armado. Los diámetros de los pilotes varían de abajo hacia arriba entre 35 y 25 cm. Son de madera de árboles de eucalipto, con cinchos de hierro en las extremidades y unos pernos que, entrando en dos tramos consecutivos, los unen.

Cada poste soporta una carga media de 30.00 ton con un coeficiente de 3.5, de acuerdo con la fórmula de Engineering News o de Wellington.

Se prefirió la madera por ser menos frágil que otros materiales¹², más ligera, y porque podía conservarse en

perfecto estado dentro del agua, como se vio en unas estacas de la antigua construcción, sacadas al excavar el sótano. Estos postes se colocaron bajo una cimentación por superficie, pues sobre el terreno descansan las traveses y una losa corrida.

La capa superficial, con una profundidad de tres metros, estaba perfectamente consolidada por la carga que había sufrido anteriormente y por la gran cantidad de estacones, así como por piedras, por lo que se tuvo que emplear, marro y cincel para desintegrarla en algunas partes. Toda esta capa consolidada fue quitada y sacada de la obra.

Antes de comenzar a pilotear, y a medida que se hacían las excavaciones, las casas contiguas a la obra fueron apuntaladas, reforzándolas con vigas de concreto donde apoyaban los puntales.

El hincado de los pilotes se hizo con un martinete de 13.00 m de altura, una maza de 400 kg, una caída de 1,000 libras (454 kg), con una altura media de caída de 7.00 m cuya cabeza se protegía con un falso pilote de madera y acero. Los primeros pilotes terminaban en una punta

¹² conocidos y empleados en esta época.

de acero.

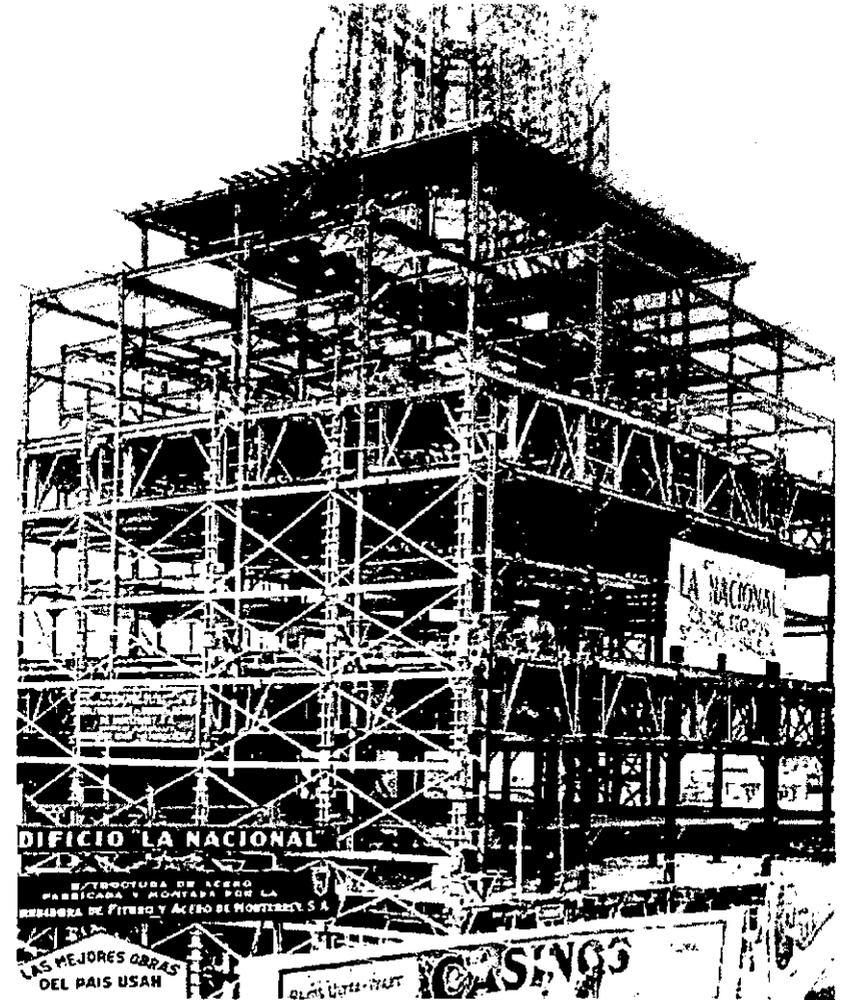
Al hincar los pilotes se comprobó lo que el sondeo había dado y es que a los 32.00 m el pilote encontraba la capa de mayor resistencia y no penetraba más allá. Sólo dos pilotes atravesaron la capa resistente perdiéndose después prácticamente, pues no llegaron a dar la reacción de 30 ton. Estos postes se colocaron bajo las grandes trabes del edificio, dejando una parte del último tramo de concreto al descubierto, con sus varillas de hierro, para ligarlos con las trabes al colarlas.

La sección de los pilotes ocupa 4.5% del área total del terreno, que es de 730.00 m².

Para proteger los edificios colindantes, así como para evitar el intemperismo del terreno, se rodeó el perímetro con ataguías de madera con tablonés de 5 cm de espesor y 3.00 m de profundidad. El terreno bajo la losa soporta una fatiga de 1.4 kg/cm².

Cuando el piloteo hubo terminado, se vio que el terreno había sufrido un hundimiento de 0.30 a 0.40 m, y que los puntales, al levantarse junto con el terreno, habían hecho tal

presión sobre las casas apuntaladas que rompieron las vigas de concreto en que se apoyaban.



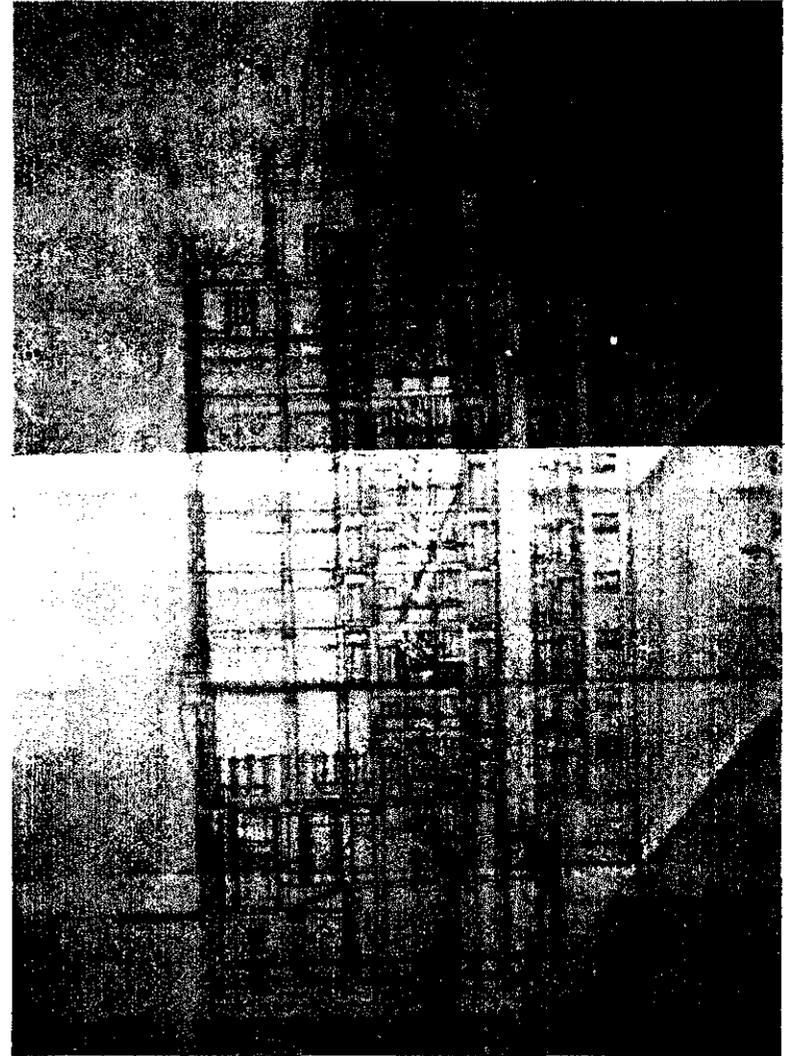
49. Obra en proceso de construcción

Con todas las reacciones de los pilotes se trazaron las curvas de igual resistencia, las que adoptaron la forma de las curvas de nivel en un plano de ligera pendiente uniforme. En los lugares de menor resistencia se introdujeron algunos pilotes más para reforzarlos.

Las pruebas realizadas semanas después de su hincadura dieron resultados satisfactorios; sin embargo se nota una elevación del terreno y en algunos casos una ligera elevación del tramo o tramos superiores de los pilotes, lo que indicaba la conveniencia de establecer juntas que impidieran cualquier elevación individual de los tramos. Las cabezas de los pilotes fueron niveladas en repetidas ocasiones, sin que se notara la más pequeña variación, y golpeados meses después, algunos no sufrían nuevos hundimientos y otros a los dos centímetros volvían a dar la misma reacción de 30 ton.

Las nivelaciones para conocer los asentamientos fueron cuidadosamente registradas durante la construcción relacionando los hundimientos con las cargas. Pesando el edificio 10,000 ton, el hundimiento total medio registrado durante la construcción, fue de 10 cm o sea 10 mm por cada

mil toneladas de carga.



50. Corte transversal

Al terminarse de cargar el edificio cesaron los hundimientos, siete años después de la terminación no había habido hundimientos apreciables.

Durante la construcción ocurrió un asentamiento desigual de la plataforma (4 cm) en la esquina noreste del edificio. Este hundimiento desigual desapareció en su totalidad a los tres años y, después, debido probablemente a la construcción de tres edificios pesados en esa manzana, el máximo se verificó en la esquina interior del edificio, es decir, al suroeste alcanzando 8 cm. También estuvo expuesto a temblores de tierra bastante serios (junio 3 de 1932, 8.4° magnitud Richter y septiembre 19 de 1985, 8.1° magnitud Richter) sin sufrir ningún daño.

Las curvas de nivel de los asentamientos indican que estos no han sido irregulares en ningún punto ya que la plataforma ha trabajado integralmente. No existen de hecho grietas en la estructura principal del edificio.

Al excavar 4.00 m de profundidad en los 730.00 m² del área, extrajeron un volumen de 2,920 m³, a los cuales se les puede considerar, en promedio, un peso volumétrico de

1,500 kg/m³, ya que como se recordará, el terreno estaba consolidado y contenía los cimientos de las construcciones demolidas. Por tanto, con dicha excavación se alivió al terreno de un peso igual a 4,380 ton, más el peso que hayan tenido las casas ubicadas con anterioridad en ese lugar, y las cuales se puede suponer estaban ya en equilibrio. Al quitar esta carga el terreno reaccionó, bufándose, al grado de arrastrar en su movimiento, como ya se dijo, los puntales puestos con el objeto de impedir que las casas vecinas se desplomaran hacia la excavación, produciendo el efecto contrario, es decir, la excavación empujó hacia fuera a las construcciones circundantes.

La ataguía que circundaba la construcción no tuvo, más objeto que llenar un requisito muy mal determinado por el Reglamento de Construcciones vigente, dada su relativamente pequeña dimensión, y tratándose de tabloncillos sueltos que siguen el contorno rectangular de la construcción, no es de esperarse que desempeñe el papel que se atribuye a las ataguías. El edificio, a decir de sus constructores, no ha sufrido asentamiento alguno.

PESOS DE LOS DIVERSOS MATERIALES¹³

| CONCRETO | Kg/m ³ | RECUBRIMIENTOS PAVIMENTOS | Kg/m ² |
|--|-------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 1x2x4 | 2,310 | Acabado de mortero por cm/espesor | 21 |
| 1x3x6 | 2,280 | Mosalco con espesor de mortero | 100 |
| CONCRETO ARMADO 1x2x4 | | Loseta de mármol | 100 |
| Con 0.5% de hierro | 2,340 | Aplanados de yeso | 20 |
| Con 1% de hierro | 2,370 | PAVIMENTOS DE DUELA (con polines) | |
| Con 2% de hierro | 2,420 | Encino 7/8" | 27 |
| Con 3% de hierro | 2,480 | Pinotea 7/8" | 24 |
| Con 4% de hierro | 2,530 | Parquets 1" | 30 |
| Con 5% de hierro | 2,590 | RELLENOS | Kg/m ³ |
| Concreto sin fraguar para calculo de encofrado | 2,600 | De hormigón pobre | 2,000 |
| Hierro | 7,800 | Cascajo | 1,700 |
| PIEDRAS | | Ripio de tezontle | 1,000 |
| Mármol | 2,600 | Coke | 700 |
| Granito | 2,800 | MADERAS | |
| Basalto | 2,800 | Pino | 600 |
| Lava basáltica | 2,200 | Cedro | 400 |
| Chiluca | 2,000 | Encino | 750 |
| Piedras artificiales | 2,400 | Nogal | 650 |

¹³ Buread of Standardr U.S.A.

De acuerdo con la práctica usual de la época en el cálculo de edificios, las losas y nervaduras de los techos se calcularon en todos los pisos con las cargas y sobrecargas completas. Las trabes principales se consideraron cargando solamente el 85% de las sobrecargas. El criterio de reducción de sobrecargas teóricas en las columnas varía según los Reglamentos de las diversas ciudades, pero en lo general todas están conformes en que debe hacerse una reducción con el fin de que el cálculo de columnas se haga con cargas que se acerque a la realidad.

En el piso superior se consideraron las sobrecargas teóricas completas; en el piso inmediato inferior se tomó el 85% de la sobrecarga teórica, en cada uno de los pisos inmediatos inferiores, se hizo una sobre reducción del 5% hasta llegar a 50%, esta reducción se conservará en los pisos inferiores. Las concentraciones de las columnas en los cimientos fueron calculadas tomándose en cuenta el anterior criterio de reducción de sobrecargas.

Para este edificio se consideraron las cargas en la siguiente forma:

Pesos propios. El peso propio se calculó de acuerdo con los pesos por unidad de volumen de los diversos materiales que forman las columnas, trabes, losas, muros y revestimientos.

Sobrecargas. Las sobrecargas consisten por una parte en el peso de muebles, mercancía y personas u otras cargas accidentales y en las cargas especiales concentradas como son las maquinarias, cajas de seguridad, etc., las cuales se calcularon para cada caso como lo muestra la siguiente tabla.

Las cargas por viento se calcularon tomando como base las velocidades máximas alcanzadas en la ciudad, según los datos del Observatorio Meteorológico en los últimos 25 años (desde 1907 a 1932), 25 m por segundo. Con esta velocidad y por medio de las fórmulas usuales se dedujo el valor de la presión por m^2 resultando para la ciudad de México (en 1932), $60 \text{ kg}/m^2$.

Temblores. Es el primer caso de cálculo sísmico. Se calculo el edificio para resistir temblores cuya aceleración máxima sea de 65 cm de manera que el empuje T horizontal

SOBRECARGAS

| Área | Kg / m ² |
|---------------------------|---------------------|
| Bodegas en sótano | 970 |
| Almacenes | 600 |
| Oficinas en general | 240 |
| Escaleras (en proyección) | 500 |
| Corredores | 500 |
| Azoteas | 200 |
| Terrazas | 700 |
| Salones | 700 |
| Gimnasio | 700 |
| Salón de actos | 700 |

que debe resistir en su centro de gravedad¹⁴ se calculó multiplicando la relación de esta aceleración con la gravedad por la masa del edificio, lo que da alrededor de $\frac{1}{15}$ de su peso.

Las especificaciones generales de cálculo para los trabajos de concreto armado que se consideraron se sujetaron al Joint Code-Building Regulations for Reinforced

Concrete aprobado en la XXIV Convención Anual del American Concrete Institute (29 de febrero de 1928) y en la IV Convención Anual del Reinforcing Steel Institute (19 de marzo de 1929).

Los momentos flexionantes (# 709 Joint Code) en vigas y losas de claros aproximadamente iguales construidas íntegramente con las columnas, muros ú otros soportes y

¹⁴ Teoría Omori

cargados uniformemente.

1. - En claros interiores los momentos negativos de apoyo con excepción de los extremos.

$$\mu = pl^2/12 \quad (1)$$

Momento positivo en la región central de los claros inferiores.

$$\mu = pl^2/16 \quad (2)$$

2. - Claros extremos en vigas y losas continuas o vigas y losas de un solo claro. Cuando el coeficiente de rigidez de la viga o la relación de momento de inercia al claro (I/e) sea menor que el doble de la suma de los coeficientes de rigidez $2(Ic_1/b_1 + Ic_2/b_2)$ de las columnas exteriores superior e inferior que están en contacto con la viga o losa, se podrá considerar ésta como empotrada. Según lo anterior el momento positivo en la región central y el negativo sobre los apoyos exterior y primero serán.

$$\mu = pl^2/12 \quad (3)$$

Cuando la relación antes expresada no satisfaga esa condición no se considerará la viga o losa como empotrada y entonces el momento positivo en la región central del claro

negativo en el primer apoyo interior sea.

$$\mu = pl^2/10 \quad (4)$$

Momento negativo en el apoyo exterior

$$\mu = pl^2/16 \quad (5)$$

En el caso de las losas cuadradas la mitad del peso propio y de la sobrecarga se aplicará en cada sentido. En losas rectangulares de lado l y (l) el peso se aplicará sobre el lado menor, $[l/e - 1/2]$ por consiguiente, cuando el lado mayor sea igual o mayor que vez y media el menor se considerará la losa apoyada en un solo sentido.

El refuerzo en los cuartos adyacentes a las vigas podrá reducirse hasta en 50% del calculado por los medios centrales. La distancia entre las barras no será en ningún caso mayor de tres veces el espesor de la losa.

En el cálculo de columnas se usarán los coeficientes de trabajo especificados en la tabla correspondiente.¹⁵

Este edificio es importante en su categoría, por el uso del

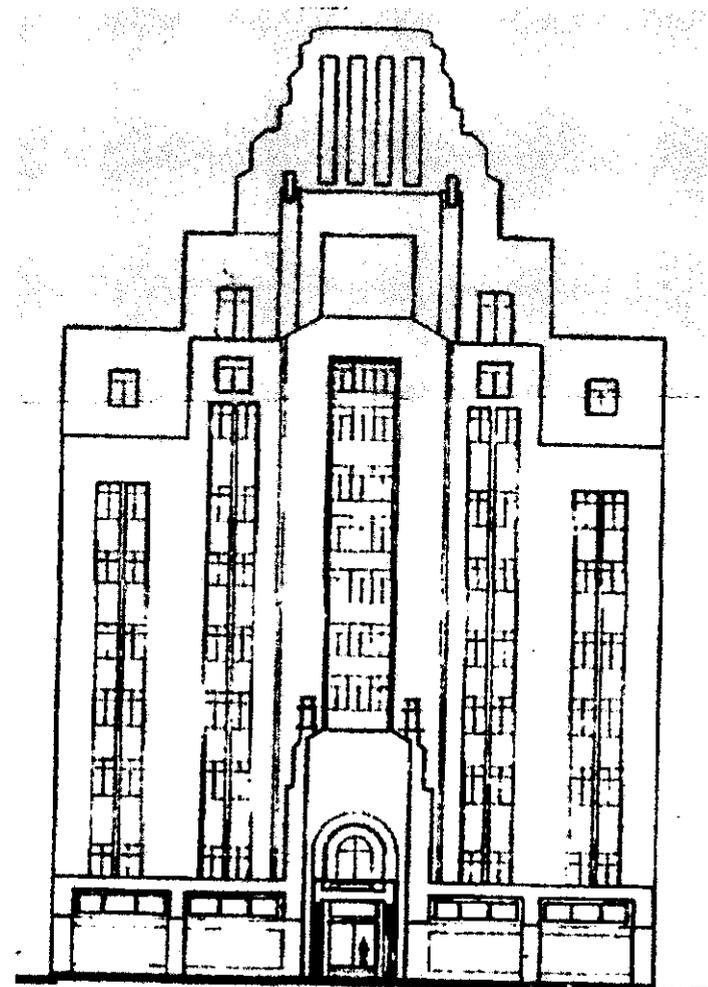
¹⁵ Datos obtenidos de la Licencia de Construcción presentada por Monasterio y Calderón el 21 de Enero de 1932.

concreto armado en su estructura de 13 niveles y su aportación al cálculo sísmico.

Las aportaciones tecnológicas en este caso son: el empleo con éxito del método de cimentación (que no se puede clasificar dentro de un determinado tipo); sobre el gelatinoso subsuelo del centro de la ciudad; que consistía en pilotes que transmitieron el peso como pilares a una capa más resistente, ayudados en algo por la fricción de las capas que atravesaron. Existiendo además una cimentación por superficie, pues sobre el terreno no descansan las trabes sino una losa corrida que flota literalmente en el lodo. Sobre este gigantesco cajón de concreto se prolongan muchos muros, y un diseño sísmico con gran resistencia a los terremotos, se mantiene en una posición perpendicular constante gracias a los cambios mecánicos de pesos debajo de su basamento.

Desde todos los puntos de vista, es encomiable el esfuerzo de los arquitectos Monasterio y Calderón, sus constructores, quienes sacudieron el pesimismo acerca de nuestro subsuelo, buscando vencer el medio, imponiéndose sobre él. Convirtiéndose este en una experiencia decisiva

para las posteriores construcciones altas (cimentación, sísmos, etc.)



51. LA NACIONAL

El ensayo realizado en la cimentación de este, creó una atmósfera de confianza en los piloteados profundos de madera. El Hotel Reforma, el edificio Aztlán, el Banco Mexicano, el edificio de la Fundación Mier y Pesado en Bolívar y 5 de Mayo y el edificio Guardiola (a los que sirvió de guía para la edificación y estilo), ubicado en la Av. 5 de Mayo de Obregón Santacilla, en el que se hincaron los pilotes con martillo de percusión, todo ello indica que México vivía un momento importante en lo que se refiere a cimentaciones de edificios altos y desarrollo de tecnología propia ya que la extranjera no se adecuaba al suelo y necesidades locales.

Edificio Ermita (1930-1932)

Se eligió también éste edificio por sus características de plurifuncionalidad dentro de la peculiar forma trapezoidal del terreno, anterior a las propuestas de Le Corbusier de las unidades habitacionales, lo que constituyó una nueva respuesta a un programa funcionalista, en el que Segura incorporó su peculiar sensibilidad de aprovechar o intentar

nuevas soluciones constructivas. Siendo que su periodo de actividad profesional se inicia paralelo a la introducción, en el ámbito industrial, del concreto armado en la construcción. Y por la solución al problema que planteaba salvar el claro del cine y la carga adicional de tres pisos de departamentos sobre éste. Considerando que para principios de los años treinta no se tenía un antecedente que permitiera abordar este problema sin dificultades, fue que se eligió a este edificio como un caso de estudio.

EL edificio Ermita, se encuentra ubicado en el terreno de forma trapezoidal, en la colonia Tacubaya, con las siguientes colindancias; al norte 7.00 m con la plaza de la Ermita, al sur en 34.00 m con la prolongación de las calles del Progreso, al noroeste en 70.00 m con la calle de Morelos (hoy Av. Jalisco), y al noreste en 69.00 m con la calle de Juárez (hoy Av. Revolución), teniendo una superficie total de 1,390.00 m².

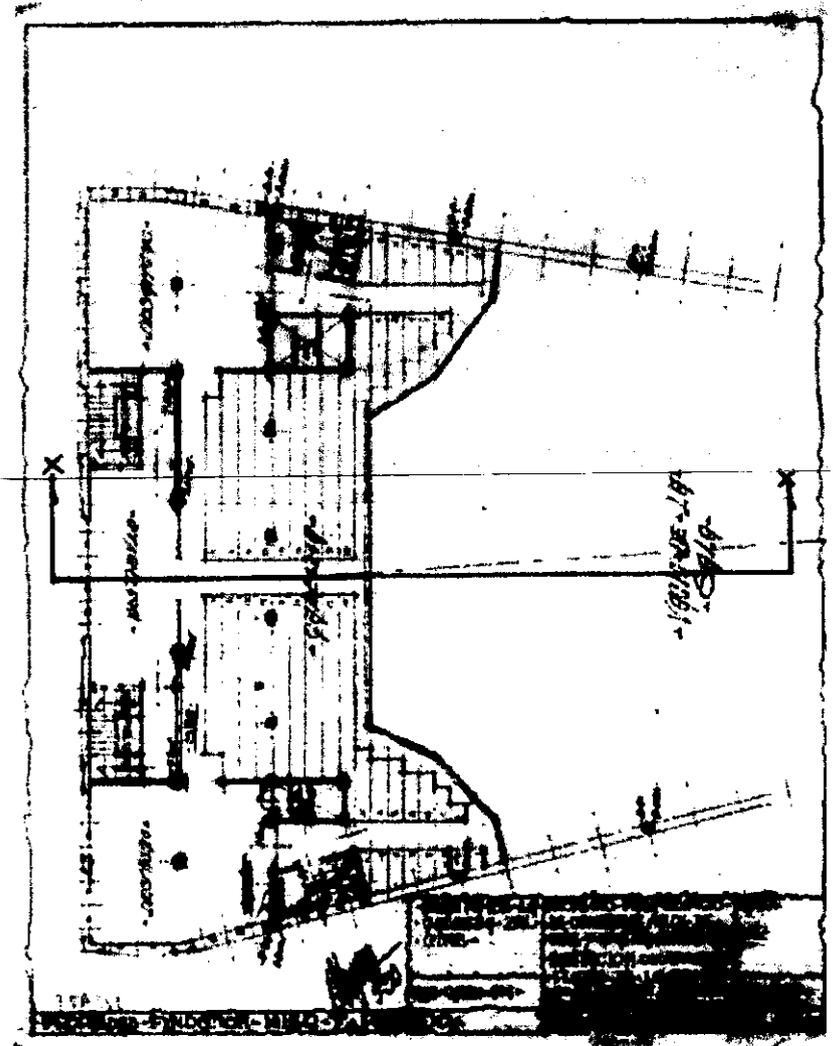
La calle que es ahora Av. Revolución sólo contaba con un ancho de 8.00m, adelantándose a la demanda futura de circulación se donó una franja de terreno de 20.00 m a lo

largo desde la calle de Benjamín Franklin hasta Martí al Departamento (que en aquella época era el Ayuntamiento), ampliando la avenida a como hoy se conoce, esto dio como resultado las primeras obras de planificación urbana en esta zona de la ciudad.

El edificio fue realizado por el arquitecto Juan Segura Gutiérrez en 1930, según contrato por 712,579.60 pesos, construcción que debería terminarse en un plazo de dos años, incluyendo hasta las butacas de lunetas y localidades de balcón del cine-teatro.

Como resultado de los requerimientos del programa arquitectónico tenemos un edificio multifuncional, puesto que comprende: departamentos, cine-teatro y comercios, el cual por sus funciones quizás fue uno de los primeros y único en México.

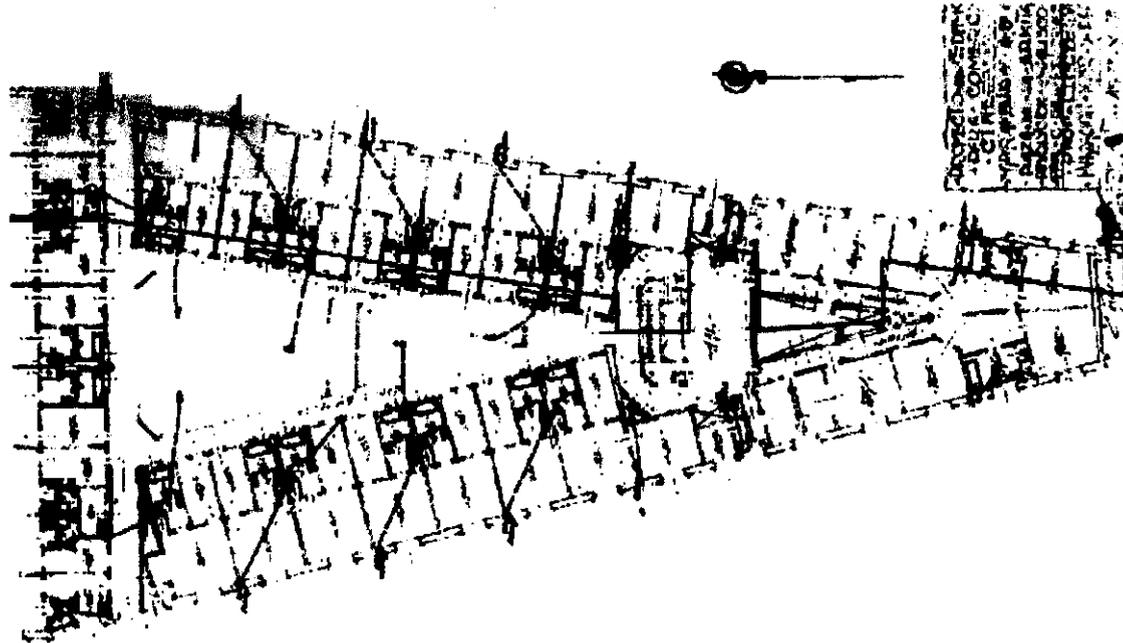
El proyecto consta de planta baja, seis niveles y planta de azotea, con las siguientes distribuciones. Planta baja; esta planta se encuentra ocupada en su mayoría por 18 locales comerciales con bodega y sanitario cada uno, 2 ubicados en esquina y 16 en ambos lados del edificio, así como un local



52. Planta galería del cine

amplio con superficie de 245 m², en esta misma planta se encuentran los accesos que conducen al vestíbulo donde se alojan escaleras y ascensor para los pisos superiores. Este vestíbulo junto con los accesos del edificio crea un pasaje que comunica la Av. Revolución y la Av. Jalisco. Por la calle de Progreso se ubica el acceso al cine-teatro, compuesto por

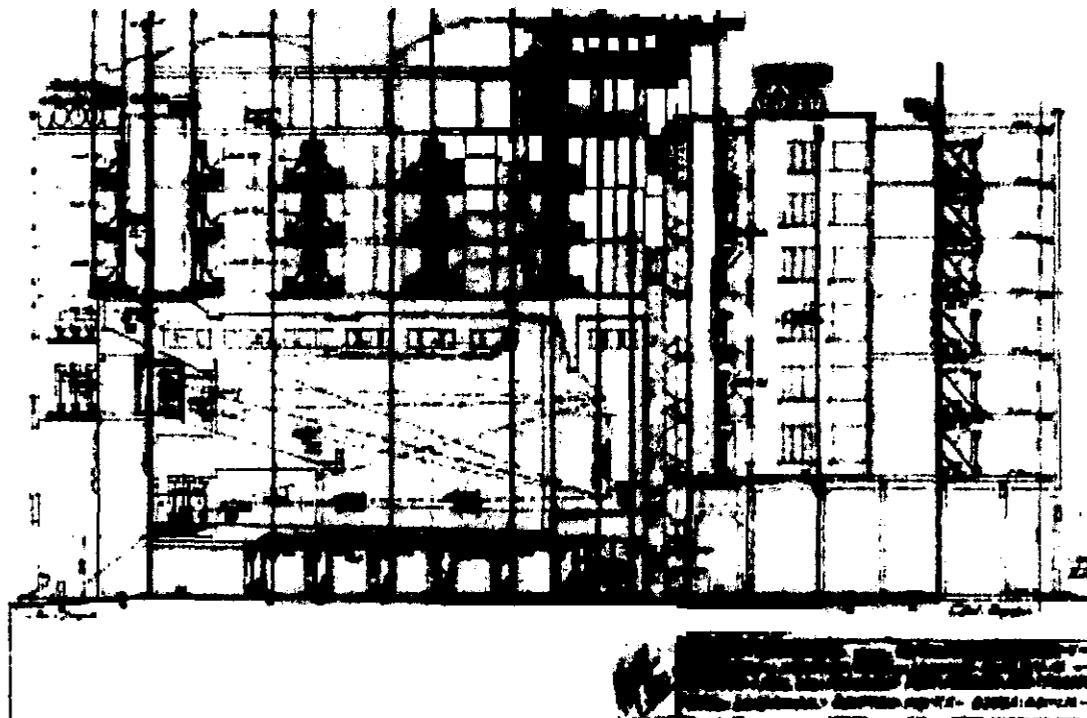
vestíbulo general, taquillas, escalinatas y escaleras con accesos directos a la calle que sirve a la galería; también se ubican las salidas de emergencia con sus respectivas escaleras para el servicio de espectadores, con desahogo a las avenidas Revolución y Jalisco.



53. Planta tipo para cuarto, quinto y sexto piso

Planta 1º, 2º y 3º nivel; son ocupadas por el cine-teatro que se compone de vestíbulo, escalinata y hall donde se alojan escaleras de acceso a la sala, escaleras de acceso al balcón, desahogos (fumadores) con servicios sanitarios para hombres y mujeres; la sala de espectáculos con una capacidad de 2,470 personas, de las cuales 1,170 corresponden a luneta, 540 a balcón y 760 a galería; Esté tenía instalado el primer

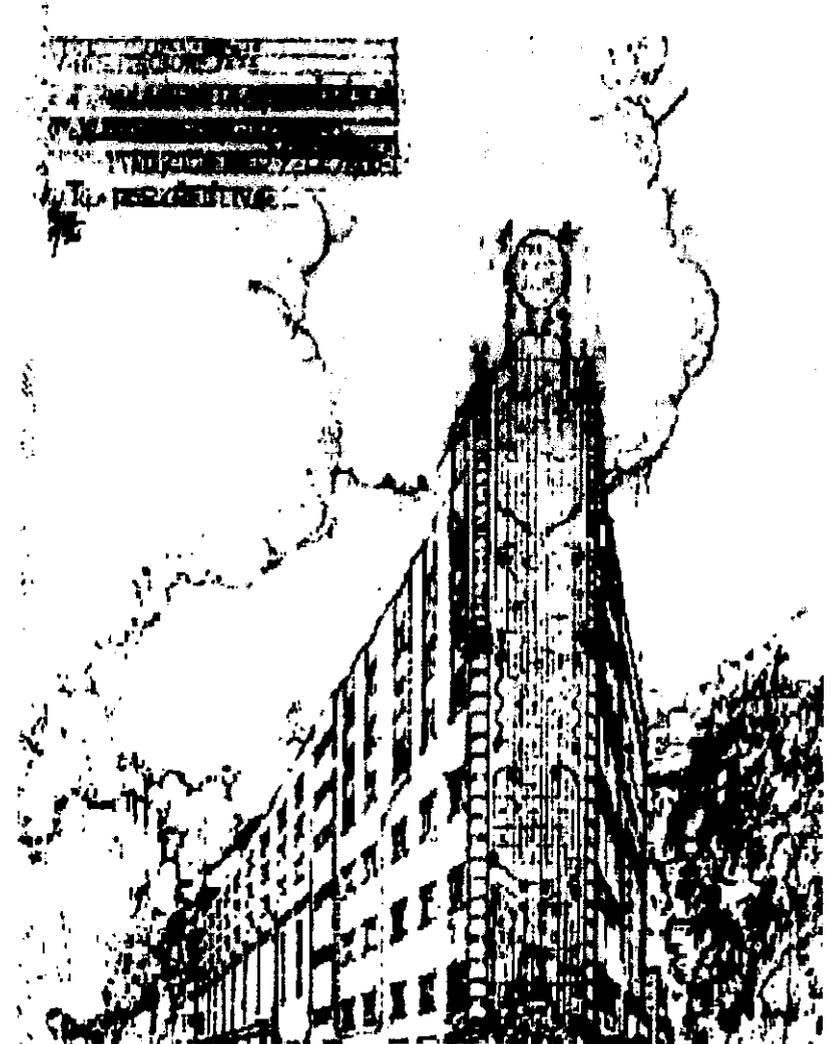
equipo sonoro que llegó a la República Mexicana. En estos niveles, sobre la superficie ocupada por el local de 245 m², se ubican dos departamentos en cada piso que tienen acceso por el hall que sirve tanto a los departamentos superiores como a éstos. Cada uno de los departamentos cuenta con un hall, sala, comedor, dos recámaras, baño (con calentador de leña para agua), cocina, cuarto de criados y baño para criados.



54. Corte longitudinal, sanitario

En las plantas del 4°,5° y 6° nivel, se ubican 22 departamentos independientes cada uno, compuesto por un recibidor, una recámara y baño (con calentador de leña para agua); de los 22 departamentos por piso hacen un total de 66 por los tres niveles, se modificaron dotándolos de cocina, implicando con esto modificar la estructura metálica que soportaría los muros de la adaptación, cambio que costo 16,407.60 pesos. Además hay dos departamentos por piso con las características de los ubicados en los primeros niveles; en el 4 ° nivel el piso formado por el techo del cine-teatro, sirve de hall o distribuidor a los 22 departamentos. Este hall se proyectó originalmente como patio interior a descubierto, con dicha modificación fue necesario construir un tragaluz y plafón vidriado.

Todos los departamentos tienen acceso por corredores que conducen al vestíbulo de distribución donde se localizan las escaleras, elevadores y el acceso a los departamentos del vértice.



55. Perspectiva edificio Ermita

En la planta de azotea se encuentra un departamento para el conserje, con dos recámaras, cocina y baño.

La cimentación fue a base de concreto armado, en vigas continuas, ligando los postes de la estructura con una transmisión de carga al terreno a razón de 0.750 kg./cm^2 , muros con rodapie de piedra basáltica y solera de concreto armado de 10 cm de espesor, muros divisorios de tabique común, los muros de carga de los locales que dan a la calle de Progreso y del pasaje del mismo edificio, se construyeron con tabique de 28 cm de espesor. El total de la estructura en principio se planteó en concreto armado (postes, trabes, vigas, losas y cerramientos), únicamente con estructura metálica el salón de cine y basamento. Posteriormente se modificó la estructura, quedando combinada como una estructura metálica cubierta de concreto la cual presentó homogeneidad en la construcción, así como la liga perfecta del total del entramado.

Para salvar el claro que cubriría el cine-teatro (cerca de veinte metros en la parte más ancha), se utilizó un sistema mixto de armaduras metálicas y losa de concreto que permitió

la utilización del techo sobre el que se colocaron tres niveles de departamentos.

En materia de instalaciones hidrosanitarias, se diseñaron ductos que concentraban los ramaleos verticales de líneas conductoras, con lo que se permite un fácil acceso a las instalaciones y la consecuente economía de mantenimiento; asimismo se dotó al conjunto de un ducto con acceso en cada uno de los niveles, con el fin de desalojar la basura y colocarla en un depósito dentro del edificio.

La fachada sur (que corresponde al cine-teatro) se caracteriza por la presencia de tres bandas horizontales de ventanas cuya dimensión las distingue dentro de las correspondientes a la zona habitacional. El acceso a la sala se caracteriza por un plegamiento de la marquesina que bordea el edificio a la altura de planta baja, y que en los puntos de ingreso al conjunto se convierten en un arco mixtilíneo siendo éste de mayor dimensión en el cine; con ello se dio lugar a la presencia de una de las más elegantes portadas de la época, tanto por la magnificencia de la escala y la monumentalidad de la escalinata que accede al nivel del lobby, como por la riqueza

de los materiales que revistieron tanto pisos como lambrines. En sentido vertical y siempre sobre el paño de la fachada, el pórtico extiende su influencia de posición mediante una amplia entrecalle de tonalidad distinta al resto de la fachada, con bordes ágilmente ondulados y un orden diferente de ventanas centrales, que sólo en esta región aparecen con doble columnilla central (recurso tomado del sistema ventana Chicago, utilizado tanto en el edificio del Palacio de Hierro, como en el edificio Woodrow).

El recurso de la entrecalle central viene a culminar a la altura del pretil de azotea con la presencia de cinco alerones verticales, mismos que operan de grapos astringentes diferenciados de los alerones horizontales dispuestos en el resto de la azotea en coincidencia con las esquinas de la masa.

En la ornamentación, debemos puntualizar el cuidadoso diseño de puertas, ventanas, respiraderos, zócalos, relieves, etc. En las puertas y ventanas la herrería es de primera en cuanto a su ejecución y diseño, el diseño hace ostentación en los relieves y en las líneas de puertas y ventanas, las

herrerías de balcones y corredores lo mismo que el vitral, son casi un lujo. En el edificio para clase media de mejor posición, los materiales son más costosos como mármol, granito, bronce y latón, las rejas de los portones son de elaborada herrería y los vestíbulos distribuidores tienen empotrados más sofisticados.

El majestuoso edificio Ermita de Av. Revolución y Calzada Tacubaya diseñado en 1930, fue para la crítica el producto más acabado e innovador de la producción de Juan Segura. Su sola presencia urbana, a la manera de gran águila rectora de su contexto, bastó para garantizar su permanencia en la historia. Sin embargo otros aspectos como la incorporación de un cine (cine Hipódromo) dentro del enjambre departamental, y la magnitud del proyecto, son adjetivos estructurales que representaron sin duda un alarde técnico para su época. Durante el período comprendido entre 1918 y 1938, predominó el Art Deco en México, y es en pleno desarrollo de este estilo en que el arquitecto Juan Segura proyecta el edificio Ermita. Y cuyo diseño lo constituye posiblemente como la obra más representativa de este estilo

y quizá única en su concepto multifuncional dentro de los requerimientos a satisfacer de la clase media de la ciudad.

En el edificio Ermita vemos que se presentan en la envolvente espacial, las características dominantes del estilo; muros de cerramientos movidos con profusión de formas angulares, distribución regular de los vanos y simetría muy acusada, que en muchos casos queda subrayada por dos cuerpos laterales salientes; ventanas geminadas que destacan así la horizontalidad, cornisas geometrizadas que coronan el edificio, bandas paralelas horizontales o escalonadas que se repiten en toda la fachada o aparecen en los vanos de ventanas y puertas; utilización de estilos históricos (columnas, capiteles, volutas) de forma plana y esquemática, aparición de bajorrelieves decorativos de culturas arcaicas, entre otras la egipcia, la maya y la azteca que se hallan generalmente sobre la puerta. Las líneas sueltas y ondulantes del Art Nouveau se convierten en rectas y curvas rígidas con sentido puramente geométrico y muchas veces simétrico; la energía se transforma en el motivo principal, el sol con sus rayos geométricos es el centro decorativo entre una gama de

colores con sentido étnico, como en las culturas arcaicas era el centro de adoración religioso. Las líneas rectas en zigzag son un elemento no solamente decorativo, sino simbólico del rayo o la energía. Las repetidas curvas geométricas ondulantes representan el agua que vierten las fuentes estilizadas, incorporadas a la arquitectura o que simplemente se plasman como bajo relieves en paredes, lámparas, vitrales, etc.

Se tiene en este edificio un notable ejemplo de uso plurifuncional que constituye un curioso adelanto a las famosas Unités de Le Corbusier. Habría que añadir que el error de éste no se da en el caso de Segura; el edificio, que en las unidades habitacionales de Marsella, Nantes, Berlín, etc., se concibe como un organismo autónomo, separado de la ciudad, en el edificio Ermita es planteado como parte de ésta, y se integra de varias maneras: la primera con la actividad comercial que se sitúa en la planta baja, teniendo así, a diferencia de la Unités, la confluencia del público.

Fue uno de los primeros en México en proyectarse con un claro propósito de utilizar el espacio verticalmente. Esto se

hace evidente si se observa un plano de los cortes, quedando así manifestada la voluntad de aprovechar al máximo los diversos usos que se proyectaron para el edificio. Notable es también la disposición de los patios de iluminación, asimismo el diseño de instalaciones y la ingeniosa solución de las salidas de emergencia de la sala cinematográfica.

Es también importante hacer notar la acertada utilización de sistemas constructivos, principalmente en lo relacionado a la cimentación, por sustitución a base de concreto armado, similar al utilizado en el edificio de la Nacional pero no se conocían los resultados ya que encontraba en proceso de construcción; en cuanto al resto de la estructura utilizó muros divisorios de tabique común, para aligerar el peso del edificio, y muros de carga en los locales que dan a la calle. Solución que no se había utilizado antes y que Segura, aplicó con gran destreza.

La solución al cine hipódromo daría un giro a la construcción de este tipo de edificios, un ejemplo notable es el cine Ermita sobre Av. Revolución del arquitecto Juan Sordo Madaleno.



56. Vista parcial del edificio Ermita

La Nacional, y el Ermita, edificios altos de esta época son el resultado de conquistas que la arquitectura tuvo al emplear materiales nuevos, en ambos la presencia extensiva del cemento lo mismo en la estructura portante que en acabados exteriores, se consideró un argumento clave para su propio desarrollo constructivo.

Con la intervención de la máquina, como auxiliar de la construcción en su funcionamiento interno y en elevadores principalmente se tuvieron enormes ventajas con la concentración de instalaciones y servicios reduciendo los costos de los mismos.

Constituyen, como conjunto, un legado histórico importante de conservar y son sobre todo el comienzo de la arquitectura moderna en México.

Torre Latinoamericana (1948)

Este edificio representa un gran avance para la construcción en la ciudad de México, no nada más por su altura, sino también por su aplicación de sistemas

constructivos como son la cimentación hidráulica, elementos precolados, y por sus estudios dentro del cálculo de estructuras ante los sismos, obteniendo excelentes resultados ya que a pesar de los terremotos a los que se ha visto expuesto sigue erguido sin haber sufrido daño alguno, y donde el diseño, tuvo como herramienta a todas las tecnologías del momento, aplicándolas acordes al problema a solucionar.

Situado en donde existía hasta hace un siglo el gran convento de San Francisco, cuyos terrenos fueron cortados por las calles de Gante y 16 de Septiembre, como parte de las obras de planificación y destrucción de la época Juarista.

La manzana resultante es en la actualidad una mezcla rara de edificios y merecería una planificación de conjunto. Ahogada en construcciones existe en efecto todavía en la esquina de Venustiano Carranza y Eje Central, la cúpula de la Capilla de Difuntos.

El lote del terreno forma un rectángulo de 33.49 m sobre la avenida Madero y de 37.35 m sobre la de Eje Central, tiene un área de 1,240 m².

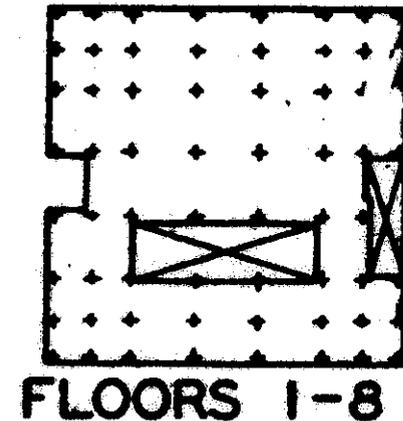
Fungió como ingeniero consultor para el estudio de la cimentación y de la estructura el ingeniero Dr. Leonardo Zeevaert, colaboró en el problema de las vibraciones estructurales el Dr. N.M. Newmark, y para el proyecto arquitectónico el arquitecto Augusto H. Alvarez.

El proyecto original constaba de 37 pisos (150 m de altura), quedando finalmente una torre de 43 pisos, con tres sótanos y una torre de televisión.

El edificio consta de 3 sótanos que ocupan la superficie total, incluyendo la que aloja la estructura de la cimentación; el segundo sótano está dedicado a la maquinaria: bombas, calderas y aire acondicionado, planta baja, primer piso, mezanine, ocho plantas tipo I, cinco plantas tipo II y veinticuatro plantas tipo III.

Se cuenta además con una torre para antena de televisión. La altura total desde el nivel de banqueta a la punta de esta torre es de 182.00 m, el área rentable alcanza una superficie de 23,650 m² en la construida de 27,700 m².

Se realizó un sondeo del subsuelo de 70 m de profundidad encontrándose:



57. Planta tipo

Cimientos viejos hasta 3.00 m de profundidad como promedio.

De 3.00 a 5.00 m, relleno artificial arcilloso con arena.

De 5.00 a 9.00 m, relleno natural permeable de arcilla con limo y arena. Con un contenido de agua del 90%.

De 9.00 a 33.50 m, deposito de arcilla limosa volcánica. Con un contenido de agua de hasta 300%.

De 33.50 a 38.00 m, manto de material resistente constituido por una serie de formaciones arenosas compactas. Buen apoyo para pilotes.

De 38.00 a 47.50 m, deposito de arcilla limosa rígida.

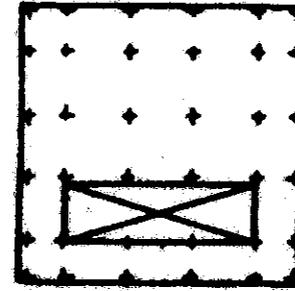
Con un contenido de agua de 175%.

De 47.50 a 64.00 m, serie de formaciones de arcilla llimo y arena en estado compacto.

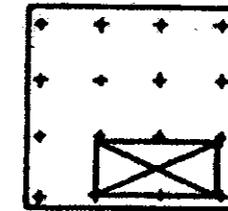
De 64.00 a 70.00 m, arcilla llimosa rígida.¹⁶

Por los datos obtenidos con el sondeo de 70.00 m de profundidad, al que nos hemos referido antes, el Dr. Leonardo Zeevaert consideró como peso máximo del edificio 25,000 toneladas, carga que podría aplicarse con un amplio factor de seguridad, mediante un diseño especial de cimentación compensada, con pilotes de apoyo directo. ("Foundation Design and Behaviour on Tower Latino Americana in México City", Dr. Leonardo Zeevaert, en *Geotechnique*, septiembre de 1957.)

Excavada la totalidad del área a una profundidad de 3.00 m, y extraídas las antiguas cimentaciones. Se realizó un dren en forma de cruz de 4.00 m de profundidad, para trabajar en seco esta primera parte de la excavación; este dren remata en un pozo de 5.00 m de profundidad, con una plantilla de 30 cm de grava.



FLOORS 9-13



FLOORS 14-37

58. Plantas tipo

Limpio el terreno de cimentos se clavarón 361 pilotes de concreto Button-Bottom, en sentido diagonal de la esquina sur este a la esquina noreste, hasta encontrar un manto resistente a 33.00 m bajo el nivel de la banqueta. Los pilotes fueron hincados hasta obtener un mínimo de una pulgada de

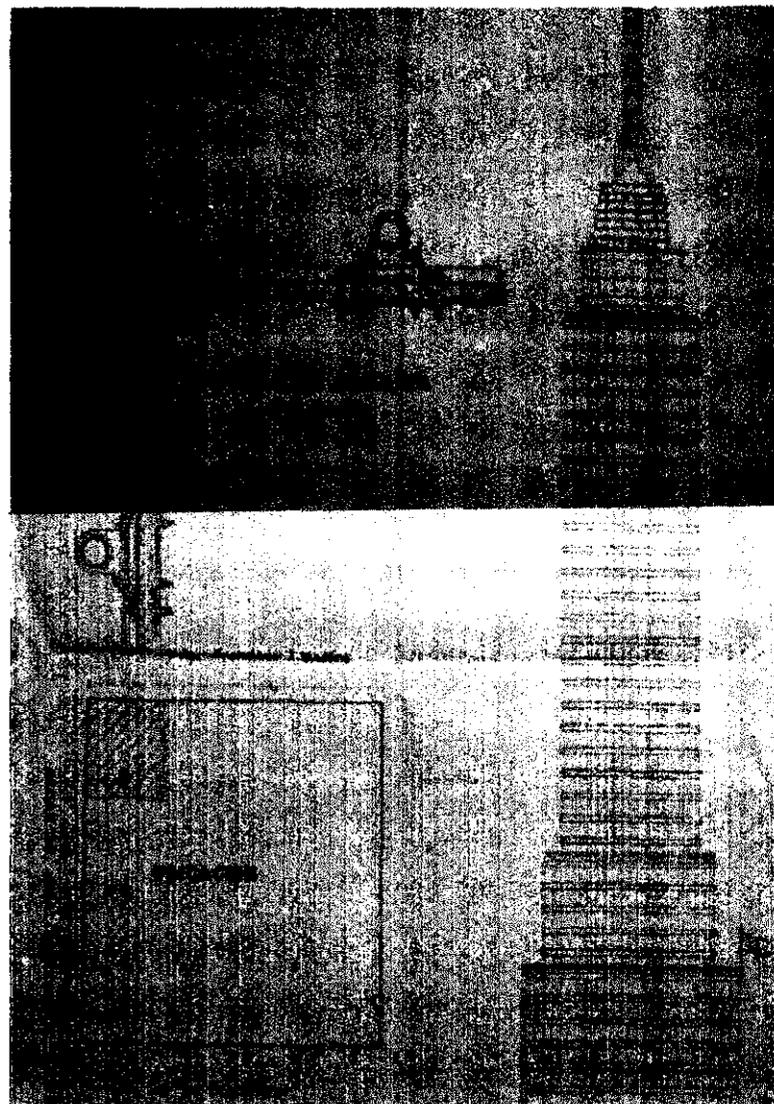
¹⁶ Memoria Descriptiva de Cálculo. Licencia de Construcción, Febrero de 1949.

hundimiento por diez golpes de un martillo Vulcan No. 0 de simple acción.

En las peores condiciones, o sea cuando no se tenga presión hidrostática o se registre un fuerte temblor, la carga que soportará cada pilote será de 60 toneladas, limitándose ésta, bajo condiciones normales, a sólo 35 toneladas.

Como el nivel de aguas freáticas está aproximadamente a 1.50 m bajo la banqueta, fue necesario clavar en toda la longitud de la colindancia del lote una ataguía con objeto de proteger de un asentamiento a los edificios vecinos, así como para ejecutar la excavación. De 4 pozos situados dentro de los límites de la ataguía se extraía el agua durante la excavación, inyectándola otra vez al suelo a través de 8 pozos; operación necesaria para evitar levantamientos en el fondo de la excavación y el asentamiento de los edificios próximos.

En marcha este sistema hidráulico se además la excavación con vigas de madera y algunos pilotes de apoyo en una longitud de 34.00 m, perímetro del lote.



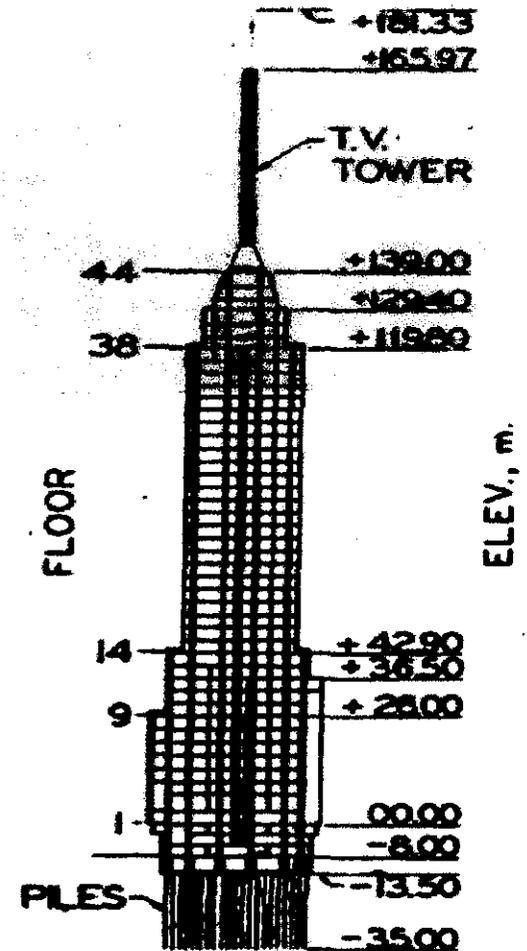
59. Detalle de anclaje

Se hizo primero la excavación del área total hasta una profundidad de 8.00 m, al fondo se abrieron zanjas, además también, para alojar las traveses de concreto de la cimentación, y una vez coladas éstas, se extrajeron los volúmenes de tierra entre ellas, para colar después la losa que había de recibir la presión del agua y la reacción de los pilotes.

La cimentación está constituida por una retícula de traveses de concreto que soportan las columnas y transmiten la carga a las losas haciendo coincidir la resultante del peso total del edificio con el centro de gravedad del conjunto de los pilotes. El volumen total de concreto empleado en la cimentación fue de 2,750 m³. Hay traveses de cimentación de 1.20 m de ancho por 4.50 m de peralte, reforzadas hasta con 110 varillas de 1½". Se usó un concreto impermeable para contener con efectividad el empuje del agua de abajo hacia arriba, que representa el 54% del peso total del edificio.

Debido a las condiciones especiales del subsuelo de la ciudad, se hizo necesario en el diseño del edificio aligerar su peso lo más posible; consecuentemente, en el proyecto del

mismo, se tomaron en consideración las fuerzas debidas a temblores y viento.



60. Corte longitudinal

A fin de llegar a una base razonable para el diseño, se hizo un análisis del edificio considerando los primeros cuatro modos de vibración. Los esfuerzos se calcularon para cada modo y el esfuerzo probable en cualquier altura se determinó como la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los esfuerzos para cada uno de los cuatro modos considerados.

Los modos de vibración del edificio se muestran en la figura no. 3. Los períodos de vibración de los diferentes modos calculados fueron 3.66 segundos para el primer modo, 1.51 segundos para el segundo, 0.98 segundos para el tercero y 0.71 segundos para el cuarto. El análisis para el período y el modo se hizo con una rigidez modificada de esfuerzos cortantes, tomando en cuenta las rotaciones de los extremos de las columnas de cada piso, de acuerdo con la rigidez relativa del piso y de las trabes en comparación con las columnas. A efecto de determinar la rigidez efectiva al esfuerzo cortante en los diferentes pisos, se llevó a cabo una distribución de momentos para las diferentes secciones del edificio.

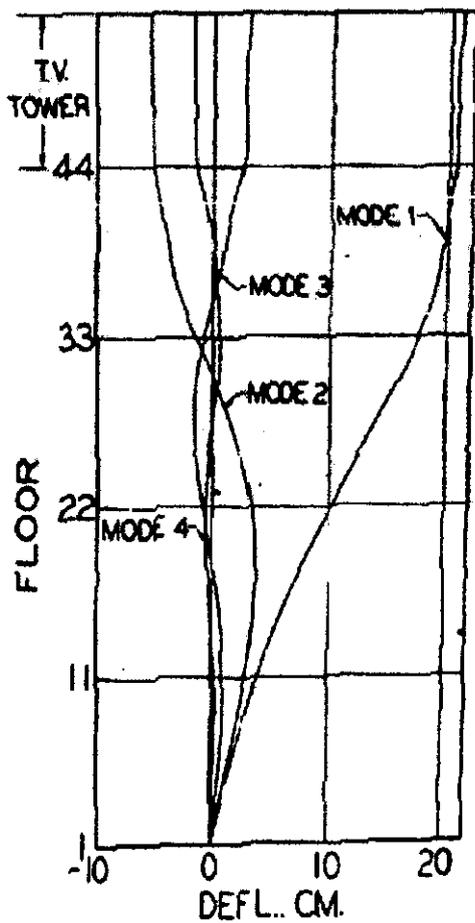
Los esfuerzos cortantes dinámicos, para modo se

muestran en figura 4, además se muestra una curva expresada por $\sqrt{\sum V_n^2}$ en donde V_n es el esfuerzo cortante para n , y la suma incluye los cuatro primeros modos.

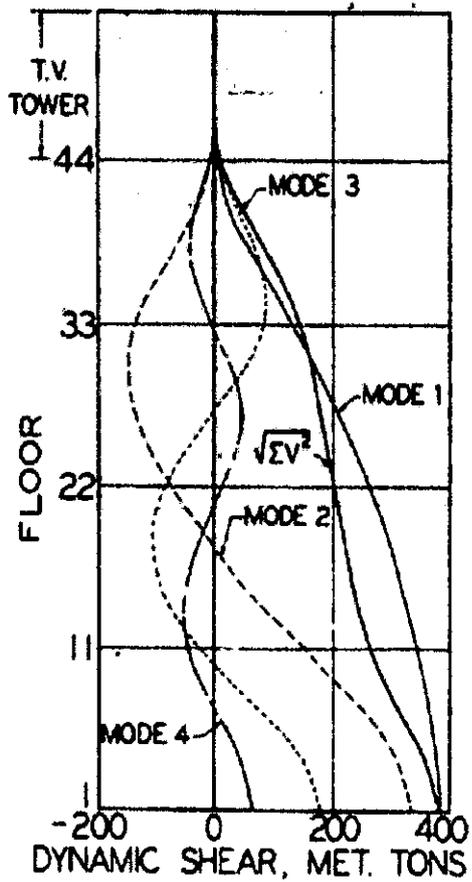
Esta curva se dibujó también para obtener el esfuerzo cortante en la base, correspondiente a 380 toneladas, que corresponde al 2.5% del factor sísmico que requería el código de la ciudad de México.

El análisis se hizo por lo menos dos veces a fin de cotejar los cálculos de diseño en las diferentes etapas. Las curvas finales de la figura 5 corresponden a la configuración última del edificio. Los movimientos debidos a las fuerzas de vientos eran muy pequeños para ser tomados en consideración.

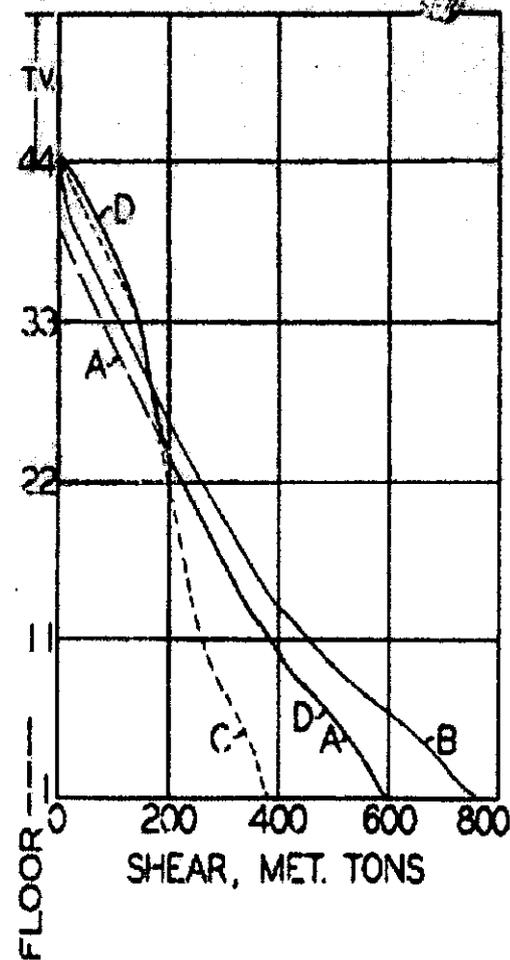
El coeficiente efectivo de esfuerzos cortantes para la base de la torre es cercano al 19%; para el piso 41, 14%; para el piso 39, 10.5%; para el piso 35, 7%; para el piso 27 ligeramente mayor que el 4%. Para la parte superior de la estructura, estos refuerzos son al menos de 40 a 75% más grandes que aquellos requeridos por el "Uniform Building Committee". El esfuerzo cortante de la base, para una



61. Figura No.3



62. Figura No.4



63. Figura No.5

velocidad de 8 cm por segundo¹⁷, es de 207 toneladas y para una velocidad máxima del subsuelo de 16 cm por segundo, 413 toneladas. Consecuentemente, la estructura es segura para los temblores de la ciudad de México.

Para agregar rigidez a la superestructura, reduciendo así deflexiones durante los temblores, la estructura de acero se rigidizó en las conexiones, y los pisos se hicieron rígidos combinando la acción entre las traveses y las losas de concreto de los pisos, por medio de conectores de esfuerzo cortante.

Los conectores se ligaron al patín superior de una de las traveses de piso. La losa del piso tenía 10 cm de espesor y fue colada monolíticamente con el acero de refuerzo para tensión diagonal en el plano del piso. Con el objeto de que durante un temblor trabajen en conjunto, así como para obtener mayor rigidez en movimientos horizontales; varillas diagonales toman por tensión los esfuerzos producidos por los temblores

La estructura de acero tiene un peso de 3,300 toneladas y se fija en el segundo sótano a las traveses de

cimentación. Considerando que el hundimiento del edificio sobre pilotes sería mucho menor que el hundimiento general que sufre la ciudad, se dejó la estructura de la planta baja o primer piso a 1.20 cm bajo el nivel de la banqueta; la losa de concreto correspondiente, precolada, está soportada en apoyos que pueden quitarse en cualquier momento para ajustar su nivel con el de la banqueta, lográndose así la coincidencia del nivel entre el área comercial de la planta baja y el de la banqueta. Una separación de 0.90 cm entre la losa y las vigas de acero de la estructura evitó la necesidad de escalones de entrada a los comercios durante treinta años, molestia de que adolece la ciudad de México en todos los edificios cimentados sobre pilotes.

Este edificio, corresponde fielmente al estilo Internacional, es el resultado de tomar en cuenta las experiencias en edificios similares, y el uso de nuevas técnicas comprendidas por las generaciones de arquitectos de los treinta. Es realmente impresionante la sensatez y conciencia de estos arquitectos, un gran acierto que debemos notar y del cual

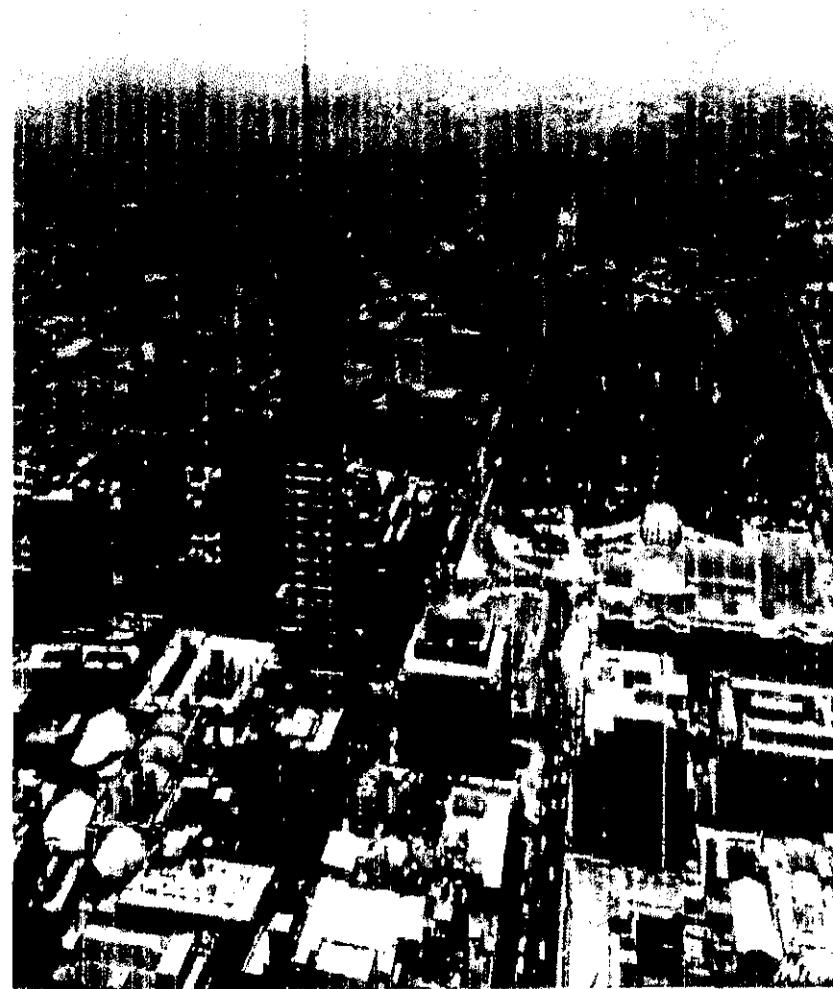
¹⁷ velocidad máxima del subsuelo de la ciudad para un temblor de VII grados de intensidad en la escala de Mercalli

debemos aprender, fue el que durante la excavación de la cimentación el agua que impedía los trabajos fue sacada, pero se regresó al mismo terreno, algo que no hemos aprendido, y se inyecta al drenaje dañando la constitución del subsuelo, y las edificaciones colindantes. No se debe pasar por alto la aportación en cuanto a sistemas constructivos de cimentaciones, el método utilizado de pilotes de control, donde se consideró el hundimiento anual del edificio, que con el uso de gatos hidráulicos como ya se vio, se permite acortar los pilotes hasta el punto en que el edificio vuelva a quedar al nivel de la calle.

Los principales problemas, fueron: la selección de materiales ligeros para la construcción de los 43 pisos; el de una cimentación adecuada que no sufriera daños a pesar del hundimiento general de la ciudad, y, por último, el concerniente a la vibración de la estructura durante temblores de gran intensidad.

Como podemos observar este edificio es un claro ejemplo de la utilización adecuada de las técnicas y la tecnología de su época, y del uso de estas como herramienta para el diseño

arquitectónico.



64. Vista panorámica, la Torre Latinoamericana se aprecia en construcción

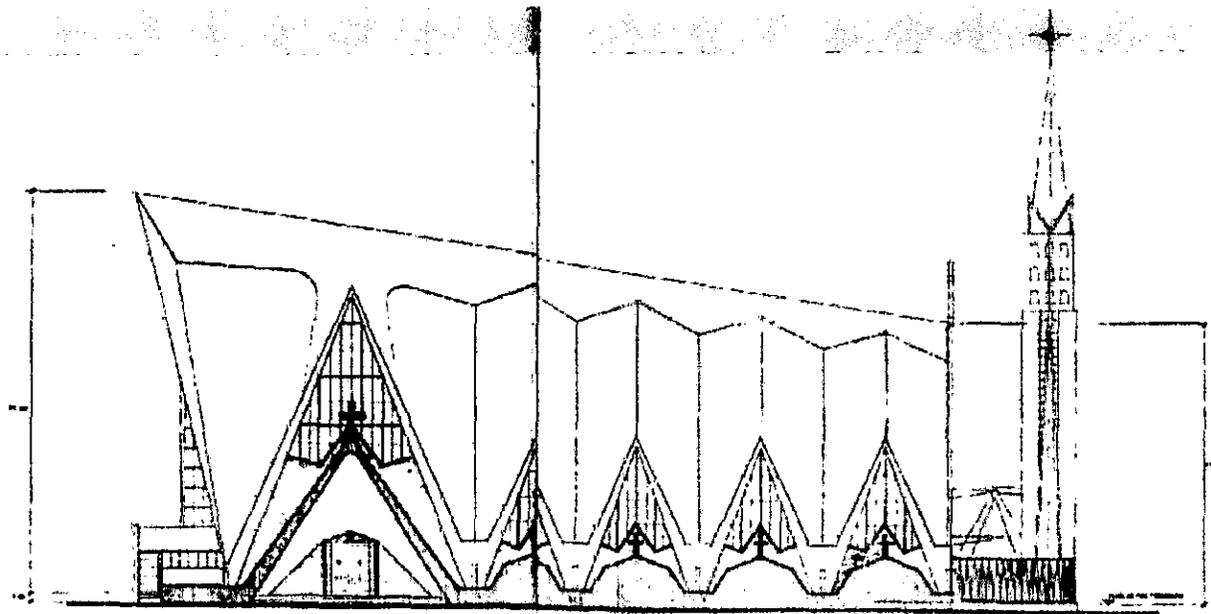
La Medalla Milagrosa

Incluyo este edificio a pesar de haberse construido después del periodo de estudio, porque representa un parteaguas dentro de la evolución, a partir de entonces no ha habido avance tecnológicos significativos en el proceso constructivo.

Se eligió esta obra, porque con ella se cierran cincuenta

años de búsqueda y realización de la arquitectura de nuestro siglo, se realizó con un material propio de la época y corresponde con su tiempo y las posibilidades tecnológicas de la ciudad de México.

El proyecto y la obra lo hizo el arquitecto Félix Candela, en el año de 1953, el predio se ubica en la esquina que forman las calles de Ixcateopan y Matías Romero en la colonia Narvarte.

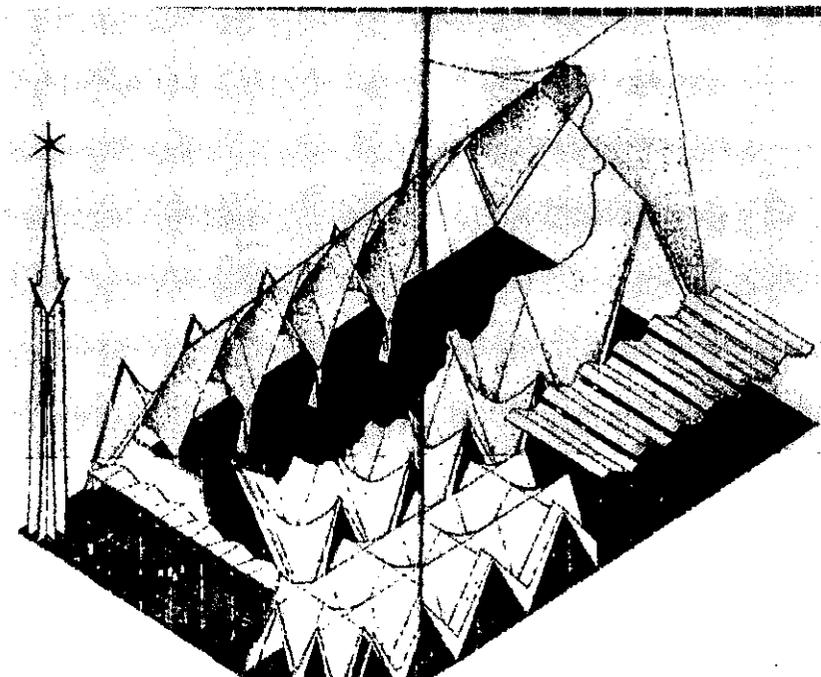


65. Cuaquís fachada lateral

Esta fue la primera obra que proyectó completamente a base de cascarones con superficies de doble curvatura (paraboloides hiperbólicos) que tiene dos sistemas de generatrices rectas, que permiten el uso de cimbra común, con lo que obtiene del concreto armado una plasticidad muy adecuada para cubrir grandes claros; con una altura máxima de 20.50 m. su separación entre columnas es de 6.80 m. y transversalmente 13.00 m, hace trabajar el concreto más racionalmente (a compresión), y une el espacio interior con su resultante volumétrico al exterior.

La solución fue una cubierta económica y que resolviera grandes claros llenando los requisitos técnicos necesarios así como la plasticidad o creación de un nuevo sentido de cubiertas. Teniendo como resultado bóvedas conoidales en las cuales el cascarón tiene los principios de una bóveda funicular¹⁸ y como directriz la catenaria (línea funicular de carga uniforme a lo largo de la superficie). En otras palabras, las líneas de presión de las cargas coinciden en la forma de una sección cruzada, y así se producen esfuerzos de

compresión en cada uno de los puntos del arco.



66. Perspectiva de la cubierta

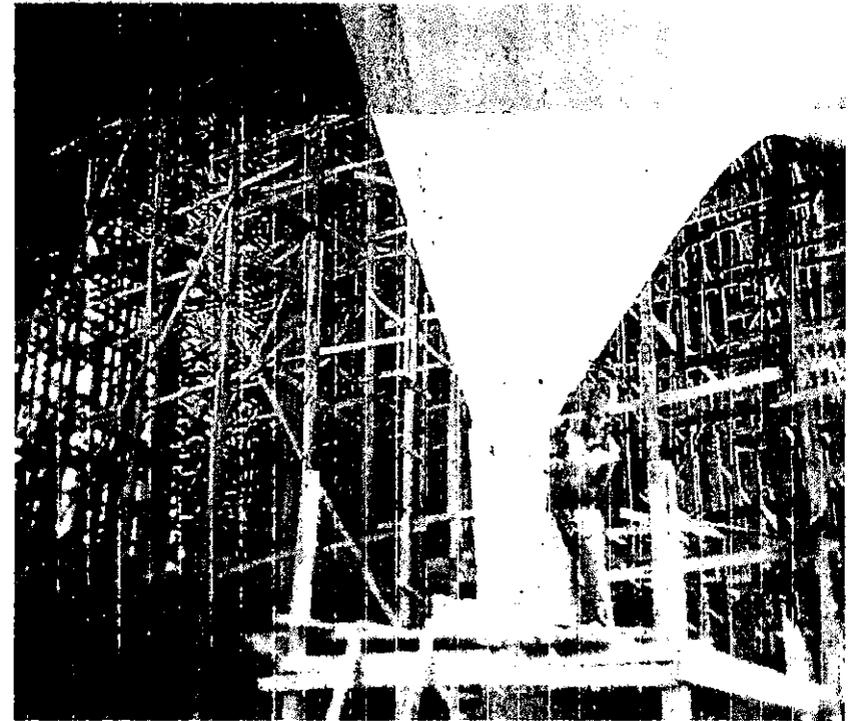
El espesor del cascarón, menor a cuatro centímetros es muy pequeño con relación a las otras dimensiones y al radio de curvatura, como no existe discontinuidad de cargas, ni cargas aisladas, y, sobre todo, los desplazamientos de los puntos del cascarón, al cargarse, fueron pequeños en comparación con el espesor, se aplicó la teoría de esfuerzos

¹⁸ Funicular, sinónimo de catenaria, denota un cascarón con esfuerzos a la compresión y con espesor uniforme en todos sus puntos

de membranas para su cálculo. Supone ésta que todos los esfuerzos son tangentes al cascarón y están repartidos uniformemente en su espesor, es decir, que no existen flexiones que el cascarón sería capaz de resistir. Las series componentes del tensor de esfuerzos en cada punto quedan reducidas a tres (dos componentes normales y una tangencial) o, lo que es lo mismo, el tensor es plano.

Los cascarones, cuyo material específico es el concreto armado reforzado con varillas de $\frac{3}{8}$ " a cada 10 centímetros, y ya que su procedimiento de obtención permite moldearlo, adaptándose a cualquier superficie. Los procedimientos de cálculo clásicos utilizados para atacar este problema dan lugar a soluciones complicadísimas, resulta, paradójicamente, que las hipótesis simplificadoras sólo sirven para complicar la cuestión. Cuando el espesor del cascarón es muy pequeño con relación a las otras dimensiones y al radio de curvatura, cuando no existe discontinuidad de cargas, ni cargas aisladas, y, sobre todo, si los desplazamientos de los puntos del cascarón, al cargarse éste, son pequeños en comparación con el espesor, es posible aplicar la teoría de esfuerzos de membrana.

Supone ésta que todos los esfuerzos son tangentes al cascarón y están repartidos uniformemente en su espesor, es decir, que no existen flexiones que el cascarón sería incapaz de resistir. Las series componentes del tensor de esfuerzos en cada punto quedan reducidas a tres, dos componentes normales y una tangencial, lo que significa que el tensor es plano.



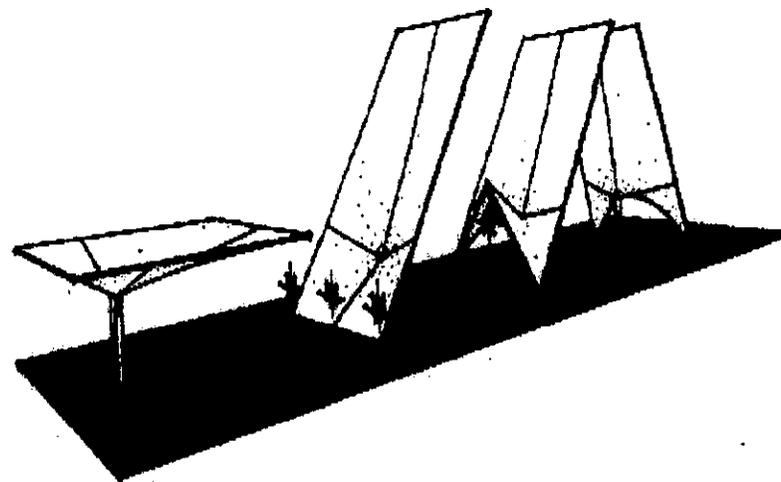
67. La Medalla Milagrosa en construcción

Si el modo de sustentación del cascarón permite considerarlo como isostático, bastan las ecuaciones de equilibrio estático de membrana para resolver el problema, pero precisamente por eso es necesario que se cumpla la última condición de que los desplazamientos sean pequeños, para que dichas ecuaciones de equilibrio puedan ser válidas después de la deformación. En cada caso hay que comprobar que se cumple esta condición, pero, siendo problemática la comprobación analítica, no queda más remedio que la experimentación sobre modelos o estructuras reales para, en caso necesario, disponer refuerzos de rigidez que mantengan las deformaciones dentro del límite aceptable.

En todos los casos en que intervino el arquitecto Candela como constructor o diseñador de las techumbres nos libró de la forma estructural ordinaria y sencilla y nos enseñó la posibilidad de la construcción lógica del concreto. En esta obra de La Medalla Milagrosa, logró armonía y unidad inusitada entre las formas constructivas y el carácter de la arquitectura, lo cual significó un gran adelanto tecnológico, ya que la estructura misma fue empleada como medio de

expresión arquitectónica.

Esta obra es un ejemplo maravilloso del resultado al que se puede llegar cuando se utilizan las técnicas como herramienta del diseño, no creo que se pueda encontrar un ejemplo más significativo, hay que entender la labor del arquitecto, la sensibilidad para la forma es imprescindible, también, el conocimiento constructivo de los materiales empleados, sus propiedades y características plásticas y resistentes, que en conjunto nos llevan a crear soluciones idóneas a nuestro tiempo y ciudad.



68. Croquis que muestra el sistema estructural básico de la obra

IV EL CONOCIMIENTO TECNOLÓGICO EN LA ENSEÑANZA DE LA ARQUITECTURA

Es evidente, como se expresó en los capítulos anteriores que el conocimiento de la tecnología permitió el desarrollo del diseño, con esta vinculación se obtuvieron grandes e importantes avances en la Arquitectura.

Este capítulo tiene como propósito el verificar el papel que tuvo la enseñanza tecnológica, en la formación de los arquitectos, así como su impacto en el desarrollo del diseño.

Se analizarán los planes de estudio de la Universidad Nacional Autónoma de México, el Instituto Politécnico Nacional y el Tecnológico de Monterrey; con el fin de poder comparar los porcentajes de materias técnicas y de diseño que se impartieron, en la enseñanza de la arquitectura, así como su repercusión en el desarrollo arquitectónico de nuestro país.

La Academia de Bellas Artes

Se inicia esta revisión de estudios a partir de 1843, porque es cuando la Academia de San Carlos tomó conciencia de la necesidad de incluir materias técnicas en la enseñanza de la arquitectura.

En este año es cuando se reorganizó la Academia de San Carlos, no sólo se adopta la arquitectura europea sino que se importan arquitectos y profesores franceses e italianos, formados principalmente en la Escuela de Bellas Artes de París, cuya ideología fundamental había sido concebida por J. Guadet¹⁹. Estos dan a conocer las últimas tendencias estilísticas europeas y refuerzan la costumbre de importar de Europa casi todos los materiales y procesos constructivos.

En 1857 Javier Cavallari²⁰ fue nombrado director del ramo de arquitectura en la Academia. Ante la necesidad

¹⁹ maestro y tratadista francés, escribió el libro de texto *Elements et Theorie de L'Architecture*. Profesor en la Escuela de Bellas Artes desde 1871.

²⁰ profesor italiano, que contaba con amplios conocimientos de ingeniería, llegó a México en 1856.

apremiante de constructores en el país y con la idea europea de arquitectura en un sentido más amplio, Cavallari introdujo el estudio de puentes, canales y caminos en la misma profesión y se expidió a los egresados el título de Arquitectos e Ingenieros Civiles y después el de Ingeniero Arquitecto, pero como en el ex Colegio de Minería también existía una escuela de Ingenieros, el gobierno decretó, se estudiarán las materias técnicas en Minería y las relacionadas con diseño en Bellas Artes.

Diez alumnos de la Academia terminaron sus estudios, entre ellos Francisco Jiménez que fue el primero en recibirse de ingeniero civil (1870), sin embargo, en la vida profesional se dedicó a diseñar monumentos.

Con el motivo del concurso Internacional convocado en 1897 por el gobierno, para el proyecto del Palacio Legislativo, visitan México los franceses Emile Béarnard, Maxime Roisin y el italiano Adamo Boari quedándose en el país los dos últimos. Adamo Boari fue profesor de la Escuela Nacional de Bellas Artes, desde 1903 hasta 1911 igual que Rivas Mercado.

Entre los profesores con que contaba la ENBA se encontraban: Carlos M. Lazo que impartía historia del arte. Carlos Peña, fue profesor de geometría descriptiva hasta 1929. Carlos Ituarte, que había sido profesor de estereotomía daba clases de construcción y reemplazó a Peña en geometría descriptiva. Arnulfo G. Cantú impartió estereotomía. Juan Martínez del Cerro había sido profesor de dibujo; en 1917 dio, por primera vez en la escuela, un curso libre de composición, y desde el año siguiente fue profesor titular de la materia, defendió e inculcó a sus alumnos la arquitectura de Otto Wagner, gran parte de la arquitectura con azulejos pegados en la fachada, se debe a la influencia que ejerció en éstos. El ingeniero José A. Cuevas daba clases de estabilidad. Paul Dubois impartió composición hasta 1923. Manuel Ortiz Monasterio desde 1922 imparte el curso de materiales de construcción e inicia una campaña en pro del mejoramiento técnico del arquitecto.

Por lo que la Academia de Bellas Artes se convirtió en la sede de la enseñanza de la arquitectura, donde se difundían las teorías acerca de la importancia del programa como el

EL CONOCIMIENTO TECNOLÓGICO EN LA ENSEÑANZA DE LA ARQUITECTURA

rector de la composición arquitectónica y del valor estético de la arquitectura, conservando aún el enfoque predominantemente artístico, el mismo Nicolás Mariscal contribuye escribiendo el ensayo: "El desarrollo de la arquitectura en México"; donde se propone reivindicar el papel del arquitecto en la sociedad, trabajo que culmina con el proyecto del plan de estudios para la enseñanza de la arquitectura en México. A la concepción tradicionalista del

arquitecto como artista se integra su función social. El pensamiento de los arquitectos aporta un nuevo pronunciamiento: la importancia de incorporar los nuevos materiales el acero y el concreto, sus técnicas y su potencialidad para generar una nueva arquitectura.

El contenido de dicho plan de estudios se reproduce a continuación:

PLAN DE ESTUDIOS DE 1903

| AÑO | TEORÍA | DISEÑO | TECNOLOGÍA |
|-----|--|--|---|
| 1º | | Copia figura de yeso Dibujo lineal arquitectónico Modelado, aclararla | Matemáticas |
| 2º | Teoría de la Arquitectura y dibujo analítico de los elementos de los edificios | Geometría descriptiva y estereotomía Estilos de ornamentación. Copia del yeso | Materiales, artículos útiles de la construcción |
| 3º | Arquitectura comparada | Teoría de sombras y dibujo de perspectiva. Flora ornamental y composición de ornato. Copia de modelo vestido | Estudio analítico de la construcción |

EL CONOCIMIENTO TECNOLÓGICO EN LA ENSEÑANZA DE LA ARQUITECTURA

| AÑO | TEORÍA | DISEÑO | TECNOLOGÍA |
|-----|----------------------|--|--|
| 4º | Historia del Arte I. | Composición I Arquitectura legal e higiene de los edificios Elementos de mecánica y de estático gráfica. | Elementos de topografía |
| 5º | Historia del Arte II | Composición II | Contabilidad y administración de obra Presupuestos y avalúos Resistencia y estabilidad de las construcciones |

"El más somero análisis de este plan de estudios permite señalar el énfasis que en el área de diseño se da al desarrollo psicomotriz para adquirir la habilidad de dibujar, y sólo en los dos últimos años se imparten cursos de composición. La teoría está constituida mayoritariamente por la historia del arte y en el área tecnológica es muy reducido el porcentaje (37.5%) de asignaturas que deberían sustentar la etapa de materialización de la arquitectura". (Barrios, 1995) Prevalciendo una discordancia entre la teoría y la práctica, a la que no pudieron escapar los arquitectos porfiristas por falta de condiciones materiales. Hasta 1924 los principios

enseñados en la escuela divergieron de los sustentados en los talleres escolares y en las obras realizadas.

Entre los alumnos que egresaron con este plan de estudios (1903-1911) tenemos: a Manuel Ortiz Monasterio, Bernardo Calderón, Luis Mc Gregor, Ignacio Marquina, Luis García Olivera y Federico Mariscal.

Más tarde ellos utilizarían el acero en los edificios que ocuparían la principal avenida de la época, Reforma.

Escuela Nacional de Arquitectura UNAM., Plan Villagrán.

A raíz de la revolución estudiantil de 1929, se concede autonomía a la Universidad y la escuela de Arquitectura se independiza de las otras secciones de la Escuela de Bellas Artes; nacen la Escuela Central de Artes Plásticas y la Escuela Nacional de Arquitectura; el primer director de ésta es Francisco Centeno (1929-1933).

El plan de estudios de 1931 que se aplicaría durante los dos últimos años en que fue Director de la Escuela Francisco Centeno, y durante el corto periodo (1933-1934) en que la dirige José Villagrán García, tiene en lo que a forma se refiere las modificaciones siguientes: sustitución del curso de análisis de programas por el de arquitectura comparada, eliminación de los cursos de teoría superior de la arquitectura, de urbanismo de cuarto año, y creación de los cursos de análisis gráfico de las estructuras en segundo año y tercer año, de materiales y equipos en tercer año, así como de higiene e instalaciones en el quinto año.

El arquitecto Villagrán es en esta época reconocido por la mayoría de sus colegas como el eje fundamental en torno al cual se desenvuelve la arquitectura mexicana. Su permanente labor académica (que lo llevó incluso a ocupar la dirección de la Escuela de Arquitectura), trajo consigo el haber influido directamente en la formación de las nuevas generaciones, quienes vieron en el programa de la teoría superior de arquitectura, la doctrina desde la cual la producción arquitectónica podía adquirir carácter de actualidad a partir de su análisis cuidadoso de la circunstancia local.

A los conceptos teóricos originales de 1926, Villagrán incorpora, a fines de los treinta, cuatro valores que resumen a su modo de ver la esencia de la arquitectura: lo útil, lo social, lo estético y lo lógico. El plan de estudios que a continuación reproduce el programa contemporáneo de la Escuela Nacional de Arquitectura, incluye las modificaciones propuestas por el arquitecto Villagrán (1931).

EL CONOCIMIENTO TECNOLÓGICO EN LA ENSEÑANZA DE LA ARQUITECTURA

* Primer año

| Teoría | Diseño | Tecnología | Urbanismo |
|---------------------------|--|------------------------------------|-----------|
| Historia del arte | Dibujo arquitectónico | Topografía de arquitecto | |
| Teoría de la arquitectura | Dibujo preparatorio del natural Geometría descriptiva y tratado de sombras Ornato modelado | Mecánica general y cálculo gráfico | |

* Segundo año

| | | | |
|------------------------|---|---|--|
| Arquitectura comparada | Composición de elementos de los edificios | Análisis gráfico de las estructuras arquitectónicas | |
| Historia del arte | Dibujo preparatorio del natural Estereotomía y perspectiva | Su decoración y ornamentación. Estabilidad de las construcciones | |

* Tercer año

| | | | |
|------------------------|-----------------------------|--|--|
| Arquitectura comparada | Composición de arquitectura | Construcción | |
| Historia del arte | Dibujo al natural | Análisis gráfico de las estructuras arquitectónicas, su decoración y ornamentación. Materiales y equipos de construcción | |

* Cuarto año

| | | | |
|-----------------------------------|---|--------------|--|
| Investigación del arte en México. | Croquis de edificios Composición de arquitectura Composición decorativa Modelado | Construcción | |
|-----------------------------------|---|--------------|--|

* Quinto año

| | | | |
|--|--|--|------------------------------|
| | Composición de arquitectura Composición decorativa Dibujo o modelado del natural | Higiene e instalaciones Presupuestos, avalúos y legislación de construcciones | Conferencias sobre urbanismo |
|--|--|--|------------------------------|

Si en la universidad los cambios se sucedían rápidamente, en el medio profesional éstos eran inminentes, las ideologías y las instituciones creadas por la revolución necesitaban de una nueva imagen y las preferencias estéticas eran el medio directo más rápido para lograrlo, la construcción del Instituto de Higiene en Popotla en 1925, ubicado por diferentes estudiosos de la arquitectura como punto de inicio del movimiento contemporáneo de la arquitectura en México.

Uno de los aspectos más interesantes que hay que tomar en cuenta en este plan de estudios, es que el porcentaje de asignaturas sobre teoría de la arquitectura y el urbanismo es notablemente mayor, pero desafortunadamente disminuyó el porcentaje de materias técnicas que se impartían, a pesar de que este plan de estudios se adaptó mejor al momento histórico que se vivía.

Entre los alumnos de Villagrán se encontraban: Enrique del Moral, Mauricio Campos, Francisco Arce, Juan O'Gorman, Carlos Vergara, Marcela Gutiérrez Camarena, Alvaro Aburto, Leonardo Noriega, Salvador Roncal, Jesús

Rovalo y Javier Torres, quienes, ya utilizaron las nuevas tecnologías e iniciaron la arquitectura funcionalista, tenemos ejemplos de esta corriente en las escuelas hospitales y viviendas que se construyeron.

Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura
Instituto Politécnico Nacional y Tecnológico de
Monterrey.

Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura,
Instituto Politécnico Nacional

A fines de 1931 la Secretaría de Educación Pública comisionó a Luis Enrique Erra, jefe del Departamento de Enseñanza Técnica, a José Gómez Tagüe, José Antonio Cuevas, Carlos Vallejo y Juan O'Gorman para estudiar los planes y programas y formar, a un nivel superior, una carrera de Ingeniero constructor. La propuesta transformó la Escuela Técnica Nacional de Constructores en Escuela Superior de

Construcción, la cual inició sus actividades en 1932 con la carrera de Ingeniero Constructor, la cual se complementó con las de *Proyectista Técnico* y *Constructor Técnico*.

Para finales de 1935 el ingeniero José Gómez Tagle presenta un proyecto que hará que las carreras de ingeniero constructor y proyectista técnico se transformen en la carrera de ingeniero arquitecto e ingeniero de estructuras, agregando posteriormente las de ingeniero en vías terrestres e ingeniero hidráulico, dependientes del Instituto Politécnico Nacional en lo que se convertiría en Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura.

La tarea principal de esta escuela era y es la de desarrollar y difundir la llamada *Arquitectura Técnica*, basada en los conceptos sostenidos por los arquitectos O'Gorman, Legorreta y Aburto, que por este medio pretendían crear una

arquitectura acorde con las necesidades e idiosincrasia del pueblo, sin percatarse de que estas premisas lejos de ser las que acabarían el viejo academismo, demeritaron el diseño y retrasaron el avance del desarrollo arquitectónico.

La Escuela Superior de Arquitectura es producto del funcionalismo mexicano de los años treinta y cuarenta, donde se crearía un nuevo instrumento al servicio de la sociedad, formando un nuevo tipo de arquitecto que comprendera y abordara los nuevos objetivos especiales de la realidad social, utilizando nuevos materiales y nuevas técnicas, de lo cual resultaría un nuevo estilo.

Con el propósito de realizar una comparación con la formación universitaria contemporánea (antes descrita) y el primer plan de estudios de la carrera de ingeniero Arquitecto de la ESA en 1937, se transcribe dicho plan a continuación:

EL CONOCIMIENTO TECNOLÓGICO EN LA ENSEÑANZA DE LA ARQUITECTURA

* Primer año

| Teoría | Diseño | Tecnología | Urbanismo |
|---------------------------|---|--|-----------|
| Teoría de la arquitectura | Croquis de relieves de edificios Dibujo arquitectónico | Nomografía Dinámica e hidráulica Geología Prácticas de topografía y dibujo topográfico Procedimientos de construcción Estabilidad | |

* Segundo año

| | | | |
|---------------------------|----------------------------|--|--|
| Teoría de la arquitectura | Composición arquitectónica | Hierro estructural Concreto armado Procedimientos constructivos Estabilidad Diseño de estructuras Análisis de edificios | |
|---------------------------|----------------------------|--|--|

* Tercer año

| | | | |
|--|----------------------------|--|--|
| | Composición arquitectónica | Ingeniería sanitaria Ingeniería mecánica y máquinas técnicas Obras de arte de ferrocarriles y caminos Obras de arte hidráulicas, fluviales y de puentes Diseño de estructuras Análisis de edificios | |
|--|----------------------------|--|--|

EL CONOCIMIENTO TECNOLÓGICO EN LA ENSEÑANZA DE LA ARQUITECTURA

* Cuarto año

| | | | |
|--|----------------------------|---|-----------|
| | Composición arquitectónica | Ingeniería eléctrica y máquinas eléctricas Legislación y organización de obras Diseño de estructuras Análisis de edificios | Urbanismo |
|--|----------------------------|---|-----------|

Los conceptos en los que se basaba la enseñanza de la arquitectura eran importadas del pensamiento europeo principalmente de Le Corbusier, cuya obra "Vers une Architecture", traducida por José Cuevas, se convirtió en el sustento ideológico de funcionalismo mexicano.

En una gran confusión los principios de simplicidad geométrica y estética se consideraron como sinónimos de eficiencia y economía, factores idóneos para resolver los problemas sociales.

Este plan de estudios no justificaba las cuestiones estéticas, se creía que el deber de los profesionistas era el de ahondar y resolver los problemas inmediatos valiéndose sólo de la técnica y no de sentimentalismos.

Desafortunadamente la enseñanza que impartían no es congruente con la práctica profesional.

"Un factor fue la precaria situación económica de la mayoría de los egresados que no les permitía montar despachos para trabajar de manera independiente, también carecían de los medios e infraestructura que les permitía entrar a los concursos de obra que el estado promueve. No contaban con las relaciones para conseguir clientes particulares que patrocinan los grandes proyectos." (Barrón, 1995).

Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey

Los orígenes de Arquitectura en el Tecnológico de Monterrey surgen paralelamente a los de la institución: En 1944 se anunciaba la carrera de Ingeniero industrial especializado en construcción. Sin embargo, al iniciarse las actividades con los primeros alumnos en septiembre de 1945, cambió su nombre por el de ingeniero arquitecto. Este a su vez fue modificado simplemente por Arquitecto en 1946 para poder obtener reconocimiento oficial ante los órganos de educación superior.

En sus inicios la carrera de arquitecto en el tecnológico era muy diferente del enfoque que se tiene actualmente. Su primera orientación fue francamente técnica y gran parte de las materias se tomaban en Ingeniería civil. Este hecho obligó a traer arquitectos externos, principalmente de la ciudad de México. Entre los maestros que dejaron su huella y contribuyeron a dar un sello distintivo a los arquitectos en el Instituto podemos mencionar entre otros a Emilio Isotta,

Adolfo Lauber, Antonio Joannidis, Manuel Rodríguez Vizcarra, María Luisa Puggoni, Rodolfo Barragán Schwartz, y otros.

El modelo inicial del que surgió el primer plan de estudios de la carrera estaba inspirado en las ideas nuevas del movimiento moderno en la arquitectura proveniente de la Escuela Nacional de Arquitectura de la UNAM. Este modelo se formó también por la influencia recibida por algunos de los profesores visitantes y conferencistas, de aquellos inicios entre los que se puede nombrar a Mauricio M. Campos, José Villagrán García, Augusto H. Alvarez y Enrique del Moral.

Probablemente lo que distinguió la educación del arquitecto en el Tecnológico, respecto a otras universidades, fue el sistema operativo del instituto. Ideas nuevas como era la organización departamental, a operación por semestres y sobre todo el énfasis en tener profesores de tiempo completo dieron una imagen diferente a sus egresados.

EL CONOCIMIENTO TECNOLÓGICO EN LA ENSEÑANZA DE LA ARQUITECTURA

| 1º semestre | | | |
|--------------------------------------|---------------------------------------|--|-----------|
| Teoría | Diseño | Tecnología | Urbanismo |
| Inicio al estudio de la arquitectura | Geometría descriptiva y perspectiva | Estática | |
| Historia de la arquitectura | Percepción y organización del espacio | Matemáticas | |
| 2º semestre | | | |
| Historia de la arquitectura | Geometría descriptiva y perspectiva | Resistencia de materiales | |
| Teoría de diseño | Percepción y organización del espacio | Matemáticas | |
| 3º semestre | | | |
| Historia de la arquitectura | Percepción y organización del espacio | Materiales y procedimientos de construcción Instalaciones hidráulicas y sanitarias Resistencia de materiales Probabilidad y estadística | |
| 4º semestre | | | |
| Historia de la arquitectura | Diseño arquitectónico | Materiales y procedimientos de construcción Introducción a la contabilidad Análisis numérico y programación Concreto reforzado | |
| 5º semestre | | | |
| Temas económicos contemporáneos | Diseño arquitectónico | Instalaciones eléctricas, acústicas e iluminación Evaluación de proyectos Programación arquitectónica. | |
| Una optativa profesional | | | |

EL CONOCIMIENTO TECNOLÓGICO EN LA ENSEÑANZA DE LA ARQUITECTURA

| 6° semestre | | | |
|--|-----------------------|---------------------------|-------------------------------|
| Sociología | Diseño arquitectónico | Acondicionamiento térmico | |
| Una optativa general, una optativa profesional | | Taller de construcción | |
| 7° semestre | | | |
| | Diseño arquitectónico | Organización de obras | Introducción al diseño urbano |
| Una optativa general, una optativa profesional | | Taller de construcción | |
| 8° semestre | | | |
| Teoría de la arquitectura | Diseño arquitectónico | Taller de construcción | |
| Historia de la arquitectura prehispánica y colonial. | | | |
| Legislación de obras. | | | |
| Una optativa general | | | |

Es conveniente señalar que en su fundación la mayoría de las escuelas tienen como sustento la ideología, planes de estudio y metodología didáctica de la Escuela Nacional de Arquitectura. Como un caso aislado, el ITESM, dentro de la ideología original de todo el Instituto, se propuso crear un ingeniero industrial especializado en construcción;

posteriormente, al abrirse los cursos, se modifica el plan de estudios para formar un ingeniero arquitecto, con un enfoque similar al del IPN ya descrito. En 1946 con la creación de la carrera de arquitectura, en la cual se encuentran aportaciones interesantes, como la creación de un nuevo sistema operativo departamental, la distribución de los cursos

en semestres y la más importante, en oposición al criterio universitario, designa maestros de tiempo completo con la intención de capacitarlos en didáctica y mejorar la enseñanza.

Sin embargo este tampoco es el plan de estudios que aportaría cambios en la arquitectura en México.

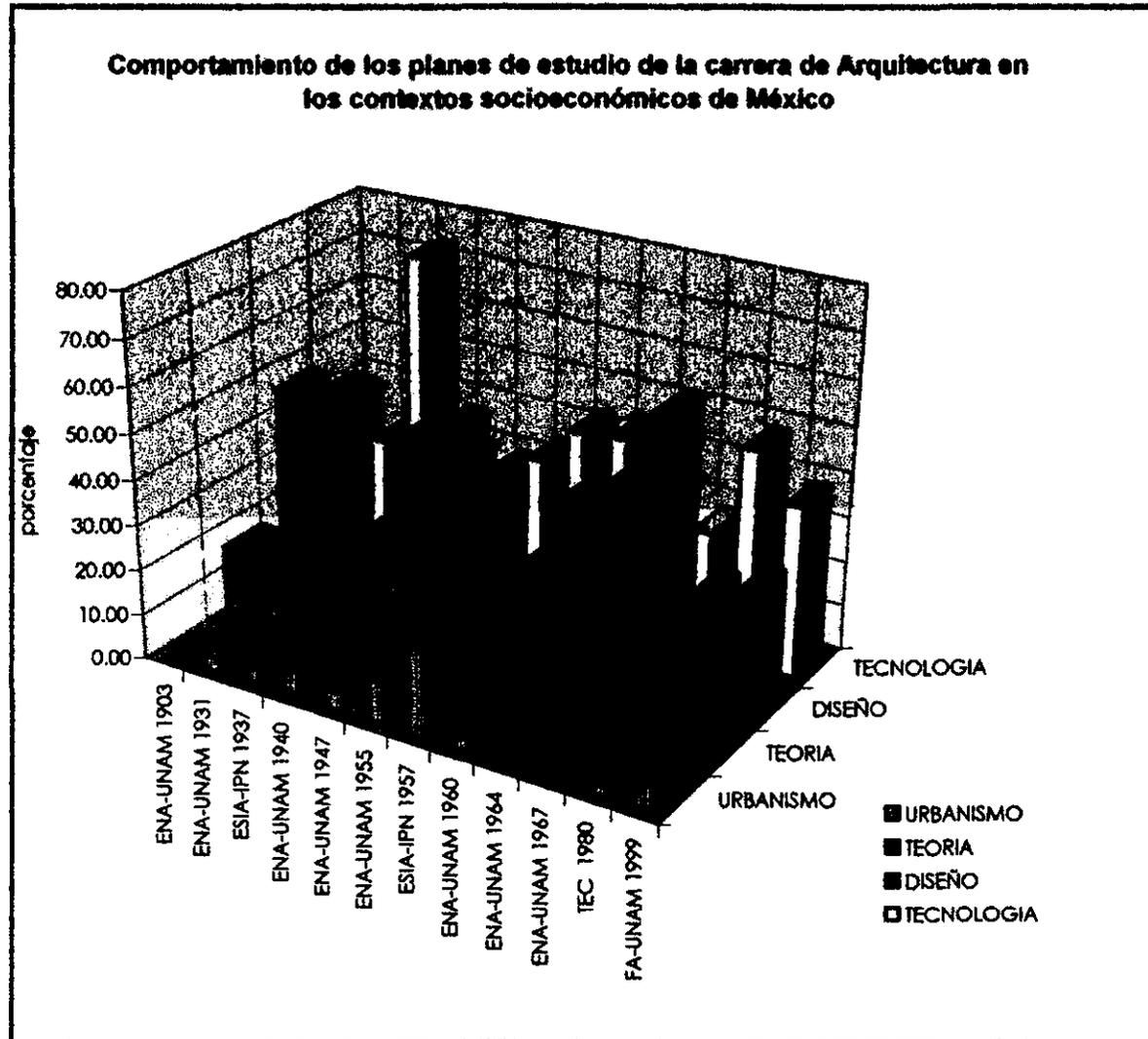
Conclusión

La enseñanza de la arquitectura es uno de los factores que ha influido en el atraso del avance arquitectónico, ya que

se ha pasado por alto la importancia de la formación de los alumnos para que en su desarrollo profesional cuenten con las herramientas adecuadas para diseñar Arquitectura.

Para poder visualizar la evolución de la enseñanza de la arquitectura, se presenta la siguiente tabla donde se muestran los planes de estudio de Universidad Nacional Autónoma de México, del Instituto Politécnico Nacional y el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores Monterrey se agrupan por áreas para señalar el énfasis que se ha dado en cada caso.

| AÑO | ESCUELA | TEORÍA | DISEÑO | TECNOLOGÍA | URBANISMO |
|------|---------|--------|--------|------------|-----------|
| 1903 | ENA | 16.67 | 45.83 | 37.50 | 0.00 |
| 1931 | ENA | 20.59 | 47.06 | 29.41 | 2.94 |
| 1937 | ESIA | 6.67 | 16.67 | 73.33 | 3.33 |
| 1940 | ENA | 15.30 | 41.10 | 28.20 | 5.60 |
| 1946 | TEC | 26.19 | 23.81 | 47.62 | 2.38 |
| 1949 | ENA | 21.00 | 46.00 | 28.60 | 4.40 |
| 1955 | ENA | 22.80 | 34.40 | 33.80 | 9.00 |
| 1957 | ESIA | 19.23 | 19.23 | 42.31 | 19.23 |
| 1960 | ENA | 12.60 | 37.00 | 43.20 | 3.60 |
| 1964 | ENA | 12.60 | 42.40 | 41.40 | 3.50 |



Analizando los planes de estudio ya presentados en la Universidad Nacional Autónoma de México observamos que el porcentaje de materias técnicas era menos a la mitad que las materias de diseño, en el año de 1967 se dio mayor énfasis del que ya tenía al diseño y el porcentaje de materias tecnológicas descendió hasta un 27%, a partir de 1983 volvió a incrementarse poco a poco hasta la fecha en la que es de 37.84%, menor que el de 1960 que fue de 43.20%, no obstante que hoy día los avances tecnológicos han desarrollado nuevos materiales y técnicas a los cuales se accede fácilmente gracias a los actuales medios de comunicación.

En el Instituto Politécnico Nacional, desde su creación, la enseñanza de la arquitectura se ha basado en la tecnología. El análisis de su mapa curricular nos dice que el 73.33% de las materias de estudio son técnicas, sin embargo en la práctica se ha demostrado que tanta tecnología no es la solución, ya que este énfasis tecnológico provocó el divorcio con el diseño, elemento básico de la arquitectura. Un ejemplo claro de esta falta de articulación entre la formación tecnológica y la del

diseño, son los propios edificios que conforman Zocatenco donde las soluciones arquitectónicas son pobres.

La experiencia anterior nos demuestra que el plan de estudios ideal para la carrera de arquitectura es el que vincule en forma armónica la tecnología y el diseño, dando herramientas conceptuales para el diseño más eficiente, lo cual rompería con la absurda idea de diseñar sin tomar en cuenta las necesidades constructivas, las cuales al ser llevadas a la práctica cambian el diseño original o elevan exageradamente los costos volviendo gravosa la construcción.

Es necesario enfatizar la importancia de vincular equilibradamente la tecnología y el diseño, como se puede observar en el edificio de la Torre Latinoamericana y la Iglesia de la Medalla Milagrosa (casos de estudio del capítulo 3) donde la estructura tomada en cuenta desde el momento de concebir el proyecto enriqueció el diseño arquitectónico.

Se debe impulsar la investigación de nuevos materiales, dentro de las universidades y escuelas que imparten la carrera de arquitectura, así como de promover la difusión de nuevos materiales y técnicas oportunamente entre los

CONCLUSIONES FINALES:

Si se examina el imponente proceso evolutivo de las formas arquitectónicas durante la primera mitad del siglo XX, se puede comprobar la completa correlación entre estructura y expresión arquitectónica, con la tecnología como herramienta que sustenta al diseño.

Durante el porfiriato el concepto de modernidad busca influencia en la arquitectura, pero sin obtener grandes logros ya que era una tendencia extranjera, principalmente francesa y dominada por el academicismo, que no se adecuó a las circunstancias que vivía el país.

Fue hasta 1906 con la llegada de la Bauhaus y la necesidad de crear un nuevo estilo cuando se aprovechan las técnicas aprendidas durante el porfiriato.

Nuestra época ha sido definida como de rápido consumo, en la cual todo discurre bajo el impulso de una dinámica que, a menudo, no deja posibilidad de asimilación gradual. Una época de especialidades y de determinismo, en la que todas las cosas tienden a asumir un valor intrínseco. La arquitectura no se puede librar de estos rápidos avances y cambios ni de la

influencia del consumismo, pero en definitiva aún no ha encontrado el camino que la lleve a estar al día, a crear arquitectura acorde a este dinamismo.

La presente investigación arroja que los problemas tecnológicos se presentan con una visión casuística. La técnica ha brindado al hombre las más amplias oportunidades de trabajo organizado, y todo cuanto ha sabido lograr demuestra que puede carecer de límites de operatividad y de producción. La técnica y la tecnología son parte esencial de la arquitectura.

Por otra parte no se puede ignorar que el acañce de la tecnología de los materiales aporta nuevos componentes, que paralelamente con la evolución del proceso constructivo, ejercen definitiva influencia en el desarrollo de la solución arquitectónica. Los medios técnicos, se multiplican y adquieren tal importancia, que se llega a creer que nada hay imposible para la voluntad humana, pero precisamente en el campo de esas posibilidades es necesario intuir, como exigencia superior, la superación de las experiencias arquitectónicas y tecnológicas.

Este trabajo de análisis detecta que la introducción de las estructuras metálicas en la construcción aportó una contribución decisiva a la solución del problema de cubrir grandes espacios, que trajeron también las estructuras mixtas, como el concreto, llevando dichas técnicas hacia una rápida difusión. También abrió los ojos de los constructores a la posibilidad de prefabricar los elementos, calculados previamente y montados en obra. Así fue lanzada la prefabricación, que abrió a la arquitectura a nuevas soluciones.

Estructura y forma se deben aceptar como un hecho unitario: SON ARQUITECTURA. La falta de conocimiento tecnológico reduce la creatividad para las soluciones formales.

Después de este estudio y análisis de materiales y procesos constructivos, podemos decir que al encontrarnos a un paso del nuevo milenio, debemos tomar conciencia y detenernos a valorar la actividad arquitectónica, retomar los planes de estudio, mejorarlos, hacer conciencia en los estudiantes de arquitectura, para que la tecnología se considere la herramienta que vinculada al diseño da soluciones arquitectónicas acordes a nuestra época. Debemos dar difusión y prestar atención a todos los nuevos materiales que

están surgiendo en el mercado, así como a las técnicas constructivas antiguas que pueden resolver mejor o más adecuadamente algunos problemas de diseño.

Al formular el problema del diseño se debe discriminar dentro de todo el conocimiento tecnológico cual es la solución constructiva óptima en congruencia con la esencia conceptual de la solución del diseño, por lo que el desconocimiento tecnológico y de materiales limita la calidad del diseño arquitectónico.

Con la elaboración de esta tesis el planteamiento formulado sobre la indispensable necesidad de vincular la tecnología como herramienta para el diseño, queda suficientemente demostrado, en el sentido de que la solución para la arquitectura del futuro es:

1. Incrementar la enseñanza de tecnología y vincularla al diseño. La mejora de los planes de estudio, debidamente equilibrados, donde la tecnología camine articulada y nivelada al diseño, ya basta de malas copias del pasado, de caprichos arquitectónicos y de diseño con alto costo económico y soluciones aberrantes. Esta repetición

BIBLIOGRAFÍA

- Alva, Martínez Ernesto y Benlliure José Luis (1983), "LA PRÁCTICA DE LA ARQUITECTURA Y SU ENSEÑANZA EN MÉXICO." en Cuadernos de Arquitectura y Conservación del Patrimonio Artístico. Nos.26-27. México, Instituto Nacional de Bellas Artes.
- Barrlos, y Ramos García Dulce María (1995), "LA FORMACIÓN DEL ARQUITECTO EN MÉXICO EN EL CONTEXTO SOCIOECONÓMICO MEDIANTE" México, Tesis para recibir el grado de Doctor en Arquitectura
- "BÓVEDAS SUBTERRANEAS DE LOS BANCOS", Revista mensual, ARQUITECTURA Y DECORACIÓN, México: Organo de la Sociedad de Arquitectos Mexicanos, agosto 1938, vol. 1, no.10.
- Buenaventura Bossegoda (1989), "TECNOLOGÍA DE LA ARQUITECTURA" Barcelona, Editorial Gustavo Gili, S.A.
- Calderón, Bernardo (1925), "LA HISTORIA DEL CEMENTO PORTLAND". Revista Mexicana de Ingeniería y Arquitectura, México: Editada por Empresas Editoras de Ingeniería y Arquitectura S.A., vol.III, no.6.
- Candela, Outeirño Félix (1952), "Guía de Arquitectura Mexicana Contemporánea", México: Editorial ESPACIOS,
- Coss, y León Wendy (1994), "Historia del Paseo de la Reforma," México: , Instituto Nacional de Bellas Artes.
- De anda, Alanís Enrique (1987), "Evolución de la Arquitectura en México," México: Editoria: Panorama.
- De Anda, Alanís Enrique (1995), "Historia de la Arquitectura Mexicana," México: Gustavo Gil, S.A. de C.V.

De Anda, Alanís Enrique (1990), "LA ARQUITECTURA DE LA REVOLUCIÓN MEXICANA." México: Instituto de Investigaciones Estéticas UNAM, (1ª. ed.)

De Cervantes, Luis (1952), "Crónica Arquitectónica," México: Editorial CIMS A

De la Colina, Manuel (1948), "Técnica y Arquitectura," Revista ESPACIOS, México. Revista Integral de Arquitectura y Artes Plásticas, Editorial ESPACIOS.

Díaz, Gómez Raúl y Díaz Gómez Cutberto (1964), "EL PRIMER EDIFICIO DE CONCRETO ARMADO DE LA CIUDAD DE MÉXICO." Sobregiro de la Revista IMCYC. México: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C., vol.2, no. 7.

F., Alvarez Manuel (1982), "ALGUNOS ESCRITOS". en Cuadernos de Arquitectura y Conservación del Patrimonio

Artístico. Nos.18-19. México, Instituto Nacional de Bellas Artes.

Garay, Graciela de (1979), "La obra de CARLOS OBREGÓN SANTACILIA ARQUITECTO," en Cuadernos de Arquitectura y Conservación del Patrimonio Artístico. No.6. México, Instituto Nacional de Bellas Artes.

García, Saigodo Tomás (coordinador) (1984), "Análisis celular, edificio Ermita," México, UNAM, FA. (1ª ed.)

Gómez, Lilla y Quevedo Miguel Angel (1981), "Testimonios vivos 20 arquitectos," en Cuadernos de Arquitectura y Conservación del Patrimonio Artístico. Nos.15-16 México, Instituto Nacional de Bellas Artes.

González, Flores Manuel (1936), "Ventajas e Inconvenientes de las estructuras de Concreto Armado, comparadas con las de Acero Estructural," Revista bimestral EDIFICACIÓN,

61,62 y 63

Cuadros de esfuerzos. Fotos tomadas en la Unidad Central de Administración de Documentos

64

Vista panorámica con la torre Latinoamericana en construcción Archivo fotográfico de Bellas Artes.

65

Fachada lateral de la Medalla Milagrosa. Libro *Cuaderno de Arquitectura no.2*

66

Perspectiva de la cubierta. Libro *Cuaderno de Arquitectura no.2*.

67

Obra en proceso. Libro *Cuaderno de Arquitectura no.2*.

68

Croquis sistema constructivo. Libro *Cuaderno de Arquitectura no.2*

69

Corte longitudinal. Libro *Cuaderno de Arquitectura no.2*