

001635
24.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

La importancia de la comprensión de las estructuras
para el diseño arquitectónico:

Creatividad estructural actual.

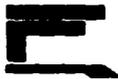
TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN ARQUITECTURA
OPCIÓN DISEÑO ARQUITECTÓNICO

PRESENTA

Ing. Arq. Elsa Antonieta González Pérez.



FACULTAD DE ARQUITECTURA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
MÉXICO 1997

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Un profesor es parte de los pilares de una Institución y su participación en ella es invaluable. Él trabaja por lo que quiere, fructificando con la capacidad de dar lo mejor de sí mismo.

Me senti muy afortunada al tener como docentes en las asignaturas que cursé, a doctores y maestros tan importantes, llenos de capacidad y calidad humana; ellos saben mostrar brillantez y sabiduría en inevitables momentos difíciles.

Quiero insistir en la enorme inspiración que el docente infunde hacia el alumno, para que éste ponga todo su esfuerzo. Por los conocimientos adquiridos a lo largo de una maestría, donde el docente participa y hace aportaciones enriquecedoras que van dejando un legado invaluable, por todo eso, es necesario dar gracias a todos y cada uno de ellos.

Muy especialmente agradezco al doctor Gerardo Oliva por haber aportado sus conocimientos y orientación para la proposición del presente tema de tesis.

También extendiendo mi agradecimiento a todas las personas que merecen atención y reconocimiento por su labor en este posgrado, quiero decir, por realizar su trabajo como debe ser, y que esto hace posible el funcionamiento adecuado de él, entre éstas se encuentra el personal no docente de la biblioteca y del centro de cómputo.

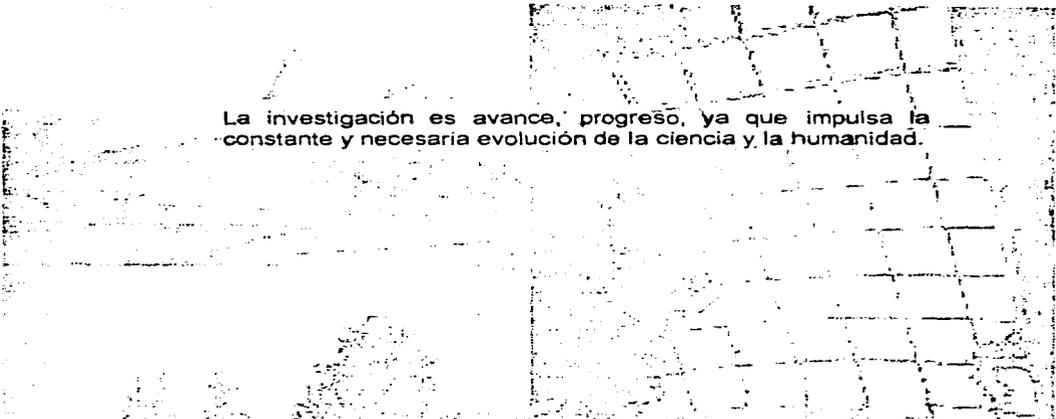
Al Jurado:

- Dr. Álvaro Sánchez González.
- M. en Arq. Francisco Reyna Gómez.
- Dr. Juan Gerardo Oliva Salinas.
- Arq. Juan Antonio Tonda Magallón.
- M. en A. Alejandro Rojas Contreras.

Al Posgrado de Arquitectura.

A la U. N. A. M.

GRACIAS.



La investigación es avance, progreso, ya que impulsa la constante y necesaria evolución de la ciencia y la humanidad.

*Un arquitecto es un investigador que debería ser un científico haciendo uso de una metodología adecuada para poder, de ésta manera, obtener resultados y proposiciones**

Índice Capitular

Introducción.	3
Capítulo 1. Antecedentes:	5
1.1 Principio de las <i>estructuras</i> .	5
La historia breve del surgimiento de las <i>estructuras</i> , el comportamiento de ellas respecto a su relación en la naturaleza.	
1.2 Integración: diseño arquitectónico- <i>estructura</i> .	5
La presencia de las <i>estructuras</i> para el desarrollo de la arquitectura a través de la historia	
1.3 Relación en la naturaleza.	7
Precisión de la relación que ha existido de las <i>estructuras</i> con la naturaleza.	
1.4 Su enseñanza.	7
1.4.1 La participación que las <i>estructuras</i> han tenido dentro de la enseñanza de la arquitectura.	
1.4.2 Diferentes circunstancias de la enseñanza de la arquitectura con el tiempo.	
1.5 Otros horizontes.	10
Una muestra de creatividad estructural en nuestro siglo.	
Capítulo 2. Situación en México:	16
2.1 Panorama en el campo de las <i>estructuras</i> .	16
Que sucede en la actualidad en México respecto al campo de las <i>estructuras</i> .	
2.2 Arquitectura tradicional o monotonía. Comprensión-enseñanza.	16
La no integración diseño arquitectónico- <i>estructura</i> para mayor creatividad repercute de alguna forma en nuestra arquitectura.	
2.3 Proyectistas de diseño arquitectónico y proyectistas de <i>estructuras</i> .	18
Situación que se genera entre estructuristas y diseñadores arquitectónicos por falta de integración.	
2.4 Preocupación por un <i>avance estructural</i> en la arquitectura.	20
Arquitectos que preocupados por el campo de las <i>estructuras</i> han trabajado por un <i>avance</i> en la arquitectura.	
2.5 La enseñanza.	23
2.5.1 Enseñanza a principios del siglo XIX y la introducción de materias técnico-científicas.	
2.5.2 Comentarios de los planes académicos recientes de la UNAM; y porcentajes de tiempo de otras instituciones respecto a las materias implícitas con las <i>estructuras</i> .	

LA IMPORTANCIA DE LA COMPRESIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO
 Índice Capítular.

Capítulo 3. Recomendaciones académicas:	32
Síntesis de las entrevistas y comentarios de las obras que se puedan aplicar en el manejo de la enseñanza de las <i>estructuras</i> para un mejor desarrollo del diseño arquitectónico.	
3.1 Ideas y recomendaciones de las entrevistas realizadas y de algunas obras seleccionadas por cada entrevistado	32
3.2 Comentarios retomados de fuentes bibliográficas utilizadas en el desarrollo de ésta investigación.	40
3.3 Otras recomendaciones académicas.	42
3.3.1 Conceptos estructurales aplicados al proceso de diseño arquitectónico.	
3.3.2 Mantenibilidad de estructuras arquitectónicas.	
3.3.2 Enseñanza de las estructuras arquitectónicas.	
3.4 Resumen general.	44
3.4.1 Ideas y recomendaciones	
3.4.2 Fuentes bibliográficas	
Capítulo 4. Una Estrategia:	47
Alcance general que se persigue en un curso de <i>estructuras</i> , temas básicos, bibliografías según la implementación de las recomendaciones.	
5. Conclusiones.	54
6. Apéndice:	59
Opiniones. Resumen de las entrevistas referentes al tema en cuestión, donde cada entrevistado selecciona una obra con el fin de enmarcar sus cualidades que representan diferentes puntos de vista actuales.	
-Maestro en Arquitectura Bernardo Calderón Cabrera	60
-Doctor Fernando López Carmona	61
-Arquitecto Juan Antonio Tonda Magallón	63
-Arquitecto Jorge Fernández Varela	69
-Doctor Juan, Gerardo Oliva Salinas	72
-Arquitecto José Guillermo Gerdingh Landin	77
-Arquitecto José Ávila Méndez	80
-Doctor Manuel Humberto Acedo Espinoza	83
-Maestro en Arquitectura Alejandro Rojas Contreras	86
-Arquitecto Edmundo Méndez Campos	88
-Arquitecto Juan Guillermo García Armendariz	90
-Maestra en Ingeniería Perla Santa Ana Lozada	93
-Maestro en Arquitectura Agustín Hernández Hernández	95
-Maestro en Arquitectura Xavier Mendoza Rolón	97
7. Bibliografía.	100

Introducción:

La arquitectura desde sus primeras manifestaciones en Babilonia, Fenicia, Persia, Egipto y la India, debió estar sujeta a diferentes factores: físicos, geográficos, sociales, culturales, económicos y políticos. ¿y cual manifestación artística no lo ha estado?; ya que es así como se han conformado las culturas, siendo el producto de una civilización. De ello no escapa la arquitectura actual tanto en México y en otras partes del mundo; teniendo así que adaptarse a distintos factores para trascender y evolucionar.

La enseñanza de la arquitectura también se sujeta a una serie de factores que tiene que enfrentar para poder satisfacer sus objetivos primordiales como son la formación de arquitectos, y asimismo que tal formación sea en concordancia con nuestra época.

En dicha enseñanza es evidente que el diseño arquitectónico es el principio para hacer arquitectura, ya que hemos de saber que, hasta que se encuentra construido el edificio se está haciendo arquitectura plenamente pero y además para construir un edificio se necesita la estructura de éste y dentro de ella muchos fenómenos y principios que son necesarios de comprender. Primeramente entendamos por estructura la parte resistente y/o elementos sustentantes de un determinado edificio, *"donde su resistencia es una condición fundamental"*.¹ Desde luego cabe mencionar que la estructura no es lo único que generará el hacer arquitectura pero si es una parte muy importante, y la presente investigación se enfatiza hacia este campo, ya que el objetivo de ella es destacar el valor que tiene el concepto estructural para poder llevar a cabo un mejor y adecuado diseño arquitectónico que a la vez se verá reflejado en el edificio construido que en conjunto representa un adelanto y mejoramiento de la enseñanza dando paso al impulso de una arquitectura de trascendencia y calidad, es decir a una arquitectura de primera.

La preocupación de la enseñanza se ha exteriorizado desde los inicios de ésta en nuestro país, basta indagar un poco en documentos referentes a la historia de la arquitectura para darnos cuenta de ello.² Constantes cambios se han dado en los programas académicos, lo cual denota el interés tan lógico generado por las diferentes etapas y situaciones que ha vivido y vive el desarrollo de nuestro país, tal es así que los planes de estudio planteados en las diversas instituciones que enseñan arquitectura han tenido modificaciones y seguramente las seguirán teniendo; pero nuestro tema en cuestión además, busca encontrar una mejor y adecuada aplicación de ellos, ya que recordemos que es un deber y una necesidad facilitar el aprendizaje para beneficio del estudiantado y del progreso de nuestra arquitectura.

Hoy en día se encuentra una división muy marcada entre el estructurista y el diseñador; sobre todo cuando se trata de proyectos de gran envergadura. Es así como nos encontramos casos en los que se diseña, pero no se está pensando en la estructura; y el realizarla al final, modifica considerablemente el proyecto; -con el fin de no confundirnos, aclaremos que no se emplea la terminología norteamericana en lo que a estructuristas se refiere,³ y al hablar del diseño y del proyectista nos referimos a los del proyecto arquitectónico-. Y actualmente es mucho más fácil que un estructurista proyecte (ó diseñe); a que un proyectista haga un cálculo estructural. Éste último siempre necesitará del estructurista; pero el estructurista no siempre ocupa al proyectista, y cuando se genera éste último caso, los resultados en cuanto a creatividad no son muy satisfactorios. En ocasiones se dan diversas situaciones al llevar a cabo la realización de cálculos estructurales; particularmente en mi corta vida profesional me he encontrado con esas situaciones como son: hacer modificaciones, y a veces resulta que una parte de ese diseño sea

LA IMPORTANCIA DE LA COMPRESIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO
Introducción.

aportación de quién realizó el cálculo estructural, o bien, que el proyectista al observar que el cálculo estructural requiere de modificaciones prefiere hacer cambios parciales o totales del proyecto.

Es importante que dentro de la concepción del diseño arquitectónico se encuentre implícita la estructura, que bien, a la cual se le puede dar o no un carácter estético: *"El término diseño incluye tanto arte creativo como análisis científico"*.⁴ Tal es así, que dentro de un proyecto, debamos manifestar la creatividad conjugada con los avances científicos y tecnológicos; pero esto nos lo podrá dar el conocimiento de la concepción estructural tomando en cuenta sus condiciones de estática y los fenómenos de equilibrio a los que se sujeta y, la actualización e investigación constantes. Posteriormente utilizaremos el cálculo estructural como la comprobación final de la resistencia de dicho proyecto.

Me detengo a señalar que a todo ello debo la inquietud que me ha generado llevar a cabo ésta investigación

Por tanto se pretende revalorizar la importancia que se deba tener en el conocimiento de ésta área y tratar de resolver de mejor manera la interacción que el arquitecto estudiante o profesionista deba tener con sus medios necesarios para poder elevar el desenvolvimiento de su creatividad estructural.

El trabajo se desarrolla por medio de opiniones y experiencias de personas que de una u otra manera se encuentran involucradas, o tienen que ver con el ramo del diseño arquitectónico y de las estructuras, con el fin de hacer una invitación a la reflexión sobre el tema en cuestión.

Finalmente el resumen de los resultados de opiniones, experiencias, reflexiones y puntos más insistentes por parte de los entrevistados se condensarán en un capítulo de éste trabajo a manera de recomendaciones académicas, implementándose con ello un alcance general que se deba perseguir en el inicio de un curso de estructuras.

Este documento va dirigido tanto a profesionistas dedicados a dicho quehacer, como a profesores y a alumnos, con el objetivo de enfatizar la función primordial del concepto estructural para poder llevar a cabo un mejor y adecuado diseño arquitectónico; y mostrarles puntos de vista y las conclusiones a las que se han de llegar, esperando también, con ello contribuir, para así sensibilizarse ante esta situación.

1 TORROJA Eduardo *Razón y ser de los tipos estructurales*

Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento Pág 2

2 Existen documentos de la Academia de San Carlos donde se mencionan dichas preocupaciones, publicaciones que hablan de la enseñanza, entre muchos, podemos citar las siguientes

INBA-SEP *La práctica de la Arquitectura y su Enseñanza en México*

Cuadernos de arquitectura y conservación del patrimonio artístico Num 26-27 México 1983 Pags 9 a 48.

INBA-SEP *Manuel F Álvarez Algunos escritos*

Cuadernos de arquitectura y conservación del patrimonio artístico Num 18-19 1981-1982 Pags 8 a 38.

UNAM *Conferencias del bicentenario de la fundación de la Escuela de Pintura, Escultura y Arquitectura*

Tomás García Salgado Recopilador México 1984 Pags 7 a 20

Así como también las publicaciones periódicas de la Facultad de Arquitectura de la Unam.

Cuadernos de Arquitectura Docencia

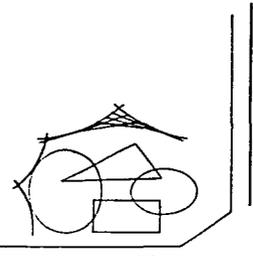
3. JACK C. Mc Cormac *Diseño de Estructuras Metálicas* 1972 Pág 3

"Se establece una diferencia entre proyectista de estructuras y diseñador de las mismas, el primero concibe el plan de estructuración de la obra con arreglo al programa de necesidades de la misma, mientras que el segundo solo analiza y proporciona sus elementos y, el proyectista también es diseñador"

4. BRESLER, Lin y Scaizi. *Diseño de Estructuras de Acero*. Editorial Limusa Pág 19

Antecedentes

capítulo-1



1. Antecedentes.

1.1. Principio de las estructuras.

A través del tiempo, el hombre, para cubrir algunas de sus necesidades, como la de protección, empezó a hacer uso de las *estructuras*; las cuales surgieron por medio de ir experimentando con elementos naturales que tenía a la mano, pensemos en piedras, rocas, troncos, ramas. Así fue aprendiendo en que podía emplear unos y en qué otros; muchas veces haciendo intentos vanos y otras muchas triunfaba su modo de pensar.

Hemos de saber que las *estructuras* antes de ser ciencia y técnica, fueron el producto del sentido común, de la experimentación, a través de ideas que iban surgiendo

"La construcción de los monumentos egipcios, los templos griegos y los puentes romanos era un arte basado principalmente en reglas empíricas, intuición y experiencia".¹

Así se fueron asimilando "los principios tensionales que rigen todos sus fenómenos resistentes de las estructuras, meditando y experimentando hasta lograr sentir como algo propio, natural y congénitos sus fenómenos de tensión y de deformación, para intuir de golpe como va a trabajar la estructura y cual sería su forma de rotura. ...El arte de inventar la estructura requiere el conocimiento intuitivo de su acción resistente y la de los materiales que la constituyen".²

Posteriormente con el tiempo y la asimilación de los fenómenos que intervienen en ella se fue estudiando de manera más formal y a conciencia. *"El enfoque racional del diseño estructural, cuyo desarrollo tuvo comienzo en el siglo diecisiete, representa un acuerdo entre el arte y la ciencia entre la experiencia y la teoría".³*

1.2. Integración: *diseño arquitectónico-estructura*.

Partiendo de que, de alguna manera, el surgimiento de las *estructuras*, se da como una necesidad, existía preocupación por lo estático y no por lo estético; pero al ya haber más dominio en el aspecto estructural, empezó el interés de preocuparse un poco más por crear algo que además de útil, fuera agradable, dando como resultado extraordinarias obras, recordemos las antiguas ciudades, que hoy en día nos sorprenden por su magnificencia, donde poco a poco se fueron haciendo ensayos de simetría, ornamentación, modulación, para satisfacer necesidades más sofisticadas.

Es entonces como se fue generando, -a la par de ir desarrollando, por medios racionales, los fenómenos y principios correspondientes a las *estructuras*- una forma de integración estética, agradable para el ser humano; que comprendemos actualmente como una parte del diseño arquitectónico, en la creación de las obras, sean grandes ó pequeñas. Por tanto, podemos entender que el aspecto estructural y el de diseño van completamente en forma integrada. Por lo anterior, nos damos cuenta, de que las *estructuras* siempre han estado presentes a través de la historia, a las cuales se les fue integrando, lo que hoy es parte del diseño arquitectónico para así obtener mejores resultados en la creación de las obras que se iban construyendo.

Recordemos que Vitruvio puntualiza situaciones que hoy en día son vigentes. De la siguiente manera lo refiere Ortiz Sanz: *"Los edificios deben construirse con atención a la firmeza, comodidad y hermosura".⁴*

LA IMPORTANCIA DE LA COMPRESIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO
Antecedentes.

Eladio Dieste por su parte, también insiste en dicho aspecto sobre el "Triángulo Vitruviano: utilitas, firmitas y venustas. Donde: Utilitas: utilidad; Firmitas: solidez, consistencia, fuerza, firmeza; Venustas: belleza, encanto, esbeltez, agudeza de estilo, dignidad propia del hombre. La expresión, para ser auténtica no puede ser gratuita, un primer fundamento es la coherencia de lo que hagamos con las leyes que rigen en materia de equilibrio".⁵

Mucho se ha hablado de ésta integración diseño arquitectónico-estructura, sin embargo en ocasiones nos cuesta trabajo entenderla, quizás porque nos olvidamos de ésta importancia que nos señalan nuestros profesores alguna vez, o no la logramos entender de tal manera, que se queda en el aire, posiblemente es esa la razón por la que es necesario para los autores que escriben acerca del tema, ocupar algunas líneas al inicio de sus obras señalando dicha importancia, así es el caso de los tres que se presentan aquí:

*"Un perfecto entendimiento del comportamiento estructural sirve a dos aspectos de la arquitectura: al diseño e inspiración de la forma y a la solución económica de los problemas constructivos. ... La estructura es la causa de nuestra respuesta emocional ante un edificio..."*⁶

*"El propósito fundamental del diseñador de estructuras es lograr una estructura económica y segura, que cumpla con ciertos requisitos funcionales y estéticos".*⁷

"Unas veces, la estructura estará a la vista o constituirá la obra misma y necesitará ser estética, otras veces quedará oculta. Pero, aun en este caso, rara vez el valor estético de la obra aparente dejará de estar influenciado por las formas resistentes de la estructura interior. Por eso, se requiere tanto el sentimiento artístico como la preparación técnica, si no se quiere que los productos de la imaginación queden en el aire

Aquí se trata de obras matenales, que se sostengan y perduren, y para ello, se requiere una preparación técnica larga y penosa, que frecuentemente deforma malhadadamente el espíritu; por eso, habrá que referirse al proyectista con sus virtudes y defectos, con sus conocimientos y sus ignorancias, como sujeto del proceso imaginativo y creador.

*El proyectista tendrá, en unos casos, que elegir entre tal o cual solución posible imaginada, ponderando sus posibilidades estéticas; en otros casos deberá pensar solamente si, corrigiendo sus formas, puede perfeccionar y sobrevalorar la expresión estética, sin forzar excesivamente las otras condiciones funcionales, resistentes, constructivas y económicas".*⁸

Al igual otros autores, recurren a la idea de citar escritos muy precisos, relacionados con el tema, de personajes muy reconocidos, tal es el caso del *Manual A J de Estructuras*, en el cual se refiere como preámbulo, un párrafo creado por Pier Luigi Nervi:

*"El diseño de estructuras consiste en suministrar soluciones eficaces a los nuevos problemas que cada día plantea la creciente actividad en el campo de la construcción, debe llegarse a una combinación armoniosa de nuestra intuición personal y de una impersonal, realista, objetiva y vigorosa ciencia estructural. Los futuros arquitectos, aun cuando tengan la oportunidad de confiar el cálculo final a un especialista, deben ser capaces de establecer sus trazas y darle proporciones correctas. Sólo entonces una estructura podrá nacer saludable, viva y, posiblemente, hermosa".*⁹

1.3 Relación en la naturaleza.

Por su función de mantener en equilibrio, portar ó soportar algún elemento, las *estructuras*, se han relacionado a través del tiempo con elementos que la naturaleza nos ha dado, como las ramas de los arboles y el esqueleto de los seres vertebrados. Así es, como han existido arquitectos, que han utilizado a la naturaleza como fuente de inspiración; y han dejado implícitas en sus obras arquitectura, estructura y escultura, donde consideran esta concepción como un todo

Cabe hacer mención de lo que el arquitecto e ingeniero Cardellach, escribiera en los fundamentos generales de su libro de texto. *"Los seres de todos los reinos naturales, por estar sujetos a las leyes de las fuerzas externas (acción de la gravedad, presiones del viento, etc.), satisfacen a un principio general mecánico, sin el cual no sería posible su estabilidad y su resistencia y este principio no es otro que el de estructura"*.¹⁰

También hace referencia hacia el esqueleto por representar dinamismo y actividad: *"el esqueleto del ser anima! representa la afirmación más genuina del principio de estructura. El hombre, en sus producciones constructivas, ha sentido instintivamente el referido principio y lo ha ido expresando con cñteno más definido a medida de sus progresos en el terreno de la Arquitectura"*.¹¹

También algo escribió Werner al hablarnos del mejor entendimiento de *La Estructura*: *"Esta comprensión requiere una atención a las leyes de la naturaleza que afectan a las estructuras y a la respuesta de éstas"*.¹²

Aquí esta incluida una acción importante que el ser humano debe considerar al emprender el desarrollo de alguna obra de cualquier caracter y magnitud que ésta sea y es, el de la observación

*"... antes de conocer la técnica actual la humanidad ha sido capaz de idear y construir obras tan adaptadas a sus necesidades estático-resistentes, y tan eternamente satisfactorias en sus formas estéticas, porque había sabido contemplar con íntima delectación, las ramas de los árboles concorvados bajo el peso de sus frutos, y tensas las cuerdas de los columpios que mecieron su juventud, desde los viejos tiempos de las tanagras mecánicas cuando menos."*¹³

1.4 Su enseñanza.

1.4.1 La participación que las *estructuras* han tenido dentro de la enseñanza de la arquitectura.

Los principios fundamentales de la creación estructural estuvieron basados en la intuición; así lo enseñaba Cardellach en sus cátedras a principios de nuestro siglo a los estudiantes en España en 1910; utilizaba su libro, único material didáctico, de manera teórica, sin figuras ni esquemas; donde la idea principal es presentar en pocas lecciones un conocimiento completo de los órdenes arquitectónicos, ya que su objetivo era despertar en los alumnos más interés. El autor explica en este texto, de manera muy sencilla y empleando un lenguaje fácil, paso por paso el fenómeno de las estructuras, y trata de que el estudiante reflexione en todo lo expuesto:

"Una estructura no es el fruto de un cálculo, sino plasmación física de una institución artística previamente escrita en formas algebraicas".¹⁴

Otro punto interesante que el autor perseguía:

"Los principios fundamentales de la creación estructural, basados en la intuición con el consiguiente estudio previo a las construcciones clásicas, dando un conocimiento completo de los órdenes arquitectónicos y despertar el interés por el hallazgo de nuevas formas estéticas para nuestros proyectos de estructuras".¹⁵

El estudio de las *estructuras* se ha dado por medios sencillos a través de fenómenos naturales donde se encuentran implícitas la física, para la explicación de la estabilidad y el equilibrio para determinar sus aplicaciones y las matemáticas, para realizar la comprobación de su resistencia que es una cuestión de cálculo. Éstas corresponden a los principios y fenómenos naturales más simples, por tanto, estudiar las bases acerca de ellas no implicaría dificultad, siempre y cuando se siga el orden adecuado de su aprendizaje, ya que dependen de conceptos de lógica y racionalidad. Entenderse con "las matemáticas" era lo básico para poder estudiar arquitectura y si bien el alumno carecía de cualidades artísticas, podía dedicarse a éstas, ser un sabio; pero nunca un artista ni un arquitecto. Con el tiempo cada vez son menos los que hacen parte de la arquitectura la importancia de "los números", que en otra época eran primordiales en ella.

"A los estudiantes del siglo XIX (en Francia), se les impartía con carácter obligatorio para su enseñanza: Geometría, Trigonometría, Geometría Analítica y mecánica. Completándose con Geometría descriptiva, Estereotomía, Resistencia de materiales..." es decir, nunca faltaron las matemáticas

También se les aplicaba un examen de admisión (sobre una preparación previa con arquitectos en forma particular o bien, en la propia escuela) y en lo que implicaba a "números", *"se les examinaba con ejercicios de cálculo, aritmética, álgebra, geometría elemental y geometría descriptiva"*. La anterior información ha sido tomada del escrito *"La enseñanza de la arquitectura en el extranjero y en México -y- proyecto. Formado por Manuel Francisco Álvarez, Arquitecto e Ingeniero Civil de la Academia de S. Carlos 1914"*.¹⁶

Posteriormente han surgido varios textos con diferentes propósitos cada uno, pero interesados en el tema en cuestión, por citar alguno mencionemos el de Sistemas de Estructuras, el cual se nos indica *"El complejo comportamiento de la estructura queda ilustrado de manera simple. La relación entre estructura y forma arquitectónica se muestra en la obra, y así se aplica un serio estímulo al arquitecto proyectista para la formulación de ideas estructurales"*.¹⁷ Donde la razón para ocuparse de los sistemas estructurales arquitectónicos es: *"la creación de la forma y del espacio arquitectónicos"*.¹⁸

Pero como se ha dicho antes, es de primordial importancia entender las bases de las *estructuras* para poder así mismo asimilar otras publicaciones distintas e interesantes que nos han de ser útiles y nos resulte fácil entender lo que hemos de requerir.

1.4.2 Diferentes circunstancias de la enseñanza de la arquitectura con el tiempo.

No podemos omitir para este trabajo de investigación la separación que se fue dando desde el siglo XVIII, al surgir el crecimiento de la tecnología, que al respecto el doctor en arquitectura Juan Bassegoda Nonell cita: *"la arquitectura pareció despreciar los nuevos hallazgos y se empeñó en mantener la exclusividad de unos fundamentos supuestamente artísticos, que rechazaban la presunta glacialidad y superracionalismo de la técnica, creando una penosa frontera entre arquitectos e ingenieros...Unos pocos, Henri Labrouste, Antonio Gaudí, comprendieron que la arquitectura es una creación humana y universal que se funde tanto con el arte como con la ciencia y la técnica"*.¹⁹

LA IMPORTANCIA DE LA COMPRENSIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO
Antecedentes

Otro ejemplo de ello se encuentra expresado en las siguientes líneas:

*"Ante una explosión de ideas tan fascinantes, nuestra reflexión se ve obligada a desplazarse a otro terreno. Nos es dado constatar la instauración de una nueva alianza entre la arquitectura y la ingeniería. Somos testigos de una trasgresión en el curso de la batalla inexorable que ha dividido durante un par de siglos el dominio de la construcción en dos bandos navales donde militan respectivamente, arquitectos e ingenieros"*²⁰

De alguna manera, así como sucedió esta separación también afecta a "las matemáticas", ya que, si la arquitectura buscaba la creación de arte, precisamente éstas no representan arte, aunque sí una ciencia y un medio para poder llegar así a la plasmación o producción de la creación de ese arte que en ese entonces tanto se buscaba, y quizá sucede que desde ahí haya surgido esa confusión y consecuente separación "parcial" de éstas. Y ya Engel señala en su publicación, haciendo una especie de vínculo para mermar dicha separación:

*"Hay que reconocer que la arquitectura, siendo ante todo un arte se ha convertido en una ciencia extremadamente precisa, basada en la aplicación coordinada de los más variados ámbitos del conocimiento"*²¹

A fin de comprender un poco más como sucedió esta separación vamos a situarnos en la siguiente síntesis a manera de reseña histórica breve, tomada de un escrito del arquitecto Carlos Chanfon Olmos, sobre la formación de los constructores durante la época virreinal.²²

En la antigüedad la naturaleza de la profesión de arquitecto está establecida en los Tratados de Vitruvio

Ya desde la Edad media (1160) se encuentra el término Ingeniero: "... la palabra Engigneor para designar al constructor de mecanismos, Arquitecto y jefe de trabajos "; y en 1262 Pierre de Colombier, "... al analizar la profesión del constructor medieval, menciona el término del latín vulgar Ingeniator, comentando que su uso era más frecuente para designar a los constructores de castillos "

Cuando se da en Europa a finales del siglo XV la intelectualización del arte de construir, pugnaba. "La obsesión estética del movimiento renacentista y el desarrollo de las armas de fuego, pusieron de manifiesto que la necesidad de funcionalidad estaba por encima de cualquier otro valor en las construcciones militares del siglo XV. Es muy probable que por estas razones, el diseño de fortificaciones se descartará del área de la arquitectura, considerada como arte liberal. Sin embargo la tendencia no fue ni unánime ni inmediata."

En Francia en 1671 se funda La Academia Real de Arquitectura. La ingeniería militar nace a principios del siglo XVII. "En los múltiples escritos franceses producidos desde entonces, se pueden captar las orientaciones técnicas y científicas de la Ingeniería Militar que desde entonces adquirieron vigencia "

"Es pues evidente que la preparación de los especialistas para enfrentar y resolver esta problemática, no podía descuidarse, sino ser objeto de esfuerzos especiales, distintos de los necesarios para formar arquitectos. El carácter mismo de la profesión liberal, adquiriendo por la Arquitectura, no se ajustaba a la disciplina y experiencia de campo, que la guerra imponía."

En 1829 se funda la l'Ecole Central des Arts et Manufactures, creándose la ingeniería civil, por los ingenieros militares "...una nueva manera de educar constructores al servicio del Estado con un marcado enfoque hacia los adelantos técnicos y científicos del siglo XVIII."

"El investigador francés Raymond Moulin piensa que en ese momento -sin quererlo y quizá sin saberlo ni sospecharlo- el Estado francés creó una separación y dió preferencia a la ingeniería sobre las bellas artes, "...fomentaron y ampliaron el cultivo de la ciencia y la técnica..."

Gracias a dicho fomento de la ciencia y la técnica se realizaron *grandes aportaciones* en el siglo XVIII como lo son: la teoría mecánica de las construcciones y la geometría descriptiva. *"Ambas revolucionaron el campo de la construcción y del diseño en general, tan importante para la revolución industrial que se desarrolló en el siglo que nos precedió."*

"El ingeniero militar francés Gaspard Monge, sistematizó todos los procedimientos gráficos conocidos y utilizados hasta entonces para el diseño y la construcción. La definición clara del concepto de proyección, subdividida en cónica, cilíndrica, oblicua u ortogonal, afectó no sólo la estereotomía -motivo inmediato de su creación- sino también la perspectiva, el trazado de sombras y en general, la representación convencional de cualquier objeto aún no existente, con la posibilidad de definir la forma y dimensiones de todos los detalles necesarios para su construcción".

Ahora bien por parte de las dos profesiones había preocupación por mejorar su nivel académico y puede ser que aquí es donde se desata una especie de competencia *"De hecho, los Arquitectos habían incluido a finales del siglo XVIII, las matemáticas y la física en sus programas de enseñanza y a su vez, los ingenieros habían adoptado materias como dibujo de paisaje y de órdenes clásicos "... hubo arquitectos profundamente preocupados por la ciencia y la técnica, a la vez que ingenieros expertos en la arquitectura académica."*

1.5 Otros horizontes.

Creatividad estructural A manera de homenajear a la arquitectura de nuestro siglo y demostrar cualidades *estructurales*, pasemos ahora bien a incluir, a cuatro maestros que han dejado renombre en la historia de la arquitectura en una época contemporánea; no etiquetándolos como los únicos, porque creo yo que cada obra arquitectónica realizada con delicadeza y sensibilidad representa y deja huella en la historia y por fortuna el mundo está lleno de grandes maravillas arquitectónicas y no terminaríamos aquí de enlistar a sus autores; los siguientes personajes no son únicos pero sí unos muy distinguidos como muestra de la realización de un trabajo con empeño, inteligencia y dedicación, que aportaron avances científicos y tecnológicos a la arquitectura.

Frei Otto, n. 1925 en Siegmars (Sajonia) Diseñador e investigador en Warmbronn, cerca de Stuttgart, desde 1968.

*Una creación personal de Otto es la tienda moderna, muy distinta de las estructuras basadas en las técnicas del puente colgante. Somete a la técnica actual a una reactualización para que sea el prototipo de construcciones ligeras adaptables. La forma anticlástica de la tienda moderna da origen a diseños estructurales muy variados, por ejemplo, la estructura textil pretensada, la combinación de estructura textil y de red tensada de cable, y la red tensada de cables soportada por mástiles, arcos, membranas reticuladas y cubiertas móviles y transformables; todas ellas combinan la construcción con tejidos varios y de cable metálico con las estructuras neumáticas.*²³



Con Otto, entra dentro de lo posible una nueva identidad formal, estructural y constructiva. Las cubiertas de las zonas deportivas principales del Parque Olímpico de Munich (1967-1972; obra de G. Behnisch y asesoramiento de Otto) son un logro por la magnitud de la superficie abarcada, hasta el extremo de que inaugura el uso del cálculo por ordenador para determinar modelos de redes metálicas.²³

Otto se vale de la flexibilidad de las estructuras textiles para inventar la cubierta transformable dotada de una geometría variada que permite moverla a voluntad. Alemania, Francia, además de otros muchos países, disfrutan de cubiertas de ese género en vanedad de instalaciones, ninguna sin embargo tan excepcional como el Teatro al Aire Libre, en Bad Hersfeld (1967-1968).²³



Pier Luigi Nervi, n. 1891 en Sondno (Lombardia), m. 1979 en Roma. En 1913 obtiene el título de Ingeniero por la Universidad de Bologna. Catedrático de estructuras entre 1946 y 1961 en la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Roma.

Nervi se alinea junto a E. Freyssinet y R. Maillart por su extraordinaria capacidad para cultivar y producir belleza a partir de cálculos exactos y moldear la forma con arreglo a las características de los materiales y los procedimientos técnicos.

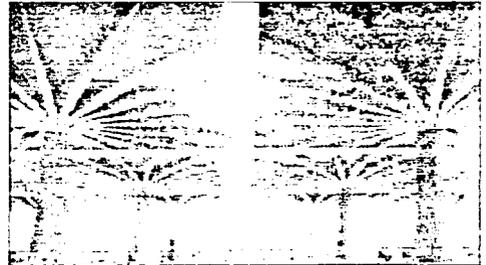
"El proceso de creación de una forma es idéntico tanto si es labor de técnicos como de artistas; en otras palabras la belleza de una estructura, por ejemplo, no es el resultado de los cálculos, sino de la intuición al escoger cuales deben utilizarse o a qué se la identificará."

*Estudia las cubiertas compuestas por tramas de vigas entrecruzadas, un tema que sería objeto de análisis e investigación cada vez más profundo, brindando numerosísimos proyectos inspirados por su inclinación a las actividades creativas y experimentales. Da un gran paso adelante en el proceso de aligerar las estructuras tanto por razones estéticas como técnicas.*²⁴

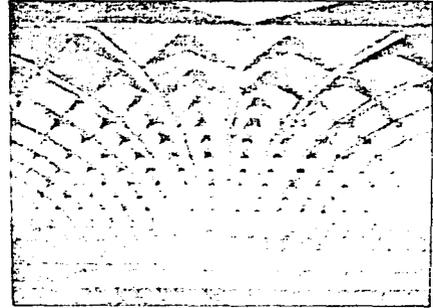
*Una importante innovación es un método de pretensado hidráulico del concreto armado que da pie a ahondar en otras áreas de investigación, por ejemplo, en el análisis del ritmo como elemento generador de belleza. Una muestra es el Palazzo dello Sport en Roma (1956-1957, en colaboración con Annibale Vitellozzi)*²⁴



*El dominio de Nervi sobre la estructura se manifiesta igualmente en el Palazzo del Lavoro de Turín (1961).*²⁴

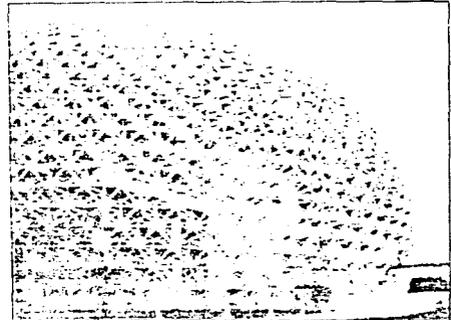


*El edificio para exposiciones de Turín (1948-1949), a pesar de no haberse construido conforme al proyecto original en una de las partes esenciales, el ábside, es el punto culminante en la puesta en práctica del método: el gigantesco edificio consta de una cubierta única formada por elementos prefabricados.*²⁴



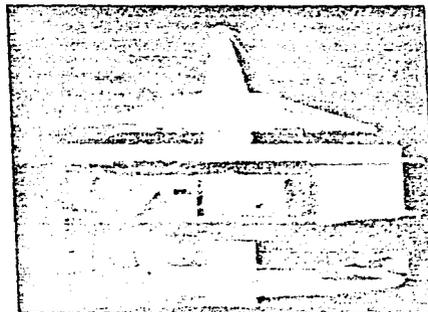
*Richard Buckminster Fuller, n. 1895 en Milton (Massachusetts), m. 1983 en Los ángeles (California). No es un arquitecto en el sentido usual que se le da a la palabra, pero sin embargo su obra refleja con claridad las corrientes del siglo XX relacionada con la estética de la nueva tecnología. En 1927 proyecta una "máquina para vivir" que bautizó con el nombre de "Dymaxion House" (Dinámica y máxima eficacia). No es un objeto destinado a ser contemplado con una óptica puramente esteticista, analoga a la búsqueda por las mejores creaciones del racionalismo europeo. Después dedica casi todo su tiempo y trabajo al arte de las estructuras, yendo a parar a las Cúpulas Geodésicas, unas estructuras metálicas, de material plástico o, en ocasiones, hasta de cartón basadas en octaedros o tetraedros. No son motivos arquitectónicos los que le mueven a utilizar esta configuración, sino por ser la que proporciona el máximo volumen cerrado por una superficie mínima. Se componen de elementos estandarizados unidos mediante sistemas de montaje similares. Idea también un sistema estructural conocido por "Tensegrity Structures". Goza de mayor popularidad entre los estudiantes que entre los miembros conservadores de la clase profesional.*²⁵

*En relación a Fuller: Su mayor cúpula es la nave de reparaciones para la Compañía Union Tank Car de Baton Rouge (Louisiana); con 117 m de diámetro, la luz supera a la de cualquier pabellón construido en el siglo XIX. Pero entre las más famosas están sin duda las cúpulas para los Pabellones de Estados Unidos en las Fenas Mundiales de Moscú (1961) y, en especial, de Montreal (1967, destruida en 1976).*²⁵



LA IMPORTANCIA DE LA COMPRESIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO
Antecedentes.

Contrariamente a las formas de expresión poética de la época técnica de 1920-1930, tan frecuentes en la arquitectura europea de ese género, el invento de Fuller representa una máquina para vivir en el más estricto sentido de la palabra. La "Dymaxion House", lo correcto es analizarla en tanto conjunto de instalaciones mecánicas y de zonas para vivir.²⁵



Félix Candela, nació el 27 de enero de 1910 en Madrid, España. Emigró a México en 1939, adoptando la nacionalidad mexicana en 1941. Reside en Estados Unidos desde 1971. Ha actuado como consultor y proyectista en diversas obras de su especialidad en Centro y Sudamérica, Estados Unidos, Inglaterra, Escandinavia, España y Arabia.²⁶

El maestro Candela siempre preocupado por el resultado de una identidad y trascendencia para la arquitectura contemporánea trabajó intensamente en ello, logrando una arquitectura única; así como también expresando sus ideas.

"Mi apasionado interés por la estructura me hizo albergar esperanzas de que su tratamiento solícito y expresivo, como uno de los factores ordenativos del diseño, llegaría a ser una de las bases formales de tan urgente evolución".²⁷

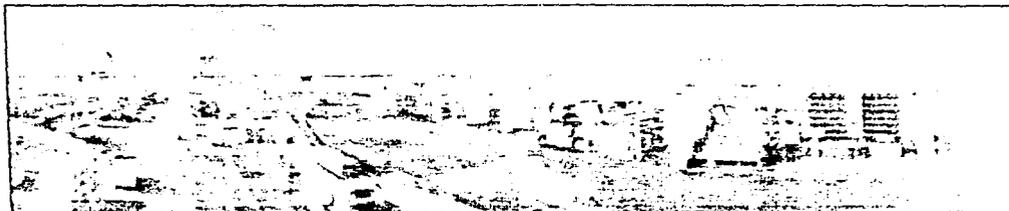
El logro de sus investigaciones lo describe como lógico producto de una ruta crítica de copias: copias a revistas, copia a sus copias y superación a las propias copias. Todo en aquel marco de máxima libertad creativa y experimental que hizo de México el terreno ideal para probar que aquello que los reglamentos de los países avanzados consideraban imposible, era posible.

La audacia de estas estructuras y sus infinitas posibilidades pronto se hicieron sentir internacionalmente y fuimos la atracción mundial del momento.²⁸



*Palacio de los deportes.*²⁹

LA IMPORTANCIA DE LA COMPRESIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO
Antecedentes



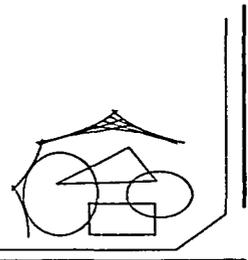
En este interesante y novedoso proyecto (1958), Candela realiza seis combinaciones de paraboloides hiperbólicos cruzados, colocando tres pares en fila en los que cada uno de los "cascarones" libra un claro de 30 metros de ancho. Esta estructura está considerada en la actualidad como la paraboloides hiperbólica de concreto armado más grande del mundo.

Lograr ese claro con una losa de concreto armado de 4 centímetros de espesor, era un reto a la ley de la gravedad. Candela conocía muy bien el límite físico de sus estructuras, y este diseño era lo más atrevido que se había sugerido hasta ese momento. Al completar con un éxito rotundo la planta de Bacardí y Compañía, Candela culminó su teoría estructural (Según sus cálculos sería el máximo posible).²⁵

- 1 BRESLER Lin y Scalzi: *Diseño de Estructuras de Acero* Editorial Limusa Pag 19
- 2 TORROJA Eduardo: *Razón y ser de los tipos estructurales* Instituto Técnico de la Construcción Pag 13
- 3 BRESLER Lin y Scalzi: *Diseño de Estructuras de Acero* Editorial Limusa Pag 19
- 4 ORTÍZ Sanz José: *Los diez libros de Arquitectura*, Marco Vitruvio Polión Edición José Ortiz Sanz 1992 Pag 14.
- 5 DIESTE Eladio: *La Estructura Cerámica* SOMOSUR Editorial Escala Bogotá 1987 Pag 10
- 6 WERNER Rosenthal: *La Estructura* Editorial Blume Barcelona 1975 Pag 17
- 7 BRESLER Lin y Scalzi: *Diseño de Estructuras de Acero* Editorial Limusa Pag 19
- 8 TORROJA Eduardo: *Razón y ser de los tipos estructurales* Instituto Técnico de la Construcción Pags. 309, 310.
- 9 HODGKINSON Hermann Allan: *Manual AJ de estructuras* Ediciones Blume Madrid, España 1976
- 10 CARDELLACH, Félix: *Filosofía de las estructuras* Editores Técnicos Asociados, S.A. 1970 Pag. 5.
- 11 Ibidem
- 12 WERNER Rosenthal: *La Estructura* Editorial Blume Barcelona 1975 Pag 11
- 13 TORROJA, Eduardo: *Razón y ser de los tipos estructurales* Instituto Técnico de la Construcción Pags. 13,14.
- 14 CARDELLACH, Félix: *Filosofía de las estructuras* Editores Técnicos Asociados, S.A. 1970 Pag X
- 15 Ibidem, Pag VII
- 16 ÁLVAREZ, Manuel F. *Cuadernos de arquitectura y conservación del patrimonio artístico Algunos escritos*. INBA-SEP No 18-19 1981-1982 Pag 24
- 17 ENGEL, Heinrich: *Sistemas de Estructuras* Editorial Blume Portada (reverso)
- 18 Ibidem, Pag 7
- 19 CARDELLACH, Félix: *Filosofía de las estructuras* Editores Técnicos Asociados, S.A. 1970 Pag VIII.
- 20 NICOLIN Pierluigi: *Lotus Internacional*, núm 45, 1988
- 21 ENGEL, Heinrich: *Sistemas de Estructuras* Editorial Blume Madrid 1979 Pag 9
- 22 CHANFON Olmos, Carlos: *Cuadernos de arquitectura docencia* Edición especial (No 4 y 5), México D.F. 1990. Artículo La formación de los constructores durante la época virreinal Pags 17 a 24
- 23 LAMPUGNANI V. M: *Enciclopedia GG de la Arquitectura del siglo XX* Editorial Gustavo Gili Barcelona 1989. Pags 277, 278
- 24 Ibidem Pags 263-265
- 25 Ibidem Pags 141, 142
- 26 CANDELA, Félix: *En defensa del formalismo y otros escritos* Xariat Ediciones. México 1985. Pag 7
- 27 Ibidem, Pag. 40
- 28 Candela uno de los "cinco bajo el sol" OBRAS Vol. XVIII Mayo 1990, No. 209 Sección Tribuna Pags 34 a 40.
- 29 VALENZUELA E Gilberto: *Las instalaciones olímpicas mexicanas* SOP, México 1970, Pag 231
- 30 EGUIARTE, Guillermo: *La doble obra maestra de Félix Candela y Ludwig Mies Van der Roë (Las oficinas corporativas de Bacardí y Compañía)* Revista VICEVERSA, Num. 38, julio de 1996 México. Pags. 12 a 16

Situación en México

capítulo-2



2. Situación en México.

2.1 Panorama en el campo de las estructuras.

Hablemos un poco de la situación en México, debido a que es aquí donde nos encontramos, y es donde se desarrolla ésta investigación, lo cual no quiere decir que el de México sea un caso muy particular, o bien, que sea el único lugar donde suceda esto.

Por diversas circunstancias un tanto tiene que ver la situación económica, el hecho de ser un país en vías de desarrollo, la preocupación de querer y tener que sobresalir como profesionistas, lo saturado que se encuentra el campo de la construcción. Todas estas presiones orillan de cierta forma, a ver como meta más primordial, y también por necesidad, encontrar la manera, ya no digamos de hacer dinero, sino de buscar como sobrevivir; pasando inevitable y fatalmente a segundo plano, lo que se refiere a calidad, innovación, escapándose de nuestras manos los principios más elementales del quehacer de la arquitectura.

Es así como va desarrollándose una confusión entre nuestras convicciones y nuestras conveniencias que se convierten en algunos casos, en ocasión para no hacer arquitectura de buena calidad, y quizás aquí venga una alternativa ya que el hecho de contar con poco dinero, poco trabajo y por consiguiente mucho tiempo, podríamos emplearlo en dedicar a investigar lo que en verdad nos convenga y llené los requisitos indispensables, buscando más economía, interviniendo aquí por supuesto, el aspecto estructural con el estético -dar paso a la creatividad estructural- que son de vital importancia para cubrir dichos requisitos.

Existen también otras situaciones, unas pueden ser las políticas, que aquí no vienen al caso, y otras las situaciones de la práctica en lo que respecta a la creatividad, porque bien es cierto que en ocasiones nos involucramos más con la ciencia que nos olvidamos del arte de crear:

"... La concepción inicial de ideas formales para edificios singulares o para urbanizaciones, se ha convertido más bien, en escrutinio y aplicación del extenso ámbito de datos científicos que colaboran a la realización del proyecto y se manifiesta cada vez menos como el acto independiente de una mente creadora individual!"¹

2.2 Arquitectura tradicional o monotonía. Comprensión-enseñanza.

En la ciudad de México y principalmente en las zonas sísmicas, a menudo el arquitecto ó el ingeniero se ve limitado, muchas veces, por el llamado "factor miedo", resulta más fácil y tranquilizante realizar proyectos muy cuadrados, y/o tradicionales, que intentar nuevas formas, aplicar nueva tecnología, y además considerando el aspecto económico resulta un ahorro la repetición de algún proyecto para cualquier otro lugar, ya que no tiene características que lo hagan propio de un sitio en particular, dando prioridad a la economía en muchos aspectos. La consecuencia es que se va perdiendo la identidad propia del lugar, cerrándonos así, a formas que de alguna manera exigen más creatividad, y también a nuevos materiales.

Esto conlleva a seguir patrones establecidos de manera tradicional, lo cual hace, que sí se tiene la tarea de realizar el proyecto de algún edificio, a veces las circunstancias harán, que el proyecto este dirigido hacia una arquitectura "de menor calidad", llamémosla así; que en orientar el proyecto a una arquitectura que considere todos los aspectos fundamentales que marca la misma es decir "de buena calidad", desde luego que en nosotros estará el decidir.

Pensemos que si por el contrario hubiera más sensibilidad al respecto y más motivación del profesionalista se generarían proyectos con mayor interés y calidad, y por consiguiente a la larga se vería reflejada la economía. Pero ésta motivación debe estar en gran parte junto a la formación del profesionalista: en las aulas; y si desde allí existen algunas fallas, resultará necesario revisar esta situación.

Entre otros tantos aspectos, mucho tiene que ver el estructural, en cuanto a comprensión de él se refiere, ya que recordemos que la estática y resistencia de un edificio es lo que garantizará la estabilidad y con ello que perdure un edificio, objetivo trascendente de la arquitectura.

Preocupado por éste aspecto, Rosenthal Werner Hans en 1975 publica un libro² en donde habla de rescatar el significado de la estructura; piensa que no se puede hacer arquitectura sin comprender aspectos básicos, presenta de manera concisa cada uno de los aspectos teóricos de los principios de la estructura, el libro está enfocado a los arquitectos con el fin de que puedan comprender mejor las estructuras para tener óptimos resultados en el diseño de sus proyectos, ya que opina que el resultado de tanta monotonía en los edificios se origina aquí. Aspectos varios se señalan como punto de partida del problema actual con las *estructuras*, al respecto se refieren los siguientes.

"La principal dificultad parece consistir en adquirir una cierta capacidad de imaginación para poder comprender y relacionar en una estructura, las cargas aplicadas y los esfuerzos resultantes".³

"Es triste pensar que se han construido más edificios en los últimos treinta años que en todos los siglos pasados, y que sólo unos cuantos pueden producirnos una cierta admiración... Buena parte del problema surge de que, generalmente sólo se juzga la obra bajo el punto de vista estético, apoyado en una general ignorancia en cuanto al problema estructural".⁴

"Gran parte de la indiferencia general por la moderna arquitectura, quizás se deba al hecho de que la "estructura no es fácil aprendida y por ello no valoramos su aportación e importancia".⁵

Por otra parte y muy ligado a la comprensión de las estructuras, se encuentra la enseñanza, a la cual se le dedica más adelante su inciso propio, ya que denotan gran importancia los objetivos que se persiguen en la enseñanza de las mismas, aunado con ella las diferentes situaciones y etapas que ha vivido nuestro país, se ha requerido de constantes cambios con el fin de buscar siempre una mejoría para la enseñanza, al respecto el arquitecto Carlos Mijares refiere:

"Me tocó entonces, por parte todavía de la enseñanza clásica, el inicio de un nuevo enfoque, una nueva manera de enseñar la arquitectura. De hecho, esta última partía de bases fundamentalmente establecidas 30 años antes por la Bauhaus y, a pesar de que ya se habían visto sus limitaciones, en nuestro país esto llegaba como algo muy importante, novedoso y necesario para estructurar los nuevos programas.

En la época en la cual los arquitectos estábamos aún más devaluados que ahora, los ingenieros habían ganado la partida según la imagen predominante, pues sabían calcular (y nosotros no), por lo que eran muy seguidos. Nosotros no sabíamos administrar las obras, y había gente que sí. Vivíamos en una época básicamente de ciencia y tecnología. En fin todos estos factores hicieron que se fuera transformando de manera importante el planteamiento de la enseñanza".⁶

LA IMPORTANCIA DE LA COMPRESIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO
Situación en México.



Casa Luis Barrón, México, D.F.
patio de entrada 1970-1971

"el manejo del barro y del tabique es más manifiesto e intenso. Fundamentalmente plantea la exploración de ciertos matices de color de una casa en un jardín"



Jungapeo, Michoacán, Notaria y salones parroquiales,
pórtico y espacios interiores 1987-1989

"La intención general fue trabajar y manejar al edificio con cierta riqueza, especialmente en la parte de las cubiertas"

2.3 Projectistas de diseño arquitectónico y projectistas de estructuras.

El hecho de que existan en el quehacer de la arquitectura projectistas de diseño arquitectónico y projectistas de estructuras y cada uno con intereses diferentes desencadena una lucha constante por tratar, como todo ser viviente, de sobresalir y quizás no es lo más adecuado decirlo, pero estos conflictos se dan en menor y mayor escala y en ocasiones se salen del esquema, hasta llegar al punto de que no importe cual será la mejor razón, sino quien destaque más, olvidándonos de que esta situación, la de hacer equipo, nos favorece y de que a sí debe de ser, ya que es bien sabido que uno no lo puede hacer todo, además de que se dan resultados magníficos al trabajar en conjunto, teniendo una sola meta en común, que es la de realizar un buen trabajo.

Y así es como se dan casos al requerir de un estructurista, donde pueden ocurrir varias situaciones: -Muy a menudo ocurre que el estructurista modifique el proyecto.

-Que indique que no se puede realizar, y el arquitecto al no tener bases para demostrar lo contrario queda sujeto a lo que le digan, terminando por cambiar sus ideas, ya que se da cuenta de lo problemático que es proyectar de esa manera porque no hay quien le haga el cálculo, existiendo además fricciones entre projectistas y estructuristas, además de pérdida de tiempo y dinero.

-Que al hacer el cálculo estructural se requieran elementos que no le agraden al projectista, ya que no los considero en el proyecto, obteniendo como resultado, algo diferente de su concepción original.

En fin, pueden surgir una serie de conflictos, los cuales fácilmente se evitarían, si durante el anteproyecto se consideran detalles de estructuras. Si se logra establecer este lazo indispensable entre el proyecto arquitectónico y el proyecto estructural en las aulas, el alumno irá ganando terreno para una mejor y evidentemente necesaria formación y solución de circunstancias no muy agradables.

LA IMPORTANCIA DE LA COMPRENSIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO
Situación en México

Quizás las siguientes líneas nos marquen el comienzo de la rivalidad que alguna vez se desató y de la que trata este inciso. lo cual, aunque no es el objetivo de ésta investigación, en ocasiones como muchos dicen, es importante empezar por comprender el pasado para proyectar un mejor futuro, estos datos que nos sitúan en lo ocurrido en la Academia de San Carlos, son incluidos apoyándonos en un escrito de Ricardo Arancón.⁷

Con la llegada de Javier Cavallari en 1856 a México hubo cambios en la enseñanza, ya que crea la carrera de Arquitecto e Ingeniero Civil, *incluyó, junto a la Composición de Edificios, la Historia de la Arquitectura y la Estética de las Bellas Artes, la construcción de Puentes, Caminos y Ferrocarriles, sin dejar de prestar importancia a la estática y la mecánica de las construcciones. El resultado de este ambicioso plan fue que los egresados contarán con todos los elementos necesarios para cumplir con éxito su quehacer profesional. Sin embargo ambas ramas no se ejercían, además de que no abundaba el trabajo "...sus aptitudes y preferencias los encaminaron a una u otra actividad"*

El cambio de Cavallari ngió hasta 1867, no así el nombre de la carrera el cual continuó hasta 1929 en la Escuela Nacional de Bellas Artes, aunque esto "...no significó el mantenimiento de la enseñanza, ya que en 1869 se dividió la carrera en dos áreas, la técnica, que pasó a depender de la Escuela de Ingenieros, y la artística que quedó en Bellas Artes"

"Los cambios en los planes de estudio y las modificaciones en el funcionamiento de la institución, integrándola con la enseñanza técnica o artística alternativamente fueron el reflejo de la búsqueda de un perfil de arquitecto coherente con la demanda. El resultado fue que, independientemente del título, que se expedía según las circunstancias, arquitecto o Arquitecto e Ingeniero Civil, el profesional estaba en condiciones de resolver tanto los problemas que planteaba el proyecto como los de la ejecución de la obra, y esto se reflejó en la calidad de la Arquitectura".

Más tarde durante el presente siglo Félix Candela⁸ puntualiza lo que con su amplio conocimiento y gran experiencia deduce de este particular problema y es, la falta de estudio del diseño estructural por parte de arquitectos e ingenieros.

"adoptaron trayectorias divergentes y fueron, en consecuencia, divorciándose más y más a lo largo del siglo pasado, hasta dar lugar en la actualidad a un espacio vacío entre ambas, una especie de <tierra de nadie> que muy pocos se atreven a pisar con firmeza. Sin embargo en las contadas ocasiones en que alguien ha tenido el talento o la decisión suficiente para situarse con autoridad y pleno derecho en dicha posición intermedia, los resultados han sido ciertamente extraordinarios como para obligarnos a pensar seriamente sino estará allí después de todo, la tan perseguida solución del problema arquitectónico fundamental de nuestra época".

Candela enfatiza de manera clara, sobre la colaboración entre las dos profesiones y porque no fructifican en resultados interesantes y correctos.

"...el arquitecto no contribuye al desarrollo de formas estructurales lógicas, suponiendo quizás que tal labor correspondía al ingeniero. Pero éste a su vez no está interesado en el problema, ya que su intervención se reduce por lo general, a <calcular> una estructura cuya forma está determinada previamente por consideraciones que se supone no son de su incumbencia. Si acaso, se le concede el derecho a opinar tímidamente sobre la magnitud de los entre ejes y la sección de las vigas. Esta cunosisima manera de colaborar, deja prácticamente fuera del alcance de ambas profesiones la parte medular del problema de diseño de la estructura".

LA IMPORTANCIA DE LA COMPRESIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO
Situación en México.

Debido a la introducción en la enseñanza de la teoría de análisis estructural y con ello la dificultad que se presenta en plasmar tanto en ecuaciones y dibujo las formas más lógicas, optando por las "fáciles", planas y cuadradas; ante esta situación Candela propone una nueva filosofía de las estructuras en donde debe perseverar *...la tendencia empírica e intuitiva, que tan brillantes resultados produjo en otras épocas de la historia, y que esta murió en flor, ahogada por un empacho de teoría consecuenca natural del prunto cientificista y matemático prevaleciente en el penodo de su formación a pncipios del siglo pasado*

Por consiguiente declara que es importante rescatar el desarrollo de *formas estructurales lógicas*, por lo tanto manifiesta que, *...será preciso que la dificultad de los cálculos no constituya un impedimento para el desarrollo de tales formas, que el problema no se plantee con el prejuicio de que sea posible resolverlo matemáticamente. El cálculo estructural es un instrumento ideado para facilitar la labor, pero hay que procurar que no se rebele contra sus propios fines, constituyendo un obstáculo insuperable para la consecución de estructuras eficientes económicas y bellas. Si es posible analizarlas matemáticamente, tanto mejor, si no habrá que emplear otros procedimientos*

Es importante subrayar esta idonea y tan bien intencionada aportación de Candela, ya que su profundo estudio sobre este tema lo llevaron con bases sólidas a precisar dichas teorías y soluciones y que mejor ejemplo de ello, que su arquitectura tan original que ha legado a nuestro país, ésta es la muestra palpable por las que cultivó sus declaraciones

2.4 Preocupación por un *avance estructural* en la arquitectura.

En México han existido arquitectos que se han ocupado de menguar los distanciamientos técnicos y científicos a través de un arduo trabajo profesional y esfuerzo, como muestra se señala la participación sobresaliente de tres de ellos: arquitecto Honorato Carrasco Navarrete, arquitecto José Mirafuentes y arquitecto José Creixell, este último, por fortuna todavía se encuentra entre nosotros. Prosigamos a hacer una breve reseña del trabajo de estos arquitectos:

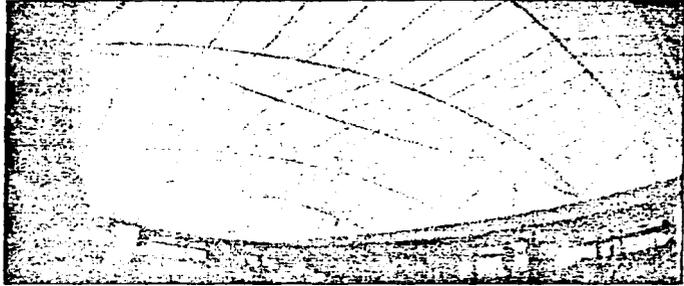
El arquitecto Honorato Carrasco Navarrete, quien dominó ampliamente la rama en Estructuras. Poco antes de morir escribía un libro "Planteamiento de Estructuras", en el que pretende hacer conciencia en el lector de que lo importante en las estructuras es la distribución adecuada de sus elementos, su homogeneidad, escala con expresión fácil, sencilla y directa, labor clara y apropiada del arquitecto, mientras que el llamado cálculo "matemático" es actividad comprobatoria, complementaria y posterior que pueden realizar las computadoras bien programadas. La hazaña de ese "hacer" descuidado desgraciadamente por la profesión durante más de un siglo, forma el cuerpo de su libro que dejó en preparación.⁹

Es también momento adecuado para hablar del arquitecto José Mirafuentes, quien dedicó gran parte al estudio, investigación y experimentación al área de *estructuras*; definitivamente fue un ejemplo a seguir. Existen publicaciones de él, resultado todas ellas de su amplia investigación, y en la actualidad sirven como base a los alumnos que quieren conocer acerca de este tipo de estructuras. Fue la cabeza del Laboratorio de estructuras laminares, llevando a cabo un programa de investigación dirigido a implementar en México nuevos sistemas estructurales: *Estos sistemas tienen en común la optimización en el uso de materiales de construcción para lograr con el mínimo de materia el máximo de resistencia. Este nuevo sistema abandona las bases de la construcción tradicional y aprovecha más racionalmente los principios físicos de la estabilidad de las construcciones*

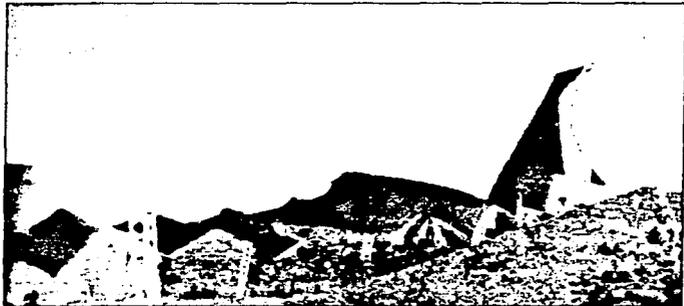
LA IMPORTANCIA DE LA COMPRESIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO
Situación en México.

El principio básico estructural de la construcción ligera es muy simple y se basa fundamentalmente en la obtención de una forma geométrica libre de torsión y donde la repartición de los esfuerzos es uniforme. Al cumplirse esta condición, se obtiene una forma geométrica muy interesante, la superficie mínima. Estas estructuras resistentes por la forma pueden adoptar formas muy variadas limitadas únicamente por la imaginación creativa del arquitecto.¹⁰

Velarías, Centro Comercial
Plaza Sedena.



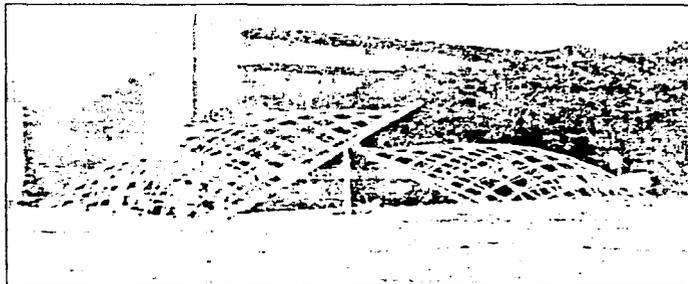
Velarías, Estadio de
delfines en Acapulco.



"Las velarías y las redes de cables de acero son estructuras espaciales antielásticas (con forma de silla de montar) cuya doble curvatura inversa provoca una fuerza en exceso hacia arriba, que les confiere su capacidad de resistir cargas verticales. Estas estructuras se pueden construir por estática de modelos en laboratorio o por medio de computadoras. Se pueden construir en busca de sombra y protección de lluvia en centros comerciales, estadios, para cubrir patios antiguos y para exposiciones viajeras y construcciones de emergencia, ya que son estructuras desmontables".¹⁰

LA IMPORTANCIA DE LA COMPRENSIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO
Situación en México

Anticatenarias.
 Modelo
 experimental del
 Laboratorio

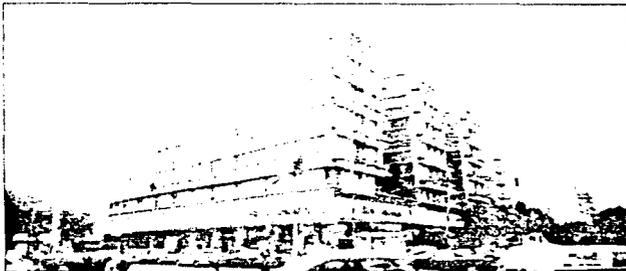


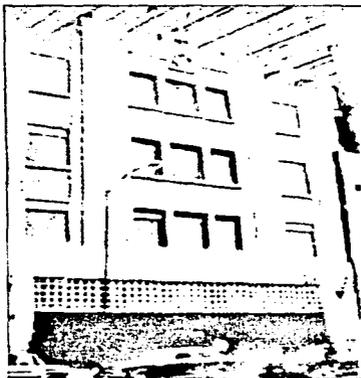
"Las catenarias. Son estructuras sinclásticas (con forma de cúpula), no tienen torsión pues se diseñan con cadenas colgantes. El Laboratorio de estructuras laminares construyó un modelo experimental escala 1 a 1. Este modelo se dejó durante cinco años sin protección a la intemperie para probar su resistencia y, a pesar de tener ya más de un 80% de sus barras dañadas, conservaba intacta su forma geométrica antes del desmontaje".¹⁰

Por otra parte y en otro género el arquitecto José Creixell, un decano de las estructuras, dedicado también a la investigación técnica de todo lo relacionado con la arquitectura, cuenta también con varias publicaciones entre las más famosas: *Estabilidad en las Construcciones*, *Construcciones Antisísmicas* y *Métodos de Convergencia Rápida en la Distribución de Momentos*. También ha tenido una larga actividad constructiva, como proyectista, calculista, más de 400 obras. *Colaboró en reglamentos, dio conferencias y además realizó una amplia labor como maestro. Ha desarrollado en su oficina un laboratorio propio para probar una serie de cuestiones: relación de carga y respuesta, efectos de vibraciones en estructura, efectos sísmicos, en fin sería una larga lista. El arquitecto Creixell nos dio herramientas para que nosotros pudiéramos proyectar con la estructura adecuada. Gracias a sus investigaciones, a sus estudios, nosotros podemos conocer por ejemplo el comportamiento de los edificios flexibles sobre terreno comprensible, o al revés, edificios rígidos sobre apoyos flexibles.*¹¹ Actualmente, el arquitecto ya se encuentra retirado.

"He hecho edificios grandes, otros menos grandes, por ejemplo el edificio de la esquina de Insurgentes y Aguascalientes que es un pico; ahí por primera vez usé un sistema de control de pilotes que es muy sencillo: el pilote puesto en la capa resistente desemboca en una especie de tinaco de concreto el cual está ligado a la cimentación".¹¹

Edificio de departamentos y comercios. Av Insurgentes Sur esq. Aguascalientes, México, D. F.





"Mis edificios son tan sencillos, tan fáciles, tan, digamos, poco interesantes, que los propietarios están contentos, han dado a mucha gente morada y eso es la arquitectura.

Sigo creyendo que la arquitectura iría mejor si cada arquitecto se pusiera sobre su restridor, para hacer algo mejor aunque resultara distinto..."¹¹

Edificio de oficinas. Av. Balderas, D.F., 1936.

2.5 La enseñanza.

2.5.1 Enseñanza a principios del siglo XIX y la introducción de materias técnico-científicas

"A principios del siglo XIX la enseñanza de arquitectura se daba en cuatro años.

El primer año comprendía: Aritmética, Álgebra, Geometría y Dibujo natural.

El segundo año: Análisis, Cálculo diferencial e integral y Dibujo de arquitectura.

El tercer año: Mecánica, Geometría descriptiva, Dibujo de arquitectura.

El cuarto año: Estereotomía, Mecánica de las construcciones y construcción práctica. Composición de arquitectura."¹²

Aunque esto resulta obsoleto en nuestros días, observemos que durante los cuatro años están materias donde se encuentran implícitos "los números" de por medio como parte fundamental en la enseñanza de arquitectura.

No quiero decir con ello que ahora no sea así, ya que al igual que antaño sigue habiendo materias año con año donde se atiende este campo, pero ahora quizás con un enfoque distinto. Así con el tiempo a ésta carrera se le fue aumentando el número de materias tanto artísticas como técnicas. Es evidente que los tiempos cambian y con ello se van generando otras necesidades, tal es así que llega un momento en los programas académicos donde se reducen las materias técnicas, ó aumentan, como quiera verse, el número de materias de diseño.

Dicho así, porque aunque se reduzcan estas materias técnicas ó aumenten las de diseño, el caso es que los propósitos de aprendizaje que se persiguen en las asignaturas referentes al campo de las estructuras son los mismos, pero en menos tiempo y en menos materias.

Remontándonos un poco más a lo que fueron los inicios de la arquitectura en nuestro país y con los datos tomados del artículo del arquitecto Carlos Chanfón Olmos¹³, podemos señalar que en 1976 respecto a matenas técnicas: *"Se estudiaba el curso de matemáticas completo de Benito Ballís ... Se estudiaba el arte de la monea con su cálculo para la formación de toda clase de bóvedas y arcos, en el Tratado de Frézier, ... cálculo de la gravedad absoluta y de todo género de esfuerzos en los elementos más comúnmente usados."*

En 1824 naturalmente con la influencia de la ingeniería militar en los programas de formación en Francia y de ahí a España y a su vez a la Academia Nacional de San Carlos *"Sus programas abarcaban tanto la geometría descriptiva como las matemáticas y la mecánica junto a las matenas tradicionales de dibujo, histona, teoría de la construcción y órdenes clásicos."* Para la teoría mecánica se utilizaba *"El compendio matemático, de Tomás Vicente Tosca y la Arquitectura Civil Recta y oblicua de Juan Caramuel."*

Otro muy importante es el de *"... teoría mecánica de las construcciones, inspirada en las obras de Bélidor y Navie. En la primera década del presente siglo, aún era consultada por los alumnos mexicanos."*

Incurriendo también a datos técnicos finales que nos presenta el arquitecto Chanfón Olmos citamos la siguiente información: *"Los avances técnico-científicos europeos se conocieron aquí, gracias a la Academia y el Colegio de Minas, pero sus efectos definitivos - la separación de Arquitectura e Ingeniería y la estructura escolanzada teórica y práctica como única opción se lograron durante el siglo XIX. Finalmente, la transformación del oficio de constructor, para Arquitectos e Ingenieros, en carreras Universitarias, se alcanzarían hasta el presente siglo."*

2.5.2 Planes de estudio.

A manera de situar la participación de las asignaturas referentes al campo de las *estructuras* se realiza un análisis a partir del programa académico de la Facultad de Arquitectura de la UNAM.

-Plan de Estudios de la Licenciatura en Arquitectura, Anexo I. 1992.¹⁴

En el programa académico actual para el área de *Estructuras*, los objetivos son:

Estructuras I: El estudiante conocerá el proceso y la razón de las *estructuras* en la historia, comprenderá las bases y lógica de los sistemas estructurales, aplicará y analizará los sistemas de las fuerzas en equilibrio y los efectos internos de las mismas producido dentro de los límites físicos de los materiales.

Estructuras II: El estudiante manejará los conocimientos básicos para resolver *estructuras* continuas y analizar este tipo de *estructuras* indeterminadas por métodos directos, también conocerá y comprenderá las características y propiedades de los materiales, las *estructuras* de mampostería. Analizará, diseñará y valorará el comportamiento de estas *estructuras* ante cargas verticales y horizontales.

Estructuras III: El estudiante conocerá las propiedades y características de los materiales que componen el concreto armado. Manejará los principios de la teoría elástica y plástica y las aplicará en el análisis y diseño de los elementos que componen la *estructura*, verificando la continuidad e integración de éstos en el sistema estructural, con el apoyo del análisis de las normas técnicas complementarias para el diseño y construcción de *estructuras* de concreto.

Estructuras IV: El estudiante conocerá las características y propiedades mecánicas del acero al carbón y acero inoxidable para uso estructural. Manejará los principios y aplicación de la teoría elástica y plástica en el análisis y diseño de los elementos de la estructura y su integración al sistema estructural. Conocerá las características y clasificación de la madera para el uso estructural. Realizará el análisis de los esfuerzos, propiedades, uniones, ensambles y en general el diseño de los elementos que componen la estructura.

Observando lo anterior, los objetivos que se persiguen son muy válidos de acuerdo al seguimiento del análisis de las *estructuras*; sin embargo se denota la falta de participación teórica y conceptual de las *estructuras*, como lo enunciara Candela: *"...La estructura como elemento racional capaz de dar un sentido de generalidad a las formas arquitectónicas, de engendrar un lenguaje fácilmente comprensible, de producir, en suma, formas expresivas determinantes de un estilo cuyo contenido emocional dependa del único estímulo capaz de poner en movimiento la maquinaria espiritual en estos tiempos de crisis, el razonamiento"*.¹⁵ Indudablemente más que aprender de manera técnica los análisis de las *estructuras*; para mampostería, resolver estructuras continuas y analizar este tipo de estructuras indeterminadas; para concreto armado, madera y acero, manejar los principios y aplicación de la teoría elástica y plástica en el análisis y diseño de los elementos de la estructura y su integración al sistema estructural. Es importante conocerlos, saber que existen, pero además hay que conocer y comprender los fenómenos de esos materiales en cada curso que es lo que los hace comportarse de tal manera, para poder con ello desarrollar estructuras creativas y originales, con la seguridad de saber que son posibles de construirse sin complicaciones. Hace falta establecer un vínculo es decir, además de conocer y comprender, saber como **aplicar** en el proceso del diseño arquitectónico el diseño estructural como un medio para poder definir un proyecto creativo.

Abriendo un paréntesis dentro del inciso de Planes de estudio mencionemos lo siguiente. Esto de eliminar los análisis no es una idea superflua, ya lo decía Engel (ver pag. 16, cita 1), y sobre todo Candela lo ha declarado insistentemente, él opina *"pública y airadamente, en contra de los métodos usuales de análisis de estructuras"*. He aquí algo sobre los discursos que daba respecto a este tema:

"El análisis estructural es una técnica cuya finalidad estricta es obtener una cierta seguridad, dentro de las limitaciones humanas, de que las construcciones que enjamos se mantendrán estables bajo la acción de las solicitaciones usuales; pero estas son difíciles de prever (cargas vivas, variaciones de temperatura, contracción del fraguado del concreto, asentamientos diferenciales del terreno). Es decir que, incluso prescindiendo por ahora de la exactitud de los métodos de cálculo, el problema no puede tener nunca una solución exacta y única. ...La teoría de la Elasticidad, es incapaz de darnos una imagen, ni siquiera aproximada, de tal fenómeno, con lo cual el conjunto del proceso habitual de cálculo carece totalmente de sentido".¹⁶

Por parte de Félix Candela, hubo insistencia por introducir la *teoría de estructuras laminares tridimensionales* o *cascarones*, y para ello desarrolló estudios muy amplios en sus investigaciones, ante ello escribía: *"Las formas más convenientes y lógicas no son, generalmente, fáciles de analizar desde un punto de vista matemático y, por tanto, se ha ido abandonando su empleo en favor de soluciones menos apropiadas pero que, sin embargo, se dejan analizar más simplemente. Se ha olvidado que, como dice Cross, <lo que necesitamos es una estructura, no un análisis> ... que se empiece a pensar seriamente en la posibilidad de sustituir los procedimientos habituales de análisis estructural por otros más adecuados, simples y lógicos..."*.¹⁷

Por otra parte y continuando con el Plan de estudios dentro del área de estructuras; el tiempo destinado es muy reducido; deteniéndonos en el curso de *Estructuras I*, ya que es donde se encuentra la base del aprendizaje de ésta área.

El programa está dividido en catorce temas, siendo el primer nivel del alumno en esta materia y además de que no tiene antecedentes, únicamente los primeros cuatro temas (los cuales, por cierto, son los menos extensos), son la base que le darán al alumno el conocimiento elemental del campo de las *estructuras*.

El tema número uno lo conforma la Reseña histórica de las *estructuras*; como tal, y habiendo trece temas más que contienen entre tres y veintiún objetivos más cada uno, y considerando dos horas teóricas y dos horas prácticas, que hacen un total de cuatro horas a la semana; éste primer punto y quizás uno de los más importantes, se tendría que dar, por ajustarse a un programa, en una sola semana. Además si tomamos en cuenta que sería de las primeras clases, cuando se daría este tema, no es fácil evaluar hasta donde, el alumno podría valorar la importancia de este primer y muy importante tema, quizás por la misma saturación de trabajo hasta lo olvide; tal es así, que habría quizás que reducir el número de temas, ya que si se ha disminuido el tiempo dedicado a ésta área, es porque existen otros requisitos que se deben de cubrir en el área de la enseñanza de la arquitectura, indudablemente los tiempos cambian y con ellos habrá cada vez distintas prioridades.

Revisando también respecto en lo que a bibliografía se recomienda, se señalan más libros técnicos, para que el alumno consulte, y los teóricos no se mencionan.

Creo que se debería realizar un análisis más detallado y cuidadoso, de ahí hacer sobresalir lo básico, que a la larga es lo más importante, para enmarcar objetivos primordiales y buscar la manera de llevarlos a cabo en verdad, con el suficiente tiempo y valor que merecen, ya que son variados factores los que se deben tomar en cuenta para una mejor formación del alumno.

Otra situación que sobresale es la siguiente: en el plan de estudios actual se encuentra la subárea número 3 de *estructuras* en el Área del Taller de Construcción, y como actividades académicas selectivas existen tres, Análisis de modelos para cubiertas de gran claro; cimentaciones y cimientos; edificios de gran altura. Y en el Área de Proyecto esta la subárea número 2 de Matemáticas y Geometría y un curso selectivo de Estereotomía.

Todas estas materias deberían llevar una relación muy estrecha, ya que pertenecen al campo del diseño estructural, tanto matemáticas como geometría forman parte del proceso de ese diseño; y los objetivos que persiguen en el plan de estudios actual, son los siguientes:

La subárea de Matemáticas proporciona al estudiante los conocimientos y el marco de referencia conceptual, que lo posibilita a analizar la realidad mediante un proceso lógico y a reducirla a una serie de expresiones simbólicas (modelo útil) para poder manejarla. Capacitando al estudiante en la interpretación de conceptos, hipótesis teorías y hechos, que generan el conjunto de los cursos y talleres de la carrera de arquitecto.

La subárea de Geometría proporciona al estudiante los conocimientos que le permitan comprender y manejar las formas geométricas, empleadas para la concepción y creación del espacio arquitectónico. Así como su capacitación en el conocimiento y manejo de la perspectiva para representar diversos aspectos y elementos de la arquitectura y el diseño.

Los objetivos arriba mencionados no están enfocados de alguna manera para poder entender una integración con el área de *estructuras* y con ello, ya no resultan tan relacionadas entre sí dichas materias; siendo que se separan a la vez por pertenecer a diferentes áreas, y así es más difícil percibir, por parte del alumno, esa liga en común que debería existir.

A continuación se presenta una comparación inferida de la que el arquitecto e investigador Ernesto Alva Martínez obtuvo de una investigación sobre los planes de estudio de la Academia de Nobles Artes de San Carlos y la Universidad Nacional Autónoma de México¹⁸; en la cual separó las materias en cuatro áreas: Teoría, Diseño, Tecnología y Urbanismo para mostrar en porcentajes lo destinado a cada una de dichas áreas; de ella fueron tomados datos en particular del área de Tecnología,¹⁹ que es donde se encuentran implícitas las asignaturas relacionadas con el área de *estructuras*, siendo ésta la que nos interesa.

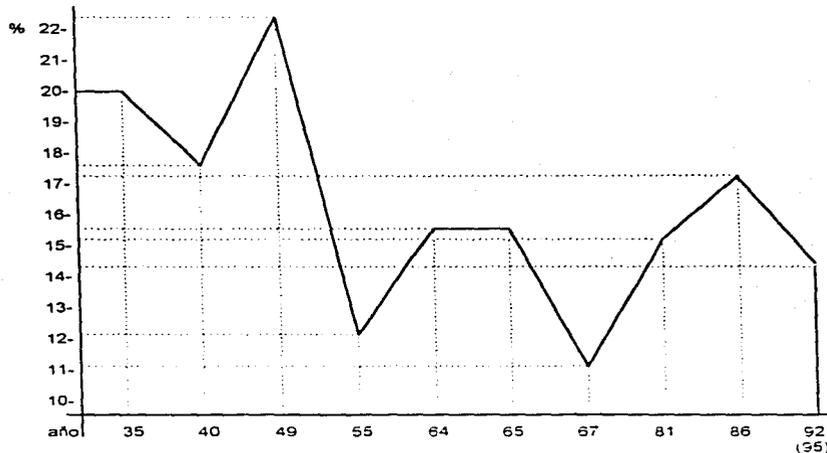
De ahí con los porcentajes del área de tecnología se pudieron deducir los porcentajes del área de *estructuras* utilizando únicamente la suma del número de horas (que también se proporcionan en esa investigación) dedicadas a las materias relacionadas con las *estructuras* para inferirlos. Estos datos son hasta 1986.

El porcentaje de 1992, que es el actual, se obtiene considerando el número de horas a la semana, dedicadas a las materias de *estructuras*, que se imparte durante cuatro años con dos horas teóricas y dos prácticas por semana, dando un resultado de 11.42%. Pero tomando en cuenta la relación que existe con el área de proyecto en Matemáticas y Geometría, que se imparten en el primer nivel ambas con tres horas por semana y Geometría II correspondiente al segundo nivel al igual con tres horas por semana, aumenta el porcentaje a 14.29%.

Plan de estudios	Área Estructuras
1935	19.97%
1940	17.45%
1949	22.35%
1955	12.11%
1964	15.53%
1965	15.41%
1967	10.89%
1981	15.05%
1986	17.14%
1992 (95)	14.29%

En la siguiente gráfica, como podemos ver, el tiempo destinado a ésta área ha tenido diversas variaciones que van en un rango de 10.89 a 22.35 es un porcentaje desigual, que obteniendo uno medio entre estos dos nos da 16.62%. Y un promedio general tomando en cuenta todos los porcentajes, estaría en 16.02%. Actualmente el tiempo destinado a ésta área, se encuentra por abajo del porcentaje promedio según los datos obtenidos.

LA IMPORTANCIA DE LA COMPRESIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO
Situación en México.



A continuación se presentan algunos planes de estudio de otras Instituciones, estos datos también han sido tomados de la publicación del arquitecto Ernesto Alva Martínez,²⁰ los números entre paréntesis () se refieren a las horas/semana dedicadas a la asignatura. De dicha información, donde el objetivo no es comparar que Institución dedica más o cual menos tiempo a esta área de *estructuras* y materias relacionadas con ella, pero sí ver en que porcentaje se le atiende, tal es así que se expone lo siguiente únicamente como ilustrativo y no para efecto analítico.

Al final se presenta una relación infenda de la *tabla de porcentajes de tiempo dedicado a la carrera de arquitecto por área en los diferentes planes de estudio del país*,²¹ pero utilizando únicamente las horas del área de *estructuras*, relacionándolas con el porcentaje general del área de tecnología para obtener el porcentaje del área de *estructuras*.

Departamento de Arquitectura y Urbanismo
Universidad Iberoamericana
Privada

	Prerrequisito.
	Matemáticas I (4)
	Matemáticas II (4)
Obligatorias	Estática (5)
	Sistemas estructurales I (5)
	Sistemas estructurales II (5)
	Sistemas estructurales III (4)
	Análisis arquitectónico de las estructuras(4)
Optativa	Seminario de Esquemas estructurales (4)

LA IMPORTANCIA DE LA COMPRESIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO
Situación en México.

**Escuela Mexicana de Arquitectura
Universidad La Salle
Privada**

Semestre

1o.	Matemáticas	(9)
2o.	Estática	(8)
3o.	Resistencia de materiales	(6)
4o.	Estructuras 1	(5)
5o.	Cálculo de Estructuras	(4)
6o.	Estructuras 2	(5)
7o.	Estructuras 3	(5)
8o.	Estructuras 4	(5)
9o.	Cubiertas colgantes	(3)
10o	Diseño de estructuras 1	(3)

**División de Ciencias y Artes para el diseño
Universidad Metropolitana - Unidad Azcapotzalco
Estatal**

	Métodos matemáticos	(3)
	Tecnología del diseño	(3)
1er. Nivel	Métodos matemáticos	(4.5)
	Métodos matemáticos	(4.5)
	Tecnologías del diseño	(3)
2do. Nivel	Sistemas estructurales	(6)
	Estática (4.5)	
3er. Nivel	Resistencia de materiales	(4.5)
	Resistencia de materiales	(4.5)
	Taller de cubiertas especiales	
4to. Nivel	Laboratorio de área de concentración	(4.5)
	Taller de área de concentración	(6)
5to. Nivel	Proceso integral de proyecto arquitectónico	(15)

**Escuela de Arquitectura
Universidad del Tepeyac
Privada**

1o.	Matemáticas	(6)
2o.	Materiales I	(4)
3o.	Arquitectura y los fenómenos naturales	(4)
4o.	Estructuras I	(6)
5o.	Estructuras II	(6)
6o.	Estructuras III	(6)

LA IMPORTANCIA DE LA COMPRESIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO
Situación en México.

**Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura
Instituto Politécnico Nacional
Estatal**

Semestre

1o.	Estructuras I	(6)
2o.	Estructuras II	(6)
3o.	Estructuras III	(6)
4o.	Estructuras IV	(6)
5o.	Estructuras V	(6)
6o.	Estructuras VI	(6)
7o.	Estructuras VII	(6)
8o.	Estructuras VIII	(6)
9o.	Estructuras IX	(6)
10o.	Estructuras X	(6)

Los siguientes porcentajes de tiempo dedicado al área de estructuras, han sido obtenidos de la base de porcentaje en el área de Tecnología, resultado de la investigación del arquitecto Ernesto Alva Martínez²¹, y relacionándolos con las horas dedicadas al área de estructuras, resultado de la información antes expuesta.

Institución:

Universidad Iberoamericana	13.23 %
Universidad La Salle	13.43 %
UAM - Azcapotzalco	18.06 %
Universidad del Tepeyac	15.05 %
Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura	24.61 %

De las cinco Instituciones expuestas podemos observar que tres, también se encuentran por abajo del promedio de tiempo dedicado que ha sido 16.02% que se obtuvo de diez planes de estudio de la Academia de San Carlos y la UNAM (ver página 27). Aunque es importante señalar que se requeriría de un estudio amplio y detallado para saber realmente que Institución trabaja más el aspecto de la *comprensión de las estructuras*, ya que el porcentaje no lo dice todo, y es bien sabido que cantidad no es calidad.

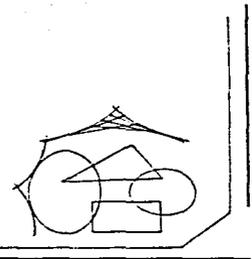
Para concluir con éste capítulo a manera de resumen podemos decir que, quizás las diferentes circunstancias y necesidades han ido dando a la arquitectura en el área de *estructuras* diferentes parámetros; con ello, quizás también, se ha afectado la excelencia en el rendimiento de su aprendizaje, reflejándose en la falta de atención y capacidad de la realización del diseño estructural para crear nuevas formas dentro del diseño arquitectónico.

LA IMPORTANCIA DE LA COMPRESIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO
 Situación en México.

1. ENGEL, Heinrich. *Sistemas de Estructuras* Editorial Blume Madrid 1979 Pag 11
2. WERNER Rosenthal *La Estructura* Editorial Blume Barcelona 1975.
3. *Ibidem*. Pag 13
4. *Ibidem*. Pag 14
5. *Ibidem*. Pag 17
6. QUINTERO, Plablo. *Modernidad en la Arquitectura Mexicana* UAM Colección documentos diseño No 4 1990 Pag. 411 a 430
7. ARANCÓN, Ricardo. *Cuadernos de arquitectura docencia monografía sobre la facultad de arquitectura* UNAM Edición especial, No 4 y 5 México D F 1990 Artículo De Cavallari a Rivas Mercado Pags 40 y 41.
8. CANDELA, Félix. *En defensa del formalismo y otros escritos* Xarait Ediciones México 1985
 Capítulo: Arquitectura. Divagaciones estructurales en torno al estilo (Publicación de 1953) Pags 31 a 40
9. MAHR, Elizabeth. *Una Semblanza REPENTINA*. Facultad de arquitectura 10 de octubre de 1955 No 128-129
10. GARCÍA Saigado, Tomás. *Conferencias del bicentenario de la fundación de la Escuela de Pintura, Escultura y Arquitectura* UNAM México 1984 Pags 93 a 98
11. QUINTERO, Pablo. *Modernidad en la Arquitectura Mexicana* UAM Colección documentos diseño No 4 1990 Pags 61 a 89
12. ALBA Martínez, Ernesto. *La práctica de la Arquitectura y su Enseñanza en México* INBA-SEP Cuadernos de arquitectura y conservación del patrimonio artístico Núm 25-27 México 1983 Pag 20
13. CHANFÓN Olmos, Carlos. *Cuadernos de arquitectura docencia monografía sobre la facultad de arquitectura* UNAM Edición especial, No 4 y 5 México D F 1990 Artículo La formación de los constructores durante la época virreinal Pags 19, 21 y 25
14. UNAM Facultad de Arquitectura. *Plan de Estudios 1992. Licenciatura en Arquitectura*. Centro de informática de la Secretaría Académica de la Fac De Arquitectura de la UNAM. CISAFA, México 1992
15. CANDELA, Félix. *En defensa del formalismo y otros escritos* Xarait Ediciones México 1985
 Capítulo: Arquitectura. Divagaciones estructurales en torno al estilo (Publicación de 1953). Pag 40.
16. *Ibidem*, pags 75 y 76
17. *Ibidem*, pag 88
18. ALBA Martínez, Ernesto. *La práctica de la Arquitectura y su Enseñanza en México* INBA-SEP Cuadernos de arquitectura y conservación del patrimonio artístico Núm 26-27 México 1983 Pags. 123 a 131.
19. *Ibidem* Pag 132
20. *Ibidem*. Pags 136 a 165
21. *Ibidem*. Pag 134

Recomendaciones académicas

capítulo-3



3. Recomendaciones Académicas.

El objetivo del presente capítulo es englobar las ideas y recomendaciones más destacadas de las entrevistas que fueron realizadas a los profesionistas y académicos relacionados estos, con el área de estructuras, así como también los puntos más sobresalientes de las obras seleccionadas, opinión de cada entrevistado¹, los cuales se puedan aplicar para el manejo de la enseñanza de las estructuras para un mejor desarrollo del diseño arquitectónico.

También han sido incluidos los comentarios que son importantes de considerar para el tema, que están tomados de la diferente bibliografía, que fue consultada a lo largo de esta investigación; además se han incluido, por un lado, unos minúsculos párrafos de los *Conceptos estructurales aplicados al proceso del diseño arquitectónico*, del profesor Roberto Machicao Relis², por otro, un aspecto el cual es fundamental de considerar en nuestros días, ya que aún no se maneja de una manera formal en nuestras aulas la mantenibilidad estructural; y por último se mencionan algunos objetivos planteados de la tesis de maestría en arquitectura sobre *la enseñanza de las estructuras arquitectónicas*, del arquitecto Luis Fdo. Grillo Jiménez.

Posteriormente a todo ello, se encuentra un resumen general de todo éste capítulo.

3.1 Ideas y recomendaciones de las entrevistas realizadas y de algunas obras seleccionadas por cada entrevistado.

Maestro en Arquitectura, Bernardo Calderón Cabrera.

Arquitectura es también estructura. Todas las obras son el resultado de una idea estructural.

Si vas a hacer una estructura ve a observar otras; cuales hay, ver las cargas, las deformaciones, como se han ido optimizando hasta llegar a secciones más complicadas. Por ejemplo la columna romana en el Partenon, de ahí fue tomada una idea, la cual se ha ido optimizando.

Ver las cosas con lógica, como un proceso geométrico, un proceso natural.

Las formas estructurales posibles ya están explotadas, hay que tener sensibilidad para usarlas, hacer las cosas con lógica y usar las matemáticas.

Doctor Fernando López Carmona.

Los arquitectos tenemos que trabajar dentro de los límites que nos permite la física.

La forma de una estructura está predeterminada por la física y lo único que nos queda es encontrar con la tecnología de construcción, nuestra propia expresión formal.

El arquitecto tiene la obligación no solamente de dar la receta o el consejo, sino también de decir como se hace.

No se trata sólo de que las cosas parezcan lo que son, sino que deben ser lo que parecen y utilizar una intención formal absolutamente contemporánea, como proceso de evolución.

<El templo de la Purísima es definitivo en cuanto al arranque de la arquitectura religiosa moderna en México, se concibe en él una estructura manifiestamente contemporánea, en su técnica y en su expresión. Se consigue así con el concreto armado, el equivalente de lo que en el medioevo se consigue con las estructuras pétreas de los templos góticos, muestra la voluntad de envolver la nave con un cerramiento continuo de apariencia ligera que sea techo y muro a la vez.>³

LA IMPORTANCIA DE LA COMPRESIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO
Recomendaciones Académicas

Arquitecto Juan Antonio Tonda Magallón.

Para comprender hay que meterse en el terreno de las matemáticas y hay que tener una preparación más sólida. La principal herramienta de la arquitectura son las estructuras.

La estructura condiciona la forma que tenga el edificio, por tanto no se puede salir uno de la forma sin el permiso estructural. Puede ser cuestión de un trabajo en equipo bien logrado, un individuo no puede hacer toda la labor él solo. Habría que revolucionar para que se trabajará en equipos interdisciplinarios. Es muy importante que el arquitecto se convierta en diseñador de estructuras (pero no en calculador de estructuras), en la creación de estructuras. Con la preparación estructural suficiente el arquitecto debe de hacer el diseño creativo de las estructuras, basado en eso, se podría hacer una carrera de arquitecto estructurista.

<Torroja es uno de los grandes creadores de formas arquitectónicas nuevas. Arranca de los derechos de la fantasía y los cálculos le sirven para confirmar sus ideas formales.⁴

Félix Candela es uno de los iniciadores de nuevas propuestas formales y especiales, basadas en singulares soluciones estructurales y en el ámbito arquitectónico mexicano, imbuido por una inquietud y una búsqueda dentro de la producción de edificios novedosos y originales, a la espera de nuevas aportaciones, realiza un quehacer novedoso e innovador.⁵

Candela se guía más por la intuición que por el cálculo, aquella descansa en el profundo conocimiento de los materiales y de sus propiedades.⁶

Santiago Calatrava es la unión de la educación humanística y arquitectónica con el conocimiento de las leyes de la estática y del método para analizar y valorar las tensiones con que una estructura reacciona a las solicitudes externas.⁷ Aprende a llevar los materiales al límite de sus posibilidades >⁸

Arquitecto Jorge Fernández Varela.

Durante mi formación recibí influencia en el área de estructuras de profesores estupendos que lograron hacer que entendiera cual es el papel de las estructuras en el trabajo del arquitecto.

Me habría gustado que la materia en la que se inicia la enseñanza del análisis de estructuras hiperestáticas hubiera estado más enfocada a la parte de teoría y conceptualización de las estructuras; no tanto a la labor numérica y compleja.

Debería hacerse mucho más énfasis en aquello que es precisamente el motivo de ésta tesis; en la revisión del partido estructural (si es lógico o no) y conceptualización de las estructuras, porque finalmente podría decirse que así como el lenguaje guarda una relación directa fundamental con el rango de acción del pensamiento, a mí me parece que el conocimiento de las estructuras hace posible para el arquitecto capacidades proyectuales muchos más amplias.

Nos faltan las bases de conocimiento técnico conceptual de las estructuras que haría posible al tenerlas a la mano como herramienta que produjeran mejores diseños, diseños innovadores, diseños más económicos, diseños más confiables, más construibles.

Las recomendaciones tanto en nivel licenciatura, como en posgrado básicamente serían las mismas salvo por la profundidad en uno y otro caso, principalmente la base en los temas de partido estructural como un ejercicio de diseño, de definiciones, de visualizar en conjunto sus alternativas de construcción, con revisiones numéricas más sencillas inicialmente para luego pasar ya, al cálculo muy detallado, cuando el partido estructural está ya suficientemente definido y yo creo que esto no se da, sobre todo siendo que en nuestro país en buena parte y las ciudades importantes, como la capital de la república se encuentran en zonas sísmicas; y para el arquitecto mexicano se requiere cada vez mayor importancia el tener pleno conocimiento del comportamiento del edificio ante la acción de las fuerzas horizontales, la acción para sismos de moderada y mediana intensidad eventualmente que se dan durante la vida útil del edificio. De tal suerte que se permitan realizar diseños, no por ello menos interesantes desde el punto de vista arquitectónico, pero sí más confiables.

El reglamento de construcciones se refiere en algunos capítulos a la idea de la regularidad estructural y que vista por muchos arquitectos como una serie de impedimentos para su libre capacidad de ordenar los elementos del edificio y en este sentido no es así ya que es una guía muy útil y que todo arquitecto debe tener en mente la idea de entender; no representa en contenido ninguna restricción a la capacidad de proyectar, al contrario es un reto adicional de proyectar una estructura de un edificio innovador incluso desde el punto de vista arquitectónico, pero confiable con menos riesgo; hacia eso yo le daría mucho énfasis a las clases de licenciatura para que funcionarían bien; al diseño de las estructuras, no al de los elementos de las estructuras, esto puede hacerse después de que se tiene ya una educación previa en la parte general, global de las estructuras. Una de las recomendaciones del reglamento dentro del capítulo de regularidad estructural es que los edificios tengan una planta regular, sencillamente cuadrada sin entrantes ni salientes, sin aberturas, nos marca una serie de requisitos, la relación largo y ancho de la base, los arquitectos lo sienten como limitante que una estructura sea simétrica en las dos direcciones ortogonales principales; el buscar la simetría de esas dos direcciones principales, no obliga a la simetría de la forma arquitectónica. La forma arquitectónica no necesita ser simétrica desde el punto de vista geométrico, lo que se necesita es buscar la simetría de rigideces, la simetría estructural, se podría buscar compensar ubicando elementos y distribuyendo los elementos estructurales y de rigideces de manera que finalmente fuese simétrica desde el punto de vista estructural de rigideces a las fuerzas. En la facultad debiera darse el conocimiento de las estructuras como una labor tan creativa como la del proyecto arquitectónico, una labor de proyecto, esa labor que no tuve yo en mi etapa de formación, yo recomendaría que eso se hiciera en licenciatura y se efectuen en el posgrado también.

Recomendación bibliográfica. Sería más importante que la biblioteca de la facultad estuviera más actualizada por materiales que resultan de simposium y congresos que organizan estas instituciones dedicadas al diseño y análisis estructural.

Me parecería interesante que hubiera en la facultad, sobre todo desde el nivel de licenciatura un laboratorio para modelos estructurales que no lo hay, ese taller ayuda mucho al estudiante a que visualice el fenómeno de una manera directa sencilla, el modelo estructural debe ser sencillo, objetivamente comprobables todos. Otra cosa que yo recomendaría que se hiciera a nivel de licenciatura es el análisis de estructuras ejemplares existentes; así como se visitan edificios para reconocer virtudes del diseño arquitectónico y especificaciones de materiales, deberían de visitarse otros que fueran representativos de ciertas tipologías estructurales, hay muchos edificios en el distrito federal. Dependiendo si se le quiere explicar a un alumno la relación de interacción suelo-estructura, para que entienda por ejemplo llevarlo al edificio de Celanese Mexicana, que se trata de una estructura visible con un periodo de vibración largo, que está ubicada en un suelo de baja comprensibilidad, entonces hay una buena relación del tipo de edificio y el suelo, si ese mismo edificio se trasplanta a la Alameda Central de la ciudad de México y ahí hubiera estado en el sismo de 1985 con toda probabilidad hubiera fallado, si es que no, colapsado, habría estado en el lugar que no le corresponda a ese tipo de edificio.

Doctor Juan Gerardo Oliva Salinas

El estudiante al entender las matemáticas y la geometría, las aprende, las aprecia y creo que es muy importante que el docente que imparte estas materias, se las transmita de esa manera a los alumnos, que les enseñe a querer a esas materias. Es muy importante que las materias de tecnología en licenciatura se refuercen y que los docentes las impartan completamente y que le den al alumno el sentir cañón por estas materias, que les sirvan muchísimo para su desarrollo profesional.

LA IMPORTANCIA DE LA COMPRESIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO
 Recomendaciones Académicas

Entrar mucho más en el área de tecnología y sentir el compromiso del profesor cumpliendo con horario, con alegría en las clases que viene a dar y tratar de transmitir los conocimientos, a través de maquetas, de diapositivas, de ejemplos que se hayan construido previamente; también a través de motivar lo que es la investigación, la cual es generar un nuevo conocimiento. Aunque no nos dediquemos posteriormente a ser investigadores, se debe dejar sembrada desde la formación profesional, saber qué es la investigación y saber que ésta se puede aplicar, aún como arquitecto independiente para el desarrollo de algún proyecto, para el desarrollo de alguna nueva tecnología, esto es importantísimo en licenciatura; saber generar nuevos conocimientos, saber generar metodologías que lo lleven a uno a comprobación de hipótesis.

Por todos los medios hacer ver y darle a los alumnos el cariño a la geometría, al diseño estructural, a la forma, a la computación, a las matemáticas. De hecho las recomendaciones a nivel posgrado pueden ser las mismas, yo no veo al posgrado como que se termine en la licenciatura algo, sino es entrar más a fondo en las cosas, pero es la misma constancia, la preparación correcta del material, el que no sea nada más la clase en el posgrado, sino un seminario, que el alumno participe con temas y que pueda también el aportar algo al curso. Plasmar todas las ideas a los alumnos tanto en licenciatura como en posgrado, desde hablar sobre el desarrollo histórico de las estructuras, el porque es importante un templo, egipcio o porque es importante el Panteón de Agnpa, porque es importante el nuevo edificio del arco de la defensa en París o cualquier ejemplo contemporáneo; y hacer referencia de lo antiguo con lo contemporáneo, de la tecnología del momento y como se ha desarrollando a través del tiempo y tomar ejemplos de todas las épocas de la historia, inclusive de la prehistoria como es stonehenge.

Dos obras que considero con un buen diseño estructural, como lo es la alberca olimpica construida en el 68 y el gimnasio olimpico ambos en Mexico. Otras podrian ser: la iglesia del Alttillo, la de la trinidad en Coyoacán, o la Medalla Milagrosa, son ejemplos excelentes de diseño estructural, hechos con tecnología nacional, hechos por trabajadores mexicanos, son obras que muestran como se puede hacer una buena arquitectura, con una buena estructura, con la tecnología nacional y de acuerdo a las posibilidades de nuestro país.

Como obra extranjera, se puede mencionar las instalaciones olimpicas de Munich que marcan una etapa importante de cambio en el desarrollo de la tecnología estructural.

A los alumnos tanto de licenciatura, como de posgrado, hacerlos conscientes de lo que es la importancia de una buena arquitectura en base a una buena estructura, aplicando materiales actuales, tecnología actual, control de la forma, la computadora en el diseño y todos los medios que existen en la actualidad.

Arquitecto Juan Guillermo Gerdinqh Landin.

Más ejercicios de aplicación y gradualmente menos ejercitación matemática de modelos teóricos. Utilización de lenguaje gráfico real.

Hay que comprender cual es todo el proceso de diseño estructural, como se vincula con el proyecto arquitectónico. Entrenamiento para obtener un criterio estructural adecuado para los proyectos.

La computación se ha metido en el área de las estructuras, el estudiante de arquitectura debe de hacer la ejercitación gradual suficiente de los elementos de las partes estructurales, hacer el análisis manual para entender estos procesos y posteriormente aprender a manejar o vaciar las cargas del análisis estructural en la computadora.

El criterio estructural es una herramienta para crear proyectos arquitectónicos eficientes (seguros, funcionales, estéticos, económicos).

LA IMPORTANCIA DE LA COMPRESIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO
Recomendaciones Académicas

Como un ejemplo por el sistema estructural que se maneja en el edificio Celanese Mexicana, éste es pionero estructuralmente, es un edificio con planta libre, solución volumétrica ligera; permite mucha espacialidad a nivel de calle, es proporcional la volumetría con la estructura. <En primer término la técnica proyectual constructiva de los edificios suspendidos sobre un corazón resistente en forma de árbol, y una cimentación unitaria que es muy eficaz ante el suelo compresible de la ciudad de México >⁹

Arquitecto José Ávila Méndez.

La realización de los proyectos arquitectónicos van en relación completamente con el diseño estructural. Las estructuras van implícitas entre el diseño arquitectónico. Hace falta comprender el fenómeno perfectamente. La estructura es parte de la arquitectura. Hacer arquitectura no significa tener ya todo resuelto, sino es pensar y crear según lo requiera el espacio. Todo arquitecto debe de obtener el conocimiento de las estructuras:

La comprensión del fenómeno físico.

La medición del fenómeno

El predimensionamiento de los elementos estructurales

Relación con el experto (ingeniero o arquitecto), en dimensionamiento y especificaciones para la ejecución y construcción de los elementos estructurales y la comprensión en su conjunto.

La historia de las estructuras arquitectónicas.

El conocimiento de los modelos estructurales

La aplicación concreta de modelos y materiales estructurales a un problema arquitectónico.

La evaluación entre distintas opciones.

La evaluación en modelos físicos.

El Panteón de Agripa en Roma es una obra con una lógica estructural; es una obra que representa la figura perfecta, su altura es la misma distancia longitudinal del edificio. El interior es fuera de sene, ya que al encontrarse dentro se experimenta una emoción muy profunda y se siente la fuerza estética del edificio. Dados los conocimientos de su época empatiza las cualidades estéticas y estructurales.

Doctor Manuel Humberto Acedo Espinoza.

La adecuación geométrica del material empleando un método cuantitativo gráfico. Es un método que optimiza la relación entre el diseño arquitectónico y el diseño estructural, y se obtienen así resultados más confiables en lo que a la estabilidad de las construcciones se refiere. Apoya la sugerencia de que independientemente de los objetivos del análisis que se fijen, no deben pasarse por alto los principios básicos de resistencia de materiales que de hecho son fundamentales y benefician no solo a estudiantes, sino también a aquellos que se dediquen posteriormente al análisis estructural.

Se tienen dos casos de optimización y estandarización de secciones mediante la envolvente de sección y sección definida; el primer caso se presenta como apoyo al diseño arquitectónico y ofrece la posibilidad de ser empleado por personas que no tienen experiencia en cálculo estructural, fue la idea de mi tesis; que puedan proponer formas conociendo los conceptos básicos de estructuras aunque no calculen y entonces sólo requiere un método para analizar los espacios necesarios que van a ser ocupados por columnas, vigas y otros elementos estructurales. Con este método, si la persona no sabe cálculo estructural puede desarrollar un diseño pre-estructural. Ya que va a dejar los espacios necesarios. El caso de análisis de sección definida es para que lo empleen especialistas, es decir si se tiene experiencia se va a poder definir la sección.

LA IMPORTANCIA DE LA COMPRESIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO
Recomendaciones Académicas.

Esta metodología es el resultado de la preocupación que me surgía para que me entendieran mis compañeros al explicarles estructuras. Es un trabajo de 16 años, con una propuesta para resolver el alto índice de reprobados, "con este método van a entender y van a poder proponer aunque no sepan nada de cálculo"; si ellos entienden los conceptos fundamentales de resistencia de materiales, las propiedades, las secciones el área, el momento estático, el centroide, momento de inercia, "con que sepan para que sirve aunque no lo calculen esta bien". Por ejemplo cuando propongo el rango de sección posible para columnas y para módulos aparentes y reales, aquí yo no hice ningún cálculo, simplemente, atender la forma de la planta.

Es un trabajo de doctorado y no calcule nada

Se puede enseñar y aprender estructuras o el diseño estructural o resistencia de materiales sin tanto cálculo esa es la idea y en todas las maestrías se podría aplicar. Este es un método con facilidad y sin tanto problema con una solución que le ayuda a la relación de su diseño estructural con su diseño arquitectónico.

Maestro en Arquitectura Alejandro Rojas Contreras

No diseñar cosas que no se puedan llevar a cabo. Lo fácil de dibujar es fácil de calcular y fácil de construir: el movimiento, la creatividad del diseño nada tiene que ver con la complejidad.

Básicamente hay que ver las estructuras desde el punto de vista de la geometría, con más sentido, no verlas a través de un número, de un cálculo, de una matriz, de un diagrama de momento, sino con un sentido común.

La mayoría de las estructuras prehispánicas si se terminaron de construir, son sencillas en general, su técnica y su estructura es muy simple y tienen un buen diseño.

Un ejemplo muy actual de una obra arquitectónica es en Santa Fe "el Marco". Es interesante porque es apropiado para zonas sísmicas, es un buen diseño estructural, se maneja una estructura muy sencilla y es buen proyecto arquitectónico. En general casi toda la arquitectura de Teodoro González tiene esas cualidades.

Arquitecto Edmundo Méndez Campos

La base se encuentra en la formación de los arquitectos: la preparación del alumno lo hará saber que necesita del conocimiento constante como profesionalista.

Los más grandes proyectos arquitectónicos, han sido también los más grandes proyectos estructurales. Los ejemplos más representativos de la arquitectura, también manifiestan un gran diseño estructural.

La formación del arquitecto tiene que ver con la estética, pero además con lo económico y con la estática. Es importante tener un enfoque adecuado de la enseñanza de la materia, ya que el criterio estructural no se da de forma espontánea.

Aunque el arquitecto no requiera aprender de métodos sofisticados de cálculo, esto no implica que no los deba conocer; a la postre el arquitecto quizás ya no tenga que calcular nada, pero siempre necesitará de esas bases, de ese conocimiento, de un criterio estructural.

Los mejores diseños estructurales son en los que se requiere la menor cantidad de números.

El arquitecto debe comprender el fenómeno físico de la tensión, la compresión, la tracción, del comportamiento en general de los sistemas estructurales y, además de saber de los programas por computadora.

El Estadio de Ciudad Universitaria es una excelente idea estructural: resiste sismos, se aprovecha el ángulo de reposo natural del material, porque el material se extrajo del mismo sitio; los usuarios para ver los espectáculos en su recorrido pueden ir de la mitad hacia arriba o de la mitad hacia abajo.

LA IMPORTANCIA DE LA COMPRENSIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO
 Recomendaciones Académicas

<La estructura del estadio está concebida a partir de un modelo del terreno, contenido por muros cuya inclinación es la del ángulo de reposo del material. Esto se encuentra en la base misma del poderoso efecto tectónico del edificio. Esta técnica presente en México desde las grandes realizaciones de las antiguas culturas mesoamericanas, da a la obra una sutil continuidad con aquella arquitectura. La forma del estadio de Ciudad Universitaria resulta de manera lógica de su procedimiento constructivo y las condiciones de funcionamiento, a las que se agrega una clara intención plástica monumental.>¹⁰

Arquitecto José Guillermo García Armendariz

Que se le despierte al alumno el interés. Muy didácticos son los laboratorios, en ellos, la elaboración de modelos, para que al alumno animarlo a construirlos. Hacer toda esa serie de pruebas, que en realidad solo las conocemos en teoría. Retroalimentar la relación teoría-práctica. El proponernos diseñar cosas nuevas no es producto de la casualidad, detrás de esto hay todo un apoyo técnico, que lleva a la producción de formas ó sistemas que son muy agradables a la vista y que cuentan con una lógica tan elemental. Es fundamental tener el gusto de impartir la clase, el profesor también debe mostrar interés, produciendo ánimo dentro de la clase a través de la preparación. Los jóvenes que entran a la carrera están ansiosos de conocimiento, tienen una curiosidad inagotable todo esta en cuestión de que los motivemos; que les enseñemos a través de lo que nosotros hemos aprendido y no que nos pongamos a hacerles exámenes enteros de puros números. Enseñarles a analizar nuestro esqueleto, que relación tenemos de él con la estructura, como se forman y deforman piezas estructurales, ver que les pasa; hay una lógica para todo ello, mostrárselas. Para la licenciatura sería óptimo que hubiera más espacios, me refiero a tiempo, para poder generar inquietudes, como ejemplo algo muy bueno es el taller de investigación del doctor Oliva, porque viene a ser aquella parte en donde todo joven pretende desarrollar inquietudes, pero que esto, en licenciatura fuera con carácter obligatorio. Cuando yo curse me inscribí a un taller porque me daba mucha curiosidad lo que desarrollaban los compañeros, les ayudaba a enderezar alambres, veía las pruebas del polariscopio, hacía las plantillas de las velanas, y cuando me enseñaban en clase los cálculos se me facilitaban, le encontraba sentido y me gustaba aprender más.

Como ejemplo de un buen diseño puede estar el edificio plaza Arquímedes en Polanco. Es una estructura metálica exhibicionista de color rojo. Estructuralmente esta bien resuelto, en él se busco buenas condiciones de regularidad con las normas técnicas complementarias; el desarrollo de la estructura es muy interesante y dicha estructura constituye parte de la arquitectura mínima.

<Cenit Plaza Arquímedes, por sus características tecnológicas se tiene una optimización de los recursos de toda índole. Los sistemas controlados por medio computacional lo hacen un "edificio inteligente". Se concreta así el concepto de "un mínimo espacio servidor, que mantiene en una alta eficiencia a un gran espacio servido.>¹¹

Maestra en Ingeniería Perla Santa Ana Lozada

En licenciatura es importante que se tomen en serio las bases de las estructuras, lo básico para calcular; resistencia de materiales; isostáticas, hiperestáticas y sismo; para que los arquitectos se sepan defender cuando proyecten formas variadas, y que les digan que no se pueden construir, que ellos tengan la certeza que si son desarrollables. Si existen ramas o divisiones en la carrera, que lo básico de estructuras se dé en tronco común. Hay que verificar en cada estructura: sismo, viento, lluvias, granizo ó nieve, tipo de suelo, (el material que voy a usar en vida útil, el diseño).

LA IMPORTANCIA DE LA COMPRENSIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO
Recomendaciones Académicas

Un ejemplo del diseño de una obra es la Ópera de Sydney, por la creatividad, la innovación y toda la habilidad estructural que se tuvo que incluir para el desarrollo de los problemas que se fueron presentando; aunque el precio fue muy alto.

<Cuando un arquitecto presenta un proyecto sabe, por lo menos, que se puede construir. El obvio error consistió en menospreciar la influencia que tiene la escala o el tamaño en cualquier problema estructural. ...el hecho de que una estructura este bien calculada no garantiza, en absoluto, que se trate de una estructura lógica, económica y razonable. Pero, además, la misión del arquitecto no consiste en soñar, sino en producir edificios útiles, bellos y económicos. y las inevitables leyes físicas, saltan a nuestra vista todos los días >¹²

Maestro en Arquitectura Agustín Hernández Hernández.

El alumno al ingresar a la escuela trae la inquietud de querer materializar sus ideas, de hablar el lenguaje gráfico, él espera explicaciones objetivas. Para ello es bueno poner ejercicios de aplicación, ya que con ellos el alumno se interesa y entiende mejor para que le sirve esta clase. Saber como trabajan los elementos y las formas, para aplicar su imaginación, para jugar con las estructuras, no es necesario saber lo ultimo en cálculo estructural, sino dar las armas necesarias para explotar toda creatividad. Los maestros deben reunir características muy especiales. Como arquitecto te ves obligado a complementarte con más áreas. El arquitecto tiene la mente más creativa, tiene más la facilidad de conjugar las cosas y cuando se hace un buen diseño, en la realidad no va a tener cambios, hay que hablar con la estructura. estar en contacto con los materiales.

El sistema de construcción de la Catedral Metropolitana fue desarrollado al máximo, a pesar de utilizar un material muy frágil, se hicieron torres de 60 m de altura y claros de 16 m de ancho. Quienes hacían esas construcciones, las hacían porque sabían geometría y estructuras. Aprovechar hoy en día, más el acero, el concreto, los prefabricados

Maestro en Arquitectura Xavier Mendoza Rolón.

Poner énfasis en lo que es análisis, una vez que empiezas a darte cuenta de las cosas vas profundizando en la observación. Va pasando el tiempo te vuelves más observador, empiezas a preguntarte el por qué de las cosas, te vuelves más curioso. Pero esto es un proceso de análisis, que con el tiempo vas desarrollando; es una habilidad que se aprende poco a poco. Mostrar ejemplos reales, sino es en campo, con diapositivas, para atraer la curiosidad, así te sensibilizas y empiezas a indagar.

Me parece muy atinado en la asignatura de estructuras en el posgrado, el tipo de conducción que da a su clase el doctor Oliva. Recomiendo que para la enseñanza de estructuras a nivel licenciatura, en vez de entrar directamente al cálculo arduo, a números; manejar lo conceptual, como lo explica el doctor Oliva, primero hacerlo parte tuya, hacer que te guste y que mejor forma que te entre por la vista, lo audiovisual, con ejemplos reales y no algo inventado.

De una imagen te puedes hacer muchas preguntas y es cuando te interesas más; ver las estructuras desarrollables, las no desarrollables; como trabajan y por qué. El Panteón de Agripa fue derribado y se volvió a construir perfeccionándose es un proyecto de gran interés, importante y muy estudiado.

<El Panteón romano, es en efecto la culminación y máxima expresión de una concepción arquitectónica introvertida y grandiosa. Estructuralmente demuestra capacidad de abstracción, planteamiento y lucidez para resolver con economía el enorme volumen que encierra: el domo de 43.30 m de diámetro, ha sido el más grande del mundo hasta la introducción en los tiempos modernos del acero y el concreto armado >¹³

<La lectura del Pantheon como objeto arquitectónico, debe formar parte del conocimiento básico de la arquitectura a nivel universal como un acervo único donde se dan en forma integral todos los elementos constituyentes del espacio. No conozco ninguna otra obra arquitectónica, que en forma total e integral, reúna no solo la vivencia espacial-astronómica del Pantheon, sino también que permita la posibilidad de descubrir los detalles y conceptos sobre la luz, la forma, el movimiento, la geometría, y la escala que lo envuelve, un espacio formal cubierto de una gran bóveda semiesférica de 43.30 m. de diámetro y montada en un cilindro que en suma dan igual altura, creando conciencia que desde esa época existe la arquitectura. La presencia de las matemáticas y la geometría estructuran el universo y también a la arquitectura del Pantheon.>¹⁴

3.2 Comentarios retomados de fuentes bibliográficas utilizadas en el desarrollo de ésta investigación.

Los siguientes párrafos presentan breves aspectos y algunas ideas, sobre la participación de personajes que han sobresalido por la aportación de un avance tecnológico dentro de la creatividad estructural, para la arquitectura.

<Una creación personal de Otto es la tienda moderna, muy distinta de las estructuras basadas en las técnicas del puente colgante. Somete a la técnica actual a una reactualización para que sea el prototipo de construcciones ligeras adaptables. La forma anticlastica de la tienda moderna da origen a diseños estructurales muy variados, por ejemplo, la estructura textil pretensada, la combinación de estructura textil y de red tensada de cable, y la red tensada de cables soportada por mástiles, arcos, membranas reticuladas y cubiertas móviles y transformables; todas ellas combinan la construcción con tejidos vanos y de cable metálico con las estructuras neumáticas. Con Otto, entra dentro de lo posible una nueva identidad formal, estructural y constructiva.>¹⁵

<Nervi se alinea junto a E. Freyssinet y R. Maillart por su extraordinaria capacidad para cultivar y producir belleza a partir de cálculos exactos y moldear la forma con arreglo a las características de los materiales y los procedimientos técnicos. *"El proceso de creación de una forma es idéntico tanto si es labor de técnicos como de artistas; en otras palabras, la belleza de una estructura, por ejemplo, no es el resultado de los cálculos, sino de la intuición al escoger cuales deben utilizarse o a qué se le identificará."* Estudia las cubiertas compuestas por tramas de vigas entrecruzadas, un tema que sería objeto de análisis e investigación cada vez más profundo, brindando numerosísimos proyectos inspirados por su inclinación a las actividades creativas y experimentales. Da un gran paso adelante en el proceso de aligerar las estructuras tanto por razones estéticas como técnicas.>¹⁶

<Nervi nos presenta una visión idealizada de un futuro en el que todos los edificios sean estructuras originales que expresen claramente el armonioso juego de las fuerzas que los mantienen en equilibrio. ...la facilidad de ejecución es un factor decisivo en sus proyectos, así como debe serlo también la preocupación por evitar cálculos complicados. Una estructura bien proyectada casi no necesita calcularse y las estructuras diseñadas por Nervi podrían ser calculadas por cualquiera que posea conocimientos elementales de los procedimientos usuales de comprobación de las piezas estructurales. ...las estructuras correctamente diseñadas, que sigan y expresen de modo claro el juego natural de las fuerzas que resisten, son automáticamente bellas puesto que coinciden con el equilibrio que, hasta los legos en construcción, poseen en mayor o menor grado.>¹⁷

LA IMPORTANCIA DE LA COMPRESIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO
 Recomendaciones Académicas

<Richard Buckminster Fuller, su obra refleja con claridad las corrientes del siglo XX relacionada con la estética de la nueva tecnología.

Después dedica casi todo su tiempo y trabajo al arte de las estructuras, yendo a parar a las Cúpulas Geodésicas, unas estructuras metálicas, de material plástico o, en ocasiones, hasta de cartón basadas en octaedros o tetraedros. No son motivos arquitectónicos los que le mueven a utilizar esta configuración, sino por ser la que proporciona el máximo volumen cerrado por una superficie mínima. Se componen de elementos estandarizados unidos mediante sistemas de montaje similares. Idea también un sistema estructural conocido por "Tensegrity Structures".>¹⁸

<Félix Candela enuncia la participación teórica y conceptual de la estructura como elemento racional capaz de dar un sentido de generalidad a las formas arquitectónicas, de engendrar un lenguaje fácilmente comprensible, de producir, en suma, formas expresivas determinantes de un estilo cuyo contenido emocional dependa del único estímulo capaz de poner en movimiento la maquinaria espiritual en estos tiempos de crisis, el razonamiento >¹⁹

<...el dominio de la técnica constructiva es una de las condiciones para la realización de un verdadero arte arquitectónico. Pero no basta con un conocimiento a medias, que se sintetiza en la frase usual de "saber calcular". Es necesario llegar a adquirir esa sensibilidad especial, que no es en el fondo más que una depuración del sentido de equilibrio, que nos revela lo que pasa en una estructura, cómo funciona esta. Tal intuición estructural es resultado de un trabajo penoso y una dedicación sistemática y entusiasta. Por lo pronto y mientras se crea el ambiente propicio para esta obligada transformación, considero conveniente una intensificación del estudio de las materias estructurales y constructivas >²⁰

<...la definición del arte de la arquitectura como el logro de la belleza y la utilidad por medios sencillos y económicos. Las herramientas más importantes para el ejercicio de este arte son el sentido común, el conocimiento estructural, y la sensibilidad estética. Todas ellas desarrollables a base de estudio y entrenamiento. No es necesario, ni siquiera posible, que el arquitecto conozca a fondo los métodos matemáticos de cálculo o análisis de estructuras, pero sí necesita saber con precisión los elementos y las técnicas estructurales con que se cuenta en el lugar en que actúa y sobre todo, tener una idea muy clara de cuales son las limitaciones, en cuanto a claros, costo y posibilidades de cálculo de tales elementos y técnicas. Por otra parte es preciso poseer conceptos elementales, pero precisos, del juego general de fuerzas en una estructura, para lo cual bastan conocimientos rudimentarios de Mecánica y de Geometría. No hace falta mucho más para el diseño previo de cualquier estructura, que debiera ser tarea privativa del arquitecto.>²¹

<Arquitecto Honorato Carrasco en "Planteamiento de Estructuras", pretende hacer conciencia en el lector de que lo importante en las estructuras es la distribución adecuada de sus elementos, su homogeneidad, escala con expresión fácil, sencilla y directa, labor clara y apropiada del arquitecto, mientras que el llamado cálculo "matemático" es actividad comprobatoria, complementaria y posterior que pueden realizar las computadoras bien programadas.>²²

<Arquitecto José Mirafuentes: llevó a cabo un programa de investigación dirigido a implementar en México nuevos sistemas estructurales: Estos sistemas tienen en común la optimización en el uso de materiales de construcción para lograr con el mínimo de materia el máximo de resistencia. Este nuevo sistema abandona las bases de la construcción tradicional y aprovecha más racionalmente los principios físicos de la estabilidad de las construcciones.

LA IMPORTANCIA DE LA COMPRESIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO
Recomendaciones Académicas

La idea de cubrir grandes claros con un mínimo de material y un máximo de eficiencia ha sido empleada en las grandes construcciones en todas las épocas de la arquitectura, en la Roma Antigua, el Panteón de Agripa utilizaba ya una estructura espacial; una cúpula reticulada de casetones. En el diseño de las catedrales ojivales las nervaduras forman en su perfección estructural, filigranas de piedra. Este diseño estructural a base de anticatenarias en piedra, fue posteriormente utilizado por Antonio Gaudí en su Iglesia de la Sagrada Familia en Barcelona, dándole el aspecto moderno a la perfección estructural gótica. Utilizando estructuras laminares en concreto, Félix Candela realiza en México La Iglesia de la Medalla Milagrosa, que ya es un ejemplo clásico de la arquitectura contemporánea. Los arquitectos del año 2000 estarán utilizando los nuevos sistemas estructurales de la construcción ligera que se están desarrollando en los centros de investigación de todo el mundo.

El principio básico estructural de la construcción ligera es muy simple y se basa fundamentalmente en la obtención de una forma geométrica libre de torsión y donde la repartición de los esfuerzos es uniforme. Al cumplirse esta condición, se obtiene una forma geométrica muy interesante, la superficie mínima. Estas estructuras resistentes por la forma pueden adoptar formas muy vanadas limitadas únicamente por la imaginación creativa del arquitecto.²³

3.3 Otras recomendaciones académicas.

En los siguientes incisos se han transcrito párrafos que, aunque no han formado parte de las fuentes de información consultadas hasta este momento en ésta investigación, se considera que son aspectos importantes para tomarse en cuenta dentro de las recomendaciones y serán utilizados también para la implementación de la estrategia.

3.3.1 *Conceptos estructurales aplicados al proceso de diseño arquitectónico* ²⁴

No se trata solamente que las estructuras respondan a las solicitaciones de las cargas, sino que la estructura como una expresión de la materia, debe participar con sus propios valores en la relación armoniosa de la forma, espacio y función.

La materia estructural responderá a través de la forma, a la acción de la fuerza; y esta forma tendrá características tan importantes, que podrían enriquecer o empobrecer la obra arquitectónica, tales como la proporción, la coherencia, la forma-estructura, la expresión materia-estructura, la percepción de la relación espacio-estructura.

Posiblemente el diseño estructural necesite de nuevos conceptos que le den un lugar en el proceso de concepción arquitectónica. Estos conceptos podrían ser:

- Escala estructural.
- Relación forma-estructura.
- Relación forma-esfuerzo.
- Trama estructural.
- Proceso de crecimiento estructuralmente equilibrado.
- Simbiosis estructural.
- Relación fuerza, forma y función.

Nuestra vivencia en el entorno urbano nos va educando la sensibilidad a las formas estructurales, naturales o artificiales, esto nos crea un instinto o sentido de percepción estructural que debería ser una de las metas de la formación del arquitecto.

LA IMPORTANCIA DE LA COMPRESIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO
 Recomendaciones Académicas

El análisis de este fenómeno de percepción estructural, requiere del estudio de la relación entre la forma, la fuerza y la materia. Si bien la fuerza y la materia son estudiadas durante la formación del arquitecto, no sucede lo mismo con la forma. Por esta razón el estudio de la forma o morfología es un aspecto indispensable en la formación del arquitecto, para que pueda tener los recursos necesarios que ayuden a integrar los problemas de estructuras, construcción y forma arquitectónica.

3.3.2 Mantenibilidad de estructuras arquitectónicas.²⁵

Mantenibilidad es una medida de la facilidad y rapidez con la cual un sistema edificio puede ser rehabilitado para seguir operando, después de una falla. Esto es una responsabilidad del diseñador del edificio y del personal que lo asesora en el cálculo y construcción estructurales y en el medio ambiente físico bajo el cual el mantenimiento será ejecutado.

Mantenibilidad es: ...una característica del diseño de edificios, la cual se expresa como una probabilidad que los miembros estructurales puedan ser diseñados y construidos para un trabajo correcto, dentro de un periodo dado de tiempo, durante el cual el mantenimiento sea ejecutado de conformidad con recursos asignados y planeados previamente.

Las estructuras mantenibles con confiabilidad, funcionamiento, capacidad y disponibilidad, son la condición básica de edificios de calidad.

Responsabilidad del diseño estructural El diseñador de estructuras es responsable para trasladar los diseños de mantenibilidad y requerimientos desarrollados por los ingenieros de sistemas dentro de un concepto integral de diseño y construcción. En sus funciones, el diseñador es responsable de la evaluación de alternativas, optando por las preferentes y verificando la adecuación de su selección a través de iteraciones de verificación para depurar los diseños de los problemas de mantenibilidad en áreas potencialmente críticas en caso de deterioros o fallas estructurales.

Proporcionar una experiencia creativa en los aspectos de la mantenibilidad de los sistemas estructurales y sensibilidad para los problemas de interfase.

<...el conocimiento del modo de enseñar las habilidades de pensar, es la mejor respuesta al desafío fundamental para la educación de nuestro tiempo, que consiste en preparar a la gente para que prevea los cambios y dé forma al futuro, en lugar de tener que acomodarse a él...>²⁶

<Los déficit de espacios arquitectónicos que México tiene en varios renglones, hacen ver que la responsabilidad del profesional de la arquitectura de ninguna manera termina en la construcción de la obra que ha proyectado. A él compete, con el mismo grado de importancia, una decidida acción propositiva que tanto a nivel local como nacional, oriente a los aparatos ejecutivos acerca de las mejores alternativas a seguir, así como la evaluación del comportamiento de la obra por él construida.>²⁷

3.3.3 Enseñanza de las estructuras arquitectónicas.²⁸

Dentro de un trabajo de investigación como tema de tesis, se encuentra una propuesta de curso la cual:

...pretende motivar un cambio, la pasividad y apatía de los alumnos por una actitud participativa grupal y activa, con la cual el alumno se responsabilice de su propio aprendizaje y el de sus compañeros.

LA IMPORTANCIA DE LA COMPRESIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO
Recomendaciones Académicas

Se busca una clase abierta, activa, donde surja el dialogo entre docentes y alumnos, donde la información y conocimiento no solo provengan del docente, sino también de los mismos alumnos, como resultado de una investigación de campo... Docentes y alumnos colaboraran en las tareas de investigación-docencia-enseñanza-aprendizaje, en contextos sociales reales y concretos, con el fin de obtener personas mejor preparadas y con un alto nivel académico.

Objetivos generales - Cambiar los sistemas tradicionales de clase, poco dinámicos y centrados en el docente, por sistemas más dinámicos, donde el alumno cambie su posición pasiva a una más activa, se busca una retroalimentación entre docentes y alumnos, esto se lograra promoviendo y aprovechando la capacidad oculta de investigación y el espíritu abierto e inquieto de los alumnos...

Comprobar los conceptos teóricos estudiados en libros, bibliotecas, clases, con la realidad cotidiana de las diferentes obras...

Objetivos particulares - Estudiar, analizar y observar, casos de estructuras especiales en edificios que se deben y/o se pueden estructurar en forma diferente, debido a sus características particulares de diseño, forma, construcción, función, materiales, etc

Obtener una mejor comprensión de las estructuras al poder comparar la teoría y la realidad concreta, no solo tener los conceptos teóricos en casos abstractos y no comprendidos en su totalidad por los alumnos. Es necesario que el alumno adquiera un criterio estructural o el concepto, antes que ser calculista de formulas dadas y no comprendidas.

3.4 Resumen General.

A fin de recopilar los puntos más repetitivos dentro de los incisos 3.1 y 3.2 debido a que el desarrollo de estos es amplio, se presenta a manera de resumen lo siguiente:

3.4.1 Ideas y recomendaciones. Dentro de las ideas y recomendaciones de cada entrevistado se determina que en general, todos los expuestos para la realización de esta investigación, se inclinan en hacer más hincapié en la comprensión del aspecto estructural. Cabe mencionar que en todos ellos se subraya la importancia de las estructuras dentro de su actividad profesional y de los catorce entrevistados, trece se han dedicado alguna vez a la enseñanza; y existe preocupación singular porque se intensifique esta área.

Las inquietudes entre cada uno de ellos se asemejan: dos de ellos elaboraron su propia metodología, aunque con distintos enfoques cada una de ellas, pero las dos surgen por la preocupación del mejor entendimiento hacia el aspecto estructural. El objetivo de la metodología del arquitecto Guillermo Gerdingh es el comprender el proceso del diseño estructural y la forma en que se vincula con el diseño arquitectónico; la metodología del arquitecto Humberto Acedo, es para que el alumno comprenda el papel de las estructuras en el trabajo del arquitecto y resolver el problema de tantos reprobados en esta materia.

De las recomendaciones académicas de manera sobresaliente y repetitiva destacan:

- Utilizar la lógica, la sencillez, la relación con la naturaleza, las matemáticas y la geometría.
- Principios básicos de resistencia de materiales
- Las estructuras son una herramienta fundamental del arquitecto.
- Cuidar el enfoque que se le da al alumno sobre las estructuras, y quitar el miedo a la materia.
- Aprender a observar. Observación de estructuras reales. Empleo de diapositivas y maquetas.
- Intensificar con un fin el uso de las matemáticas, tener una preparación más sólida.
- Buscar la creación, la expresión formal, la innovación con el avance tecnológico.

LA IMPORTANCIA DE LA COMPRENSIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO
 Recomendaciones Académicas

- Conocimiento profundo de materiales y sus propiedades.
- Desarrollo de la intuición y del sentido común
- Al inicio enfocar las bases de conocimiento teórico y conceptual de las estructuras.
- Objetivo: Producir mejores diseños, mas innovadores, económicos, confiables y construibles.
- Más énfasis en el diseño de la estructura y no al de los elementos estructurales.
- Utilizar el reglamento de construcciones como una guía útil para manejar la simetría estructural, que no obliga a la simetría de la forma arquitectónica.
- Laboratorio de modelos estructurales para visualizar los fenómenos de una manera directa, sencilla y comprobable. Retroalimentar la relación teoría-práctica.
- Visitas a edificios para hacer un análisis de sus estructuras.
- Entrenamiento para obtener un criterio estructural adecuado.
- Los mejores diseños estructurales son en los que se requiere la menor cantidad de números.
- Lo fácil de dibujar es fácil de calcular y fácil de construir: el movimiento, la creatividad del diseño nada tiene que ver con la complejidad.
- Que el profesor demuestre un interés completo por el aprendizaje del alumno
- Que el alumno comprenda los fenómenos físicos para que aplique su imaginación y explote toda su creatividad; y tenga la certeza de que, lo que el proyecte se puede construir

Por otro lado y respecto a las obras seleccionadas por cada entrevistado, se concluye que cualquier obra arquitectónica puede ser útil para aprender de ella; ya que según las opiniones hubo inclinación por recomendar las visitas a diferentes tipos de edificios y por mostrar ejemplos reales por medio de diapositivas. Dentro de las entrevistas se mencionaron en mayoría obras nacionales; las obras extranjeras citadas fueron dos antiguas (el Templo del Partenón y el Panteón de Agripa) y dos modernas (el Estadio Olímpico de Munich y el Teatro de la Ópera de Sydney).

Dos de los entrevistados, el arquitecto Fernández Varela y el doctor Oliva, fueron muy explicitos en relación a esto, ya que comentaron que hay infinidad de obras, tanto históricas como contemporáneas, de las que se puedan utilizar para el aprendizaje del alumno, lo más importante es que sean ejemplos claros y reales.

3.4.2 Fuentes bibliográficas. Dentro de los párrafos que fueron extraídos de las fuentes bibliográficas, podemos resumir que sus autores han buscado la creación de nuevas y mejores formas a través de la sencillez y de la belleza, pero con un profundo conocimiento de las leyes físicas, utilización de proyectos experimentales; y el estudio y aplicación de los avances tecnológicos por medio de esfuerzo y dedicación.

Las aportaciones que destacan son:

- Origen de diseños estructurales variados sin cálculos complicados, con facilidad de ejecución.
- Inspiración por actividades creativas y experimentales; utilización del sentido común, razonamiento, conocimiento estructural y sensibilidad estética.
- Aligerar las estructuras por razones estéticas y técnicas; expresar las fuerzas que los mantienen en equilibrio, dominio de la técnica constructiva y aplicación de la nueva tecnología.

Otras de sus ideas:

-La intuición estructural es el resultado de un trabajo arduo y una dedicación sistemática.

Promover la intensificación del estudio de las materias estructurales y constructivas.

-Saber con precisión los elementos y las técnicas estructurales con que se cuenta en el lugar en que actúa y sobre todo, tener una idea muy clara de cuales son las limitaciones, en cuanto a claros, costo y posibilidades de cálculo de tales elementos y técnicas.

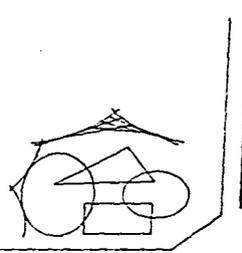
LA IMPORTANCIA DE LA COMPRESIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO
Recomendaciones Académicas.

- Poseer conceptos elementales pero precisos, del juego general de fuerzas en una estructura, para lo cual bastan conocimientos rudimentarios de Mecánica y de Geometría.
- Conciencia de que lo importante en las estructuras es la distribución adecuada de sus elementos, su homogeneidad, escala con expresión fácil, sencilla y directa, labor clara y apropiada del arquitecto; el cálculo matemático es actividad comprobatoria, complementaria y posterior.
- Implementar nuevos sistemas estructurales y con ello la optimización en el uso de materiales de construcción para lograr con el mínimo de materia el máximo de resistencia. Cubrir grandes claros con un mínimo de material y un máximo de eficiencia.

- 1 Las entrevistas y obras seleccionadas por cada entrevistado se encuentran en el apéndice de esta tesis
- 2 Profesor de la Maestría de Arquitectura Mención Sistemas Constructivos Universidad Nacional de Lima, Perú
- 3 ALBA Martínez, Ernesto *La práctica de la Arquitectura y su Enseñanza en México* INBA-SEP Cuadernos de Arquitectura y Conservación del patrimonio artístico Num 26-27 Mexico 1983 Pag 28
- 4 LAMPUGNANI V M *Enciclopedia GG de la Arquitectura del siglo XX* Editorial Gustavo Gili Barcelona 1989. pags. 365 y 366
- 5 NOELLE, Louise *Enlace en la Industria de la Construcción* FCARM/CAM-SAM/ Año 5, No. 4, Abril 1995, N C XLIV Artículo Félix Candela: una nueva filosofía de las Estructuras Pags. 42 a 47
- 6 LAMPUGNANI V M *Enciclopedia GG de la Arquitectura del siglo XX* Editorial Gustavo Gili Barcelona 1989 Pag 68
- 7 BLASER Wesner *Santiago Calatrava* Editorial Gustavo Gili, S.A. Barcelona 1989 Pag 21
- 8 WILSON Claire *Santiago Calatrava, un arquitecto audaz* Reader's Digest Mexico 1994 Pags 125 a 130
- 9 GONZÁLEZ Gortazar Fernando *La Arquitectura Mexicana del siglo XX* Consejo Nacional para la Cultura y las Artes Mexico 1994 Las tendencias actuales, por Carlos González Lobo Pags. 260 y 261
- 10 GONZÁLEZ Gortazar Fernando *La Arquitectura Mexicana del siglo XX* Consejo Nacional para la Cultura y las Artes Mexico 1994 El Estadio Olímpico de la Ciudad Universitaria, por Víctor Jiménez Muñoz Pags. 160 y 161.
- 11 B M P E, Arq *Avance de Obra* Vol XXI No 244 Abril 93 OBRAS Cent Plaza Arquimedes Pags 29 a 33
- 12 CANDELA Félix *En defensa del formalismo y otros escritos* Xariat Ediciones Mexico 1985 Artículo el escándalo de la ópera de Sidney, 1968 Pags 58, 63 y 64
- 13 GALLEGOS, Héctor *El concreto romano y el Panteón romano* IMCYC Revista No 197 Vol XXVI/Octubre 1º/1987 Pags. 12 a 15
- 14 FLORES Villasana, Ricardo *El Pantheon de Roma, Italia, a dosmil diez y ocho años de su terminación* Tesis de doctorado, Fac de Arquitectura UNAM Mexico 1993 Pags. 44 y 45
- 15 LAMPUGNANI V M *Enciclopedia GG de la Arquitectura del siglo XX* Editorial Gustavo Gili Barcelona 1989. Pags. 277 y 278
- 16 *Ibidem* Pags. 263 a 265
- 17 CANDELA Félix *En defensa del formalismo y otros escritos* Xariat Ediciones Mexico 1985 Artículo La obra de Pier Luigi Nervi, Conferencia INBA Mexico 1964 Pags. 153 a 158
- 18 LAMPUGNANI V M *Enciclopedia GG de la Arquitectura del siglo XX* Editorial Gustavo Gili Barcelona 1989. Pags. 141 y 142.
- 19 CANDELA Félix *En defensa del formalismo y otros escritos* Xariat Ediciones Mexico 1985 Artículo Arquitectura, divagaciones estructurales en torno al estilo (1953) Pag. 40
20. *Ibidem* Pag 50
21. *Ibidem* Pag 66
22. MAHR, Elizabeth *Una Semblanza* REPENTINA Facultad de arquitectura 10 de octubre de 1995 No 128 y 129.
23. GARCÍA Salgado, Tomás *Conferencias del bicentenario de la fundación de la Escuela de Pintura, Escultura y Arquitectura* UNAM Mexico 1984 Pags 93 a 98
24. MACHICAO Relis, Roberto *CONTEXTOS -2- Avances de investigación de sistemas constructivos* Universidad de Ingeniería, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Artes Sección de Postgrado y segunda especialización, Lima 1992. Artículo. Conceptos estructurales aplicados al proceso del diseño arquitectónico Pags 9 a 13.
25. SÁNCHEZ González Álvaro *Propuesta preliminar de un manual de mantenibilidad* Conferencia Mayo 1996.
26. CHANFÓN Oimos, Carlos *Cuadernos de arquitectura docente* Facultad de Arquitectura, No 6, UNAM, Abril 1992. Artículo Nuevos enfoques en la formación de restauradores Pag 5
27. UNAM Facultad de Arquitectura *Plan de Estudios 1992 Licenciatura en Arquitectura* Centro de Informática de la Secretaría Académica de la Facultad de Arquitectura de la UNAM CISAFAR, Mexico 1992. Pag 6.
28. GRILLO Jiménez Luis Fernando *Enseñanza de las estructuras arquitectónicas Una propuesta autogestiva*. Tesis Maestría en Arquitectura, opción Tecnología, UNAM 1989 Pags 40 a 43

Una Estrategia

capítulo-4



4. Una Estrategia:

El propósito del presente capítulo es implementar en base a las recomendaciones obtenidas, una estrategia que responda a las inquietudes que se expresaron dentro de las opiniones de los entrevistados; y que a su vez es el resultado de ésta investigación.

Es importante señalar que dentro de las diferentes opiniones que surgen en las entrevistas, éstas dan pauta a seguir diferentes soluciones; pero aquí con el objetivo que nos persigue, hacer más énfasis en el aspecto estructural, se trabaja en la realización de un curso como introducción a las *estructuras*.

Por otra parte cabe aclarar que las citas que se incluyen a lo largo de éste capítulo, simplemente han sido con el objetivo de reforzarlo.

Del *Plan de Estudios 1992* de la UNAM, Facultad de Arquitectura. Licenciatura en Arquitectura, se extraen los siguientes párrafos breves, que son algunos objetivos de éste mismo:

<Un plan que permita formar un arquitecto más capaz, más consciente, más creativo y competitivo, acorde con el proceso de apertura que vive nuestro país.>¹

<La calidad de la enseñanza no depende solo del dominio que puede tener el maestro en su actividad profesional, sino también de la planeación adecuada que haga del curso, las técnicas didácticas que emplee y la manera como transmita sus conocimientos >²

<El arquitecto debe:

Tener los conocimientos científicos y teórico-humanísticos, que le permitan comprender, explicar, analizar y sintetizar el fenómeno arquitectónico. Tener los conocimientos de resistencia de materiales, estabilidad y diseño estructural necesarios que le permitan entender y prever el comportamiento mecánico de los diversos sistemas estructurales y constructivos pertenecientes a la obra arquitectónica. Y proponer el tipo de estructura requiendo por cada obra en cuestión. Demostrar su capacidad creativa.>³

<La organización curricular del Plan de Estudios se concibe como dinámica, abierta y flexible. Dinámica, porque puede adecuarse, actualizar y evaluar la estructura orgánica y contenidos académicos según se requiera en el tiempo, sin la necesidad de enfrentar el largo proceso administrativo para ello. Abierta, porque en ella caben todas las posibilidades de expresión no sólo académicas y pedagógicas sino incluso ideológicas. Y flexible, porque existe la posibilidad de la adecuación cotidiana a las necesidades y posibilidades de los miembros de la Facultad...>⁴

Dentro de los objetivos generales del plan de estudios se encuentran: <La observación, "...el educando desarrollará su capacidad de observación, análisis, interrelación y deducción".>

La investigación. "Promover permanentemente la investigación que permita la innovación educativa".>⁵

En el análisis de los objetivos generales, caracterizando a la arquitectura: <Su complejidad parte de la DOBLE NATURALEZA..., es abstracta -en la creación y transformación del espacio- y por otro es concreta -su parte técnica en la construcción del espacio-. La percepción y comprensión de su doble carácter resulta imprescindible, sobretodo para su adecuada enseñanza y aprendizaje

...Es un arte, "el hábito de producir cosas acompañado de la razón".

...Es una ciencia, en cuanto a conjunto de conocimientos estructurados, ordenados, que permiten no sólo la realización de las obras, sino también su explicación.>⁶

<Los alumnos deberán saber que, La ARQUITECTURA es un hacer-arte y ciencia- cuya finalidad es la transformación, la delimitación de espacios habitables que satisfagan necesidades. En la satisfacción de las exigencias y requisitos que forman su programa, encuentra no la limitación, sino por el contrario, el soporte de su creatividad.

...Necesidad de desarrollar la AUTOFORMACIÓN y la capacidad autogestiva de los alumnos, -más que aprender muchas cosas- APRENDER A APRENDER; entender que la educación no es un medio sino un fin en sí misma, y por otra parte, -ante la imposibilidad de transmitir "todos" los conocimientos- necesidad de realizar una SELECCIÓN de los contenidos de la enseñanza.>⁷

En base a todo lo anterior expuesto y principalmente a que la *organización curricular del Plan de Estudios, se concibe como dinámica, porque puede adecuar, actualizar y evaluar la estructura orgánica y contenidos académicos...*; se extiende la siguiente propuesta de elaboración de un curso introductorio, ya que a lo largo de las entrevistas realizadas como parte de ésta investigación, se plantea en gran medida la preocupación por el conocimiento básico del fenómeno estructural y su comprensión, y que mejor manera que ésta propuesta represente de alguna forma "el empezar por el principio"; lo anterior de una manera más precisa lo indica Sterling en la introducción a su libro de texto <La comprensión es más perfecta cuando se basa en un conocimiento de las cosas tal como fueron al principio. Usando las palabras de Aristóteles. "El que considera las cosas en sus desarrollos originales y sus orígenes... obtendrá la visión más clara de ellas" >.²

A continuación se expone lo que podría ser el alcance general que se persigue en un curso introductorio a las estructuras, temas básicos y bibliografía. Dicho curso podría llevarse durante el primer año al inicio de la carrera de Arquitectura. Actualmente en la carrera de licenciatura, hay cuatro cursos de estructuras, se podría como una alternativa, incorporar al primer año el curso introductorio a las estructuras, -quizás recorriendo los cuatro actuales-, el cual con el esfuerzo conjunto de profesores del área de proyecto (matemáticas y geometría) y profesores del área de construcción (construcción y estructuras) podría ser impartido. Es importante señalar que ésta propuesta puede incorporarse no únicamente al Plan de Estudios de la UNAM, sino también al de otras instituciones que se interesen en ella.

Alcance general:

Sensibilizar al alumno desde sus inicios en el quehacer de la arquitectura, respecto a que "el proyecto arquitectónico va íntimamente ligado con el proyecto estructural".

Enfocar el aprendizaje de las estructuras hacia la comprensión de éstas, y fomentar el desarrollo de la creatividad, la cual dará como resultado diferentes horizontes y nuevas expectativas para el diseño arquitectónico a través del diseño estructural. Para ello el alumno deberá conocer las diferentes formas y tipos de estructuras, los elementos que pueden componerla y la manera como trabajan.

<...se plantea como objetivo el entrenar la mente para analizar, para comprender y para solucionar el caso que se le presente..., estaremos desarrollando la capacidad del alumno para crear soluciones. ...el enseñar a pensar.>²

<La investigación actual acepta por ahora que, aunque la inteligencia no pudiera aumentarse con la educación, la capacidad de pensar sí se puede mejorar por medio de ejercicio. ...la mayoría de las personas posee un potencial suficiente para desarrollar unas habilidades de pensamiento más eficaces que las que usa y que la disparidad existente entre ese potencial y la pequeña parte de él que se actualiza, es por lo general tan grande que la cuestión de las diferencias de base genética, resultan despreciables. ...La sola posibilidad de enseñar habilidades de pensamiento y actualizar el potencial dormido de nuestros alumnos, representa una alternativa digna de todo nuestro esfuerzo >²

<La creatividad es un conjunto de capacidades y disposiciones que hacen que una persona elabore productos adecuados y originales.>²

Temas básicos:

Se recomienda que éstos sean por medio de ejemplos reales, ya sea con la presentación de imágenes (diapositivas, fotografías, revistas, libros) ó visitas guiadas por parte del docente. Las pláticas que el docente imparta a los alumnos deberán ser expuestas de una manera certera y con un pleno conocimiento, para que despierten el interés del alumno, invitándolos así a investigar por su propia convicción. Y también fomentar la participación del alumno con exposiciones por parte de éste.

1. Sensibilización y aprendizaje:

Pláticas introductorias para concientizar al alumno sobre la importancia de las clases de estructuras a lo largo de la carrera de arquitectura. Y la forma de aprender éstas clases.
<La creación de formas apropiadas a los nuevos materiales sólo puede conseguirse por medio de la estructura.>¹²

Para el alumno deberá ser bien sabido que al desarrollar un proyecto arquitectónico, quedará implícito en éste la solución estructural.

<El tratamiento sólido y expresivo de la estructura, como uno de los factores ordenativos del diseño, llegaría a ser una de las bases formales de tan urgente evolución.>¹³

Conceptos generales del diseño estructural y del cálculo estructural.

<El cálculo es un método analítico de investigación cuantitativa de los esfuerzos que se producen en una determinada estructura, bajo la acción de las cargas. Para poder aplicar este método es necesario determinar de antemano la forma y dimensiones de la estructura sobre la que se va a operar. Esta determinación es resultado de un acto personal de síntesis creativa, que llamamos diseño, en el que intervienen la imaginación, la intuición, la experiencia y los conocimientos del agente creador.>¹⁴

Explicar para qué se aplican todos los conocimientos que irán adquiriendo durante los cursos de estructuras y que no se busca formar calculistas estructurales, sino arquitectos.

Relación fundamental existente con las materias de matemáticas y geometría.

"Sensibilizar al alumno. Quitar el miedo a estas materias y por el contrario que las aprenda a querer ya que son una herramienta para la arquitectura"

"Si se es buen geómetra no se necesita saber mucho de cálculo estructural"

<La calidad de un diseño estructural está en razón inversa de la cantidad y complejidad de los cálculos necesarios para su ejecución.>¹⁵

<Carlos Chanfón hace la reflexión de que para cambiar superando al pasado, este se debe de entender y que el esfuerzo por comprender la forma construida es obligación inevitable de quienes ejercen la arquitectura.>¹⁵

Se debe entender el comportamiento de las estructuras para, por una parte, no proyectar alguna exageración, y por otra, proponer la estructura segura y adecuada a las necesidades del proyecto.

<Conciencia de la importancia sísmica en sus decisiones en el campo del diseño.>¹⁷

<Conocer lo suficiente sobre el comportamiento de la estructura para producir proyectos seguros.>¹⁹

<Obras con lógica estructural y sentido común tienen el atractivo de su belleza, son sencillas y sin rebuscamientos.>¹⁹

El hábito de la observación, aprender a observar las obras y su estructura.

Importancia de la motivación y curiosidad por parte del alumno para el diseño estructural, que conlleva a un buen diseño arquitectónico.

<La creación no es nunca resultado inmediato de una investigación analítica. Es resultado de una elaboración individual o subjetiva.>²⁰

2. Presencia de las estructuras en la historia:

Proceso de evolución de las formas estructurales, según la época.

<El estilo Griego y el estilo Gótico, ...arrancan de la raíz misma de la Arquitectura. Ambos tienen, a nuestro juicio, un origen puramente estructural; la base del estilo, su medula, ha sido la evolución natural de un sistema constructivo original que, dando lugar a una manera de hacer peculiar, acotaba y fijaba normas en las que apoyarse para desarrollar la arquitectura.>²¹

LA IMPORTANCIA DE LA COMPRESIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO
Estrategia

Aparición de diferentes materiales con el tiempo, y la influencia que las estructuras tuvieron a partir de ello.

<Encontrar nuevas manifestaciones formales que resuelvan al mismo tiempo, el problema funcional, el estructural y el de la expresión arquitectónica. Esto lo han hecho ingenieros que excepcionalmente poseen sensibilidad estética y arquitectos que abandonando la posición estrictamente racionalista se abren paso a través "de la enmarañada selva" de la ciencia estructural.>²²

Impacto que produce el avance científico y tecnológico a las estructuras a través del tiempo.

<En la edad media y en el renacimiento el progreso de la técnica estructural es producido por la evolución natural de los métodos intuitivos y experimentales empleados con sorprendente éxito. Quizás tal desarrollo, estimulando el ingenio de los constructores podría haber conducido a un mejor uso de los materiales, porque el problema se hubiera atacado más adelante sin el prejuicio de que tenía que resolverse mediante un procedimiento matemático. Las formas más apropiadas no son por regla general, fáciles de investigar matemáticamente y su uso se ha abandonado en favor de soluciones menos aptas pero más fáciles de investigar numéricamente.>²³

3. Conocimiento y comprensión de las leyes físicas:

Conceptos y principios fundamentales de estática, el conocimiento de materiales y su resistencia.

<Para descubrir nuevas oportunidades expresivas: primero se debe comprender y luego guardar la comprensión como condicionante del proceso de superación.>⁴

Principios básicos y además lógicos que sirven de base al diseño de estructuras: Reencuentro con los fenómenos más sencillos y fundamentales que la naturaleza nos ha brindado; para así poder combinar ó todavía mejor fusionar a la arquitectura "como arte" y a la arquitectura "de gran avance tecnológico" y conformar un todo.

Razón y ser de los tipos estructurales. Demostrar al alumno en que se emplean las leyes físicas en la estructura de manera objetiva, con sencillos ejemplos y maquetas, así como por medio de prácticas de laboratorio.

*"Me parecería interesante que hubiera en la facultad, sobre todo desde el nivel de licenciatura un laboratorio para modelos estructurales, que no lo hay, ese taller ayuda mucho al estudiante a que visualice el fenómeno de una manera directa sencilla, el modelo estructural debe ser sencillo, objetivamente comprobables todos".**

4. Análisis estructurales y aplicaciones estructurales.

Conocer y analizar con una visión crítica, a través de ejemplos reales, diferentes géneros de edificios, aciertos y errores de cada uno de ellos. Visitas de campo.

<Análisis cualitativo de edificios, en planta y alzado: Simetría y Asimetría. Sencillez y Complejidad. Esbeltez y Masividad.>⁵

Mostrar y buscar arquitectura de calidad. Esto es, ir a la vanguardia, es decir, emplear elementos y materiales nuevos, actuales, adoptar formas y estilos propios de la época, con nuevas ideas, esforzarnos por hacer innovaciones, crear cualidades y funcionamiento propios, tener en cuenta su mantenibilidad. Y por supuesto adaptarnos a nuestras situaciones y limitantes, principalmente la económica.

<...contribuir al desarrollo de formas estructurales lógicas... iniciar un renacimiento de la tendencia empírica e intuitiva, que tan brillantes resultados produjo en otras épocas de la historia...>²⁷

LA IMPORTANCIA DE LA COMPRENSIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO
Estrategia

Aplicaciones estructurales: Repetir, explicar y reiterar los objetivos de las clases de estructuras en forma breve, que al inicio del curso se mencionaron.

-Al hacer arquitectura se busca construir formas expresivas. <La creación de la forma seguirá siendo el resultado del trabajo de la mente humana.>²⁷ Una manera de lograrlo es a través de la:

Creatividad estructural: El desarrollo estructural a través de la creatividad ha permitido la utilización, aplicación y creación de diferentes formas arquitectónicas, aunado a el conocimiento de los límites y comportamientos de los materiales y la lógica con que estos trabajan. <La creatividad incrementa la sensibilidad para analizar los problemas, necesidades y oportunidades, así como la facultad de observar con mayor atención y obtener una comprensión más profunda de las cosas. Asimismo aumenta nuestra capacidad para buscar enfoques nuevos, distintos y más eficaces de resolver problemas.>²⁸

Bibliografía recomendada:

- ARNOLD, Christopher y Robert Reitherman. Configuración y diseño sísmico de edificios.
Limusa, México 1950. 292 pp.
Colocación: TA658.44-A7518 Fuente: Biblioteca Central. Luis Unikel. UNAM
- CARDELLACH, Félix. Filosofía de las Estructuras.
Editores Técnicos Asociados, S.A. 1970. 208 pp.
Colocación: TA645-C36 Fuente: Fac. Arquitectura. Biblioteca Central. UNAM
- ENGEL, Heinrich. Sistemas de Estructuras.
H. Blume Ediciones. Madrid 1979. 267 pp.
Colocación: TH845-E545 Fuente: Biblioteca Justino Fernández (IE). UNAM
- CANDELA Félix. En defensa del formalismo y otros escritos.
Xariat Ediciones, 1985. Arqs. Contemporáneos. 177 pp.
Colocación: NA680-C35 Fuente: Biblioteca Lino Picaseño. UNAM
- CARMONA y Pardo, Mario de Jesús. Estática en Arquitectura.
México, Ed. Trillas, 1991. 175 pp.
Colocación: TA351-C37 Fuente: Biblioteca Lino Picaseño.
- CONRAD, Roland, OTTO, Frei. Estructuras.
Barcelona, España, Ed. G. Gili, 1965. 150 pp.
- FABER, Colín. Las Estructuras de Candela.
Ed. CECSA, 1970, México
Colocación: NA759.C3-F23 Fuente: Biblioteca Lino Picaseño. UNAM.
- GONZALEZ Tejada, Ignacio. Análisis de Estructuras Arquitectónicas.
Editorial Trillas. 1992. 171 pp.
Colocación: TA645-G65 Fuente: Biblioteca Luis Unikel. UNAM
- HODGKINSON, Allan. Manual A J de estructuras.
Hermann Blume Ediciones. Madrid, España 1976. 433 pp.
Colocación: TA635-H63 Fuente: Biblioteca Lino Picaseño. UNAM.
- MAKOWSKY. Estructuras Espaciales de Acero.
Barcelona, España, Ed. Gustavo Gili.
- MELI Piralla Roberto. Manual de Diseño Estructural.
Tomo 1. Ediciones Ciencia y Técnica. 1991. 250 pp.
Colocación: TA658-M45-V.1 Fuente: Biblioteca Luis Unikel. UNAM
- PARKER, Harry. Mecánica y Resistencia de Materiales.
México, De. Limusa, 1984. 175 pp.
Colocación: TA350-P36 Fuente: Biblioteca Lino Picaseño. UNAM.
- PESHARD, Eugenio. Resistencia de Materiales.
México, Ed. UNAM, 1976. 357 pp.
Colocación: TA405-P42 Fuente: Biblioteca Lino Picaseño. UNAM.

LA IMPORTANCIA DE LA COMPRESIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO
Estrategia.

SALIGER Rudolf. Estática Aplicada.

Editorial Labor S.A. 3era. Edición. Pags. 1 a 11.

Colocación: TG270-S25-S7 Fuente: Biblioteca Lino Picaseño.

STERLING Kinney J. Indeterminate Structural Analysis.

C.E.C.S.A. Reading Massachusetts 1960. Pags. 15 a 32.

Colocación: TG260-K47 Fuente: Biblioteca Lino Picaseño UNAM

SALVADORI, Mario y Heller. Estructuras para arquitectos.

Editorial La Isla

Colocación: TG260-S318 Fuente: Fac. Arquitectura. UNAM

TORROJA, Eduardo. Razón y ser de los tipos estructurales.

Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento. 1975. 403 páginas.

Colocación: TG260-T747 Fuente: Biblioteca Central UNAM

WERNER Rosenthal, Hans. La Estructura.

Editorial Blume, Barcelona 1975 155 páginas.

Colocación: TA645-R67 Fuente: Biblioteca Central. UNAM

Es importante hacer hincapié en el alumno que la bibliografía para el curso podrá ser muy abundante, ya que se recomienda que cualquier libro ó revista de arquitectura, reciente o no, que al alumno llegue a sus manos, será interesante que observe los edificios que ésta contenga contemplando en primer instancia la forma estructural de éste y haciendo un juicio del por qué es así; sus aciertos y, por qué no, sus posibles errores, ya que también de ellos se aprende. *"Sería más importante que la biblioteca de la facultad estuviera más actualizada por materiales que resultan de simposium y congresos que organizan estas instituciones dedicadas al diseño y análisis estructural".*

Para que en el alumno se despierte la inquietud de consultar un libro, será importante que éstos sean muy explícitos, libros que muestren como se hicieron las obras arquitectónicas que ahí se presentan, para que surja el interés y las ganas de conocer un panorama general de la concepción de ellas, así como de su estructura también. Por otra parte se recomienda tener siempre presente el reglamento de construcciones.

POSGRADO.

Los cursos en posgrado para intensificar y mejorar el desarrollo del diseño arquitectónico a través del diseño estructural, pueden estar enfocados de la misma manera que en licenciatura; los entrevistados manejaron esta idea, indicando la diferencia por la profundidad en uno y otro caso. Y es importante para los estudios de posgrado, siempre considerar este aspecto, ya que es aquí donde corresponde impulsar el desarrollo de la investigación para la producción de documentos actuales sobre estos temas.

En el posgrado de arquitectura de la UNAM, se imparten dentro de las maestrías los Seminarios de: Estructuras Ligeras; Proyecto arquitectónico en zonas sísmicas; Diseño Estructural; y Diseño arquitectónico-diseño estructural. También profesores como el doctor Gerardo Oliva y el maestro Bernardo Calderón, imparten diferentes cursos intersemestrales de: Geometría Descriptiva y Presencia de la Estructura en la Arquitectura, respectivamente; y existe la especialidad de Cubiertas Ligeras. Se cuenta con un laboratorio de estructuras dirigido por el doctor Gerardo Oliva, en donde se trabajan proyectos de innovación tecnológica, con el objetivo de llevarlos a escala natural; también se realizan investigaciones en el campo de las estructuras, (es de ahí donde surge ésta tesis) De alguna u otra forma estos diferentes estudios en el posgrado, contribuyen en gran medida al enriquecimiento y progreso de la arquitectura.

LA IMPORTANCIA DE LA COMPRESIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO
Estrategia

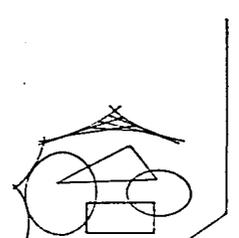
<...vigilancia ante los avances del conocimiento, reforzarlos operativamente. ...Fomentar la investigación aplicada en un campo profesional en el que los arquitectos mexicanos han dado muestra de capacidad y talento extraordinarios. ...Superación personal y profesional, y avance del conocimiento de nuestra profesión. Lo que hace diferentes los cursos de posgrado de los niveles anteriores, es el régimen de trabajo del alumno. A medida que se avanza en el posgrado, el alumno debe ser cada vez más activo y participativo; profesor y alumno avanzan juntos en la generación del conocimiento nuevo. Éste debe ser capaz de evaluar sus conocimientos, con el fin de reafirmarlos, poniendo el énfasis en la búsqueda de nuevas soluciones a diversos problemas, lo que de hecho constituye la investigación...>²⁹

1. UNAM Facultad de Arquitectura *Plan de Estudios 1992 Licenciatura en Arquitectura*. Centro de Informática de la Secretaría Académica de la Facultad de Arquitectura de la UNAM. CISAFAR, México 1992. Pag 1.
2. *Ibidem*, pag 11.
3. *Ibidem*, pag 21
4. *Ibidem*, pag 29
5. *Ibidem*, pag 35
6. *Ibidem*, pag 36
7. *Ibidem*, pag 37.
8. STERLING Kinney *Indeterminate Structural Analysis* Reading Massachusetts 1950. Pag 34.
9. CHANFÓN Olimos Carlos *Cuadernos de arquitectura docencia* UNAM Facultad de Arquitectura No. 6, Abril 1992. Artículo Nuevos enfoques en la formación de restauradores. Pag 5
10. *Ibidem*. Pag 6
11. *Ibidem*. Pag 8
12. A manera de rescatar algunas ideas y aportaciones que Félix Candela ha plasmado en sus escritos, se presentan algunos párrafos de ellas, retomados de la publicación *En defensa del formalismo y otros escritos*. Xariat Ediciones, 1985. Pag 106
13. *Ibidem*. Pag 10
14. *Ibidem*. Pag. 125
15. *Ibidem*. Pag 125
16. LÓPEZ Carmona, Fernando *Técnicas constructivas* OBRAS México, septiembre 1996
Artículo La construcción de bóvedas ojivales. Pags 26 a 29
17. ARNOLD, Christopher y Robert Reitherman. *Configuración y diseño sísmico de edificios* Limusa, 1950. Pag. 5.
18. CANDELA Félix. *En defensa del formalismo y otros escritos*. Xariat Ediciones, 1985. Pag. 9
19. *Ibidem*. Pag. 159
20. *Ibidem*. Pag. 112
21. *Ibidem*. Pag. 33.
22. *Ibidem*. Pag 113
23. *Ibidem*. Pag 109
24. LÓPEZ Carmona, Fernando *Técnicas constructivas* OBRAS México, septiembre 1996
Artículo La construcción de bóvedas ojivales. Pags 26 a 29
25. Idea tomada del curso de maestría sobre el Proyecto arquitectónico en zonas sísmicas (análisis cualitativo de edificios), impartido por el maestro en arquitectura Alejandro Rojas Contreras. UNAM 1995. Apoyo bibliográfico.
26. ARNOLD, Christopher y Robert Reitherman. *Configuración y diseño sísmico de edificios* Limusa, México 1950.
27. CANDELA Félix. *En defensa del formalismo y otros escritos*. Xariat Ediciones, 1985. Pag. 139
28. DIESTE, Eladio. *La estructura cerámica*. Editorial Escala. Somosur Bogotá 1987. Pag 158
29. SANTANA Lozada Lucia *El diseño arquitectónico por el procedimiento referencial analógico*. Tesis 1995. Pag. 7
29. CORTÉS Rocha, Xavier. *Cuadernos de arquitectura docencia* UNAM. Monografía sobre la Facultad de Arquitectura. Edición especial (No. 4 y 5) Artículo El posgrado en la facultad de arquitectura. Pags. 115 a 117.

* Comentarios que se presentaron de manera insistente por parte de los entrevistados

Conclusiones

-5



5. Conclusiones.

Las conclusiones de ésta tesis que a continuación se presentan, están escritas en el orden de los diferentes puntos que fueron tratados dentro de los incisos que la conforman.

Como hemos de saber para poder hacer arquitectura necesitamos que se lleve a cabo la construcción de los edificios que diseñamos y para esto, entre muchas otras cosas más, es necesario saber de *estructuras*, dentro de las cuales se encuentran fenómenos y principios que hay que comprender. El estudio de las *estructuras* se ha dado por medios sencillos a través de fenómenos naturales que dependen de conceptos de lógica y racionalidad donde se encuentran implícitas la física y las matemáticas, para la explicación de la estabilidad y el equilibrio para determinar sus aplicaciones, y realizar la comprobación de su resistencia. Como éstas corresponden a principios y fenómenos naturales, por tanto, estudiar las bases acerca de ellas no implica dificultad, siempre y cuando se siga un orden adecuado de su aprendizaje.

Dentro de un proyecto debemos manifestar la creatividad, conjugada con los avances científicos y tecnológicos; y esto en gran parte nos lo podrá dar el conocimiento de la concepción estructural tomando en cuenta sus condiciones de estática y los fenómenos de equilibrio a los que se sujeta y, la actualización e investigación constantes.

Ejemplos de lo dicho anteriormente se pueden sustentar en obras relevantes como las de Antonio Gaudí, Eduardo Torroja, Pier Luigi Nervi, Frei Otto, Félix Candela, Buckminster Fuller y contemporáneamente Santiago Calatrava, entre otros. Ellos buscaron la creación de nuevas y mejores formas a través de la sencillez y de la belleza, pero con un profundo conocimiento de las leyes físicas, utilización de proyectos experimentales y, el estudio y aplicación de los avances tecnológicos, todo esto, por medio de esfuerzo y dedicación.

Pasando a otro punto, al hacer acopio de los datos históricos referentes a la enseñanza de la arquitectura en México se obtiene que, en 1869 y hasta 1929, por una parte, existían los arquitectos, que se dedicaban al área artística en Bellas Artes y por otra, los arquitectos e ingenieros civiles dedicados al área técnica, dependiendo de la Escuela de Ingenieros. Quizás con éstas dos carreras se genera la inevitable rivalidad, ya que como en la actualidad sucede, laboran en el campo de la construcción indistintamente arquitectos o ingenieros, sólo existe cierta limitación en ello, cuando se trata de obras civiles considerablemente grandes.

Posteriormente, al quedar separadas por completo las dos carreras, la de arquitectura y la de Ingeniería civil, como Félix Candela lo deduce, que se va generando a través del tiempo, la falta de estudio del diseño estructural por parte de arquitectos e ingenieros, y al respecto dice: *es una especie de <tierra de nadie> que muy pocos se atreven a pisar con firmeza. ...el arquitecto no contribuye al desarrollo de formas estructurales lógicas, suponiendo quizás que tal labor correspondía al ingeniero. Pero éste a su vez no está interesado en el problema, ya que su intervención se reduce por lo general, a <calcular> una estructura cuya forma está determinada previamente por consideraciones que se supone no son de su incumbencia*

Ésta circunstancia que redundaba en el hecho de que existían, en el quehacer de la arquitectura proyectistas de diseño arquitectónico y proyectistas de estructuras y cada uno con intereses diferentes, desencadena una lucha constante por tratar, como todo ser viviente, de sobresalir, olvidándonos de que es bien sabido que uno no lo puede hacer todo, además de que se dan resultados magníficos al trabajar en conjunto, teniendo una sola meta en común, que es la de realizar un buen proyecto. Los conflictos que pueden surgir, fácilmente se evitarían si desde la realización del anteproyecto se considera el diseño de la estructura. Si se logra establecer este lazo indispensable entre el proyecto arquitectónico y el proyecto estructural, en las aulas, el alumno irá ganando terreno para una mejor y evidentemente necesaria formación.

LA IMPORTANCIA DE LA COMPRENSIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO
 Conclusiones

Entre los comentarios hechos por los entrevistados se mencionó el daño que nos ha hecho el que se nos de, dentro del medio de la construcción, un panorama de distanciamiento entre ingenieros y arquitectos y peor aun entre arquitectos mismos cuando se dedican a diferentes áreas. El arquitecto Fernández Várela desmintió esta situación aclarando además que el ha trabajado en un ambiente de respeto y cordialidad con ingenieros civiles y con otros arquitectos que se dedican a las diferentes áreas; a fin de cuentas todos son profesionistas y es importante el trabajo que desempeña cada uno; puesto que como los doctores López Carmona y Gerardo Oliva en su entrevista lo aclaran perfectamente *soy arquitecto, no estructurista*

La arquitectura misma comprende diferentes áreas y para hacerla van de la mano todas éstas, no puede haber arquitectura plena faltando una de ellas. Y si algunos se inclinan a un área de la arquitectura según sus habilidades y aptitudes que tengan, es porque existe la ventaja de poder dedicarnos a un área en particular y digo ventaja porque no somos perfectos y para unas cosas podemos ser mejores que para otras. Así es que hemos de ver esto de las especializaciones en cualquier área como algo positivo, pero no por eso se pretenda creer que no debamos interesarnos ni conocer otras áreas ya que todas conforman a la arquitectura.

Concluyendo ante la situación que al principio de ésta tesis se plantea, del por qué en muchas ocasiones se diseña sin pensar en la *estructura* y, que el proyectista necesita del estructurista, pero el estructurista no siempre necesita del proyectista, creo que el problema se genera por la confusión que surge en el aprendizaje; y es conveniente como los entrevistados señalaron, estar familiarizados con las *estructuras*; los conflictos se evitarán si tomamos la responsabilidad de ser competentes en este aspecto, aunque no seamos especialistas, si comprender la concepción estructural.

Hoy en día por diversas circunstancias, un tanto tiene que ver la situación económica, el hecho de ser un país en vías de desarrollo, la preocupación de querer y tener que sobresalir como profesionistas, lo saturado que se encuentra el campo de la construcción. Todas estas presiones onllan de cierta forma, a ver como meta más primordial, y también por necesidad, la manera, ya no digamos de hacer dinero, sino de buscar como sobrevivir; pasando inevitable y fatalmente a segundo plano, lo que se refiere a calidad, innovación; escapándose de nuestras manos los principios más elementales del quehacer de la arquitectura. Es así como va desarrollándose una confusión entre nuestras convicciones y nuestras conveniencias que se convierten en algunos casos, en ocasión para no hacer arquitectura de buena calidad; y quizás aquí venga una alternativa ya que el hecho de contar con poco dinero, poco trabajo y por consiguiente más tiempo, podríamos emplearlo en dedicar a investigar lo que en verdad nos convenza, buscando más economía, interviniendo aquí por supuesto el aspecto estructural con el estético, dar paso a la creatividad estructural.

Pensemos que si hubiera más sensibilidad y más motivación del profesionista se generarían proyectos con mayor interés y calidad, y por consiguiente a la larga se vería reflejada más economía. Pero ésta motivación debe estar en gran parte junto a la formación del profesionista: en las aulas; que entre otros tantos aspectos, mucho tiene que ver el estructural, en cuanto a comprensión de él se refiere, ya que recordemos que la estática y resistencia de un edificio es lo que garantizará la estabilidad y con ello que perdure éste, objetivo trascendente de la arquitectura.

En relación a las actualizaciones de los planes de estudio que se han dado, se obtiene que, aunque se reduzcan las materias técnicas ó aumenten las de diseño, como quiera verse, el caso es que los propósitos de aprendizaje que se persiguen en las asignaturas referentes al campo de las *estructuras* son los mismos, pero en menos tiempo y en menos materias, lo cual ha generado confusiones y se ha onllado a dar prioridad a algunos aspectos sobre otros.

LA IMPORTANCIA DE LA COMPENSIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO
Conclusiones

Indudablemente más que aprender de manera técnica los análisis de las estructuras; para mampostería, resolver estructuras continuas y analizar este tipo de estructuras indeterminadas; para concreto armado, madera y acero, manejar los principios y aplicación de la teoría elástica y plástica en el análisis y diseño de los elementos de la estructura y su integración al sistema estructural; habría que establecer la importancia de su existencia y además hay que conocer y comprender como trabajan esos materiales, qué es lo que los hace comportarse de tal manera, y poder con ello, desarrollar estructuras creativas y originales, con la seguridad de saber que son posibles de construirse.

Ya que en la actualidad resulta muy complicado -y en ciertos casos innecesario- que el alumno pueda absorber todos los conocimientos técnicos con gran exactitud, en gran parte porque se van acumulando nuevos métodos que con el tiempo algunos resultarán caducos, porque el avance científico y tecnológico no se detiene, por tanto quizás resulte más práctico y razonable enfocar el aprendizaje de las estructuras hacia la comprensión no sin olvidar que, como en todas las disciplinas lo requieren, deba adquirir el conocimiento de las técnicas empleadas anteriormente y por supuesto de las actuales pero de una manera más práctica y lógica, no tan técnica. Posteriormente cuando el alumno reconozca que esta área es de su mayor interés, adentrarse a todos los métodos y técnicas de cálculo y profundizar sus conocimientos que el mismo vaya necesitando para su especialización.

Por otra parte, en el análisis en porcentajes del tiempo destinado al área de *estructuras*, de diez planes de estudio de la Academia de San Carlos y la UNAM, se obtuvo un promedio general de 16.02%. Actualmente el tiempo destinado a esta área en la facultad de arquitectura es 14.29%. El porcentaje promedio igualmente se comparó con el de cinco Instituciones de Arquitectura (pag. 30) de las cuales, tres se encuentran por abajo de dicho promedio. Aunque es importante señalar que se requeriría de un estudio amplio y detallado para saber realmente que Institución trabaja más el aspecto de la *comprensión de las estructuras*, ya que hablar de porcentajes, en este caso, es incierto debido a que han aumentado todas las áreas de la arquitectura, pero por ello, en lugar de disminuir tiempos destinados a las diferentes áreas, hay que ampliarlos equitativamente según lo requiera el conocimiento de la arquitectura. Es decir, no funcionará mejor el quitar tiempo al área de proyecto, para que por ejemplo, el alumno lo emplee para estudiar computación que actualmente le es necesario, no se puede sustituir en algunos casos un aprendizaje por otro.

Por tanto se concluye que, las diferentes circunstancias, -consecuencia del avance tecnológico, del extenso y rápido crecimiento del mundo de la construcción, habiendo cada vez muchos temas más por conocer y que por presentar actualidad también es importante tratarlos, dejando así menos tiempo para otros aspectos, en este caso el estructural- y necesidades de su enseñanza han ido dando a la arquitectura en el área de *estructuras* diferentes parámetros; con ello, se ha afectado la excelencia en el rendimiento de su aprendizaje, reflejándose en la falta de atención y capacidad de la realización del diseño estructural para crear nuevas formas dentro del diseño arquitectónico. Hace falta establecer un vínculo es decir, además de conocer y comprender, saber como aplicar en el proceso del diseño arquitectónico, el diseño estructural como un medio para poder definir un proyecto creativo. Las materias de *estructuras*, matemáticas y geometría, deben llevar una relación muy estrecha.

Respecto a la preocupación que la enseñanza de la arquitectura ha extenozado en nuestro país, denota constantes modificaciones en los programas académicos, pero también es importante encontrar una mejor y adecuada aplicación de ellos; para facilitar el aprendizaje del estudiantado. Y para esto, es necesario presentar alternativas.

LA IMPORTANCIA DE LA COMPRESIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO
 Conclusiones

Por ello viene la importancia de hacer revisiones periódicas de los programas de estudio, hoy en día el Plan de la facultad de arquitectura señala esa necesidad, habrá que hacer insistencia de que se lleven a cabo y poder introducir diferentes y nuevas técnicas de aprendizaje que vayan surgiendo por los cambios científicos y tecnológicos. Hay que aprender a tener constantes cambios, esto al principio será difícil, pero después se podrá asimilar con mayor desenvolvimiento y el profesor se familiarizará con ellos; ya que es de gran importancia la participación entusiasta y responsable, sin perder el objetivo de mejorar la enseñanza, en este caso de la arquitectura.

En las opiniones expuestas dentro de las entrevistas, en general se manifestó la preocupación singular porque se intensifique esta área, en ellas se plasma el deseo porque se le dé más énfasis a la comprensión del aspecto estructural dentro de la enseñanza. Las inquietudes entre cada uno de los entrevistados se asemejan; por ejemplo, dos de ellos elaboraron su propia metodología, aunque con distintos enfoques cada una de ellas, pero las dos surgen por la preocupación del mejor entendimiento hacia el aspecto estructural. El objetivo de la metodología del arquitecto Guillermo Gerdingh es el comprender el proceso del diseño estructural y la forma en que se vincula con el diseño arquitectónico, la metodología del doctor Humberto Acedo, es para que el alumno comprenda el papel de las estructuras en el trabajo del arquitecto y resolver el problema de tantos reprobados en esta materia.

Al mencionar un ejemplo de buen diseño, de cualquier género y respecto a las obras seleccionadas por cada entrevistado, se concluye que cualquier obra arquitectónica puede ser útil para aprender de ella, de sus aciertos y de sus errores, ya que en las opiniones hubo inclinación por recomendar las visitas a diferentes tipos de edificios y por mostrar ejemplos reales por medio de diapositivas. Dentro de las entrevistas se mencionaron en mayoría obras nacionales y solo cuatro obras extranjeras. Dos de los entrevistados, el arquitecto Fernández Várela y el doctor Oliva, fueron muy explícitos en relación a esto, ya que comentaron que hay infinidad de obras, tanto históricas como contemporáneas de las que se puedan utilizar para el aprendizaje del alumno, lo más importante es que sean ejemplos claros y reales.

En base a las ideas y recomendaciones, reflexiones y puntos más insistentes obtenidos a lo largo de la investigación, con el objetivo de buscar alternativas, es implementado un curso introductorio a las *estructuras*, señalando el alcance general, temas básicos y bibliografía recomendada. Dicho curso, es una propuesta producto de un trabajo de investigación, con la finalidad de contribuir a la continuidad de la enseñanza de la arquitectura, con la cual se hace una invitación a la reflexión, para no desistir en la búsqueda de su optimización.

El objetivo es sensibilizar al alumno y arquitecto sobre la importancia de las estructuras, no para que sepa calcularlas ya que eso es solo la comprobación, pero si proyectar y crear formas teniendo la seguridad de que serán resistentes. El alumno desde sus inicios en el quehacer de la arquitectura, debe enterarse que el proyecto arquitectónico va íntimamente ligado con el proyecto estructural. Dando desde la base este conocimiento, el alumno ha de saber que siempre tendrá que tratar constantemente con las estructuras; descartando así la posibilidad de crear en su mente, lo que debe ser un mito, respecto a decir, que para eso existen los estructuralistas, que su misión es la de hacer el proyecto en lo que al diseño arquitectónico se refiere y después consultar a alguien que sepa de estructuras. Se debe tener bien claro que el aspecto estructural interviene desde el inicio del proyecto arquitectónico, al concebir el anteproyecto arquitectónico se decide la solución estructural. Al alumno se le debe sensibilizar desde el primer momento que pone un pie en el aula con el objetivo de llegar a ser arquitecto, se le deben dejar bien claras sus expectativas y hacer que le surja una gran ansiedad por conocer cada vez más y más, que debe sacrificar muchas cosas, pero sobre todo, despertar su curiosidad como base del conocimiento.

Y desarrollar la relación entre el diseño arquitectónico y el diseño estructural. Tomando en cuenta: la economía, en la utilización de materiales y buscar la facilidad de ejecución en la obra; sencillez en el cálculo para no recurrir a especialistas; el empleo de formas lógicas, que tengan adaptabilidad y posibilidades combinatorias. Aquí cabe mencionar que no es necesario ser un experto en todos los métodos de cálculo estructural, pero si es necesario comprender el comportamiento y fenómeno de las *estructuras* para que al realizar un proyecto se tenga la certeza que cuenta con la estabilidad requerida y por consiguiente se pueda construir sin complicaciones, y no olvidar la forma expresiva, o sea tomar en cuenta el aspecto estético, pero incluido el aspecto estructural, el doctor López Carmona dice *que hay que volver a aprender a manejar la forma*. Por tanto, hay que trabajar en la capacitación del diseño estructural, el arquitecto tiene que ir más allá, es decir conocer y aplicar las formas geométricas, tener conocimiento de las leyes físicas y como las puede aplicar en el campo estructural, nociones de los procedimientos para calcular las *estructuras* y, no asociarlas con trabajo difícil, por el contrario asociar éstas, con trabajo *creativo, inventivo e imaginativo*, como Candela decía, que también de la intuición mucho nos hablaba el a mediados de siglo, pero hoy más que nunca hay que trabajar estos aspectos, y por el único medio que llegan es a través del conocimiento. En este fin de siglo hay que dar paso a diversas formas de pensamiento y no aferrarnos tanto a las anteriores, ya que más adelante irán surgiendo otras maneras de pensar y será mejor que hoy concibamos las de este momento.

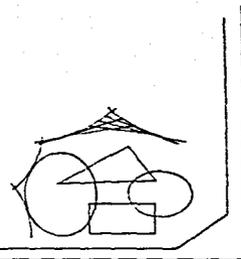
Hay que tener en cuenta que, todo buen resultado viene del desarrollo de la creatividad, del conocimiento de la ciencia, del estudio constante, y gran parte de estos principios se deberán generar desde la formación escolar. Para ello también es necesario que el docente tenga la motivación y emoción de dar la materia, para inculcar al alumno el deseo de aprender, en este caso, las *estructuras*. Esto da pauta a que se realicen nuevas investigaciones sobre el perfil del maestro. Por otro lado, también otros temas de investigación pueden ser: buscar y/o crear otros métodos de aprendizaje de las estructuras y sin tanta labor numérica, continuar con investigaciones concienzudas del desarrollo de formas estructurales lógicas; profundizar en el tema con bases de, si al ser buen geómetra se facilita el cálculo estructural. Y por otra parte, es importante señalar el fomento que el posgrado deba tener en el impulso a la producción de nuevos documentos sobre estos temas.

Finalmente cabe decir, que se ha llegado a la propuesta del curso introductorio a las *estructuras*, pensando que a veces es necesario buscar otras alternativas; salimos del camino para encontrar la solución, quizás la más descabellada es la mejor; y la manera de hacerlo es experimentando, pero si nunca se intenta aplicar diferentes alternativas no lo podremos saber.

Este curso, parte de la idea de ir de lo general a lo particular en el aprendizaje de las *estructuras*. Pero lo que más se pretende es concientizarnos profundamente en la gran importancia de la enseñanza de la arquitectura para que ésta permanezca y trascienda, obligarnos a reflexionar; y con ello responder a las necesidades de actualización que nos marca el Plan de Estudios 1992 de la Facultad de arquitectura en licenciatura de la UNAM, para continuar con un progreso y evolución, como lo expresa el doctor Oliva: *resolver el problema dando soluciones acordes a nuestras posibilidades e ir en busca de una expresión en la arquitectura*; y además, estar conscientes que se debe ser más eficaz por la razón de habitar en una zona sísmica. Habrá que adquirir conocimiento y una disciplina que nos dé las bases del campo del diseño estructural, y éste relacionarlo directamente con el diseño arquitectónico; y creo que la fusión de éste resultado nos llevará a una creatividad estructural actual.

Apéndice

-6



6. Opiniones:

Como se ha mencionado en un principio, ésta investigación comprende la realización de entrevistas, para recabar diferentes puntos de vista actuales de la problemática citada. A continuación se presenta el resumen de las entrevistas referentes al tema en cuestión, aclarando que el orden de acomodo ha sido según la experiencia de cada entrevistado, llevado a cabo de mayor a menor.

Las opiniones expresan diferentes puntos de vista sobre la enseñanza de las *estructuras*, para ello se efectuaron preguntas, tales como:

- De qué manera influyó la enseñanza recibida durante su formación.
- Qué fue lo que le motivo a dedicarse a éste campo de las estructuras.
- Cómo le hubiera gustado que le impartieran ésta enseñanza y si tuviera que volver a cursar la licenciatura, qué le gustaría que le enseñaran.
- Recomendaciones para la enseñanza a nivel licenciatura y a nivel posgrado.
- Recomendación bibliográfica

Cada entrevistado ha seleccionado una obra que representa para ellos un buen diseño arquitectónico y por consiguiente estructural, el objetivo de esto es enmarcar las cualidades de esas construcciones.

Para la selección de dichas obras no se generalizó alguna característica en particular, es decir, no ha importado la contemporaneidad o el lugar, pudo ser una obra propia o ajena, nacional o extranjera.

Tal es así que fueron seleccionados distintos géneros de construcciones como: el Partenón, en Grecia; el Templo de la Purísima y la Iglesia de Santa Mónica, en México; la alberca olímpica y gimnasio, en México; el estadio olímpico de Munich, el Panteón de Agnps, en Roma; el edificio de Celanese Mexicana; El Marco de Teodoro González, el Estadio de Ciudad Universitaria, el Cenit plaza Arquímedes, La Catedral Metropolitana, estos cinco últimos ubicados en la ciudad de México; y la Ópera de Sidney de Australia.

Cabe hacer la aclaración que también se seleccionaron obras, que más que enmarcar sus cualidades, son construcciones señaladas como "donde del error se aprende", claro está que en muchas obras, sino es que en todas, errores y aciertos los debe de haber, pero para esta ocasión han sido citados el caso del Templo de la Purísima y el de la Ópera de Sidney, como ejemplo muy claro del que hay que aprender, en diferentes términos y circunstancias cada una de éstas obras; ya que por causas distintas fueron citadas por los entrevistados.

En el caso muy particular del arquitecto Juan Antonio Tonda se decide hacer cita, -por ser el originario de España y es ahí donde han surgido algunos profesionistas muy especiales en el ramo de la construcción-, de personajes importantes que han hecho aportaciones ejemplares que han sido fundamentales y principales en el desarrollo de la arquitectura, ya que en particular se han preocupado y hacen mucho énfasis en el desarrollo de la creatividad estructural, dichos profesionistas son: Félix Candellach, Antonio Gaudí, Eduardo Torroja, Félix Candela y en la época actual Santiago Calatrava.

Aprovecho para expresar un profundo agradecimiento a los entrevistados por su tiempo y aportaciones que representan la columna vertebral de esta tesis. En sus ideas expuestas dentro de las entrevistas, se encuentra el enriquecimiento y fortalecimiento de ésta investigación.

Fecha: 13-11-95.

Maestro en Arquitectura Bernardo Calderón Cabrera.

Al preguntarle al arquitecto sobre el tema en cuestión, nos dice que partiendo de lo establecido por el primer arquitecto Vitruvio en su tratado sobre *architectura*, los espacios deben tener higiene, confort y solidez. *Todas las obras son el resultado de una idea estructural. Antes no se hablaba de "sentir el espacio", esto es algo que se ha ido agregando con el tiempo.*

También nos dice muy categóricamente: *Arquitectura es estructura, lo demás son "vaciladas". Hay gente que ha tratado de desligar a las estructuras de la arquitectura, pero definitivamente, no se puede.*

Al proyectar se está tratando de concebir, diseñar un trabajo, pero lo que se está haciendo en sí, es estructura. Y ésta enseñanza es a través de las matemáticas, no de otra manera, enseñando pues a calcular, no veo otra forma más que con los números.

Recomendación: *"Si vas a hacer una estructura, ve a observar otras, cuales hay, de donde se han deformado, ahí tienes todo, ves las cargas, las deformaciones, la columna romana se fue optimizando, hasta llegar a secciones más complicadas, es el ejemplo más claro El Partenón, de Ictinus y Calícrates.*

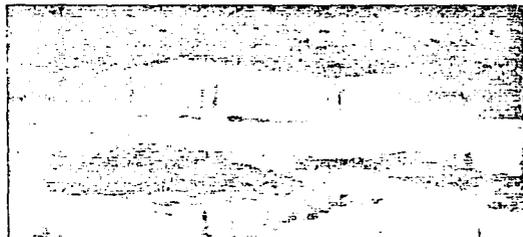
Hay que tener "sensibilidad" hacer las cosas con lógica, usar las matemáticas. El arquitecto es el primer técnico y además somos artistas, hay que educarnos, cambiar de conducta, aprender matemáticas. Las formas estructurales posibles ya están explotadas, precisamente en este momento hay que tener más cuidado con las estructuras. La arquitectura es estructura y para eso matemáticas".

El arquitecto Bernardo Calderón, actualmente da clases de diseño estructural en la maestría de restauración, en nuestro posgrado, en la Unam.

Él desea para el próximo semestre impartir una materia que la llamará: "presencia de la estructura en el proyecto arquitectónico"; con el fin de hacer hincapié en lo que repite y demuestra constantemente a sus alumnos: "La arquitectura es estructura".

Muchos de los que han sido sus alumnos hablan de la sencillez y facilidad, que tiene el arquitecto, para transmitir sus conocimientos; todos ellos a base de números, dicen: "el maestro Bernardo Calderón, ve a la estructura como siempre se debe de ver, de una manera clara y sencilla, ve el cálculo como un proceso geométrico, un proceso natural, no se mete en complejidades".

<El Partenón, Atenas, Grecia. Construido como un templo para la diosa Atenea, entre los años 447 y 438 a.C. Consiste en una base rectangular de 72.5 por 31 metros, con una columnata entre los cuatro lados. El techo no era muy alto y tenía un frontón triangular en cada extremo. Pero estas formas geométricas son suavizadas y avivadas por variaciones sutiles que hacen del Partenón el más perfecto de los antiguos edificios griegos. Todas las líneas horizontales se dirigen arriba y al centro, y las columnas que se ensanchan ligeramente en el centro y se angostan arriba, se inclinan hacia adentro.>



El Partenón. Símbolo universal de la época dorada de Grecia.

Fecha: 17-11-95.

Doctor Fernando López Carmona.

Con una larga experiencia profesional y académica, gran parte de su trabajo subraya la importancia de la estructura en la forma arquitectónica. El Dr. López Carmona nos dice: "Soy arquitecto, no estructurista, y el ser arquitecto significa entenderse con los números, o sea con las estructuras". Señala la importancia de la enseñanza que recibió de geometría descriptiva y estereotomía, ya que aprendió las características geométricas que impartían características mecánicas al comportamiento de las formas.

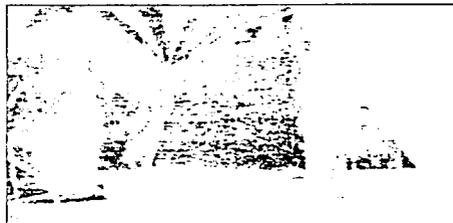
A continuación se cita parte de la conferencia que dio en 1985, titulada "Diálogos con Arquitectos Mexicanos" para la UAM, Unidad Xochimilco.³

<Los arquitectos tenemos que trabajar dentro de los límites que nos permite la física, vivimos en un mundo real, no en un mundo espiritual. Las piedras pesan, compañeros y obedecen a las leyes de la física y si no lo saben no se pueden meter a una aventura de este tamaño (haciendo referencia al proceso constructivo de Santa Mónica). Hay que saber como se comportan los materiales para poder hacer una cosa de esas. Esto no es una cuestión de inspiración divina; es una cuestión de trabajo y estudio constantes. Decía Luigi Nervi que los problemas arquitectónicos, así como el acervo científico del mundo contemporáneo, son tan grandes que no nos podemos permitir el lujo de ignorarlos. La forma de una estructura de ese tamaño está predeterminada por la física y lo único que nos queda es encontrar con la tecnología de construcción, nuestra propia expresión formal. Creo que los cascarones son un ejemplo que se dio en este país.

El arquitecto tiene la obligación no solamente de dar la receta o el consejo, sino también de decir cómo se hace. Es muy cómodo imaginar una forma y después que vengan los ingenieros a hacerla. Por eso dicen los ingenieros que arquitecto es femenino de constructor. Yo creo que tienen razón, y también creo que hay que asumir la responsabilidad de lo que proponemos.

Templo de la Purísima: la disposición general del edificio es absolutamente tradicional. Inclusive la concepción constructiva es absolutamente tradicional, un cañón como con el crucero y con las capillas laterales. Este proyecto lo estaba haciendo Enrique de la Mora con enorme visión plástica. Indudablemente desde el punto de vista formal es muy hermoso, el manejar la torre excéntrica es todo un acierto, pero desde el punto de vista constructivo, no había (aún) la suficiente agilidad mental y desde luego no tenían la experiencia necesaria para resolver todos los problemas técnicos. No se trata sólo de que las cosas parezcan lo que son, sino que deben ser lo que parecen. Y esto no es lo que parece, este es un edificio hecho con métodos tradicionales pero con una intención formal absolutamente contemporánea. Sin embargo esta es la piedra clave de la cual arranca una intención formalmente muy hermosa, como proceso de evolución.>

<Santa Mónica: Con la bóveda apareció la intención formal del proyecto. Noten ustedes que hay superficies de doble curvatura y que a través de esas curvas debe entrar el sol, y que el sol se va interceptando con esos cilindros que están en el fondo, así como paredes planas a los lados y con el piso. Esa era la temática formal que se estaba desarrollando en la Iglesia.>³



LA IMPORTANCIA DE LA COMPRESIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO
 Apéndice.



<El templo de la Purísima es definitivo en cuanto al arranque de la arquitectura religiosa moderna en México. Su esquema en planta, como puede observarse, es todavía muy tradicional. Pero a partir de la antigua traza de cruz latina, con capillas laterales y ábside de desplante semicircular se concibe ahora una estructura manifiestamente contemporánea, en su técnica y en su expresión, la que por sí sola hará el modelado del volumen de la iglesia y constituye la envolvente de su ámbito interno. Se consigue así con el concreto armado, el equivalente de lo que en el medioevo se consigue con las estructuras pétreas de los templos góticos. Todavía cuando se proyectó la Purísima, no desarrollaba Félix Candela sus cubiertas laminares de doble curvatura, las que en colaboración con este arquitecto aplicaría el propio De la Mora en siguientes proyectos de iglesias. Sin embargo este Templo de Monterrey, como precursor de los citados, muestra ya que la voluntad de envolver la nave con un cerramiento continuo de apariencia ligera que sea techo y muro a la vez, y aunque las secciones estructurales son ciertamente mayores que las que luego podrían lograrse, tal sensación de ligereza está aquí acertadamente conseguida a través del contraste. Es para ello que se proyectó una torre visualmente tan pesada: un prisma casi ciego recubierto de piedra con despiece irregular, mismo tratamiento que se repite en los paramentos verticales de las capillas laterales.>⁵

Fecha: 17-10-95.

Arquitecto Juan Antonio Tonda ...su opinión:

El problema está en la división del trabajo, al hacerse la arquitectura "compleja" una rama de profesionistas se ha dedicado a las estructuras y otra rama a la arquitectura, cuando la arquitectura realmente es todo, tanto la estructura, como la parte integral del proyecto. Ahora muchos arquitectos se lavan las manos y lo dejan al estructurista. Como profesor de estructuras en la escuela de Arquitectura, si podía exigir los trabajos estructurales que pedía, pero como profesor de arquitectura, que también lo he sido, los alumnos siempre me contestaban que "los cálculos los va a hacer un ingeniero". Pero para comprender hay que meterse en el terreno de las matemáticas y hay que tener una preparación más sólida, porque los ingenieros no les preocupa más que la estructura y casi tienen prohibida, en sentido figurado, toda creatividad, entonces hay un círculo vicioso, ellos se sujetan a un sistema muy rígido y conservador, hay ingenieros estructuristas que se meten al diseño de proyectos arquitectónicos pero descuidan lo estético y lo funcional, claro que hay ingenieros muy brillantes, pero son una excepción. Ahora unos miran por el progreso de la estructura, sólo se dedican a ello y el arquitecto se esta quedando rezagado tecnológicamente y que esta casi supeditado al ingeniero estructurista, ha perdido su libertad creativa: se ha convertido al revés, antes el ingeniero estructurista le servía a él, pero creo que hoy el arquitecto ha quedado relegado y tiene que servirle en cierta manera de proyectista a un ingeniero. Se han invertido los papeles.

Mi intención ha sido siempre ligar las carreras de arquitecto y de ingeniero estructurista, que sean una sola. Yo comprendo que la ciencia estructural se ha hecho enorme y además no todas las aplicaciones que tiene la ingeniería estructural corresponden a la arquitectura puesto que se hacen puentes, túneles y muchas otras obras de ingeniería, pero yo pienso que si al arquitecto se le diera una mejor preparación en matemáticas sobre todo, se le dirigiria desde el principio al terreno estructural.

Ahora el muchacho que empieza, no tiene la principal herramienta de la arquitectura, que son las estructuras. La estructura condiciona la forma que tenga el edificio, por tanto no se puede salir uno de la forma sin el permiso estructural; y si él mismo es el estructurista ha conseguido su objetivo.

Esto también puede ser cuestión de un trabajo en equipo bien logrado, un individuo no puede hacer toda la labor él solo; pero en México estamos muy poco capacitados para trabajar en equipo, estamos muy aislados, no formamos consorcios, ni empresas. Se trata tambien de tener un buen equipo de trabajo, un alumno individual en la carrera presentando sus trabajos no es nadie, habría que revolucionar para que se trabajará en equipos interdisciplinarios, ese sería otro camino, desde luego trabajar con los ingenieros que están al lado de nuestra escuela. Es muy importante que el arquitecto se convierta en diseñador de estructuras, (pero no en calculador de estructuras), en la creación de estructuras, eso no lo esta haciendo nadie. Con la preparación estructural suficiente el arquitecto debe de hacer el diseño creativo de las estructuras, basado en eso, se podría hacer una carrera de arquitecto estructurista.

-Como se mencionó en un principio de éste apéndice, a continuación se citan algunos personajes que han hecho aportaciones ejemplares en el campo estructural.-

<Felix Cardellach Alives, n. 1875 y m. 1919 en Barcelona. Curso la carrera de Ingeniero en la entonces Escuela Especial de Ingenieros Industriales de Barcelona y simultaneo los estudios de la Escuela de Arquitectura, consiguiendo ambos titulos. Se dedicó a la enseñanza y al estudio, ganó las cátedras de Estereotomía y Arquitectura Industrial en el año de 1901, las cuales profesó hasta su fallecimiento. Escribió más de catorce libros, pero indiscutiblemente, su obra cumbre es *Filosofía de las Estructuras*, fruto de asombrosa clarividencia del hecho estructural.>⁶

LA IMPORTANCIA DE LA COMPRENSIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO
 Apéndice.

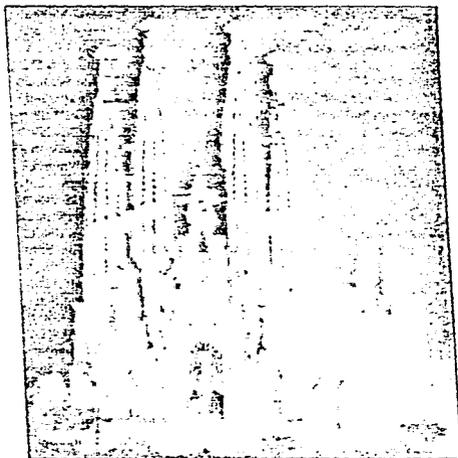
<Antonio Gaudí y Comet, n. 1852 en Reus (Tarragona), m. 1926 en Barcelona. Realiza sus estudios en los Padres Escolapios de su ciudad natal, luego se traslada a Barcelona para estudiar en la Facultad de Ciencias (1863-1873) y en 1873 ingresa en la Escuela Provincial de Arquitectura, en donde obtiene el título de Arquitecto en 1878.

En España, las últimas décadas del siglo XIX se caracterizan por cierto confucionismo artístico, coincidiendo con la primera etapa de la Restauración (1875-1902).

La arquitectura ochocentista entra en crisis al ampararse en la repetición de movimientos artísticos: neoclásicos y neorrománticos. Los arquitectos no piensan en nuevas soluciones técnicas al margen de estos estilos.

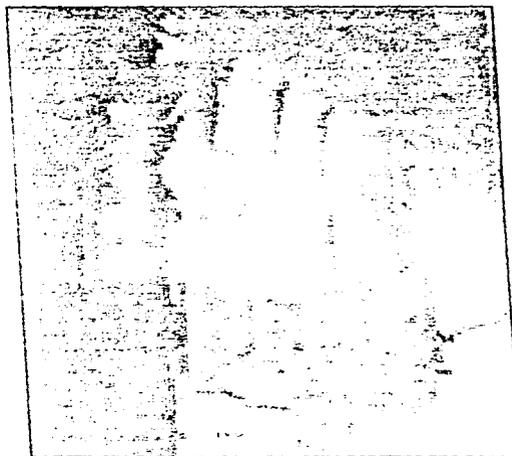
En el caso de Antonio Gaudí, su comportamiento y su obra constituirían una trayectoria aislada con un sello especial, sorprendente y, algunas veces, difícil incluso de calificar.

La obra completa de Gaudí pasó por completo inadvertida para la crítica internacional hasta los años cincuenta. Será Bruno Zevi quien en su artículo "Un genio catalano. Antonio Gaudí", aún reconociendo la dificultad de insertarlo, reclama un lugar para "el talento de más fuerte personalidad que hayan producido tanto el siglo XIX como el XX". >⁷



Templo de la Sagrada Familia, Barcelona.
 (1883-1926).

<Gaudí recibe el encargo de continuar la incipiente obra del Templo Expiatorio de la Sagrada Familia. En este primer periodo, el arquitecto se esforzó por encontrar un estilo propio con una voluntad nacionalista.>

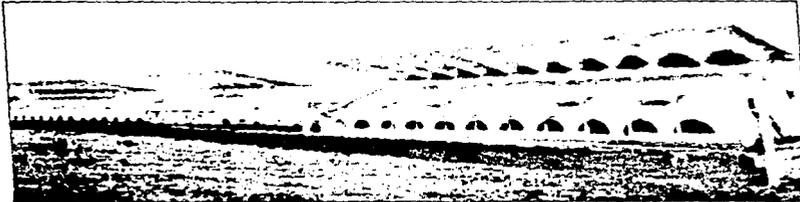


Interior del Palacio Güell, Barcelona.
 (1886-1889).

<El Palacio Güell, de carácter medievalista, con sus dos arcos parabólicos en la planta baja, es importante por su trabajo decorativo y por la calidad de sus acabados, que se contraponen a la austeridad y fluidez espacial del Convento Teresiano.>

LA IMPORTANCIA DE LA COMPRENSIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO
 Apéndice

<Eduardo Torroja y Miret, n. 1899 en Madrid, m. 1961 en Madrid. Termina sus estudios de Ingeniería en 1923 en la Escuela de Caminos de Madrid. Torroja es uno de los grandes creadores de formas arquitectónicas nuevas. Su obra, extendida por Europa, África y América, muestra la coincidencia de una rica fantasía, la capacidad para plantear problemas raros y ofrecer soluciones sorprendentes, y finalmente un gran talento técnico. Lo esencial de sus principios está contenido en su libro. Al contrario de los ingenieros calculadores, arranca de los derechos de la fantasía y los cálculos le sirven para confirmar sus ideas formales.>⁵



Para las tribunas del Hipódromo de la Zarzuela de Madrid, proyectó en 1935 un sistema de cubierta, con bóvedas en amplio voladizo, agarradas por anclajes situados detrás de los montantes.

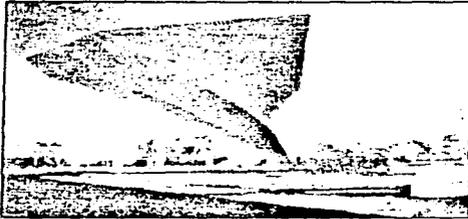
<Félix Candela, n. 1910 en Madrid. Estudia en la Escuela Superior de Arquitectura y en la Academia de Bellas Artes de San Fernando de Madrid. Poco antes de acabar la carrera tiene la ocasión de contemplar, durante su ejecución, dos de las estructuras más conocidas de E. Torroja: la cubierta de la tribuna del Hipódromo de la Zarzuela y la del Frontón Recoletos. Puede ser que al ver la doble bóveda de cañón de la segunda cubriendo una superficie de 60x36 m y algunas otras de sus obras se le despertara el interés por las cascaras, un método constructivo que combina como acaso ningún otro la inspiración y la exactitud de cálculo.>⁷

En la Universidad de México se le presenta la oportunidad de construir los primeros paraboloides hiperbólicos, concretamente en el edificio de Rayos Còsmicos (1951) logra reducir el espesor de la cubierta a 15 mm.

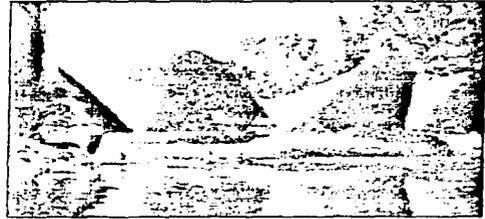
La ventaja de los paraboloides hiperbólicos, si se les compara con la esfera u otras formas geométricas para soluciones abovedadas, estriba en que el encofrado se hace con tabloncillos rectos. La sencillez relativa de ejecución y el ahorro de material son dos factores que conducen a tal abaratamiento en sus obras, de coste inferior a las cubiertas rígidas, que no faltan los encargos de edificios industriales. A su afirmación de que, a la usanza de los antiguos constructores de catedrales, se guía más por la intuición que por el cálculo, debe añadirse que aquélla descansa en el profundo conocimiento de los materiales y de sus propiedades, un saber acrecentado en cada experiencia.

Su labor de arquitecto y diseñador está presente en la iglesia de la Medalla Milagrosa, en México, D.F. (1954-1955, en colaboración con Enrique de la Mora), como también lo está la inequívoca influencia de A. Gaudí. Del año 1953 a 1970 imparte clases en la Universidad Nacional de México, y de 1971 a 1978 en la Universidad de Illinois, en Chicago, ciudad en la que también ejerce de profesional.⁹

LA IMPORTANCIA DE LA COMPRESIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO
 Apéndice



*Estructura para el estadio al aire libre de Santa Fe. Con Mario Pani*¹⁰



Restaurante "Los Manantiales", Xochimilco. Con Joaquín Álvarez Ordóñez

<...surge Félix Candela como uno de los iniciadores de nuevas propuestas formales y especiales, basadas en singulares soluciones estructurales. A su arribo a México encontró un país que vivía un crecimiento económico importante como consecuencia de la Segunda Guerra Mundial, lo que se reflejaba en una actividad notoria en el área de la construcción. Asimismo, el ámbito arquitectónico mexicano, imbuido por una inquietud y una búsqueda dentro de la producción de edificios novedosos y originales, estaba a la espera de nuevas aportaciones. Dentro de esas condiciones favorables, Candela supo llevar a buen fin sus propuestas novedosas con un doble papel, arquitecto y constructor.

Como calculista y constructor de estructuras encontró en México el terreno fértil que le permitió desarrollar su talento. Este país contaba con una mano de obra barata pero diestra, con carpinteros que podían realizar las cimbras de formas complicadas, a la vez que ofrecía un bajo costo en los materiales requeridos, esencialmente la madera. Además existía una demanda de construcciones con grandes claros, especialmente para uso industrial, y no se contaba con los elementos que permitiesen salvar esos claros, por lo que las estructuras de concreto llamadas de cascarón por su delgadez, fueron privilegiadas. Finalmente cabe agregar que en México, los arquitectos que buscaban realizar un quehacer novedoso e innovador, encontraron en Candela el apoyo indispensable tanto para los diseños como para la ejecución. >¹⁰

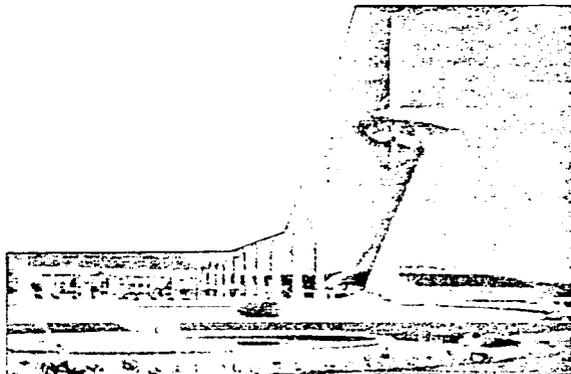


Proceso de realización de la estructura del Restaurante "Los Manantiales".¹⁰

Así como el caso de algunos personajes entre ellos Félix Cardellach, que busco establecer el "equilibrio perfecto" entre ambas profesiones (arquitectura e ingeniería), hoy en día tenemos un ejemplo de la búsqueda de dicho equilibrio con Santiago Calatrava que siendo arquitecto sentía un faltante en la creación de sus obras y por ello se decide estudiar también la carrera de ingeniería. *"Ante una explosión de ideas tan fascinantes, nuestra reflexión se ve obligada a desplazarse a otro terreno. Nos es dado constatar la instauración de una nueva alianza entre la arquitectura y la ingeniería. Somos testigos de una trasgresión en el curso de la batalla inexorable que ha dividido durante un par de siglos el dominio de la construcción en dos bandos rivales donde militan respectivamente, arquitectos e ingenieros."*¹¹

Félix Cándela refinándose a Calatrava " acerca de la feliz unión de la educación humanística y arquitectónica con el conocimiento de las leyes de la estática y del método para analizar y valorar las tensiones con que una estructura reacciona a las sollicitaciones externas" ¹²

Para Calatrava es un privilegio dominar la arquitectura y la ingeniería, inspirándose en formas de la naturaleza con un profundo amor por la humanidad, reuniendo un equilibrio entre ambas, para sus creaciones; aunque también le comparte a la escultura parte de sus obras.



<Torre de comunicaciones del
Centro de la Ciencia en
Valencia.
Altura: 380 metros.>¹³

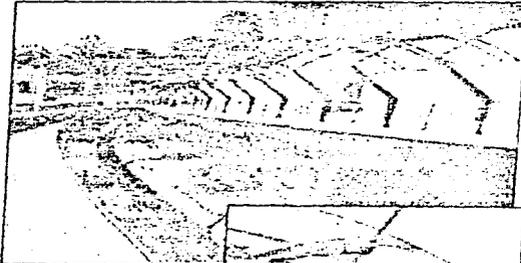
<Santiago Calatrava. Estudió arquitectura en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia, y después decidió cursar la carrera de ingeniería. Entonces se inscribió en el Instituto Federal de Tecnología de Suiza, en Zunch, donde la enseñanza es muy rigurosa, y donde se le conoció como destacado estudiante. La mayoría de los edificios modernos se caracterizan por sus afiladas aristas y sus rígidas fachadas de cristal, mientras que los de este arquitecto nacido en España toman prestadas las líneas curvas de la naturaleza, con lo cual dan una impresión más suave y atrayente. El resultado es una feliz variante de la arquitectura rectangular de nuestros días. "Uno de los ingenieros más imaginativos y dignos de consideración en nuestros tiempos...poseedor de un talento notable y prodigioso". En efecto la habilidad de Calatrava para complacer y deslumbrar al público lo ha convertido en uno de los arquitectos más ocupados y respetados de la Europa actual. En los últimos diez años ha diseñado más de 60 proyectos para el sector público en vanos países, lo cual es extraordinario tratándose de un hombre de 42 años.>¹³

LA IMPORTANCIA DE LA COMPRENSIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO
Creatividad estructural actual



<El puente Bach de Roda, en Barcelona (izquierda), tiene dos aceras que se amplían poco a poco hasta convertirse en paseos, con una espléndida vista del parque Sant Martí.>¹³

<El puente Alamillo, de Sevilla (derecha), el más imponente de todos los que ha creado Calatrava, demuestra el talento del arquitecto para llevar los materiales al límite de sus posibilidades. Esta audaz estructura en forma de arpa tiene un solo y majestuoso pilón de 142 metros de altura, que con trece pares de tirantes de acero en diagonal soporta una calzada de 250 metros de longitud, la cual cruza el río Guadalquivir. Hubo quien opinó que su realización era imposible, pero el joven diseñador probó que se equivocaban.>¹³



<La estación de trenes de Stadelhofen, en Zurich (izquierda), se ha convertido en un centro de reuniones. La atención que Calatrava pone en la iluminación contribuye a que el visitante se sienta bienvenido y resguardado. El concreto circundante forma en el techo 31 nervaduras curvas que confirman la impresión de estar protegido. En las plataformas del primer nivel, la fascinación del arquitecto por los huesos y las articulaciones se nota en los soportes del techo, inspirados en el antebrazo y la muñeca humanos. Fuera de la estación se ven puentes que cruzan, suben, bajan y se curvan en torno de los andenes. A fin de unir una colina que se localiza detrás de la estación con la plaza de la parte frontal, Calatrava añadió un soleado paso peatonal elevado, con una maravillosa vista del lago Zurich. Desde el nivel de la calle se aprecian las armonías y las formas características de Calatrava en los puentes para peatones, los pretilos y los soportes.>¹³

Fecha: 14-10-96.

Arquitecto Jorge Fernández Varela

Egresado de la Escuela Nacional de Arquitectura de la UNAM en 1964.

Ha realizado diversos estudios relacionados con estructuras y diseño sísmico de edificios en la División de Estudios Superiores y en el Centro de Educación continua de la Facultad de Ingeniería, así como en la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura del Instituto Politécnico Nacional. Ha desempeñado diferentes cargos y comisiones entre ellos:

-Profesor de la División de Estudios de Posgrado en la Facultad de Arquitectura.

-Consejero Técnico de la Facultad de Arquitectura.

-Miembro del Consejo Interno de la División de Estudios de Posgrado de la Fac de Arquitectura

-Miembro en la UNAM de la Comisión de Planeación, el Comité Técnico de Comunicación de la Ciencia, el consejo Editorial y el Consejo Interno de Administración.

-Miembro del Consejo Consultivo de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural.

-Jurado de los Premios Nacionales de Ciencia y Tecnología.

Es corresponsable en Seguridad Estructural por el Departamento del Distrito Federal, presidente del Consejo de Administración de Grupo CYCA.

A continuación su opinión.

Durante mi formación recibí influencia en el área de estructuras de profesores estupendos como Manuel de la Colina que me dio clase de mecánica, en seguida el arquitecto Filemón Fierro que me dio clase de resistencia de materiales, luego tuve una clase importantísima de estructuras de concreto con el arquitecto Bernardo Calderón, un maestro exigente pero simpático y luego el último año de la carrera tuve una clase estupenda de estructuras también, con el arquitecto Jorge Molina Montes; en la calidad de esos cuatro maestros en buena medida, yo creo que se explica porque me gusta esta área. Realmente lograron hacer que entendiera cual es el papel de las estructuras en el trabajo del arquitecto. Después yo trabajé como pasante en la oficina de Jorge Molina y ahí realicé mis primeros diseños y análisis estructurales, posteriormente recién titulado forme mi despacho de proyectos estructurales.

Me habría gustado que la materia en la que se inicia la enseñanza del análisis de estructuras hiperestáticas hubiera estado más enfocada a la parte de teoría y conceptualización de las estructuras; no tanto a la labor numérica y compleja, me estoy refiriendo a la época anterior a la calculadora de escritorio, donde se utilizaba fundamentalmente la regla de cálculo, que no fue un inconveniente, al contrario yo creo que fue extraordinariamente útil, ya que a medida que íbamos desarrollando a mano los cálculos, se iba desarrollando en quien practicaba el diseño estructural, una sensibilidad muy especial a las cifras, al orden, al rango, a los límites de los cuales debiera tenerse un resultado; y cuando de pronto algo se leía en el proceso de cálculo, con algún número fuera de esos rangos, se prendía un foco que llevaba a que uno revisara. Ahora, creo que se ha perdido mucho esa sensibilidad al rango con los procesos de análisis de cálculo que hacen los programas de computo, pero en esa clase de análisis, quizás de las más complejas estructurales, muchas veces estaba uno ocupado en analizar el marco de un edificio y aplicando esos métodos manuales exageradamente largos y tediosos, y no había tenido un tiempo, ni el maestro había hecho énfasis en revisar el proyecto edificio donde ese marco estaba ubicado, con el objeto de determinar, si el partido estructural era lógico o no lo era, de ahí que, en muchos casos nos poníamos a hacer análisis y ejercicios numéricos pesados, cuando el edificio quizá no debía llevar muros, esto es, marcos rígidos, sino quizás hubiera sido más apropiado resolverlo con muros de rigidez o muros de cortante; había una ausencia del ejercicio fundamental de definir el partido estructural y visualizar el comportamiento de la estructura en su conjunto antes de entrar al análisis y diseño de estructuras

LA IMPORTANCIA DE LA COMPRESIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO
Apéndice

Eso creo, que es criticable de mi época y de la de ahora también; debería hacerse mucho más énfasis en aquello que es precisamente el motivo de ésta tesis; en la revisión del partido estructural y conceptualización de las estructuras, porque finalmente podría decirse que así como el lenguaje guarda una relación directa fundamental con el rango de acción del pensamiento, a mi me parece que el conocimiento de las estructuras hace posible para el arquitecto capacidades proyectuales muchos más amplias, es decir, si el número de palabras que usted conoce de la lengua española fuera muy restringido de igual manera la capacidad de acción de pensamiento es restringido, en igual medida al grado de que si no se tienen vocablos con que expresarse, tampoco tiene vocablos con que pensar, y se puede tener esa capacidad de pensamiento abstracta aunque le falta la herramienta fundamental, me parece que a los arquitectos nos pasa algo así nos faltan las bases de conocimiento técnico conceptual de las estructuras que haría posible al tenerlas como herramienta, que produjeran mejores diseños, diseños innovadores, diseños más económicos, diseños más confiables, más construibles. Las recomendaciones tanto en nivel licenciatura, como en posgrado básicamente serían las mismas salvo por la profundidad en uno y otro caso, principalmente la base en los temas de partido estructural como un ejercicio de diseño, de definiciones, de visualizar en conjunto sus alternativas de construcción, con revisiones numéricas más sencillas inicialmente para luego pasar ya, al cálculo muy detallado, cuando el partido estructural está ya suficientemente definido y yo creo que esto no se da, sobre todo siendo que en nuestro país en buena parte y las ciudades importantes, como la capital de la república se encuentran en zonas sísmicas, y para el arquitecto mexicano se requiere cada vez mayor importancia, el tener pleno conocimiento del comportamiento del edificio ante la acción de las fuerzas horizontales, la acción para sismos de moderada y mediana intensidad eventualmente que se dan durante la vida útil del edificio. De tal suerte que se permitan realizar diseños, no por ello menos interesantes desde el punto de vista arquitectónico, pero sí más confiables.

El reglamento de construcciones se refiere en algunos capítulos a la idea de la regularidad estructural, que es vista por muchos arquitectos como una serie de impedimentos para su libre capacidad de ordenar los elementos del edificio y en este sentido no es así, ya que es una guía muy útil y que todo arquitecto debe tener en mente la idea de entender; no representa en contenido ninguna restricción a la capacidad de proyectar, al contrario es un reto adicional de proyectar una estructura de un edificio innovador incluso desde el punto de vista arquitectónico, pero confiable; hacia eso yo le daría mucho énfasis a las clases de licenciatura para que funcionarían bien; al diseño de las estructuras, no al de los elementos de las estructuras, esto puede hacerse después de que se tiene ya una educación previa en la parte global de las estructuras. Todo esto está muy relacionado y se puede enriquecer si la filosofía de las estructuras se remite a ejemplos singulares en la historia de las construcciones, al comportamiento de esos edificios. En la facultad debiera darse el conocimiento de las estructuras como una labor tan creativa como la del proyecto arquitectónico, una labor de proyecto, esa labor que no tuve yo en mi etapa de formación, yo recomendaría que eso se hiciera en licenciatura y se efectuara en el posgrado también.

Recomendación bibliográfica. Hay un espléndido libro que se llama ya traducido al español, configuración y diseño sísmico de edificios, de Arnold y Reitherman; es un libro muy interesante porque en sí, descuidar la parte numérica y analítica se detiene a examinar muy bien, tiene una tipología explícita estructural y a determinar cuales son las estructuras más confiables sobre todo en zonas sísmicas; yo diría que es un libro básico. Sobre análisis y diseño estructural, en especial una publicación del doctor Rosenblueth diseño de estructuras resistente a sismos; publicaciones hay tal cantidad de material producido por la sociedad mexicana de ingeniería estructural y el instituto de ingeniería que sería útil que en la biblioteca de la facultad después de un selección por los maestros del área pudieran escoger todos estos libros.

LA IMPORTANCIA DE LA COMPRESIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO
Apéndice

Los libros de texto generalmente tienen una vigencia corta de ahí que es importante que en la biblioteca de la facultad y en el manejo de bibliografías que haga el profesor, se incorporen los libros y los ensayos que se producen en ocasión de cada congreso sobre estructuras, o seminarios, es el caso de la conferencia internacional de ingeniería sísmica en Acapulco en esa ocasión se entregaron a los participantes en cd-room (discos) unas 600 bibliografías, este material debiera estar en la facultad ser previamente revisado y seleccionado por responsables del área que pudieran revisar sistemáticamente cuáles son las publicaciones recientes más avanzadas de la materia para recomendarlas a los estudiantes, sobre todo las que puedan estar a su alcance, de manera que no se utilicen textos sin comprensión que hacen más bien confundir al alumno, que de por sí tiene miedo a las estructuras. Sería más importante que la biblioteca de la facultad estuviera más actualizada por materiales que resultan de simposium y congresos que organizan estas instituciones dedicadas al diseño y análisis estructural.

Me parecería interesante que hubiera en la facultad, sobre todo desde el nivel de licenciatura un laboratorio para modelos estructurales, que no lo hay, ese taller ayuda mucho al estudiante a que visualice el fenómeno de una manera directa sencilla, el modelo estructural debe ser sencillo, objetivamente comprobables todos. La división de graduados de la universidad de Harvard tiene un laboratorio de este tipo, es un laboratorio de modelos estructurales. Otra cosa que yo recomendaría que se hiciera a nivel de licenciatura es el análisis de estructuras ejemplares existentes; así como se visitan edificios para reconocer virtudes del diseño arquitectónico y especificaciones de materiales, deberían de visitarse otros que fueran representativos de ciertas tipologías estructurales, hay muchos edificios, en el distrito federal hay de todo y visitables todos; no tiene nada que ver con su altura, edificios desde el punto de vista pedagógico. No menciono ninguno en especial, no acabaría. En Bufete de cálculo habremos diseñado millones de metros cuadrados de estructuras, aproximadamente serán de 500 a 1000 edificios en toda la república, que van de edificios de poca altura hasta grandes edificios como es en Acapulco, y edificios importantes en uso, como hospitales y aeropuertos; si yo tuviera un grupo de alumnos los llevaría a ver mis edificios, que observaran las estructuras. Dependiendo si se le quiere explicar a un alumno la relación de interacción suelo-estructura, para que entienda por ejemplo llevarlo al edificios de Celanese Mexicana, que se trata de una estructura visible con un periodo de vibración largo pero que está ubicada en un suelo de baja comprensibilidad, entonces hay una buena relación del tipo de edificio y el suelo, si ese mismo edificio se trasplanta a la Alameda Central de la ciudad de México y ahí hubiera estado en el sismo de 1985 con toda probabilidad hubiera fallado, si es que no, colapsado, habría estado en el lugar que no le correspondía a ese tipo de edificio.

Hay que cuidar el enfoque de enseñanza de la formación de arquitectos. Es como si el problema de la torsión en los edificios, en clase se enfocara a enseñarle al alumno los métodos para analizar la torsión sin tocar nada relacionado con el partido estructural. Una de las recomendaciones del reglamento dentro del capítulo de regularidad estructural es que los edificios tengan una planta regular, sencillamente cuadrada sin entrantes ni salientes, sin aberturas, nos marca una serie de requisitos, la relación largo y ancho de la base; los arquitectos lo sienten como limitante; el buscar la simetría de una estructura en las dos direcciones ortogonales principales, no obliga a la simetría de la forma arquitectónica, los arquitectos creen que este es el caso, no, la forma arquitectónica no necesita ser simétrica desde el punto de vista geométrico, lo que se necesita es la simetría de rigideces, la simetría estructural, entonces en una planta si la geometría no fuese simétrica se podría compensar ubicando elementos y distribuyendo los elementos estructurales y de rigideces de manera que finalmente fuese simétrica desde el punto de vista estructural, de rigideces a las fuerzas, esto es lo que la hace simétrica.

Fecha: 26-08-96.

Doctor Juan Gerardo Oliva Salinas.

Estudió de 1969-1976 en la Escuela Nacional de Arquitectura de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Es becado (1976-1982) por el Servicio Alemán de Intercambio Académico DAAD (Deutscher Akademischer Austauschdienst). Equivalencia a Maestría octubre de 1978. Título: Doktor-Ingenieur, junio de 1982. Disertación: "Sobre la Construcción de Cascarones Reticulados" Colaborador en la organización del 2do. Simposio Internacional "Weitgespannte Flachentragwerke", (Cubiertas Laminares), en la Universidad de Stuttgart en mayo de 1979. En México Investigador Titular "C", tiempo completo, definitivo, desde 1989. Ha diseñado y construido Cubiertas Ligeras. Realiza labores de investigación y docencia, en la División de Estudios de Posgrado e Investigación de la Facultad de Arquitectura de la UNAM, encargado del Laboratorio de Estructuras. Docencia: Matemáticas Aplicadas, Taller de Aplicaciones de Cubiertas Ligeras, Seminario Abierto de Cubiertas Ligeras, Seminario de Temas Selectos II, Seminario de Área VI, Seminario de Área VII. En la Licenciatura Geometría Constructiva. Ha coordinado principales proyectos de investigación. Designado miembro del Comité de Evaluación para el Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación y de Innovación Tecnológica (PAPIIT.) en el área de Humanidades y Artes. Dentro del Programa PAPIIT de la DGAPA, se aprobó el proyecto de investigación "Cubiertas desmontables para exposiciones, módulos, feñas y protección de monumentos arqueológicos". Participante en siete Congresos Internacionales y en más de veinte conferencias en el área de las cubiertas ligeras en México, Estados Unidos, la República Federal de Alemania, Gran Bretaña y Canadá. Miembro en gremios académicos y científicos.

A continuación su opinión: La generación que correspondió a mis estudios como arquitecto, fue muy castigada por las huelgas, principalmente por el movimiento denominado autogobierno lo cual provocó que perdiéramos de uno a dos semestres de clases y que muchas materias no las hallamos estudiado como debían haber sido, en el aspecto de tecnología fue muy débil lo que yo aprendí y las clases nunca fueron al 100% que se debían haber impartido, esto provocó que al terminar mis estudios de licenciatura me sintiera muy débil en el aspecto matemático y de estructuras, ciertamente realice estudios de posgrado y doctorado en esta área por la misma razón. Aunque las materias que habia cursado con el maestro Mirafuentes (laboratorio de modelos y cubiertas colgantes), me motivaron a continuar dentro de esta línea de investigación en el extranjero. En Alemania mi formación fue más autoestudio ya que tomé materias por interés propio, entre ellas cálculo estructural para arquitectos. Mi tesis sobre cascarones reticulados la desarrollé en el área de cubiertas ligeras, me pude desarrollar en base a ese estudio más en computación, en matemáticas, en geometría; no así en cálculo estructural, en realidad no soy calculista. Aplico el cálculo y conceptualmente lo utilizo para diseñar las estructuras que a la fecha he podido hacer pero, no me considero calculista estructural, me considero arquitecto.

El interés de mis estudios fue por la debilidad que hay en la Licenciatura de Arquitectura que considero se debe reforzar de tal manera, que el estudiante al entender las matemáticas, la geometría, las quiera, las aprenda a apreciar y creo que es muy importante que el docente que imparte estas materias, se las transmita de esa manera a los alumnos, que les aprenda a querer a las matemáticas, porque desconocimiento es temor y es alejamiento, cuantas veces he oído de algunos arquitectos que comentan que ellos son unos diseñadores que no quieren saber nada de números, de geometría, de cálculo, son en mi opinión gente que no las enseñaron a querer a la geometría ni a las matemáticas, a las materias técnicas y eso genera una cierta flojera mental; la gente se justifica diciendo que ellos son diseñadores y no tienen porque saber de éstas materias que van a fortalecer el área tecnológica lo cual es un error.

LA IMPORTANCIA DE LA COMPRESIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO

Apéndice

Es muy importante que las materias de tecnología en licenciatura se refuercen y que los docentes las impartan completamente y que le den al alumno el sentir cariño por estas materias, que les servirían muchísimo para su desarrollo profesional.

Creo que las generaciones nuevas y el funcionamiento de la UNAM actualmente es mas regular, hay mas conciencia, creo yo, tanto de los alumnos como de los profesores; de que hay que cumplir con las horas marcadas de clase, con los trabajos, existen programas de estímulos en la universidad que evalúan a los profesores periódicamente; también la cnsis misma del país nos ha hecho más conscientes de nuestro tiempo, de la importancia de aprovechar el tiempo de los alumnos de darles conocimientos y creo que las generaciones actuales pueden tener un aprendizaje de la arquitectura más sólido que la que tuve yo, también comparar con las generaciones previas sobre todo con aquella generación que estudio en San Carlos, creo que tenía una preparación muy sólida, muy buena.

Entrar mucho más en el área de tecnología y sentir el compromiso del profesor cumpliendo con horario, con alegría en las clases que viene a dar y tratar de transmitir los conocimientos, a través de maquetas, de diapositivas, de ejemplos que se hayan construido previamente, también a través de motivar lo que es la investigación, la cual es generar un nuevo conocimiento y deberíamos estar entrenados a ser investigadores desde los inicios de nuestra educación. Desgraciadamente creo que la educación en México es hasta nivel preparatoria, me atrevería a decir, más de dar conocimientos donde no se nos enseña a investigar, a pensar, a desarrollar por nosotros mismos, y esto es muy importante, aunque no nos dediquemos posteriormente a ser investigadores, se debe dejar sembrada desde la formación profesional, saber qué es la investigación y saber que esta se puede aplicar, aun como arquitecto independiente para el desarrollo de algún proyecto, para el desarrollo de alguna nueva tecnología, esto es importantísimo en licenciatura, saber generar nuevos conocimientos, saber generar metodologías que lo lleven a uno a comprobación de hipótesis.

Tengo la oportunidad de impartir en licenciatura Geometría constructiva y trato por todos los medios de hacer ver y darle a los alumnos el cariño a la geometría, al diseño estructural, a la forma, a la computación, a las matemáticas.

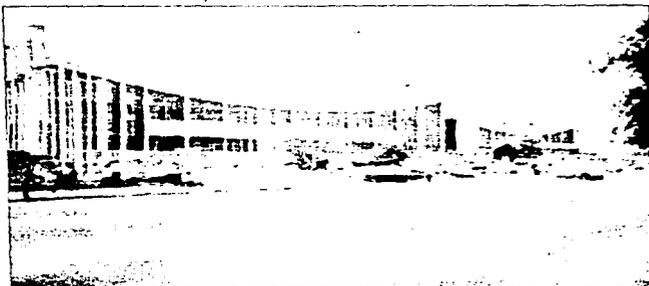
Quedé muy satisfecho con el curso que terminamos, al saber como entraron los alumnos al curso y como salieron, habían olvidado antes de entrar al curso las definiciones de lo que es una parábola, una circunferencia: se les abrió un nuevo panorama en base a los ejemplos que vieron en diapositivas, a los ejercicios que elaboramos, a las maquetas que hicimos. De hecho las recomendaciones a nivel posgrado pueden ser las mismas, yo no veo al posgrado como que se termino en la licenciatura algo, sino es entrar más a fondo en las cosas, pero es la misma constancia, la preparación correcta del material, el que no sea nada más la clase en el posgrado, sino un seminario, que el alumno participe con temas y que pueda también él aportar algo al curso.

Actualmente estoy terminando un libro que se llamará Geometría Constructiva en donde trato de plasmar todas las ideas que transmito a los alumnos tanto en licenciatura como en posgrado, desde hablar sobre el desarrollo histórico de las estructuras, el porque es importante un templo, egipcio o porque es importante el Panteón de Agrnpa, porque es importante el nuevo edificio del arco de la defensa en paris o cualquier ejemplo contemporáneo; y hacer referencia de lo antiguo con lo contemporáneo, de la tecnología del momento y como se ha desarrollando a través del tiempo y tomar ejemplos de todas las épocas de la historia, inclusive de la prehistoria como es Stonehenge.

LA IMPORTANCIA DE LA COMPRESIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO
 Apéndice

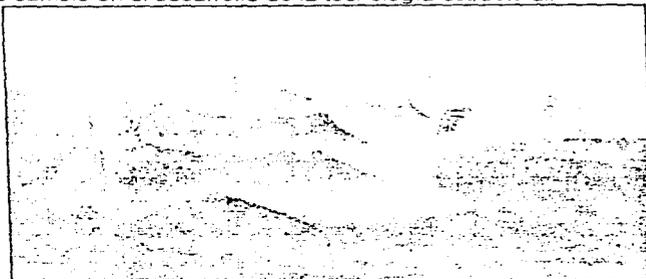
Dos obras que considero con un buen diseño estructural, como lo es la alberca olímpica construida en el 68 y el gimnasio olímpico ambos en México. Otras podrían ser: la iglesia del Altílo, la de la Trinidad en Coyoacán o la Medalla Milagrosa, son ejemplos excelentes de diseño estructural, hechos con tecnología nacional, hechos por trabajadores mexicanos. Considero que Félix Candela aunque haya nacido en España su obra es mexicana y son obras que muestran como se puede hacer una buena arquitectura, con una buena estructura, con la tecnología nacional y de acuerdo a las posibilidades de nuestro país.

*Alberca olímpica y
 gimnasio anexo.
 México 1966.*



Como obra extranjera, se puede mencionar las instalaciones olímpicas de Munich que marcan una etapa importante en el desarrollo de la tecnología de 1972, es criticado como muchos otros edificios en su momento, recuerdo que lo criticaban por principio, de hacer mucho ruido, pero es una obra que marca una etapa de cambio en el desarrollo de la tecnología estructural.

*Estadio Olímpico de
 Munich. ¹⁴*



Por último, me atrevería a hacer una recomendación, que todo esto que estoy comentando, es lo que trato de dar a los alumnos tanto de licenciatura, como de posgrado y hacerlos conscientes de lo que es la importancia de una buena arquitectura en base a una buena estructura, aplicando materiales actuales, tecnología actual, control de la forma, la computadora en el diseño y todos los medios que existen en la actualidad.

-Por parte de la Facultad de Arquitectura se le pidió al doctor Gerardo Oliva, realizar una propuesta para las asignaturas de Geometría constructiva, Geometría analítica y Matemáticas; dichas propuestas aún no han sido aceptadas. A continuación se presentan algunos objetivos y alcances que el doctor Oliva señala en sus propuestas:

GEOMETRÍA CONSTRUCTIVA:

Área Construcción, quinto nivel. Etapa de consolidación 3 horas teóricas

Objetivos: El estudiante conocerá y analizará las tecnologías constructivas contemporáneas aplicadas al diseño y construcción de cubiertas y las características particulares de cada sistema aplicando la geometría descriptiva y analítica y por medio de la construcción de modelos físicos a escala. Lo anterior le permitirá proponer tecnologías de punta en sus ejercicios de diseño.

CONTENIDO/TEMAS: 1. Definición y clasificación de los sistemas constructivos y de las superficies aplicados al diseño y construcción de las cubiertas contemporáneas. 2. Desarrollo histórico de los sistemas constructivos. 3. La relación forma comportamiento estructural de la circunferencia, la parábola y la catenaria. 4. La circunferencia y su aplicación práctica. 5. Estructuras neumáticas. 6. La parábola y su aplicación práctica. 7. La hipérbola y su aplicación práctica. 8. El paraboloides hiperbólico y su aplicación práctica. 9. Estructuras velarias. 10. La catenaria y su aplicación práctica. 11. El catenaroides y su aplicación práctica. 12. Cascarones. 13. Sistemas tense-grty. 14. Sistemas de vigacable. 15. Estructuras a base de nodos y barras. 16. Estructuras geodésicas.

MÉTODOS DE ENSEÑANZA:

1. **Técnicas de exposición:** exposición teórica, audiovisual (diapositivas y acetatos) y estudios de caso.
2. **Técnicas de demostración:** demostración teórica y por medio de modelos físicos elaborados por los estudiantes.
3. **Técnicas de participación:** trabajos por equipo para elaborar modelos físicos a escala, pruebas en el laboratorio de estructuras, diseño de un proyecto constructivo.

MÉTODOS DE EVALUACIÓN: 1. Participación del estudiante durante el curso. 2. Valuación de los ejercicios teóricos. 3. Valuación de los modelos físicos. 4. Trabajos de investigación. 5. Prácticas de laboratorio. 6. Exámenes parciales. 7. Valuación del proyecto constructivo.

MATEMÁTICAS APLICADAS:

Área proyecto, primer nivel. Etapa de formación. 3 horas teóricas.

Objetivos: El curso de matemáticas proporciona al estudiante los conocimientos y el marco de referencia conceptual, que posibilita a analizar la realidad, mediante un proceso lógico y reducirlo a una serie de expresiones simbólicas (modelo útil para poder manejarla, capacitando al estudiante en la interpretación de conceptos, hipótesis teorías y hechos, que generan el conjunto de los cursos y talleres de la carrera de arquitecto.

CONTENIDO DE TEMAS: 1. Sistemas de numeración. 2. Temas específicos de Álgebra. 3. Álgebra lineal. 4. Análisis vectorial. 5. Funciones trigonométricas. 6. Funciones hiperbólicas. 7. Cálculo diferencial e integral. 8. Geometría analítica. 9. Cálculo de probabilidades.

MÉTODOS DE ENSEÑANZA: 1. Exposición Oral. 2. Ejercicios en clase. 3. Uso del pizarrón. 4. Ejercicio fuera de clase. 5. Trabajos de investigación. 6. Lecturas obligatorias.

MÉTODOS DE EVALUACIÓN: 1. Exámenes parciales. 2. Exámenes finales. 3. Tareas.

-El doctor Oliva, realizó y construyó el diseño de la cubierta del vestíbulo principal de la Facultad de Arquitectura de la UNAM. Actualmente dirige el laboratorio de estructuras de posgrado de la misma, en donde se realiza el diseño y construcción del módulo UNAM; el cual se está trabajando, dentro del Programa PAPIIT, del proyecto de investigación de "Cubiertas desmontables para exposiciones, módulos, ferias y protección de monumentos arqueológicos".



*Vistas de la cubierta del
vestíbulo principal y, acceso
y estacionamiento de la
Facultad de Arquitectura de
la UNAM.*

Vista interior de la cubierta.



Fecha: 15-11-95.

Arquitecto Juan Guillermo Gerdingh Landín.

Realizó sus estudios en la Universidad Ibero Americana. Generación 62-66.

Actualmente cursa la maestría en arquitectura, opción tecnología.

Ha impartido clases en: -Escuela Nacional de Arquitectura (matemáticas y estructuras del año 67-72). -Universidad Ibero Americana (estructuras y construcción del año 67-74). -UAM Plantel Azcapotzalco (estructuras y -actualmente, proyecto y tecnología en la construcción del año 74-95).

A continuación su opinión:

La enseñanza de las *estructuras*, depende mucho de la Universidad y de la tendencia de la escuela, se ha intentado en muchas escuelas y durante muchos años estructurar el proyecto integral del desarrollo constructivo y del desarrollo de la estructura con el proyecto arquitectónico, el éxito de estos programas depende muchísimo del tipo de maestro que imparta el curso, hay maestros que no tienen los conocimientos suficientes para dar un taller integral, entonces aunque esté muy bien estructurado el programa del curso no se hace posible. Hay maestros, que si tienen suficiente preparación y experiencia en todas las áreas y aunque no den un curso de taller integral, si no un taller de proyectos aunado a un taller de construcción, tratan de integrar todos los conocimientos para la solución del taller.

Lo que no me gustaba de las clases de estructuras: la mayor parte de las clases de estructuras, cuando yo era estudiante las impartían ingenieros que no tenían ningún criterio, más que el matemático, eran gentes super especializadas en estructuras que no les importaban los problemas arquitectónicos, ni muchas veces los detalles constructivos de las mismas, simplemente resolvían el modelo matemático, que impetuosamente tenía que imponerse a la solución arquitectónica.

Yo creo, que en general los programas de estructuras que me impartieron fueron bastante completos, lo que si me hubiera gustado, es que se hicieran mas ejercicios de aplicación y gradualmente menos ejercitación matemática de modelos técnicos, y otra cosa, que en la enseñanza de las estructuras se utilizan puros símbolos gráficos y no se utiliza un lenguaje gráfico real, no se enseña como se interpreta un plano estructural, ni como se elabora un cálculo estructural y es importante esto para el desarrollo profesional. El horario de las clases en mi opinión, debe ser de diez a doce de la mañana.

Desde que era estudiante me interesé mucho en el aspecto estructural; me integré como aprendiz en un bufete de cálculo y de ahí me desarrollé profesionalmente en este campo.

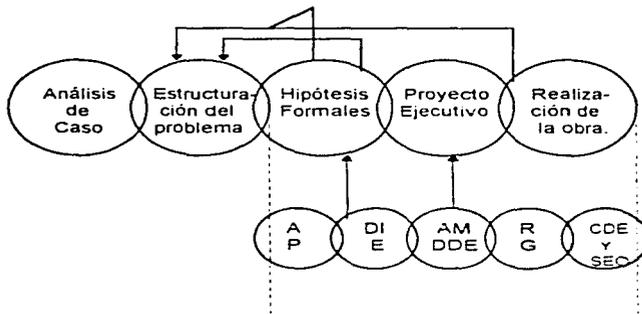
Hay que comprender cual es todo el proceso del diseño estructural, cómo se vincula con el proyecto arquitectónico para poder planear los cursos adecuados; ya que, la mayoría de los arquitectos lo que necesitan es tener un entrenamiento para obtener un criterio estructural adecuado para sus proyectos; el cálculo estructural es una especialidad no común en la arquitectura, es sólo de algunos los arquitectos, entonces una ejercitación exhaustiva de diferentes ejemplos matemáticos, -que es lo que se utiliza en las clases de estructuras- no es lo ideal para la formación de un arquitecto; es así como me surgió la inquietud de realizar una metodología de diseño estructural; la cual estudié y practiqué entre el año 67 a 76 profesionalmente, pero no la englobé en un documento con una representación gráfica hasta 1981, cuando tuve la oportunidad de desarrollar un trabajo de investigación respecto al cálculo estructural.

LA IMPORTANCIA DE LA COMPRENSIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO
Apéndice.

Este modelo lo producí para dar una especialidad de diseño estructural en la Universidad (U.A.M.), pero desgraciadamente ésta, no ha tenido los suficientes recursos para abrir esta especialidad.

-Apoyándose en el Modelo General del Proyecto de Diseño de Martín L. Gutiérrez y otros; el arquitecto Guillermo Gerdingh diseña un modelo del proyecto estructural, del que se generan puntos donde difícilmente se puede separar a la *estructura* con el proyecto arquitectónico: interactúan en conjunto.-

Representación gráfica de la metodología del diseño estructural.



- A.P. Asesorías preliminares
 D.I.E. Planteamiento ó Diseño inicial de la Estructura
 A. M. Análisis matemático y diseño detallado de cada uno de los elementos
 R.G. Representación Gráfica
 C.D. E. y Cuantificación de la obra estructural y
 S.E.O. supervisión estructural de la obra (generalmente se limita a la obra negra, pero debe considerarse también en acabados).

Desde hace algunos años, la computación que se ha metido en todos los campos, también ha entrado en el área de las estructuras, de manera que, hay que tener muy claro que el estudiante de arquitectura debe de hacer la ejercitación gradual suficiente de los elementos de las partes estructurales, hacer el análisis manual para entender estos procesos y posteriormente aprender a manejar ó vaciar las cargas del análisis estructural en la computadora.

El criterio estructural es una herramienta para crear proyectos arquitectónicos eficientes. (seguros, funcionales, estéticos, económicos).

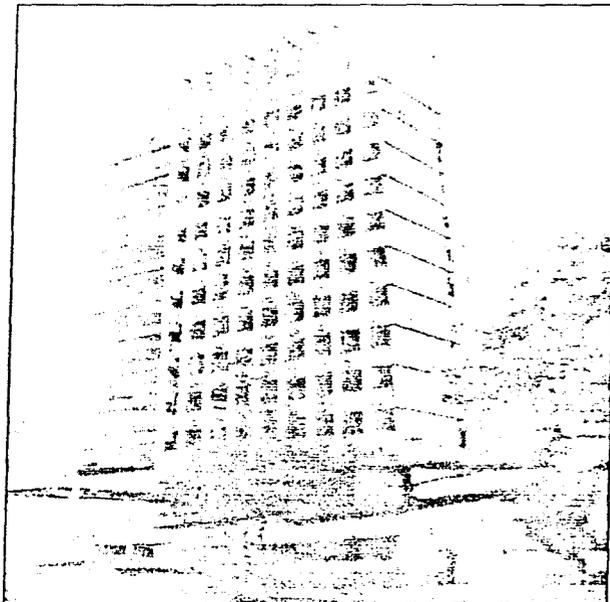
LA IMPORTANCIA DE LA COMPRENSIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO
 Apéndice

Como un ejemplo por el sistema estructural que se maneja en el edificio Celanese Mexicana, éste es pionero estructuralmente. Es un edificio con planta libre, solución volumétrica ligera; permite mucha espacialidad a nivel de calle, además de ser proporcional la volumetría con la estructura.

-En el capítulo de tendencias tecnológicas del volumen de González Gortázar es referido éste edificio dentro de una línea que hace énfasis en la coherencia, al límite del ejercicio del oficio, entre las ventajas del funcionalismo y elementos de vinculación con lo regional, el contexto cultural y la ciudad.-

<En primer término la técnica proyectual constructiva de los edificios suspendidos sobre un corazón resistente en forma de árbol, y una cimentación unitaria que es muy eficaz ante el suelo compresible de la ciudad de México.

La obra de Ricardo Legorreta en el edificio Celanese, con un basamento-cimentación del que emerge centralmente una pilastra con las comunicaciones verticales en torno a la cual cuatro losas separadas entre sí por cuartas partes de un nivel forman un espacio de oficinas continuo de cuarenta niveles que penden por cables de un remate piramidal (o capitel) de la pilastra.>¹⁵



*Celanese mexicana.
 México 1996.*

ESTA TESIS NO DEBE
 SALIR DE LA BIBLIOTECA

Fecha: 16-06-95.

Arquitecto José Ávila Méndez.

Profesor en la Facultad de Arquitectura, en la materia de diseño y construcción; además del desarrollo de su actividad en el campo profesional. Con más de 25 años de experiencia. Sumergido en el campo de las estructuras, es colaborador de las Series del Instituto de Ingeniería; cada año es invitado a reuniones con los mejores ingenieros en México, siendo él, el único arquitecto invitado.

"La vida está expuesta a peligros naturales, por lo que la arquitectura debe ofrecer al máximo posible de seguridad sin sacrificar la belleza. Los dos aspectos dependen de la forma de los edificios, pero estas necesidades han sucumbido ante los negocios y la especulación urbana, de la que resultan construcciones amorfas y peligrosas. La arquitectura tiene que sumar la estática y la estética".¹⁶

Realiza sus proyectos en relación completamente con el diseño estructural, ya que para él, las estructuras van implícitas entre el diseño arquitectónico. He observado la forma de trabajar con sus alumnos, la cual me ha parecido excelente, efectúa para cada revisión de proyectos un análisis para la estructura de éste y le explica al alumno la mejor opción estructural, ayudándole en todo lo que se refiere a dicha estructura; pero me ha quedado la preocupación de que si el alumno valorara lo suficiente la información que les da el arquitecto bajo las presiones de sus entregas, creo que es difícil que el alumno en esos momentos pueda captar todo. Lo ideal sería que a ese nivel el alumno estuviera totalmente sensibilizado, lo cual sería tarea de los primeros semestres.

Por otro lado le parece que el programa actual no es muy funcional. Opina que: *no es fácil meterse completamente a las estructuras (hablando de análisis numérico); y actualmente no tiene caso enseñar un cross, cuando existen programas de computación que resuelven en particular la repartición de momentos en matrices lo cual ya no hace tan necesario aprenderlo y realizar un ejercicio para examen. Sino lo que hace falta es comprender el fenómeno perfectamente.*

"La estructura es parte de la arquitectura". "Ahora se están perdiendo las bases, para hacer arquitectura, lo fundamental".

Hacer arquitectura no significa tener ya todo resuelto, sino es pensar y crear según lo requiera el espacio. Ningún proyecto puede ser igual a otro, ninguna estructura tendrá que ser igual a otra; y lo que ahora ocurre es que, a veces se generan recetas para éstas, lo cual no es lo más óptimo.

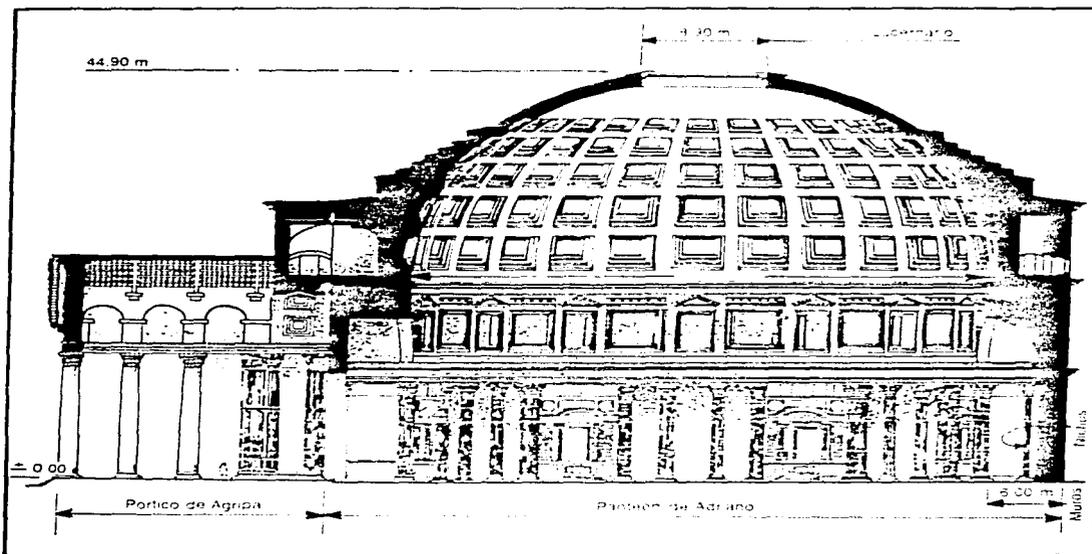
Por otra parte se ha ido generando una subordinación, por buscar el dominio, entre arquitecto-ingeniero ó ingeniero-arquitecto, según quien tenga el mando, sobreponiéndose en vez de integrarse.

Está convencido que todo arquitecto debe de obtener el conocimiento de las estructuras, porque de otra manera esta delegando trabajo que es parte del diseño arquitectónico; (únicamente en cuestión de cálculos estructurales de gran consideración, se recurre a un estructurista experto), y el campo de la arquitectura pierde fuerzas. *"Si se continúa formando arquitectos que no entiendan mucho del aspecto estructural, en un futuro muy próximo el campo de la construcción lo dominarán los ingenieros".*

Recomendaciones que el arquitecto Jose Ávila Méndez, comparte, con su experiencia y que cree sería fundamental para enfatizar de manera considerable dentro de la materia de *estructuras* para obtener un mejor aprovechamiento en beneficio del alumno:

- La comprensión de fenómeno físico
- La medición del fenómeno
- El predimensionamiento de los elementos estructurales
- La relación con el experto (ingeniero o arquitecto), en el dimensionamiento y especificaciones para la ejecución y construcción de los elementos estructurales y la comprensión en su conjunto.
- La historia de las estructuras arquitectónicas
- El conocimiento de los modelos estructurales
- La aplicación concreta de modelos y materiales estructurales a un problema arquitectónico.
- La evaluación entre distintas opciones
- La evaluación en modelos físicos.

Como ejemplo personal de una obra arquitectónica señala el Panteón de Agnpsa en Roma: es una obra con una lógica estructural; es una esfera que representa la figura perfecta, podemos verificar que su altura es la misma distancia longitudinal del edificio en el siguiente esquema. Corte.¹⁷

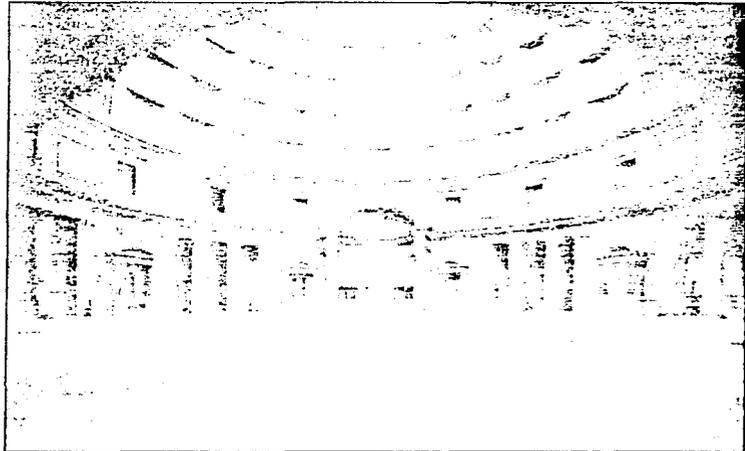


Sección transversal.

Exteriormente no se logra la expresión de monumentalidad (por la disminución aparente de la masa), no tiene el mismo impacto que en el interior que es fuera de serie, ya que al encontrarse dentro se experimenta una emoción muy profunda y se siente la fuerza estética del edificio. Dados los conocimientos de su época empata las cualidades estéticas y estructurales.

El Panteón de Agripa es una obra de referencia histórica, tiene principios vigentes presentes en las obras desde Miguel Ángel hasta Frank Lloyd Wright, en sí muchos capitolios en el mundo reflejan este principio.

<El Panteón Romano. De todas las edificaciones romanas, ciertamente la más importante desde el punto de vista arquitectónico, estructural y constructivo es el Panteón. Arquitectónicamente el Panteón es, junto con el Partenón y Santa Sofía, uno de los hitos notables de la historia; erigido como lugar de adoración de las siete deidades planetarias romanas es en efecto la culminación y máxima expresión de una concepción arquitectónica introvertida y grandiosa. Estructuralmente demuestra capacidad de abstracción, planteamiento y lucidez para resolver con economía el enorme volumen que encierra, el domo de 43.30 m de diámetro (el de la catedral de San Pedro, en Roma, tiene 42.52 m y el de San Pablo, en Londres, 31 m) ha sido el más grande del mundo hasta la introducción en los tiempos modernos del acero y el concreto armado.>¹⁷



Panteón de Agripa.
Interior.¹⁸

Fecha: 18-10-96.

Doctor Manuel Humberto Acedo Espinoza.

-Realizó una investigación muy interesante de doctorado titulada: "Método cuantitativo-gráfico de análisis para optimizar secciones de elementos estructurales mediante la adecuación geométrica del material"¹⁹-. al respecto el doctor señala: El objetivo es, además de hacer más accesible la materia de Resistencia de Materiales, establecer un criterio de análisis para optimizar y estandarizar tanto la relación de los lados como la distribución del área de una sección de cualquier elemento estructural, ya sea en forma aislada o en sistema mediante la adecuación geométrica del material empleando un método cuantitativo gráfico. Este método optimiza la relación entre el diseño arquitectónico y el diseño estructural, y se obtienen así resultados más confiables en lo que a al estabilidad de las construcciones se refiere. Apoya la sugerencia de que independientemente de los objetivos del análisis que se fijen, no deben pasarse por alto los principios básicos de resistencia de materiales que de hecho son fundamentales y benefician no solo a estudiantes, sino también a aquellos que se dediquen posteriormente al análisis estructural. Todo estudiante sabe que al ingresar a la carrera le enseñarán a parte del diseño arquitectónico, le van a decir como construir, como hacer cimentaciones, vigas, columnas, y este método es para la utilización de elementos estructurales, más que nada para ubicar al alumno, una de mis propuestas es la interpretación geométrica de análisis, ya que si somos arquitectos, básicamente tenemos trabajo de restridor. La teoría de decisiones nos ayuda para ver que mediante un método se pueden tener varias opciones; por ejemplo, nos dicen que dimensionemos, nos dan las fórmulas, la resistencia de materiales, pero jamás nos dicen que puede haber otras opciones. Este método debe ser preciso para seleccionar la mejor opción (forma de sección) cuando se tiene información confiable y precisa, y cuyo desarrollo permite sistemáticamente el análisis de problemas de decisiones. Y hasta ahora no hemos utilizado ningún cálculo

Esta metodología se utilizó con alumnos de primer año, y quienes supervisaron este grupo experimental se dieron cuenta de que los alumnos pudieron ubicarse de acuerdo a lo que debe ser el objetivo de la materia, yo estoy planteando que se pueden hacer análisis por envolvente o de secciones por equilibrio, manejo aplicaciones y ejercicios con fórmulas tranquilas.

El análisis estático se complementa con el dinámico para aumentar el área de la sección y reducir las relaciones del peso en el caso de columnas y de esta forma se obtiene la rigidez complementaria para soportar cargas accidentales. También se tienen dos casos de optimización y estandarización de secciones mediante la envolvente de sección y sección definida; el primer caso se presenta como apoyo al diseño arquitectónico y ofrece la posibilidad de ser empleado por personas que no tienen experiencia en cálculo estructural, fue la idea de ésta tesis; que puedan proponer formas conociendo los conceptos básicos de estructuras aunque no calculen y entonces sólo requiere un método para analizar los espacios necesarios que van a ser ocupados por columnas, vigas y otros elementos estructurales. Con este método, si la persona no sabe cálculo estructural puede desarrollar un diseño pre-estructural. Ya que va a dejar los espacios necesarios. El caso de análisis de sección definida es para que lo empleen especialistas, es decir si se tiene experiencia se va a poder definir la sección.

Si nosotros somos arquitectos, tenemos facilidad para el diseño y podemos llevar ventaja, ya que también se pueden hacer conversiones, es decir, si el calculista nos propone una trabe de 2.00m x 0.50m y el proyectista la prefiere cuadrada con éste método de conversiones se puede hacer y va a resistir lo mismo; y entonces viene la situación del análisis de material, ya que lo preferible es minimizar la cantidad de material, claro que también se puede maximizar de acuerdo con la forma que yo tenga en el proyecto arquitectónico; se puede optimizar la forma y con ello la rigidez o la capacidad de carga y además la cantidad de material.

LA IMPORTANCIA DE LA COMPRENSIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO
Apéndice

Prácticamente se relaciona en forma óptima el diseño arquitectónico con el diseño estructural y se obtienen resultados más confiables en relación con la estabilidad de las construcciones.

Cuando yo curse la materia de resistencia de materiales siempre la excente, tuve facilidad, pero mi preocupación fue que yo veía a los maestros como muy ápticos con los alumnos decían «le entendiste, bueno, no le entendiste, es tu problema», pensaba, si yo fuera maestro trataría de que el alumno entendiera. Cuando curse *Estructuras I* con el maestro Bernardo Calderón, muchos se dieron cuenta que a mí me gustaba la clase y que le entendía; y entonces siendo estudiante de quinto semestre yo atendía a muchos alumnos y siempre buscaba la forma de que me entendieran, a mí me gustaba la materia y me pedían que les explicara. En sexto semestre, un compañero que estaba haciendo su tesis, no le aceptaban el diseño estructural y me pidió ayuda, el jurado le preguntó quien lo había asesorado y así el arquitecto Homero Martínez de Hoyos me propuso trabajar y me llevaron al despacho del arquitecto Mario Pani. Esta metodología es el resultado de la preocupación que me surgía para que me entendieran mis compañeros al explicarles estructuras. Es un trabajo de 16 años, con una propuesta para resolver el alto índice de reprobados, "con este método van a entender y van a poder proponer aunque no sepan nada de cálculo", si ellos entienden los conceptos fundamentales de resistencia de materiales, las propiedades, las secciones el área el momento estático, el centroide, momento de inercia, "con que sepan para que sirve aunque no lo calculen esta bien". Por ejemplo cuando propongo el rango de sección posible para columnas y para módulos aparentes y reales, aquí yo no hice ningún cálculo, simplemente, atender la forma de la planta. Es un trabajo de doctorado y no calcule nada.

Había muchos reprobados desde que era alumno, fui ayudante del maestro Jorge Sanchez Ochoa que impartía la clase de estructuras, como alumno, tuve alumnos que fui estudiando desde entonces, siempre con esa preocupación de como transmitir, como hacer que entendieran esos alumnos lo que yo estaba haciendo o de que los arquitectos que conocían de estructuras hacían, desde entonces vine elaborando un trabajo y éste es el resultado. Está comprobado, lo pude constatar el año pasado, que de cada grupo sólo aprueba el 10%. Cuando tome el grupo experimental en el taller Max Cetto (fue un grupo de regularización de *estructuras I*) y se puso en práctica esta metodología, los alumnos entendieron, se ubicaron. Únicamente pedí que me entendieran muy bien los conceptos y se obtuvieron muy buenos resultados, se hizo con la supervisión del jefe del taller el arquitecto Felipe Leal y el jefe del departamento de estructuras y algunas personas del posgrado.

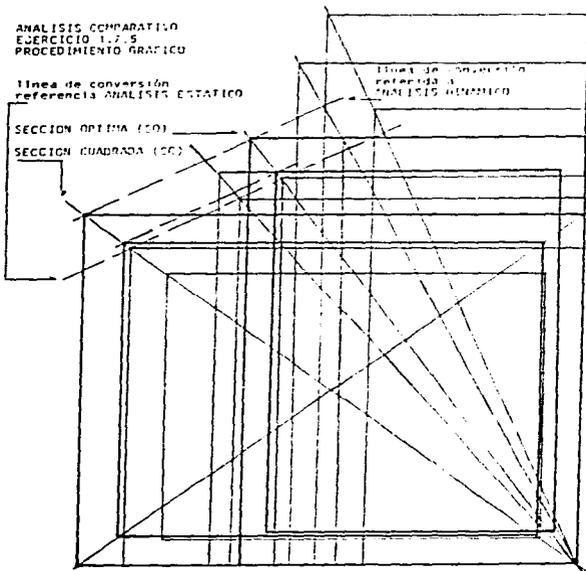
Teníamos un proyecto muy bueno con la maestra Gemma Verduzco pero, por cuestiones administrativas no pudo llevarse a cabo, ya que ella salió de la Secretaría de la Facultad. En posgrado al igual, esto puede servir para todas las maestras. La Universidad de Texas me hizo una invitación para trabajar, pero pretendo que esta investigación se publique y se vea primero aquí; también están interesadas otras Universidades como la de Perú y la de Paraguay.

Fundamentado teóricamente para geometría descriptiva. Es un método gráfico y que obviamente se puede demostrar a través de un cálculo. Se puede enseñar y aprender estructuras o el diseño estructural o resistencia de materiales sin tanto cálculo, esa es la idea y en todas las maestras se podría aplicar. No tiene porque haber esa cantidad de reprobados en licenciatura, es más muchos alumnos pierden el interés al primer mes la dejan. Para los maestros de esas materias debe ser preocupante que haya tanta deserción o tantos reprobados didácticamente o pedagógicamente y académicamente no esta bien. Este es un método con facilidad y sin tanto problema con una solución que ayuda en forma óptima a la relación de su diseño estructural con su diseño arquitectónico.

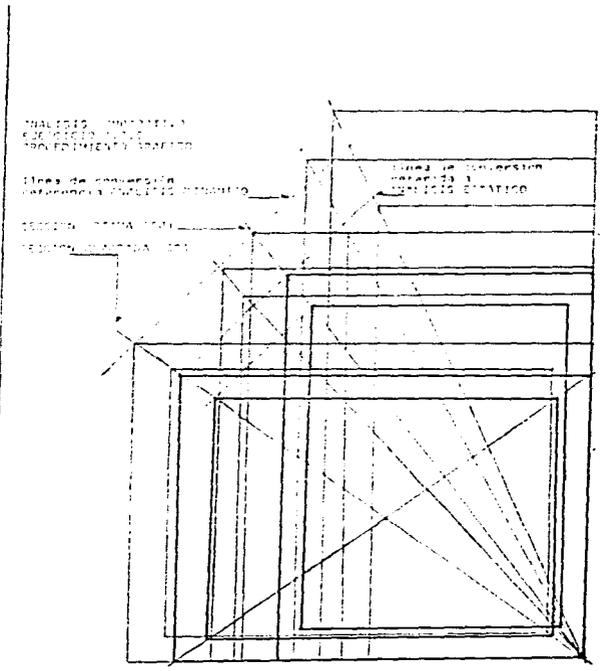
LA IMPORTANCIA DE LA COMPRESIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO
 Apéndice

-A continuación se presenta un ejemplo gráfico tomado del ejercicio de aplicación 1.7.5, mediante análisis comparativo de revisión, del inciso: 2.1 Procedimiento gráfico de conversión de forma de secciones opciones, de la tesis del doctor Acedo, "Método cuantitativo-gráfico de análisis para optimizar secciones de elementos estructurales mediante la adecuación geométrica del material"¹⁹.

En dicho ejercicio se emplea una columna de acero, en donde, de la gráfica 52 con la sección óptima (so) de análisis dinámico se hizo la conversión a sección cuadrada (sc) y su objetivo: mantener el valor del módulo de sección; de la gráfica 54 con la sección óptima (so) de análisis estático se hizo la conversión a sección cuadrada (sc) y su objetivo: mantener el área de la sección. Disminuye el esfuerzo, la carga axial, la carga excéntrica y el momento admisible.



GRAFICA No 52



GRAFICA No 54

Fecha: 08-12-95.

Maestro en arquitectura: Ingeniero Alejandro Rojas Contreras.

Realizó sus estudios de ingeniería en la UNAM.

Actualmente da la clase de Proyecto Arquitectónico en zonas sísmicas, en la maestría de tecnología en este posgrado.

En su tesis de grado "Importancia de los Sismos en el Proyecto Arquitectónico"²⁰, hace referencia en el siguiente tema: *"La Arquitectura es Ingeniería y la Ingeniería es Arquitectura.- Podría resultar imposible, quizá quimérico, tratar de definir los límites precisos entre la arquitectura y la ingeniería civil. A pesar de ello, es factible y conveniente, dar criterios arquitectónicos a los ingenieros y así mismo, criterios estructurales a los arquitectos para diseñar óptimamente en zonas sísmicas"*.

A continuación su opinión:

En la carrera de arquitectura, no te enseñan la parte estructural y si no concibes la parte de estructuras no sirve tu proyecto porque no puedes crear algo interesante, ya que finalmente debes crear un espacio que sea útil, que sea seguro, que sea agradable, bello; todo esto lo tienes que conformar y en la carrera te enseñan todo por separado, pero se supone que la tendencia es integrar todo eso. Aunque tampoco tienes que ser un especialista en instalaciones, estructuras, etc., debes manejar las bases.

Cuando llegas a una obra y el proyecto es entendible, el dibujo es simple y claro), el albañil no se "hace bolas", no tienes que demoler concreto, no se gasta más de lo establecido y todo resulta fácil, al terminar una obra así y el resultado es bien proporcional, es como estás haciendo arquitectura. Lo fácil de dibujar es fácil de calcular y fácil de construir.

Aunque no es tan complicado el concepto de las estructuras, el problema del arquitecto es que no sabe, no le enseñan esa parte.

La carrera de arquitectura como tal, sino se da la parte tecnológica adecuada debería llamarse, administración de construcciones.

La interacción ingeniero arquitecto es complicadísima, si tú llegas con un arquitecto a tratar de corregirle su proyecto, porque no está de acuerdo a tu concepto estructural "te rechaza", porque no le gusta que le cambien su proyecto y se genera así una estructura complicada. El problema es que el ingeniero no sabe de arquitectura, pero el arquitecto tampoco sabe de ingeniería.

El ingeniero, por lo menos el que trabaja con arquitectos debería saber lo elemental de arquitectura.

Hablando un poco de las clases del Arq. Bernardo Calderón: Básicamente el ver las estructuras desde el punto de vista de la geometría, con más sentido, no verías a través de un número, de un cálculo, de una matriz, de un diagrama de momentos sino con sentido común, es lo que me dejó el maestro Calderón.

En base al proyecto arquitectónico el siguiente paso es la realización del proyecto estructural, destacando la importancia de tomar en cuenta y respetar ciertas normas cotidianas en el proyecto arquitectónico, para que de alguna manera se pueda facilitar el diseño de la estructura.

En el diseño estructural lo primero a realizar es la elección de la estructura adecuada, haciendo una preelección del tipo de cimentación. Y se toman en cuenta una serie de consideraciones, que hay que cuidar.

LA IMPORTANCIA DE LA COMPRENSIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO
Apéndice.

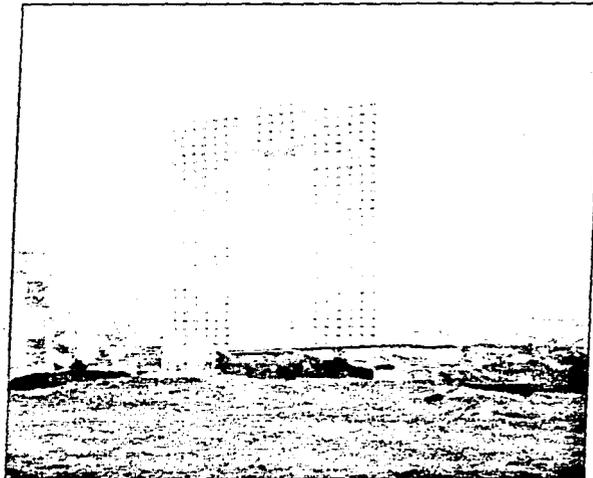
No diseñar cosas que no se puedan llevar a cabo, así como tener mucho cuidado en el momento de la construcción.

Lo fácil de dibujar es fácil de calcular y fácil de construir: El movimiento y forma creativa del proyecto, el diseño nada tienen que ver con la complejidad. El doctor Chanfón en alguno de sus escritos, dice que no es raro que algunas de las iglesias góticas no se hayan terminado de construir por lo complejo; sin embargo la mayoría de las estructuras prehispánicas si se terminaron de construir, son sencillas en general, su técnica y su estructura es muy simple y tienen un muy buen diseño.

Un ejemplo muy actual de una obra arquitectónica es en Santa Fe, un edificio blanco que le llaman "el marco" de Teodoro González de León.

Es interesante porque es apropiado para zonas sísmicas, es un buen diseño estructural, se maneja una estructura muy sencilla y es buen proyecto arquitectónico. En general casi toda la arquitectura de Teodoro González tiene esas cualidades.

<Dos torres en forma de marco de 160 metros de altura, construido con concreto blanco cincelado.>²¹



El Marco, Cuajimalpa. México 1996.

Fecha: 12-06-95.

Arquitecto Edmundo Méndez Campos.

Próximo a titularse en la Maestría en Arquitectura opción Tecnología de la UNAM. Imparte la docencia en el área de estructuras, con 20 años de experiencia, actualmente en la Universidad Autónoma Metropolitana. "La base de todo se encuentra en la formación de los arquitectos. La preparación del alumno, lo hará saber que necesita del conocimiento constante como profesionista".

A continuación su opinión:

Los más grandes proyectos arquitectónicos, han sido también los más grandes proyectos estructurales. Los ejemplos más representativos de la arquitectura, también manifiestan un gran diseño estructural. Y en ocasiones los malos diseños arquitectónicos no han logrado coherencia entre la idea estructural y la idea arquitectónica. La formación del arquitecto tiene que ver con la estética, pero además con lo económico y con la estática; un arquitecto debe ser de las personas mejor preparadas. Se requiere de un gran esfuerzo, y en cuestión de los procesos de enseñanza, los profesores en estructuras sólo le dan el valor a la variable estática; pero esto es por cumplir con el programa y apenas da tiempo para enseñar la estática. Y es así como muchos arquitectos llegan con la falsa idea de que van a ser proyectistas y no calculistas. Es importante tener un enfoque adecuado de la enseñanza de la materia, hay que proceder a trabajar más en esta cuestión. La materia de estructuras por el tiempo disponible se basa nada más en lo programado. Porque aunque el arquitecto no requiera aprender de métodos sofisticados de cálculo, esto no implica que no los deba conocer; ya que el contenido estructural no se da de forma espontánea. Y aunque a la postre el arquitecto quizás ya no tenga que calcular nada, siempre necesitara de esas bases, de ese conocimiento, de un criterio estructural. También es cierto que los arquitectos con más experiencia tienen la mayor capacidad de diseñar, ya que esto se da mejor con la práctica.

Hay que recordar lo que dice el maestro Bernardo Calderón: los mejores diseños estructurales son en los que se requiere la menor cantidad de números. En la enseñanza de arquitectura el profesor de estructuras sólo da la variante estática y el profesor de proyectos nunca integra a la estructura en su clase, aunque éste debería orientar el proyecto hacia diseños más audaces, más coherentes para una mejor formación; y el profesor de estructuras ni siquiera se entera que proyectos está resolviendo el alumno. Ahora bien, el arquitecto debe comprender el fenómeno físico, de la tensión, la compresión, la tracción, del comportamiento en general de los sistemas estructurales, además de aprender a manejar programas de estructuras por computadora, por beneficio y no necesaria "andar de la mano" de un ingeniero. Es una carrera seria y nuestros antepasados nos han dado ejemplos impresionantes de lo que es el diseño arquitectónico que incluye al diseño estructural y se han responsabilizado en cuanto al diseño estructural, pero todo ello es a través de la experiencia.

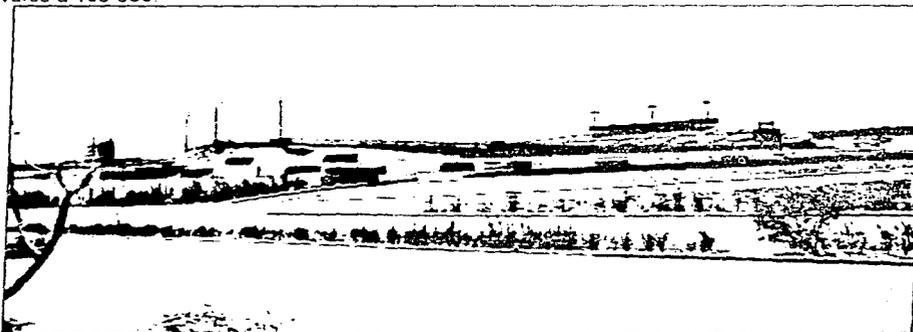
El Estadio de Ciudad Universitaria es una excelente idea de diseño estructural: resiste sismos, se aprovecha el ángulo de reposo natural del material, porque el ángulo de reposo natural del material sirve como visual, porque el material se extrajo del mismo sitio, porque la llegada de los usuarios para ver los espectáculos en su recorrido pueden ir de la mitad hacia arriba o de la mitad hacia abajo; es poco vulnerable ya que la construcción es de periodos cortos de vibración y el del terreno es de periodos largos. Resulto más económica, alarde de la ingeniería y sabiduría del método de cross. No hubo que hacer análisis muy complicados, hay que recordar que "los mejores diseños estructurales son en los que se requiere la menor cantidad de números".

Conozco un libro donde se encuentran todas las ideas estructurales²², ya casi todo está inventado, lo que hay que hacer es una adaptación adecuada de esas ideas estructurales.

LA IMPORTANCIA DE LA COMPRESIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO
 Apéndice

El profesor de proyectos integra todas las disciplinas incluyendo el aspecto estructural, él es el que puede orientar los diseños estructurales, el profesor de estructuras no se entera que están haciendo en proyectos. No estoy de acuerdo en integrar la materia, sigo creyendo que el estudiante debe aprender estructuras; un ejemplo es decir "para que aprendo a sumar" si ya hay calculadoras, es algo parecido. Pero el niño tiene que saber que es la suma, en que consiste y finalmente como se aplica a otros procesos (multiplicación, división, raíz cuadrada), lo mismo ocurre con los programas de estructuras que los resultados son numéricos y hay que comprender lo que significan, para estar al alcance de los mejores arquitectos del mundo, bueno está el Ing. Nervi, Oscar Niemeyer, adoptados como arquitectos por el legado de diseño estructural que han dejado. Barragan y Calatrava que tienen la formación estética y conocimientos de ingeniería; aunque eso no garantiza que lleguemos a esos niveles; las universidades debemos proporcionar las bases más sólidas para hacer que a la postre puedan surgir excelentes arquitectos.

<El Estadio Olímpico de la Ciudad Universitaria fue calificado, desde su construcción como una de las obras maestras de la arquitectura mexicana, y aun de la arquitectura contemporánea mundial. Si lo juzgamos desde el exterior, sin duda debemos tomar en cuenta primero su extraordinaria ubicación en un entorno excepcionalmente amplio, que hace posible una multiplicidad de cambiantes perspectivas de la construcción. La estructura del estadio está concebida a partir de un modelo del terreno, contenido por muros cuya inclinación es la del ángulo de reposo del material. La forma del estadio resulta de manera lógica de su procedimiento constructivo y las condiciones de funcionamiento, a las que se agrega una clara intención plástica monumental. El siguiente gran logro del estadio apunta a la solución de su interior, el cual se percibe ya desde el exterior: el acierto comienza en esta comunicación entre ambos espacios, permitiendo al espectador, en el interior, evitar la angustiosa claustrofobia que los recintos para grandes multitudes pueden generar si sus perspectivas son cerradas. ...el borde externo de la gradería alta; a manera de una cinta de concreto que remata los taludes de piedra del exterior y las gradas al interior, asciende y desciende de manera alternada hacia los cuatro puntos cardinales, adquiriendo un dinamismo sin paralelo en la arquitectura de cualquier época (su forma de planta es estrictamente circular). Otra poderosa línea más, también de borde, visible solo desde el interior, resulta del hecho de que la gradería superior vuela sobre la baja, para aumentar el cupo y proporcionar sombra a algunos asientos, aligerando visualmente los taludes internos y ofreciendo esta curva majestuosa, ahora horizontal pero de movimiento vigoroso, acentuado por la sombra que produce el voladizo. El proyecto fue realizado por un equipo encabezado por Augusto Pérez Palacios, en el que participaron de manera destacada Raúl Salinas Moro y Jorge Bravo Jiménez. Fue inaugurado en 1952. Su capacidad es de 80 000 espectadores, pudiendo elevarse a 100 000.>³



Fecha: 31-10-95.

Arquitecto José Guillermo García Armendáriz

Profesor de estructuras en la Facultad de Arquitectura de la UNAM. Actualmente cursa la maestría en Tecnología.

A continuación su opinión:

Pienso que falta dar un mayor enfoque al aspecto matemático, en el aspecto formativo del alumno, siento que si esto se reforzara desde los primeros años, no solamente en la licenciatura, sino también en los del bachillerato, sería más fácil, ya que habría mejores resultados. A los primeros años de la carrera le encuentras un aspecto muy favorable en las estructuras con la elaboración de maquetas, a través de los viajes, de diapositivas de estructuras de otros sitios, entonces eso produce mucho ánimo, pero después llegas con el profesor de estructuras y te viene a hacer una serie de números, es cuando el ánimo decae, o cuando te topas con un maestro que no ha producido el estímulo para poder integrar a las estructuras con el diseño arquitectónico, actualmente quizás estamos en un término medio que resulta ser muy peligroso. Existe cierto rechazo específico a lo que son matemáticas, pero también es fácil estimular esa parte, ya sea que se le despierte al alumno y ver verdaderamente que se le encamine en muchos aspectos en cuanto se le aclara una duda al alumno. A los diez conceptos de golpe que no había entendido

Algo que es extremadamente didáctico son los laboratorios, que casi están desapareciendo (de matemáticas, estructuras, diseño); tampoco existe el ejercicio práctico sobre la elaboración de trabajos, que no solamente desarrollen la capacidad del sujeto para el diseño, sino que también desarrollen la capacidad constructiva, animarlo a construir, no a dibujar cosas, sino a hacerlas, poderlas ver.

A mí me hubiera gustado que me enseñaran así, a través de los laboratorios, de la elaboración de modelos, eso da mucha visión, ver su comportamiento a escala, hacer toda esa serie de pruebas que en realidad las conocemos en la teoría, cuando nos enfrentamos en la práctica hasta miedo nos da. Hacer la comprobación de lo que estamos haciendo en la práctica frente a lo que habíamos obtenido en la teoría para retroalimentar lo aprendido: relación teoría-práctica.

Fundamentalmente lo que no me gustaba de las clases de estructuras es una persona que no tenga ánimos para dar ese tipo de enseñanza o que la persona tenga cierta dificultad para transmitir el conocimiento a pesar que sepa mucho. Es así como el alumno hace ejercicios, tareas, que no sabe con que fin; después de pasado el tiempo me he dado cuenta de que aquello que hacía sin saber porque no fue tan en vano y ahora me ha servido.

Lo que me encantaba era aquella parte de los laboratorios, tuve la fortuna de que en los primeros años de la carrera iba de cunoso a lo que era el laboratorio de investigaciones laminares, que ahora está convertido en taller, pero en aquel entonces sí funcionaba como las dos cosas y así las estructuras que pensábamos las realizábamos a nivel maqueta, inclusive llegamos a realizar estructuras 1:1, apoyados en la bibliografía que actualmente usamos, por eso en ese aspecto siento que existe un vacío muy amplio, no ha habido mucho avance en ese aspecto, ya que se han quitado talleres y laboratorios.

Los que estamos dirigiendo el área de estructuras actualmente somos cuatro, entonces en ese aspecto nos falta apoyo, hay una crisis. Y arquitectónicamente no congeniamos con los de ingeniería, ellos manejan la teoría de lo simple y nosotros como diseñadores no nos podemos apartar de esa formación de arquitectos en donde lo que buscamos son formas, entonces hay un choque con ellos, no hay concordancia.

LA IMPORTANCIA DE LA COMPRESIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO
Apéndice

El proponernos diseñar cosas nuevas no es producto de la casualidad, detrás de esto hay todo un apoyo técnico. Este conocimiento de la técnica (citemos, por poner un ejemplo a Nervi ó a Fuller), los lleva a la producción de formas ó sistemas que son muy agradables a la vista y que cuentan con una lógica tan elemental.

Es fundamental y a los maestros les gusta que su matena sea la primera del turno, porque siempre se ha demostrado que las primeras horas de estudio se aprovecha más; pero lo cierto es que no ha todos se les puede dar la clase de estructuras a primera hora y de ahí es importante tener el gusto de impartir la clase, de mostrar interés, produciendo ánimo dentro de la clase a través de la preparación.

Siento que el decir que se esta dando una separación de las estructuras con el diseño arquitectónico, es un pretexto, porque si voy a estudiar esta carrera no tengo que esperar que me digan que la clase de estructuras tiene una relación, simplemente es una falta de interés. No a todos los arquitectos se les va a dar la facilidad de poder asimilar un trabajo mecánico, poder discutirlo, interpretarlo y sugerir uno nuevo porque el proceso no es simple

La Arquitectura conlleva a muchas facetas, diseño, estructura, ambientación, confort, en fin; entonces yo como arquitecto tengo la obligación de saber todo esto, quizás hemos perdido terreno ante la negligencia, aquellos que tienen perfectamente definida cual es su área de trabajo han ganado espacios.

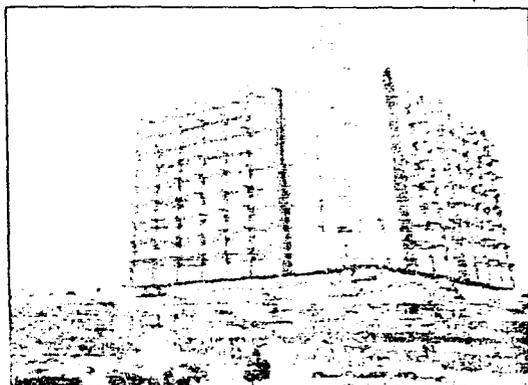
Y estamos obligados a recuperar terreno en lo que es la parte técnica, es fácil tomando en cuenta que los jóvenes que entran a la carrera están ansiosos de conocimiento, tienen una curiosidad inagotable todo esta en cuestión de que los motivemos, que les enseñemos a través de lo que nosotros hemos aprendido y no de que nos pongamos a hacerles exámenes de libros enteros.

Enseñarles a analizar nuestro esqueleto, que relación tenemos de él con la estructura, como se forman y deforman piezas estructurales, ver que les pasa, hay una lógica para todo ello, mostrárselas. Criterio es una palabra que ha hecho daño en la facultad de arquitectura, "hay que tener criterio", más bien yo diría hay que tener conocimiento

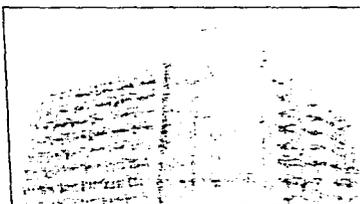
Para la licenciatura sería óptimo que hubiera más espacios (me refiero a tiempo), para poder generar inquietudes; algo muy bueno que me ha pasado en la maestría es haber podido incorporarme al taller de investigación del doctor Oliva, porque viene a ser aquella parte en donde todo joven pretende desarrollar inquietudes, pero que esto fuera con carácter obligatorio y no optativo como cuando yo curse, que me inscribi porque me daba mucha curiosidad lo que desarrollaban los compañeros; les ayudaba a enderezar alambres, veía las pruebas del poliscopio, hacía las plantillas de las velanas, y cuando me enseñaban en clase los cálculos, se me facilitaban, le encontraba sentido y me gustaba aprender mas

Como ejemplo de un buen diseño puede estar el edificio plaza Arquímedes en Polanco. Es una estructura metálica exhibicionista de color rojo. Estructuralmente está bien resuelto, en él se busco buenas condiciones de regularidad con las normas técnicas complementarias; el desarrollo de la estructura es muy interesante y dicha estructura constituye parte de la arquitectura mínima. Es un edificio de usos múltiples, se encuentra dentro del neomodernismo en sustitución del art déco y el criterio de las escaleras curvas tiene un poco de Hi tec, aunque no se atreve completamente.

*Cenit Plaza Arquímedes.
 México 1996.*



<Cenit Plaza Arquímedes. Premio IMEI 1994. Arquitecto José Picciotto. Por sus características tecnológicas se tiene una optimización de los recursos de toda índole. Los sistemas controlados por medio computacional lo hacen un "edificio inteligente". Aproximadamente 24,000m² de construcción, cinco y medio niveles subterráneos de estacionamiento y doce pisos en la superficie. Destinado a uso comercial y a distintas oficinas corporativas. Se logran importantes objetivos de índole formal y funcional como son: una transición entre la escala humana y la del edificio, no enfatizar la colindancia con una altura contrastante; lograr que el volumen sobresaliente por su disposición en planta ofrezca al observador una fachada desde cualquier punto de vista, una clara diferenciación entre las actividades comerciales y de oficina, a la vez que el núcleo de servicios se ubica en una favorable posición lateral se logra la independencia de los mismos de las otras áreas, concretando así el concepto de "un mínimo espacio servidor, que mantiene en una alta eficiencia a un gran espacio servido".>¹⁴



<El concepto de edificio inteligente se refiere a la combinación óptima entre la arquitectura y la tecnología más avanzada de la época. Es un binomio que responde satisfactoriamente a las necesidades del usuario de una edificación haciéndola segura, eficiente, confortable, ecológica, de bajos costos de mantenimiento, flexible y con visión futurista. Es una alternativa conducente al ahorro económico y energético de las edificaciones. Una edificación inteligente nace desde el concepto arquitectónico y busca la eficiencia integral de sus componentes elementales, básicamente desde la estructura, los sistemas de funcionamiento, servicios y administración. La "sensibilidad y flexibilidad" de una estructura no es sólo su red de comunicación o la instalación de un equipo de seguridad y de ahorro de energía, sino una tendencia que va más allá.>¹⁵

Fecha: 04-12-95.

Maestra en ingeniería Perla Santa Ana Lozada

Realizó sus estudios en la Universidad Ibero Americana. Generación 85-89.
 Maestría en ingeniería, en estructuras, en la UNAM. 92-95.

A continuación su opinión:

No estudié arquitectura porque no tenía la habilidad manual, pero a mí me gustaba y por eso me decidí por la ingeniería. Me he dedicado a las estructuras por influencias de mis profesores, pero esto depende de la universidad. En la Ibero hay tres ramas: construcción, administración y estructuras; y el 3% es el que se dedica a las estructuras.

El problema del arquitecto desde mi punto de vista es que al proyectar es que se han olvidado que tienen que calcular, le han dado campo abierto al ingeniero "más cancha"; se supone que el ingeniero se dedica a puentes, presas, obras civiles grandes y el arquitecto se abocaba a las casas, espacios habitables, edificaciones grandes ó chicas por eso los de antaño sabían proyectar y calcular. Ahora se fue perdiendo ese gusto por las estructuras, no sé si por la complejidad, según esto; lo cual no es complejo, quizás es por que no les gusta; aparte los arquitectos se han encerrado al diseño, más bien a ser arquitecto diseñador, se han olvidado de que existen las estructuras y de que lo que ellos hacen no tiene que ver absolutamente nada con las estructuras y que tienen que aprender; entonces no le dan la importancia, primero el alumno no le da importancia a la materia, y la escuela no le da importancia a esto, no les inculcan que aprendan, sino que pasen (a menos esto ocurre en las escuelas privadas) y yo creo que sí deberían saber, porque así es como le hemos ganado campo al arquitecto. En la vida real la interacción ingeniero-arquitecto sí existe, el arquitecto sobre todo cuando es un proyecto grande, se lo da al ingeniero, el cual empieza a ver la estructuración que éste a propuesto, por ello deben saber de estructuras.

En licenciatura es importante que tomarán en serio a las estructuras, lo básico para calcular; resistencia de materiales, isostáticas, hiperestáticas y sismo; que se sepan defender. Si existen ramas o divisiones en la carrera, que lo básico de estructuras se da en tronco común. Hay que verificar en cada estructura: sismo, viento, lluvias, granizo ó nieve, tipo de suelo. (el material que voy a usar en vida útil, el diseño); ya que el ingeniero nota cuando el arquitecto no tiene nociones de estructuras y es cuando se generan los problemas, por cuestión de competencia, de demostrar quien sabe más.

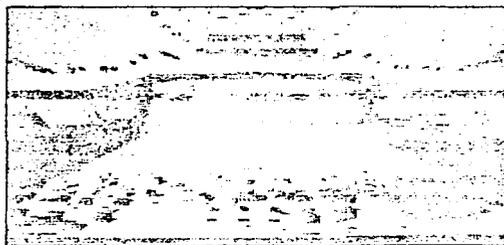
Un ejemplo del diseño de una obra es la Ópera de Sydney, por la creatividad, la innovación y toda la habilidad estructural que se tuvo que incluir para el desarrollo de los problemas que se fueron presentando. Resultado de un concurso para un recinto para la concentración de las artes. Ésta obra se desarrolla en una zona rocosa y sísmica, para lo cual se barrenaron 700 pilotes, fue un proceso constructivo largo, se optó por la forma de la esfera cortada por parábolas para las conchas formadas por costillas de elementos postensados.

<Cuando un arquitecto presenta un proyecto sabe, por lo menos, que se puede construir... El obvio error consistió en menospreciar la influencia que tiene la escala o el tamaño en cualquier problema estructural. ...el hecho de que una estructura esté bien calculada no garantiza, en absoluto, que se trate de una estructura lógica, económica y razonable. Pero, además, la misión del arquitecto no consiste en soñar, sino en producir edificios útiles, bellos y económicos. y las inevitables leyes físicas, saltan a nuestra vista todos los días.>²⁶

<El teatro de la ópera de Sydney. Uno de los edificios más distintivos, que requirió de innovaciones en las técnicas de construcción. Arquitecto: Jom Utzon. Realización: 1959-1973. Sus brillantes techos blancos, que semejan conchas superpuestas sobre un promontorio que se proyecta hacia la ensenada de Sydney, constituyen un edificio que desde cualquier ángulo, se ve hermoso imponente, extraordinario. Las conchas se hicieron con costillas prefabricadas de concreto, con la misma curvatura. La cara externa de las costillas está cubierta con una capa de azulejos. Se utilizaron dos acabados diferentes, uno brillante y blanco, el otro mate y color de ante, para dar al techo su toque distintivo. Aparentemente, las conchas se sostienen en sólo dos puntos de apoyo y sin pilares. Esto se logró uniendo las conchas grandes a otras más pequeñas abiertas en sentido contrario, y forman con aquéllas una unidad. Dado que cada concha toca el piso en dos puntos, la unidad descansa en cuatro patas. Las conchas más pequeñas apenas si se notan, pero sin ellas el techo se vendría abajo.>²⁷



<El techo de la sala de conciertos se diseñó con el fin de crear un espacio de óptima acústica para la música y los discursos. La alfarda, que consta de capas de concreto, cartón-yeso y tñplex, está suspendida del techo. Por esta cavidad pasan los cables y los conductos del aire acondicionado. El piso es de madera laminado.>²⁷



Fecha: 25-05-95

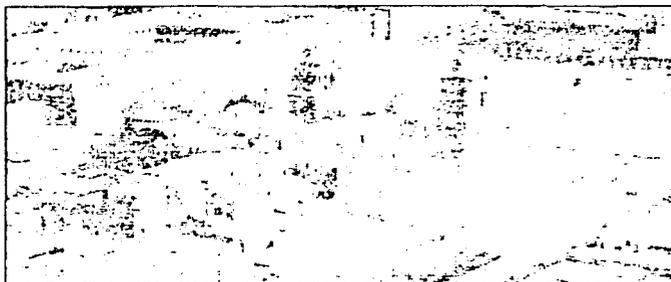
Arquitecto Agustín Hernández Hdez.

Próximo a titularse en la Maestría de Tecnología, profesor de la Facultad de Arquitectura de la UNAM, imparte la clase de Acero y Concreto, actualmente es colaborador en la corrección geométrica de la Catedral Metropolitana. Opina que el programa académico está bien estructurado, pero se imparte de una manera muy abstracta y hay que complementarlo. Hay que darle a las materias de estructuras un enfoque creativo, para ampliar la capacidad del alumno, porque no existe la relación de estructuras con composición arquitectónica. Al impartir su clase notaba, que muchas veces el alumno, no podía ubicar bien en el edificio el elemento que estaba calculando; por tanto, para su mejor entendimiento, él arquitecto necesitaba realizar un cálculo más óptico y no darles nada aislado, porque era más difícil de captar, pero piensa que estos contenidos se deben fundar en Estática y Resistencia

-Y al respecto nos dice:-

Mi interés por colaborar en las clases de estructuras, especialmente en Estructuras I, es porque aquí se fundan las conceptualizaciones de diseño estructural y de composición arquitectónica, así mismo las bases para desarrollar investigaciones técnicas. El alumno al ingresar a la escuela trae la inquietud de querer materializar sus ideas, de hablar el lenguaje gráfico. Quiere que le enseñen matemáticas, pero no abstractas; si ve lo abstracto se va; él espera una explicación más objetiva. Para ello es bueno poner ejercicios de aplicación, ya que con ellos el alumno se interesa y entiende mejor para que le sirve esta clase. Me preocupa mucho que el alumno entienda, porque trae consigo inquietud y así siempre está buscando y haciéndose preguntas e investigando. El mismo alumno, siente las clases muy abstractas, y es así que éste no tiene la facilidad o la confianza, para aplicar su imaginación, para jugar con las estructuras. Y esto se lograría con saber como trabajan bien los elementos y las formas. No es necesario saber lo último en cálculo estructural, sino dar las armas necesarias para explotar la creatividad. Habrá que estudiar mejor la preparación del alumno y los maestros deben reunir características muy especiales para que esto funcione. Como arquitecto te ves obligado a complementarte con más áreas. Un ingeniero, su formación es más científica; el arquitecto tiene la mente más creativa, tiene más la facilidad de conjugar las cosas y cuando se hace un buen diseño, en la realidad no va a tener cambios; hay que hablar con la estructura, estar en contacto con los materiales.

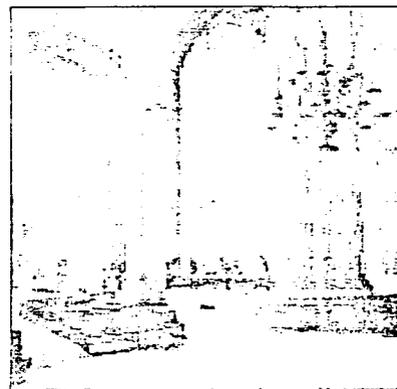
La Catedral, se terminó de construir en 1667, es admirable por su tipo de Arquitectura. Construida con tezontle de una resistencia aproximada entre 40 y 100 Kg., se hicieron torres de 60 metros de altura y claros de 16 metros de ancho; su sistema de construcción fue desarrollado al máximo, a pesar de utilizar un material muy frágil. Hoy en día se trabaja con materiales de más resistencia y sacando una relación respecto a la resistencia que se maneja en la Catedral y en todos los edificios construidos en esa época, vemos que se aprovecha sólo la décima parte; hoy nos hace falta aprovechar más el acero, el concreto, los prefabricados. Quienes hacían esas construcciones, las hacían porque sabían geometría, estructuras, no por ser para algo supremo. Sus constructores fueron muy capaces, por el material utilizado y por la permanencia que aún tienen esos edificios. Conocían los límites del material; uno de los estudios que se han hecho aquí es la comprobación del límite estructural. El doctor López Camona y el Instituto de Ingeniería, han calculado el edificio con las teorías contemporáneas y está dentro de los límites. Con programas de elemento finito, se han hecho comprobaciones y se encuentra dentro de su rango permisible, en su límite de diseño. Así se concibió. Yo pienso que este sistema constructivo lo habían desarrollado al máximo. La tecnología no la había y el edificio no resultaba por casualidad, sabían como hacerlo.



*Vista aérea actual.*²⁸

<La Catedral metropolitana de México. Probablemente fue el Arq. Claudio de Arciniega quien hizo la traza original, modificada por Juan Miguel de Aguero. También se dice, fue el Arq. Alonso Pérez de Castañeda el autor de la primera traza a finales del siglo XVI. Felipe III Rey de España, ordenó a su Arq. Juan Gómez de la Mora que hiciera una nueva traza que, según parece, aceptó el virrey marqués de Guadalcázar, por ser de mejor gusto arquitectónico de acuerdo con la época.

La catedral metropolitana de México. "La más antigua y grande del hemisfero americano". Su interior, obra de piedra labrada en estilo greco romano, consta de cinco naves, cincuenta bóvedas y una cúpula, setenta y cuatro arcos, cuarenta columnas, ciento setenta y ocho ventanas y cuatro cancelos de finas maderas. La mampostería en bóvedas y muros es de "tezontle", con un espesor aproximado de 2.20 m. Las columnas estrnadas de capiteles dóncos tienen arcos estrnados sobre los que descansan las bovedas de diferentes tipos: de medio cañón con lunetos y grecas las del crucero y nave central; esfericas las procesionales, y de claustro con molduras salientes, las de las capillas.>²⁹



*Interior del Edificio
(Vista parcial de la
nave lateral
derecha).*²⁹

Fecha: 07-09-95.

Maestro en Arquitectura Xavier Mendoza Rolón

Ha desarrollado y aportado una propuesta de concepto de la "Tensión reversible" de la "Arquitectura autosoportante"³⁰, en la UNAM, estudiando las leyes y los fenómenos; es una estructura Tense Grity como sistema de entrepiso del cual desde 1987 ha trabajado en éste proyecto. En la actualidad lo sigue perfeccionando dentro de sus estudios de doctorado.

Su opinión:

En base al proceso de investigación realizado me he dado cuenta que es importante poner más énfasis en lo que es observación y análisis, una vez que empiezas a darte cuenta de las cosas vas profundizando en la observación. En licenciatura mi observación y análisis era otro, va pasando el tiempo te vuelves más observador, empiezas a preguntarte el por qué de las cosas, te vuelves más curioso. Pero esto es un proceso de análisis, que con el tiempo vas desarrollando; es una habilidad que se aprende poco a poquito, ninguna asignatura te lo va a enseñar, eso solo el tiempo.

Algo que no me gustaba de las clases en licenciatura es lo frío, empiezas viendo estática, pero no lo sientes, no lo estas observando, quizás con diapositivas que te dejarán sentir los ejemplos más cerca de ti; sigo asistiendo a las clases de estructuras y siguen siendo igual. Hasta que no llegas a tu semestre de taller integral, hasta entonces, empiezas a conectar todos esos datos que tenias por ahí dispersos; y es cuando surge el interés por ver proyectos, casos analógicos, pero mientras tanto ya pasaron tres años de tu carrera, donde se veía muy aislado todo, no encontraba el sentido de unas matenas con otras, no había el apoyo para una integración. Y después de hacer un taller integral, una tesis de grado, ya entiendo y recuerdo que alguna vez me enseñaron algo, que ahora ya le encuentro sentido, porque ya lo puedo aplicar; datos que si no están muy empolvados los empiezas a sentir como algo más real, se te despierta más el interés y empiezas a indagar.

Mientras tanto ves el proyecto y descuidas la parte estructural, o ves la estructura y no prestas atención al diseño; hasta que no llegas realmente a ejemplos concretos, reales. Quizás si te enseñarán todo en equipos de trabajo, integrando las disciplinas. Así es como me hubiera gustado que me enseñarán y además con ejemplos reales; que me mostrarán, si no es en campo, con diapositivas; serían otro tipo de factores los que atraerian tu curiosidad. Pero como no era así había otras cosas que me atraían más.

La observación te va ayudar a sensibilizarte, y así empiezas a indagar y a profundizar en una serie de análisis. Me parece muy atinado en la asignatura de estructuras en el posgrado, el tipo de conducción que da a su clase el doctor Oliva. Recomiendo que para la enseñanza de estructuras a nivel licenciatura, en vez de entrar directamente al cálculo arduo, a números; manejar lo conceptual, como lo explica el doctor Oliva, primero hacerlo parte tuya, hacer que te guste y que mejor forma que te entre por la vista, lo audiovisual, con ejemplos reales y no algo inventado.

De una imagen te puedes hacer muchas preguntas y es cuando te interesas más; eso me hubiera gustado en el primer año de licenciatura, aunque sea medio semestre, esos temas más difíciles poco a poco. Ver las estructuras desarrollables, las no desarrollables; como trabajan y por qué. El Panteón de Agnpa fue derribado y se volvió a construir perfeccionándose es un proyecto de gran interés, importante y muy estudiado.

LA IMPORTANCIA DE LA COMPRENSIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO
 Apéndice

<La lectura del Pantheon como objeto arquitectónico, debe formar parte del conocimiento básico de la arquitectura a nivel universal como un acervo único donde se dan en forma integral todos los elementos constituyentes del espacio. Descubrir los conceptos que le dieron vida, su forma y contenido espacial, la complejidad de su estructura, su geometría, relaciones espaciales y cósmicas, las proporciones, escala y su historia. No conozco ninguna otra obra arquitectónica, que en forma total e integral, reúna no solo la vivencia espacial-astronómica del Pantheon, sino también que permita la posibilidad de descubrir los detalles y conceptos sobre la luz, la forma, el movimiento, la geometría, y la escala que lo envuelve; un espacio formal cubierto de una gran bóveda semiesférica de 43.30 m de diámetro y montada en un cilindro que en suma dan igual altura, formando una compleja estructura que ha permitido durante 2018 años cobijar a todos sus visitantes, desafiando al tiempo y creando conciencia que desde esa época remota existe la arquitectura. La presencia de las matemáticas y la geometría estructuran el universo y también a la arquitectura del Pantheon. Tadao Ando, sus palabras:.. <la primera vez que tuve conciencia del espacio en arquitectura fue en el Pantheon de Roma.>³¹

<El Panteón romano. Constructivamente si bien no se conoce el procedimiento exacto de llenado del domo, es indudable que las tecnologías empleadas en los diferentes elementos estructurales - cimentación, muros, arcos y el mismo domo- habían alcanzado madurez y eran totalmente controladas.

La construcción del Panteón la inició 27 años antes de Cristo el Cónsul Agripa en honor a todos los dioses; se trataba en su versión primera, de un edificio clásico de planta rectangular soportado en columnas construido en piedra. Aunque la inscripción en el pedimento (que pertenece a dicho edificio) proclama a Agripa como su constructor, su forma actual fue decidida por el emperador Adriano, quien modificó sustancialmente el edificio aprovechando la nueva tecnología del concreto y lo terminó aproximadamente en 118 d. C.

Es un edificio circular de concreto con acabado de ladrillo en las paredes exteriores y mármoles de diversos colores en el interior, que está cubierto con un gran domo de concreto visto afuera y adentro. Tal como se ha mencionado no se conoce el procedimiento exacto de construcción, pero es notoria su dependencia del concreto romano. La cimentación es de concreto con agregado pesado basáltico; los muros son de la forma opus incertum, que Vitruvio recomendaba como la más resistente.

Son aspectos notorios y notables de su construcción los rigidizadores de los muros y las bóvedas y arcos que forman los siete grandes nichos y la puerta de ingreso, ubicados todos como parte integral de los muros; el acabado encofrado (con rebajos cuadrados) del domo, y el gran lucernario (u ojo) que provee el total de la iluminación interna y que lo une, sin lugar a dudas por diseño de Adriano y competencia de su desconocido constructor al gran domo celestial >³²

Vista exterior del frente.³²

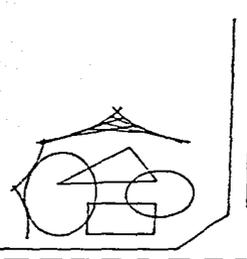


LA IMPORTANCIA DE LA COMPRESIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO
Apéndice.

1. HAWKES Nigel *Maravillas del Hombre Obras maestras de la construcción* Reader's Digest México 1993. Pag. 229.
2. *Grandes Esplendores del Mundo* México 1996 Propaganda de READER'S Digest.
3. QUINTERO, Pablo *Modernidad en la Arquitectura Mexicana* Colección documentos diseño UAM No. 4 1990. Pags. 305-328
4. LAMPUGNANI V M *Enciclopedia GG de la Arquitectura del siglo XX*. Editorial Gustavo Gili Barcelona 1989. Pag. 244.
5. ALBA Martínez Ernesto *La práctica de la Arquitectura y su Enseñanza en México* INBA-SEP Cuadernos de Arquitectura y Conservación del patrimonio artístico Num 26-27 México 1983. Pag 28
6. CARDELLACH, Félix *Filosofía de las estructuras* Editores Técnicos Asociados 1970 Portada y contraportada.
7. LAMPUGNANI V M *Enciclopedia GG de la Arquitectura del siglo XX* Editorial Gustavo Gili Barcelona 1989. Pags. 148 a 150
8. LAMPUGNANI V M *Enciclopedia GG de la Arquitectura del siglo XX* Editorial Gustavo Gili Barcelona 1989. Pags. 365 y 366
9. *Ibidem* pag 68
10. NOELLE Louise *Enlace en la Industria de la Construcción* FCARM/CAM-SAM Año 5 No. 4 Abril 1995. N.C. XLIV Artículo Félix Candela, una nueva filosofía de las estructuras. Pags 42 a 47
11. NICOLIN Pierluigi *Lotus Internacional*, núm. 45, 1988
12. BLASER Wesner *Santiago Calatrava* Editorial Gustavo Gili, S.A., Barcelona 1989. Pag. 21
13. WILSON Claire *Santiago Calatrava, un arquitecto audaz* Reader's Digest Mexico 1994. Pags. 125 a 130
14. HAWKES Nigel *Maravillas del Hombre Obras maestras de la construcción* Reader's Digest México 1993. Portada
15. GONZÁLEZ Gortázar Fernando *La Arquitectura Mexicana del siglo XX* Consejo Nacional para la Cultura y las Artes México 1994. Las tendencias actuales por Carlos González Lobo. Pags. 260 y 261
16. ÁVILA, José *Cuadernos de arquitectura docencia monografías sobre la facultad de arquitectura* Edición especial, No. 4 y 5 UNAM, Mexico D.F. 1990. Artículo Antonio Gómez de Transmonte y a enseñanza de la arquitectura. Pag. 31
17. GALLEGOS, Héctor *Instituto mexicano del cemento y del concreto* Revista IMCYC No. 197 Vol. XXV Octubre 1º/1987. Artículo *El concreto romano y el Panteón romano* Pags. 12 a 15
18. SALVAT Editores Barcelona *Ciudades del mundo* Salvat mexicana de ediciones S.A. de C.V. 1981. Pag. 65
19. ACEDO Espinoza Manuel Humberto *Método cuantitativo-gráfico de análisis para optimizar secciones de elementos estructurales mediante la adecuación geométrica del material* Tesis de doctorado UNAM México 1996. 139 pp.
20. ROJAS Contreras, Alejandro *Importancia de los sismos en el proyecto arquitectónico* Tesis 1987. Pag. 6
21. GONZÁLEZ de León *Arquitectura Mexicana* Revista de la Facultad de Arquitectura. UNAM. Verano de 1995. Jason's Editores, S.A. de C.V. Artículo Experiencias, Teodoro González de León. Nuevas formas. Pag. 10
22. ENGEL, Heinrich *Sistemas de Estructuras* Editorial Blume. Madrid 1979
23. GONZÁLEZ Gortázar Fernando *La Arquitectura Mexicana del siglo XX* Consejo Nacional para la Cultura y las Artes México 1994. El Estadio Olímpico de la Ciudad Universitaria por Víctor Jiménez Muñoz. Pags. 160 y 161.
24. B.M.P.E., Arq. *Avance de Obra* Revista OBRAS. Vol. XXI No. 244. Abril 93. Artículo. Cenit Plaza Arquimedes. Pags. 29 a 33.
25. ORTEGA, Rizo, Eguluz. *Informe Especial* Revista OBRAS. Vol. XXIV No. 283. Julio 96. Artículo Edificios inteligentes. Pags. 44 a 70.
26. CANDELA *En defensa del formalismo y otros escritos*. Xarait Ediciones México 1985. Artículo, el escándalo de la ópera de Sidney, 1968. Pags. 58, 63 y 64.
27. HAWKES Nigel *Maravillas del Hombre Obras maestras de la construcción* Reader's Digest Mexico 1993. Pags. 98 a 103.
28. CALDERWOOD Michael (foto) *Distrito Federal*. Comisión Nacional libros de texto gratuitos SEP, 1994. Portada.
29. CASTILLO V. Felipe. *Know the Catedral of Mexico*. Guía oficial de la catedral. México 1969. Pags. 3, 8 y 9.
30. MENDOZA Rolón, Xavier *Arquitectura autosoportante* Tesis de maestría 1994.
31. FLORES Villasana, Ricardo *El Pantheon de Roma, Italia, a dosmil diez y ocho años de su terminación*. Tesis de doctorado, Fac. de Arquitectura UNAM México 1993. Pags. 44 y 45.
32. GALLEGOS, Héctor. *Instituto mexicano del cemento y del concreto* Revista IMCYC. No. 197 Vol. XXV Octubre 1º/1987. Artículo *El concreto romano y el Panteón romano* Pags. 12 a 16

Bibliografía

-7



7. Bibliografía:

- ACEDO Espinoza, M. Humberto. *Método cuantitativo gráfico de análisis para optimizar secciones de elementos estructurales mediante la adecuación geométrica del material*. Tesis de doctorado. UNAM. México 1996. 139 pp. Fuente: Biblioteca Luis Unikel. UNAM.
- ARNOLD, Christopher y Robert Reitherman. *Configuración y diseño sísmico de edificios*. Editorial Limusa. México 1950. 292 pp.
Colocación: TA658.44-A7518 Fuente: Biblioteca Luis Unikel. UNAM
- BRESLER, Lin y Scalzi. *Diseño de Estructuras de Acero*. Editorial Limusa. 1976
Colocación: TA684-B825 Fuente: Biblioteca Luis Unikel. UNAM.
- CANDELA Félix. *En defensa del formalismo y oros escritos*. Xarait Ediciones. México 1985. 172 pp.
Colocación: NA680-C35 Fuente: Biblioteca Lino Picaseño. UNAM.
- CARDELLACH, Félix. *Filosofía de las Estructuras*. Editores Técnicos Asociados, S.A. 1970. 208 pp.
Colocación: TA645-C36 Fuente: Biblioteca Central. UNAM.
- CASTILLO V., Felipe. *Know the Cathedral of México* Guía oficial. México 1969. 32 pp.
- DIESTE, Eladio. *La Estructura Cerámica*.
Editorial Escala. Bogotá, SOMOSUR Colombia. Año 1987. 286 pp
Colocación: TH 2150-D56 Fuente: Biblioteca Lino Picaseño. UNAM.
- EGUIARTE, Guillermo. *La doble obra maestra de Félix Candela y Ludwig Mies Van de Roe*.
Revista VICEVERSA, Num. 38. México, julio de 1996. Fuente: Biblioteca personal.
- ENGEL, Heinrich. *Sistemas de Estructuras*. H Blume Ediciones, Madrid 1979. 267 pp.
Colocación: TH845-E545 Fuente: Biblioteca Justino Fernández (IE) UNAM.
- FCARM/CAM-SAMI. *Enlace en la Industria de la Construcción*.
Año 5, No. 4 Abril 1995, N.C. XLIV. 81 pp. Fuente: Biblioteca personal.
- FLORES Villasana, Ricardo. *El Pantheon de Roma, Italia, a dosmil diez y ocho años de su terminación*.
Tesis de doctorado, Facultad de Arquitectura UNAM. México 1993. 94 pp.
Fuente: Biblioteca Luis Unikel.
- GONZÁLEZ Gordázar Fernando. *La Arquitectura mexicana del siglo XX*
Consejo Nacional para la Cultura y las Artes. México 1994. 339 pp
Colocación: NA755-A76 Fuente: Biblioteca Central y Luis Unikel. UNAM.
- GONZALEZ Tejeda, Ignacio. *Análisis de Estructuras Arquitectónicas*. Editorial Trillas. 1992. 171 pp.
Colocación: TA645-G65 Fuente: Biblioteca Luis Unikel. UNAM.
- GRILLO Jiménez, Luis Fdo. *Enseñanza de las estructuras arquitectónicas. Una propuesta autogestiva*.
Tesis de Maestría en Arquitectura, opción: Tecnología. UNAM 1989. 117 pp.
Fuente: Biblioteca Luis Unikel. UNAM.
- HAWKES Nigel. *Maravillas del Hombre. Obras maestras de la construcción*.
Reader's Digest. México 1993. 240 pp. Fuente: Biblioteca personal.
- HODGKINSON Hermann, Allan. *Manual AJ de estructuras*. Ediciones Blume Madrid España 1976, 433 pp.
Colocación: TA635-H63. Fuente: Biblioteca Lino Picaseño. UNAM.
- IMCYC. *Instituto mexicano del cemento y del concreto*.
Revista No. 197. Vol. XXVI/Octubre 1º/1987. 58 pp. Fuente: Biblioteca personal.
- INBA-SEP. *Manuel F. Álvarez. Algunos escritos*.
Cuadernos de arquitectura y conservación del patrimonio artístico. 156 pp. Num. 18-19. 1981-1982.
Fuente: Biblioteca Lino Picaseño. UNAM.
- INBA-SEP. *La práctica de la Arquitectura y su Enseñanza en México*.
Cuadernos de arquitectura y conservación del patrimonio artístico.
165 pp. Num. 26-27. México 1983. Fuente: Biblioteca Lino Picaseño UNAM.
- JACK C. Mc Cormac. *Diseño de Estructuras Metálicas*. 1972.
Colocación: TA684-B825 Fuente: Biblioteca Luis Unikel. UNAM.
- LAMPUGNANI V. M. (DE.). *Enciclopedia GG de la Arquitectura del siglo XX*.
Editorial Gustavo Gili, S.A. Barcelona, 1989. 416 pp. Fuente: biblioteca personal.
- MELI Piralla, Roberto. *Manual de Diseño Estructural*.
Tomo 1. Ediciones Ciencia y Técnica. 1991. 250 pp.
Colocación: TA658-M45-V.1 Fuente: Biblioteca Luis Unikel. UNAM.

LA IMPORTANCIA DE LA COMPRESIÓN DE LAS ESTRUCTURAS PARA EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO
Bibliografía

- MENDOZA Rolón, Xavier. *Arquitectura autosoportante*. Tesis de maestría en arquitectura, opción: Tecnología. 1994 UNAM.
Fuente: Biblioteca Luis Unikel. UNAM.
- NICOLIN Pierluigi. *Lotus Internacional*, núm. 45. 1988.
Fuente: Biblioteca Central. UNAM.
- OBRAS. *Avance de obra*. Vol. XXI No. 244. Abril 1993. 80 pp.
Artículo: Cenit Plaza Arquimedes. Fuente: Biblioteca Luis Unikel. UNAM.
- OBRAS. *Informe especial*. Vol. XXIV No. 283. Julio 1996. 96 pp.
Artículo: Edificios Inteligentes. Fuente: Biblioteca Luis Unikel.
- OBRAS. *Técnicas constructivas* Septiembre 1996.
Artículo: La construcción de bóvedas ojivales, por el doctor Fernando López Carmona.
- ORTIZ Sanz, José. *Los diez libros de Arquitectura, Marco Vitruvio Polión*. 1992, 277 pp.
Colocación: NA2515-V8 Fuente: Biblioteca Justino Fernández (IE). UNAM.
- QUINTERO Pablo. *Modernidad en la arquitectura mexicana (18 protagonistas)*
Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Xochimilco. 1ª Edición, 1990. México, D. F. 669 pp.
Colocación: NA755-M64 Fuente: Biblioteca Central. UNAM.
- ROJAS Contreras, Alejandro. *Importancia de los sismos en el proyecto arquitectónico*. Tesis de maestría en arquitectura, opción: Tecnología. UNAM 1987, 180 pp.
- SÁNCHEZ González, Álvaro. *Propuesta preliminar de un manual de mantenibilidad*. Conferencia, mayo 1996. Posgrado de arquitectura UNAM.
- SANTANA Lozada, Lucía. *El diseño arquitectónico por el procedimiento referencial analógico*. Tesis de maestría en arquitectura, opción: Diseño arquitectónico. UNAM 1995. 105 pp.
Fuente: Biblioteca Luis Unikel.
- STERLING Kinney. *Indeterminate Structural Analysis*. Reading Massachusetts. 1960. 710 pp.
Colocación: TG260-K47 Fuente: Biblioteca Lino Picaseño UNAM
- TORROJA, Eduardo. *Razón y ser de los tipos estructurales*. Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento 1975. 403 pp.
Colocación: TG260-T747 Fuente: Biblioteca Central UNAM.
- UNAM. *Arquitectura Mexicana*. Revista de la Facultad de Arquitectura.
Jason's Editores, S.A de C.V. México 1995. 64 pp.
- UNAM. *Conferencias del bicentenario de la fundación de Escuela de Pintura, Escultura y Arquitectura*. Editado por la Dirección General de Publicaciones. Tomás García Salgado Recopilador. México 1984. 254 pp. Colocación: NA750-C65 Fuente: Biblioteca Central. UNAM.
- UNAM. *Cuadernos de arquitectura docencia: monografía sobre la facultad de arquitectura*. Edición especial, No. 4 y 5. México, D.F., 1990. 224 pp. Fuente: Biblioteca Luis Unikel. UNAM.
- UNAM Facultad de Arquitectura. *Plan de Estudios 1992. Licenciatura en Arquitectura*. Centro de Informática de la Secretaría Académica de la Facultad de Arquitectura de la UNAM. CISAFAR, México 1992. 193 pp.
- UNAM. *Repentina*. Facultad de Arquitectura. 10 de Octubre de 1995 No. 128 y 129. 12 pp.
Artículo: Una Semblanza, por Elizabeth Mahr
- UNIVERSIDAD de Ingeniería. Facultad de Arquitectura. Urbanismo y Artes. Sección de Postgrado y segunda especialización. *CONTEXTOS -2- Avances de investigación de sistemas constructivos*. Lima 1992. 88 pp. Artículo: Conceptos estructurales aplicados al proceso del diseño arquitectónico, por: Roberto Machicao Relis. Fuente: Biblioteca Luis Unikel. UNAM.
- WERNER Rosenthal, Hans. *La Estructura*. Editorial Blume Barcelona 1975. 155 pp.
Colocación: TA645-R67 Fuente: Biblioteca Central. UNAM.
- WERNER Blaser. *Santiago Calatrava*. Editorial Gustavo Gili, S. A. Barcelona 1989.
Colocación NA680-S2918 Fuente: Biblioteca Lino Picaseño. UNAM.
- WILSON Claire. *Santiago Calatrava, un arquitecto audaz*. Revista: Reader's Digest de México. 1994.