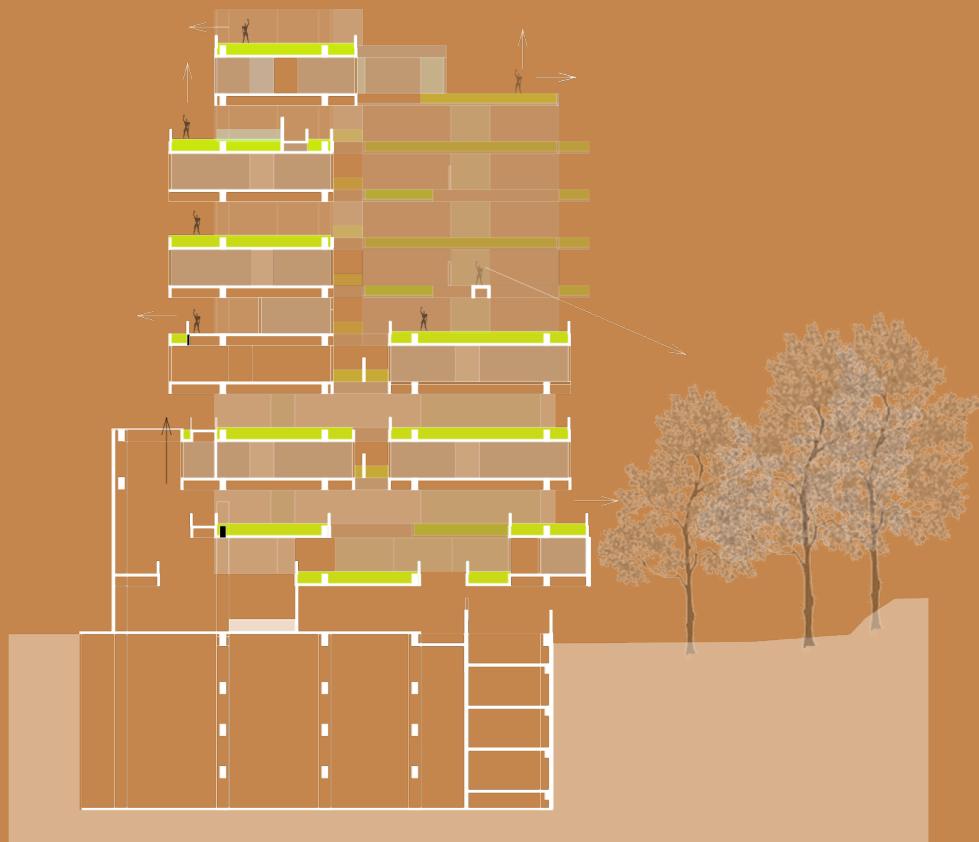


MATERIALIZAR LAS IDEAS

Conceptos estructurales arquitectónicos

MIGUEL ALVAREZ MEDRANO



624.1771

A473

Alvarez Medrano, Miguel

Materializar las ideas: conceptos estructurales arquitectónicos.

— 1^a ed. — Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala,
Facultad de Arquitectura, DIFA, 2025.
120 p.; 24 cm.

ISBN 978-9929-620-58-2

- 1. DISEÑO ESTRUCTURAL – ARQUITECTURA.**
- 2. ANALISIS ESTRUCTURAL.**
- 3. PREDIMENSIONAMIENTO – CRITERIOS.**
- 4. ESTRUCTURAS.**
- 5. SISTEMAS ESTRUCTURALES.**
- 6. PROYECTOS – ANTEPROYECTOS - GUATEMALA**

Autoridades

Universidad de San Carlos de Guatemala

Rector: M.A. Walter Ramiro Mazariegos Biolis

Secretario General: Lic. Luis Fernando Cordón Lucero

Dirección General de Investigación

Directora General de Investigación:

Dra. Alice Burgos Paniagua

Facultad de Arquitectura

Junta Directiva

Decano: Arq. Sergio Francisco Castillo Bonini

Vocal II: Lic. Ilma Judith Prado Duque

Vocal III: Arq. Mayra Jeanett Diaz Barillas

Vocal IV: Oscar Alejandro La Guardia Arriola

Vocal V: Laura del Carmen Berganza Pérez

Secretario Académico:

M.A. Arq. Juan Fernando Arriola Alegria

Consejo de Investigación

Decano: Arq. Sergio Francisco Castillo Bonini

Secretario Académico:

M.A. Arq. Juan Fernando Arriola Alegria

Dirección de Planificación:

M.A. Arq. Werner Meza Valladares

Dirección de Escuela de Posgrado:

Dr. Arq. Miguel Ángel Chacón Veliz

Dirección de Escuela de Arquitectura:

MSc. Arq. Alenka Irina Barreda Taracena

El contenido de este material es responsabilidad exclusiva de su autor. La obra se encuentra disponible en Acceso Abierto para copiarse, distribuirse y transmitirse con propósitos no comerciales. Todas las formas de reproducción y/o traducción por medios mecánicos o electrónicos deberán indicar como fuente de referencia el origen de la obra.

Transcripción y dibujos Cad	Gabriela Mollinedo
Dibujos	Miguel Alvarez
Planos y renders	malvarezarquitectos
Edición	Renata Alvarez
Fotografías	Crédito en imágenes
Diseño	Verónica Morales

A LA MEMORIA DE
A MI MADRE
MARÍA MEDRANO

“La materialidad de la arquitectura se expresa mediante la estructura y los materiales de la experiencia háptica y óptica espacial.”

STEVEN HOLL

Índice

Prolólogo	9
<hr/>	
Introducción	10
<hr/>	
Sistemas estructurales	12
Sistema Adintelado	13
Sistema Abovedado	15
Sistema de Esqueleto Interno	16
<hr/>	
Estructuras de concreto reforzado	18
Estructuras Sistema Mixto (Mampostería Reforzada)	20
Sistema con Muros de Baja Ductilidad	22
<hr/>	
Sistema de Marcos, esqueleto interno	24
Principales Características	24
Características Estructurales	25
Losas en dos direcciones	26
Modulación	27
Otros sistemas de módulo	28
Ejemplos desarrollados con sistema de marcos	29
<hr/>	
Criterios para predimensionamiento	39
Predimensionamiento de Columnas	39
Predimensionamiento de Vigas	40
Predimensionamiento de Losas	41
Voladizos	42
Losas, Vigas principales y secundarias	43

Estacionamientos en Sótanos	44
Muros de Retención	49
Rampas	51
Juntas de construcción	54
<hr/>	
Otros sistemas estructurales	56
Losa Reticular	56
Placa sin vigas	57
Cascarones	58
Estructuras Prefabricadas	59
Estructuras de Acero	60
Marcos	62
Joist y Estereoestructuras	67
<hr/>	
Proyectos	70
Construidos	70
Anteproyectos	106
<hr/>	
Anexo / Ejemplo proyecto - Rentabilidad	109
<hr/>	
Bibliografía	117

Lista de acrónimos Abstract

USAC: Universidad de San Carlos de Guatemala

DIFA: Dirección de Investigación de la Facultad de Arquitectura

POT: Plan de Ordenamiento Territorial (Municipalidad de Guatemala)

AGIES: Asociación Guatimalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica

AT: Área Tributaria

M.A.: Maestro en Arquitectura

MSc.: Magíster Scientiarum (Maestría en Ciencias)

Arq.: Arquitecto

Lic.: Licenciado

This book provides a practical and conceptual guide to the most commonly used structural systems in Guatemala, primarily aimed at architecture students and professionals. With a graphic and didactic approach, it explains the fundamental principles of lintel, vaulted, and skeletal frame systems, as well as reinforced concrete, steel, prefabricated, and other construction methods. It also includes tools for pre-dimensioning elements such as columns, beams, slabs, and cantilevers, in order to facilitate decision-making throughout the architectural design process. In addition, the book addresses key topics such as spatial efficiency, basement parking design, ramps, retaining walls, and construction joints, linking theory with real projects and case studies. The objective of this work is to provide architecture students with a clear understanding of structural systems, encouraging responsible, efficient, and contextually relevant design in line with Guatemalan and Central American standards.

Prólogo

El proceso de proyectar arquitectura va mucho más allá de una visión estética o funcional; implica también una profunda comprensión de los principios estructurales que hacen posible su materialización. Toda obra construida es, antes que nada, una obra pensada desde la estructura.

Este libro nace de la necesidad de brindar a estudiantes de arquitectura —y a todo aquel que se inicie en el ejercicio proyectual— una guía clara, visual y aplicada sobre los sistemas estructurales más comunes en Guatemala. Se ha elaborado como una herramienta de apoyo que busca facilitar la toma de decisiones durante el diseño arquitectónico, desde los primeros esquemas conceptuales hasta la definición de criterios estructurales básicos.

Con un enfoque gráfico y didáctico, el contenido ha sido organizado para permitir una fácil interpretación, especialmente para quienes están en proceso de formación. Cada sistema estructural se explica a través de ilustraciones, diagramas y esquemas que complementan la información técnica, haciendo del libro un recurso accesible y práctico.

El contexto técnico del documento se enmarca dentro de los reglamentos y normas vigentes en Guatemala y la región centroamericana. Esto permite que los ejemplos, recomendaciones y criterios de diseño sean pertinentes y aplicables a las condiciones reales de nuestro entorno constructivo.

Se presenta especial énfasis en el sistema de esqueleto interno —por ser el más utilizado en el medio local— y se incluyen herramientas de predimensionamiento para facilitar la comprensión de los elementos estructurales más comunes: columnas, vigas, losas y voladizos. Además, se abordan temas clave como eficiencia espacial, rentabilidad del diseño, estacionamientos en sótanos, rampas, muros de contención y juntas de construcción.

A lo largo del libro, se integran ejemplos reales y proyectos desarrollados que ilustran la aplicación de los conceptos presentados, reforzando la conexión entre teoría y práctica. El objetivo no es formar estructuralistas, sino arquitectos capaces de integrar los principios estructurales en su proceso creativo con criterio, claridad y responsabilidad.

**ARQ. SERGIO CASTILLO BONINI
DECANO DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA, USAC**

Introducción

La arquitectura solo se hace posible al ser construida.

Uno de los aspectos a resolver durante el proceso de diseño arquitectónico es el **CRITERIO ESTRUCTURAL** del proyecto.

Es indispensable establecer la estructura potencial de cada edificación.

En este documento se presentan de manera conceptual los sistemas estructurales más utilizados en Guatemala, sus principales características y sus diferencias.

Se profundiza en el sistema de esqueleto interno, por ser el más utilizado en nuestro medio, incluyendo una manera fácil de predimensionar los principales elementos estructurales para edificaciones de varios niveles.

Otro tema relevante, para el diseño de edificios es qué, se debe contemplar su eficacia, su rentabilidad; es decir que en el porcentaje de metros cuadrados construidos, la mayor parte sean de uso de suelo primario, metros cuadrados para la venta. Dicho de otra manera, el porcentaje de circulaciones, ductos y áreas comunes; debe ser controlado y evaluado, para garantizar el retorno de la inversión.

Se incluyen además, algunos criterios para el diseño de estacionamientos en sótanos y rampas.

También detalles para las juntas de construcción y detalles de muros de contención más utilizados en Guatemala.

El objetivo es facilitar al estudiante de arquitectura la comprensión de los mismos y su posible aplicación en sus proyectos.

No se pretende profundizar en el campo del cálculo estructural.

Este documento se realiza de manera gráfica para su fácil interpretación.

El contexto se enmarca en reglamentos y normas de Guatemala, Centro América.

Sistemas Estructurales

“La forma de construir depende del nivel tecnológico de la sociedad que construye y de las necesidades que esa sociedad manifiesta.”¹

La arquitectura es la producción de satisfactores espaciales para el hombre.

Desde la época prehistórica, el ingenio humano ha revelado su creatividad.

“Según John Gloac, desde que el hombre abandonó el refugio que le brindaba la caverna hasta hoy, han ocurrido tres descubrimientos estructurales que han dado lugar a la aparición de otras tantas maneras de construir y a tres sistemas constructivos diferentes:

El Sistema Adintelado, el Sistema Abovedado y el Sistema de Esqueleto Interno”³

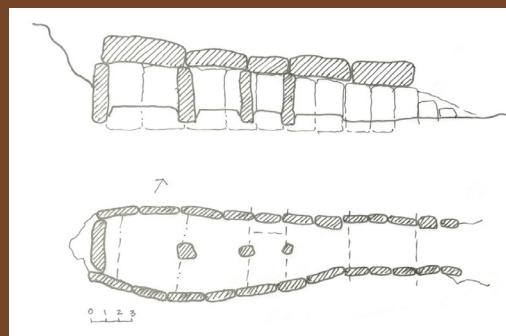


Figura 1. Planta y sección de la Cueva de Menga, Antequera, Málaga, 3000 AC²

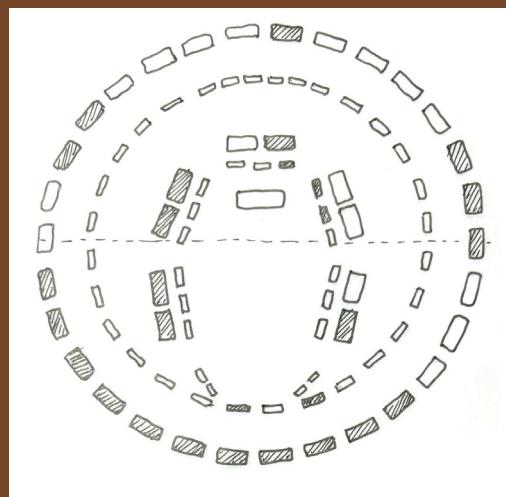


Figura 2. Conjunto Megalítico dispuesto en forma de círculo. Cromlech de Stonehenge; Salisbury, Inglaterra, 2500 AC

¹ Perelló, Antonia María, *Las Claves de la Arquitectura*

² Hernández, Vicente Matín, *Génesis del Sentimiento del Espacio Arquitectónico*, UNAM

³ Perelló, Antonia María, *Las Claves de la Arquitectura*

Sistema Adintelado

Este sistema es el más antiguo, y está basado en la columna y el dintel.

Las primeras muestras de arquitectura adintelada pétreas, la encontramos en los dólmenes prehistóricos. Grecia llevó el sistema a su perfección. Los bloques de piedra (mármol) eran extraídos de la cantera y transportados a la obra, donde se acababan de tallar y solo se pulían una vez estaban colocados en su lugar definitivo. La gran aportación griega a la arquitectura son los Tres Órdenes Clásicos: Dórico, Jónico y Corintio, que constan de ordenaciones de las diversas partes del soporte y de la cubierta de los edificios.

A lo largo de la historia, el sistema adintelado tiene desarrollo en el Neoclasicismo, el cual experimenta un notable resurgimiento formal, pero que a nivel estructural carece de interés.

En Guatemala podemos reconocer este sistema en la arquitectura desarrollada en muchas ciudades y pueblos.

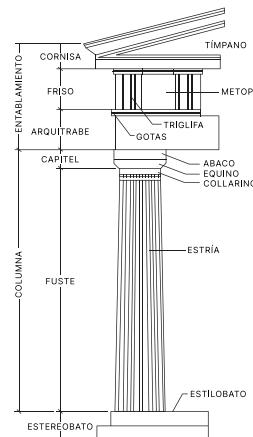
En este sistema constructivo los muros se construyen con mampostería, piedra, ladrillo y adobe.

Las aberturas de las puertas y ventanas se logran a través de un dintel de madera o piedra. La limitación del ancho de los vanos depende del largo y la resistencia de dicho dintel.

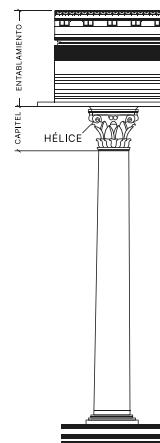
La principal desventaja es la limitación del ancho de los vanos. Las cubiertas normalmente son inclinadas y se realizan con estructura de madera, y cubiertas de teja.

Además, los entrepisos se pueden lograr solamente con vigas de madera, las cuales tienen limitaciones de largo y capacidad de carga.

DÓRICO



CORINTIO



JÓNICO

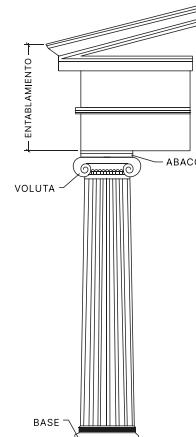


Figura 3. Componentes de los órdenes clásicos

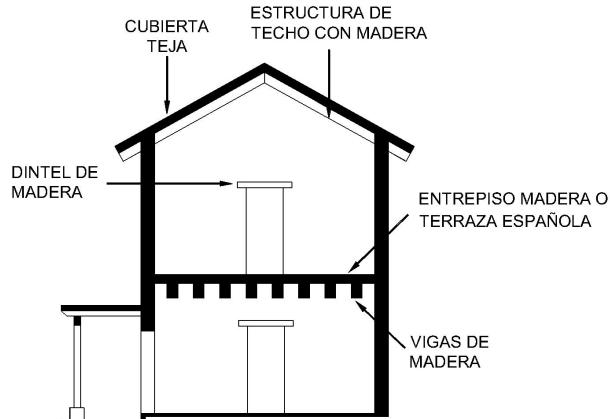
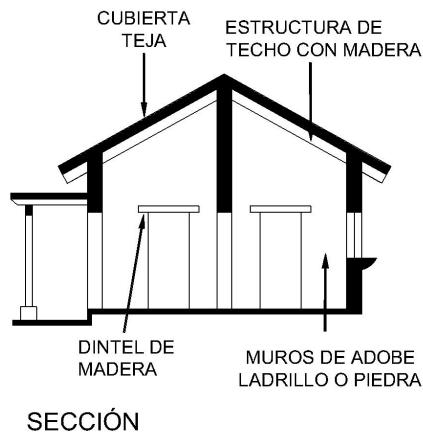
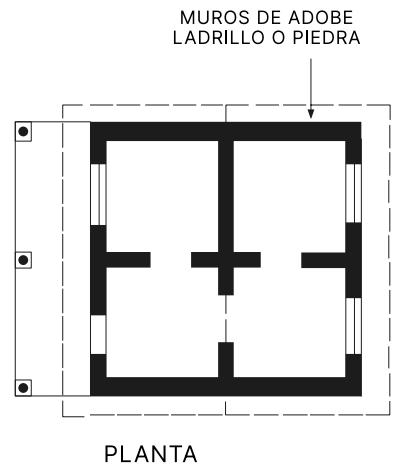


Figura 4. Sistema adintelado aplicado a construcciones locales de Guatemala

Sistema Abovedado

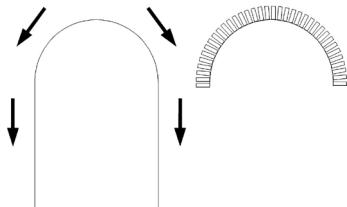


Figura 5. Arco

Tiene su base en el ARCO, elemento sustentante de forma curva destinado a salvar un espacio mayor que el que se logra con un dintel de piedra o madera. El arco está formado por dovelas (piezas talladas en forma de cuña) o ladrillos, generalmente en número impar, que originan empujes laterales y desvían la carga vertical que soportan hacia los puntos de apoyo del arco o impostas.

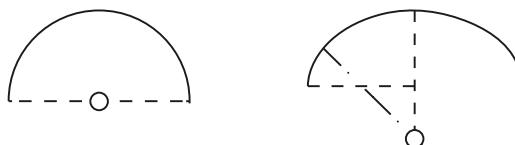
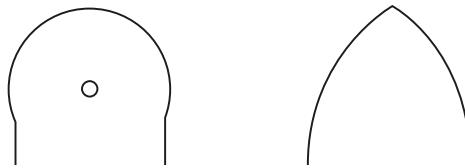


Figura 6. Arco de Medio Punto y Arco de Tres Centros

Arco de Medio Punto
y Arco de Tres Centros



Arco de Herradura
y Arco Oval

Figura 7. Arco de Herradura y Arco Oval

Una BÓVEDA es una cubierta formada por una serie de arcos. Sistema adoptado por Roma y en el Bizancio y el Románico.

El Gótico presenta una articulación espacial, un mayor número de aberturas y la aparición de un sistema abovedado articulado a través de nervios y líneas de fuerza. El elemento sustentante es el Pilar.

Si el arco típico de la arquitectura románica era el de medio punto, en la arquitectura gótica es el arco apuntado y del mismo modo la bóveda de medio cañón se verá sustituida por la de crucería.

A nivel estructural, ni el Renacimiento ni el Barroco aportan avances tecnológicos significativos.

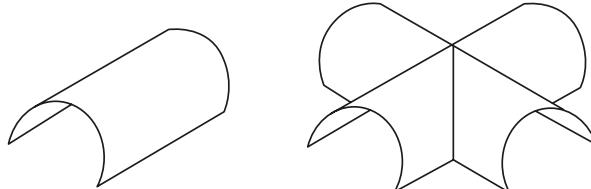


Figura 8. Bóvedas

Sistema de esqueleto interno o marcos

Este sistema surge con el advenimiento del acero y el concreto (hormigón).

Permite crear un esqueleto independiente al edificio, al mismo tiempo propicia la creación de voladizos que enriquecen las posibilidades compositivas en planta y volumen.

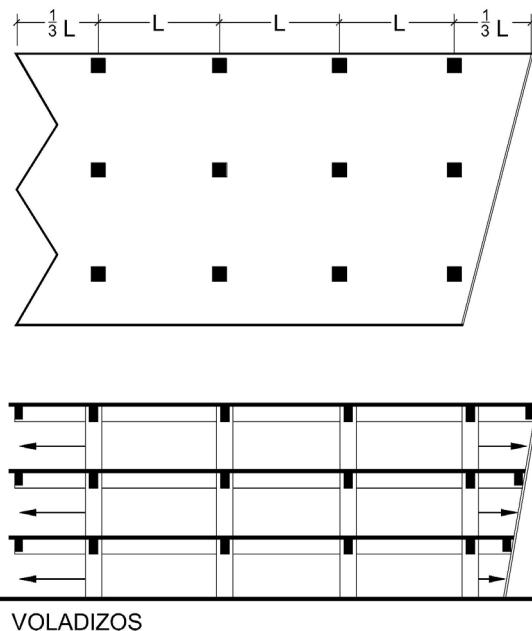


Figura 9. En el sistema de esqueleto interno, las columnas, vigas y losas forman el sistema estructural

Está compuesto por Columnas independientes, Vigas y Losas.

Es recomendable que el sistema de columnas, vigas y losas sea modular, ya que esto asegura estandarización de los elementos constructivos, lo que además contribuye a reducir costos.

Pertenecen a este sistema las estructuras de concreto, de acero y los prefabricados.

Le Corbusier en "Los 5 Puntos de Una Nueva Arquitectura" (1926) destacó otras virtudes del sistema:

Una de las principales ventajas del sistema es La Planta Libre, es decir que se puede disponer del espacio con libertad, sin supeditarse a la estructura, diferentes formas de muros.

Uso de Ventanas Apaisadas, es decir ventanas con vanos tan anchos como se deseaban, lo que traducía en mejor iluminación de los espacios interiores.

Otra ventaja es que, al tener losas planas, surge la posibilidad de utilizar las terrazas como espacios de uso, descanso, estar, etc.

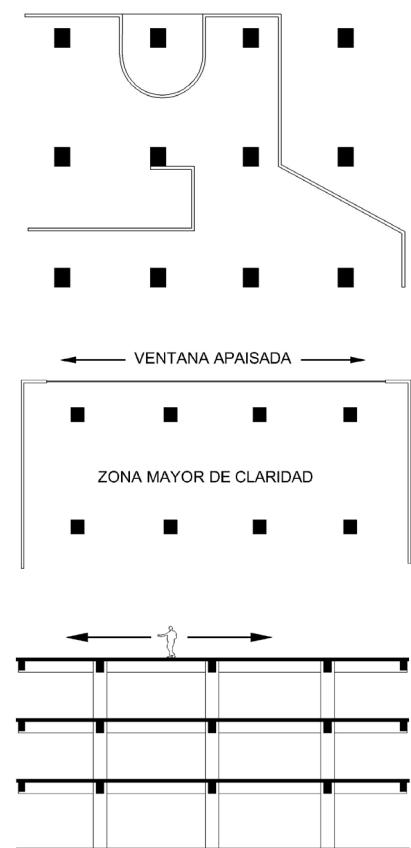


Figura 10. Las divisiones o pieles no son estructurales, y pueden ser muy totalmente transparentes. La terraza se puede utilizar.

Estructuras de concreto reforzado

El diseño arquitectónico está directamente relacionado con las reflexiones sobre la materialización, sobre cómo se pretende construir la edificación.

La propuesta para un edificio de varios niveles, debe en primer lugar ser consensuada y validada con un experto, un ingeniero estructural.

El proyectista debe comprender la importancia de que sus propuestas tengan una lógica constructiva, ya que el conocimiento de los diferentes sistemas, le dará mayor libertad a la hora de diseñar. El material que predomina en las construcciones actuales, es el concreto reforzado, producto de su eficiencia para un territorio sísmico; por lo que, se aborda con mayor detalle. Un primer criterio estructural para un diseñador, está relacionado a las distancias entre apoyos, a la luz (L),

Este cuadro es únicamente una referencia que orienta sobre lo más utilizado por los proyectistas; incluso pueden utilizarse más de uno en una edificación.

Mientras más conocimiento se tenga sobre los mismos, más libertad de diseño se tendrá. Un diseño que incluye una lógica o criterio constructivo, podrá avanzar más rápido, y hará más sencilla la interpretación, colaboración y definición del experto estructural.

El otro tema en donde colabora el conocimiento básico de los sistemas estructurales, es la economía, es decir, un buen diseñador es aquel que toma en cuenta las características y limitaciones de los materiales, para hacerlos eficientes y así lograr una potencial construcción optimizando los recursos.

Luz (M)	Sistema Estructural
0 a 4	Mixto Mampostería Muros Concreto Baja Ductilidad
5 a 10	Marcos / Vigas y Losas Placas de Concreto
11 a 15	Reticular Celulado
16...	Metal / Joist

Cuadro 1. Sistemas utilizados tomando como base la luz.

La Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica AGIES, provee de unas recomendaciones generales⁴

1. Las estructuras deben ser sencillas, permitiendo una clara transmisión de las fuerzas...
2. Las estructuras deben mantener una uniformidad general (en planta y en alzado, de rigidez y de masas)...
3. En el caso de edificios no uniformes en planta, el proyectista debe subdividir el edificio en estructuras dinámicamente independientes, mediante la disposición de juntas estructurales
4. ...proyectar de acuerdo con patrones de simetría...

⁴ Confinamiento y ductilidad de los edificios de hormigón armado, Barbat, Alex H; Vielma, Juan Carlos; Oller, Sergio; IPAC, A.I.E. Madrid España

Sistema de Mampostería reforzada (Mixto Mampostería)

Es un sistema constructivo en el que se ensambla un levantado vertical, unidos por un mortero, así mismo se compone de refuerzos de acero, varillas que pueden colocarse dentro de los agujeros del elemento (pineado) o con columnas de concreto. Además de requerir soleras, de humedad, intermedia y superior, así como un cimiento.

Esto en su conjunto, provee de un sistema sencillo y útil para edificios pequeños.

Según AGIES la mampostería con refuerzo tiene cinco componentes: las unidades de mampostería (block concreto, ladrillo), el mortero, el grout (eventual), concreto y el refuerzo (acero).⁵

Principales características:

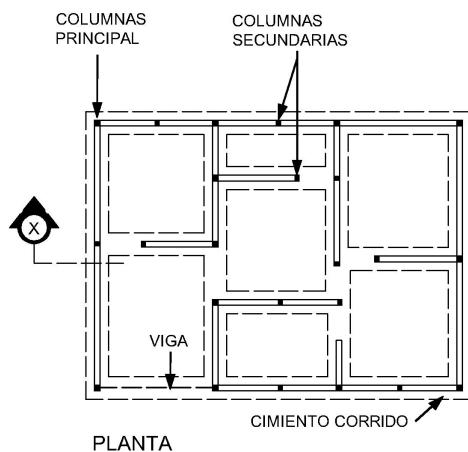
Es el sistema más utilizado en nuestro medio para construcciones de hasta tres niveles.

Se usan muros de mampostería, block o ladrillo, reforzados con columnas y vigas de concreto reforzado.

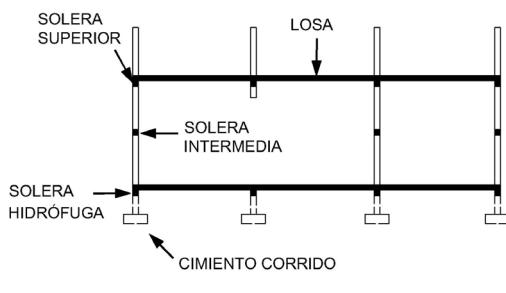
Los muros sí trabajan para cargar los elementos estructurales.

Se recomienda que la mayor parte de los muros de los niveles superiores coincidan con los del primer nivel.

⁵ NSE 7.4, Diseño de mampostería reforzada, Normas de Seguridad Estructural para Guatemala, Asociación Guatemaiteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, 2018.



Para su anclaje con el suelo, los muros usan generalmente un Cimiento Corrido.



Los muros son reforzados verticalmente con columnas de concreto reforzado, principales y secundarias.

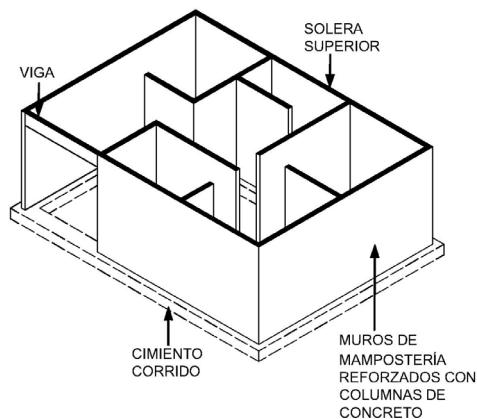


Figura 12. Los muros son reforzados verticalmente con columnas de concreto reforzado, principales, secundarias y soleras horizontales.

Los muros son reforzados horizontalmente por Soleras de Humedad e intermedia.

Para rematar y unirse a la losa se utiliza la Solera Superior.

Es el sistema más utilizado para construcciones de 1 a 2 niveles, con luces de 0 a 3 metros, aunque hay casos de 3 a 4 niveles. Cuando se supera la luz de 3 metros, sin mampostería, se recurre al uso de vigas complementarias.

Sistema con muros con baja ductilidad

Este sistema ha incursionado en los últimos años, y se compone básicamente de “paredes delgadas de concreto, muchas veces con una sola malla de refuerzo”⁶; el motivo principal es la reducción de costos, aunque es importante acotar que el costo de las formaletas (acero o aluminio) es significativo. Inicialmente se utilizó en proyectos de vivienda unifamiliar de 1 ó 2 niveles; y posteriormente se trasladó a edificios de varios niveles.

El ahorro se basa en los múltiples usos de la formaleta y que se utilizan paredes y losas delgadas.

Una de las principales limitaciones es que la Luz entre apoyos es corta, por lo que usualmente no se usan sótanos de estacionamientos.

Es importante puntualizar aquí, que la AGIES, con la divulgación de la norma, no intenta promover la Ductilidad Baja por se y la acepta bajo ciertas condiciones, por lo que es de vital importancia para el diseñador, asesorarse con un experto.

⁶ NSE 7.9, Diseño de edificaciones de concreto reforzado con muros de ductibilidad baja, Normas de Seguridad Estructural para Guatemala, Asociación Guatemaiteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, 2018.

Los criterios generales del sistema son:

- Una modulación de muros, principalmente ortogonales, con una Luz que no supere los 3 metros.
- Debe haber una coincidencia en todos los niveles, de la mayor parte de los muros, de tal manera de trasladar las cargas axialmente hasta la cimentación.
- Las instalaciones principales de espesor considerable deben ser conducidas a través de ductos, evitar que afecten los espesores estructurales de los muros y las losas.

En algunos casos, se ha permitido colocar algunas vigas, para lograr unas luces mayores; sin embargo, son casos especiales, deben resolverse en conjunto con el asesor estructural.

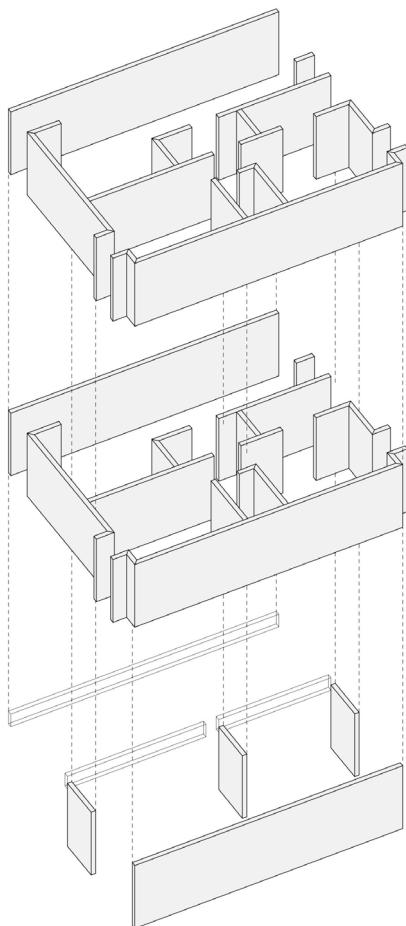


Figura 14. Isométrico que muestra las coincidencias sugeridas para este sistema.

Sistema marcos, columnas y vigas de concreto (Esqueleto interno)

Principales características

- Material de construcción universal
- Excelente capacidad de moldeo (puede depositarse en formaletas y moldes de cualquier forma)
- Alta resistencia al fuego y clima
- Bajo costo
- Alta resistencia a la compresión (concreto)
- Alta resistencia a la tensión (acero)
- Este sistema lo componen:
Cimentación (zapatas o losas),
Columnas, Vigas y Losas.

Características estructurales

- La carga viva transmite la carga a las losas.
- Las losas transmiten las cargas a las vigas.
- Las vigas transmiten las cargas a las columnas.
- Las columnas transmiten las cargas a la subestructura o cimientos.
- Los cimientos transmiten las cargas al suelo con suficiente resistencia.

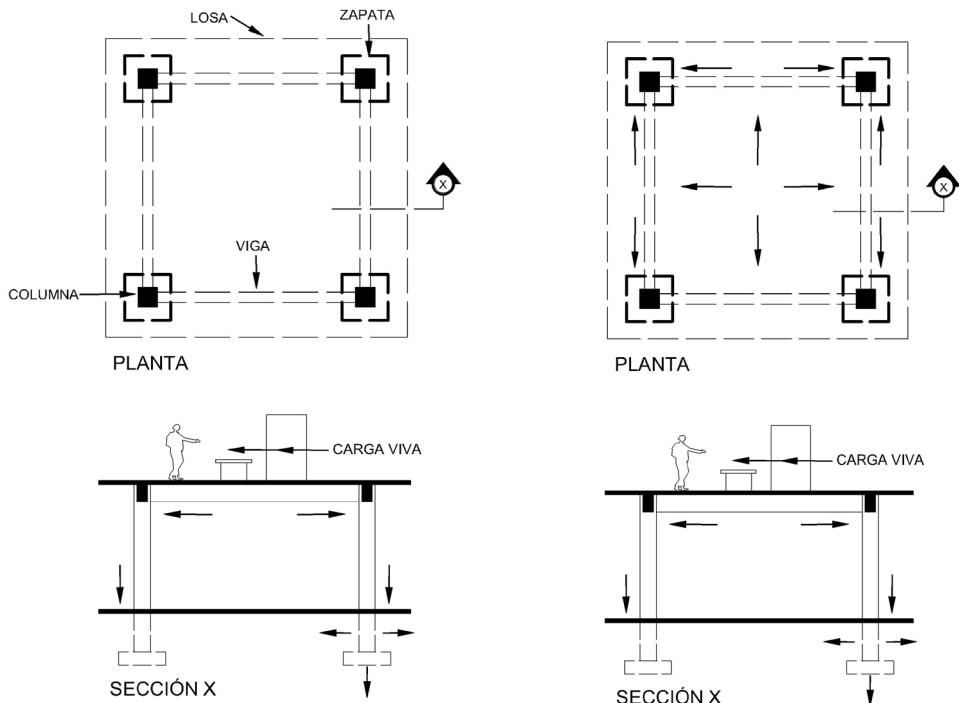


Figura 15. Sistema de esqueleto interno.

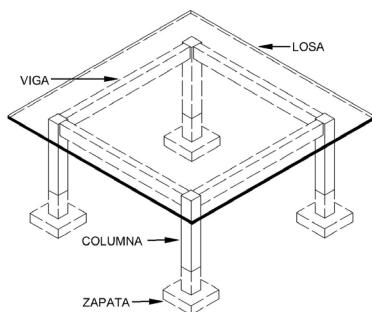


Figura 16. Esquema de transmisión de cargas.

Para suelos de baja resistencia es necesario recurrir a cimentaciones profundas como Pilotes para llegar a estratos de mayor firmeza.

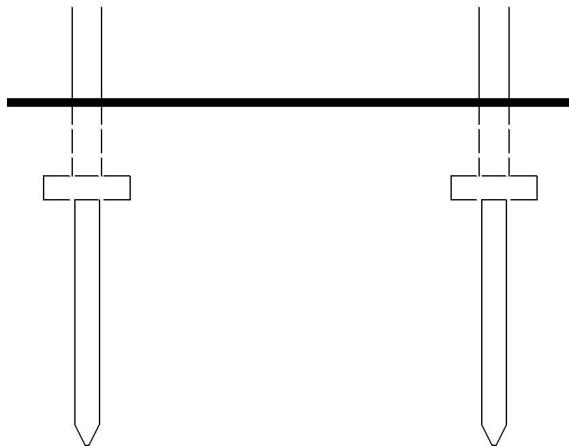


Figura 17. Pilotes.

Otra opción es una losa de cimentación que distribuye la carga sobre la máxima área disponible.

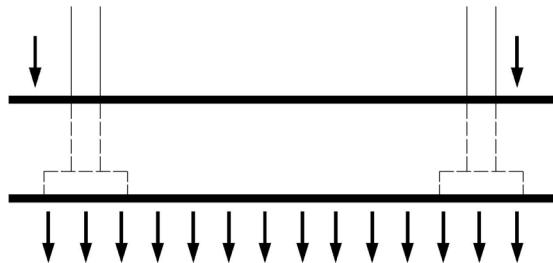


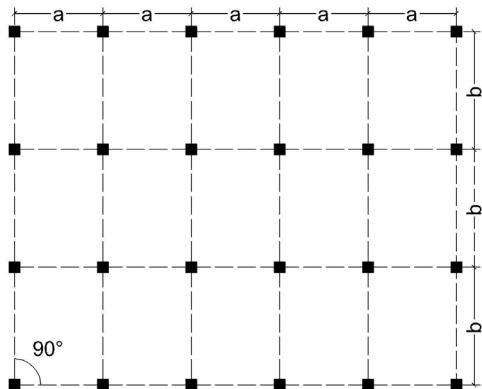
Figura 18. Losa de cimentación.

Losas en dos direcciones

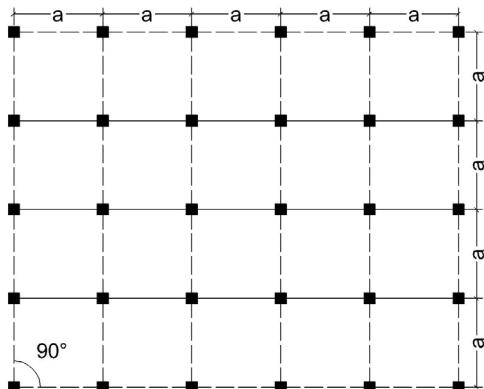
Este sistema es el más utilizado en nuestro medio para la construcción de edificios altos.

Está compuesto por Columnas independientes, vigas y losas. Los módulos estructurales pueden ser entre 5.00 metros a 10.00 metros, ya que para módulos menores se puede usar el sistema combinado con muros de mampostería y para mayores, el de vigas secundarias o el de losa reticular.

Dependiendo del número de niveles y la distancia entre apoyos, así será el tamaño de los elementos estructurales.



Diferentes



Los lados pueden ser iguales

Figura 19. Losas en dos direcciones, modulación similar en ambos lados.

Modulación

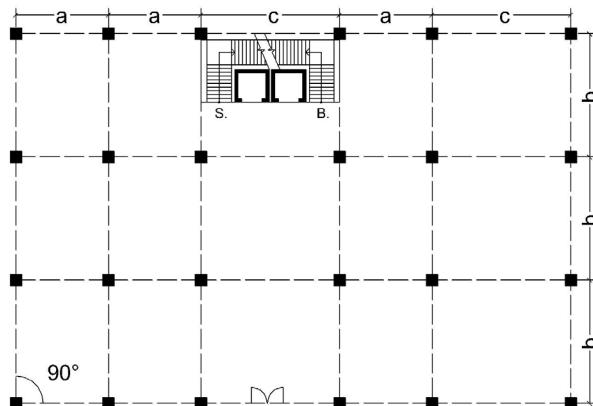
La modulación más utilizada es la ortogonal, es decir, a 90°.

Los módulos de los lados pueden ser iguales, diferentes, alternos, etc.

Se recomienda que uno de los lados tenga módulos impares, con el objeto de disponer de un espacio vacío al centro para destacar ingresos y/o colocar gradas o ascensores equidistantes en todo el edificio.

Se debe realizar un predimensionamiento de columnas, vigas y losas desde el momento de iniciar el diseño, para poder evaluar las áreas y las alturas disponibles.

Si el edificio tendrá parqueos en los primeros niveles o en sótanos, debe contemplarse las áreas necesarias para los vehículos, circulaciones y rampas (ver detalles más adelante).



Alternos con espacio central para acceso y gradas

Figura 20. Losas en dos direcciones, modulaciones distintas en ambos lados.

Otros sistemas de módulos

Además de la modulación ortogonal, se pueden utilizar otros módulos triangulares, radiales, etc.

Si el edificio tendrá parqueos, debe contemplarse la geometría necesaria para los vehículos, las circulaciones y rampas.

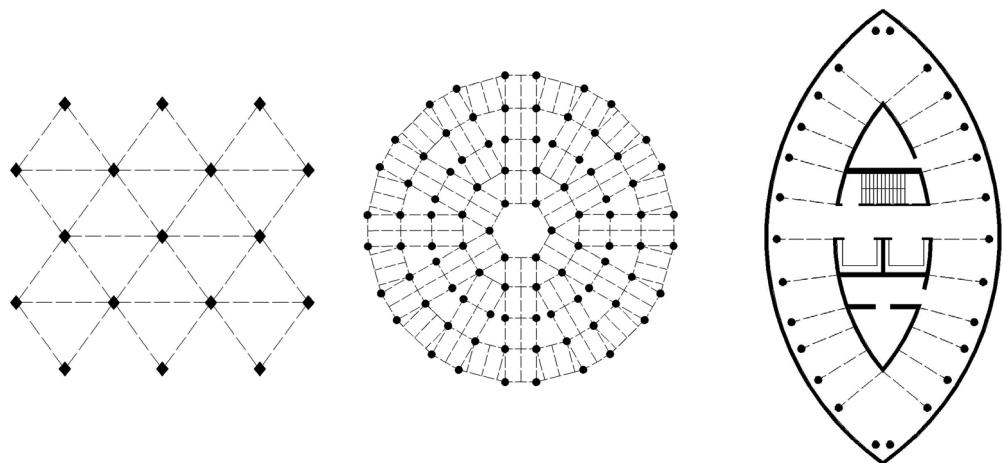


Figura 21. Distintas modulaciones aplicadas al sistema.

Ejemplos desarrollados con sistema de marcos

Algunos ejemplos de la versatilidad que se puede obtener utilizando este sistema:

Centro de Restauraciones

Fernando Higueras, colaboración
Antonio Miró
Madrid 1965-1970

(actualmente Instituto
del Patrimonio Histórico Español)

Está concebido con un sistema de losa reticular, con entramado de vigas y arriostres radiales de peralte constante, y eso le da un aspecto brutalista orgánico.

"El edificio se inscribe en un círculo de 40 metros de radio, dividiéndose radialmente en 30 gajos principales, ... El aspecto total del edificio lo impone el sistema constructivo de hormigón armado, que tanto en estructura como en cerramientos exteriores quedará visto"⁷

En la sección, se puede observar la simetría global, así como las cubiertas inclinadas en las partes superiores, mostrando así, las distintas opciones formales del sistema. Este edificio explota la plasticidad del concreto expuesto.

El estudio geométrico estructural denota un estudio detallado que incluye el diseño de la modulación de la cimbra de madera.

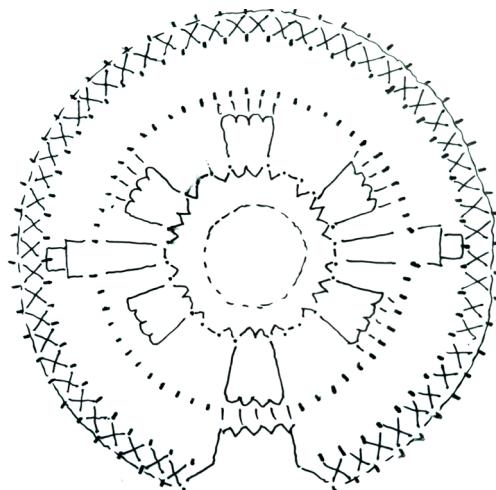


Figura 22. Esquema de la planta estructural

⁷ FERNANDO HIGUERAS. Edición Botia, Lola, Xarait Ediciones; Madrid 1987

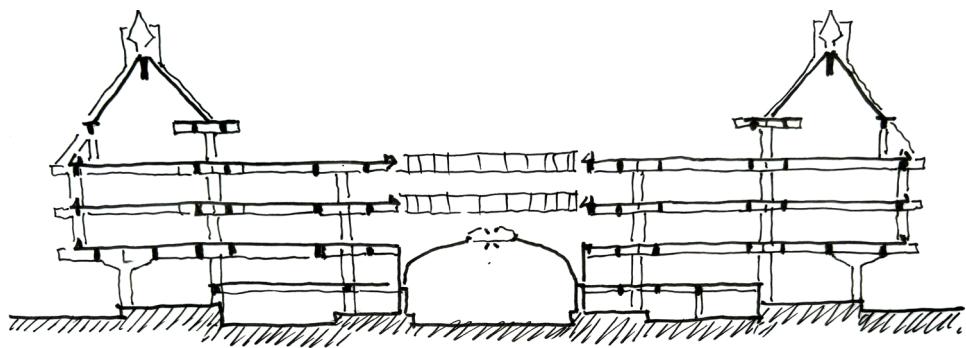


Figura 22. Sección, en la que se puede observar la simetría global, así como las cubiertas inclinadas en las partes superiores. Mostrando así, las distintas opciones formales del sistema.

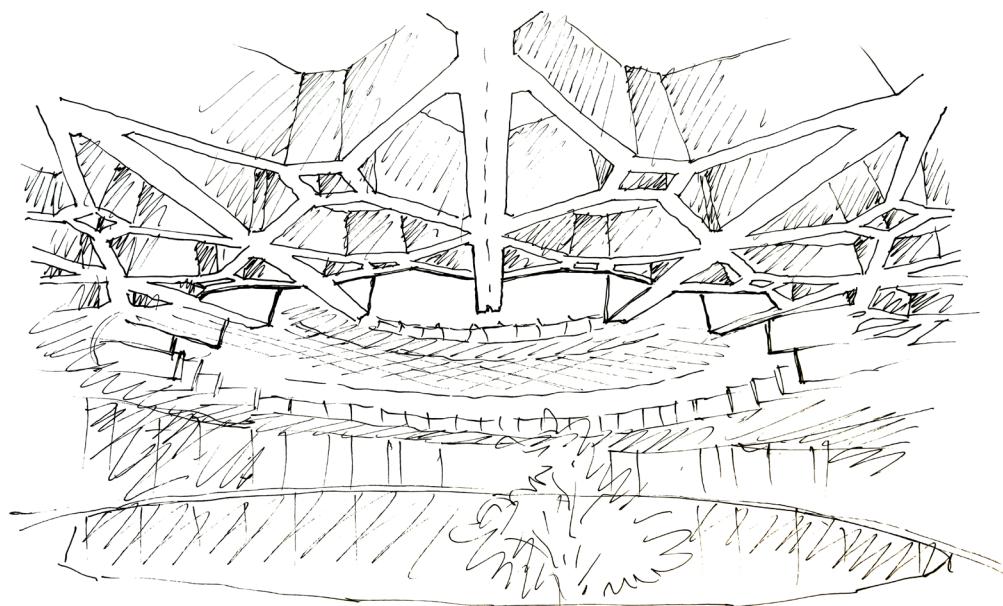


Figura 23. Este edificio explota la plasticidad del concreto expuesto.

Cooper Union

Thom Mayne of Morphosis
New York, 2006-2009

La estructura de la planta muestra regularidad en la estructura, es una retícula ortogonal de concreto armado. Se destaca al centro, el diseño del atrio, que muestra un gesto de irregularidad; que se logra integrada a la cuadrícula estructural.

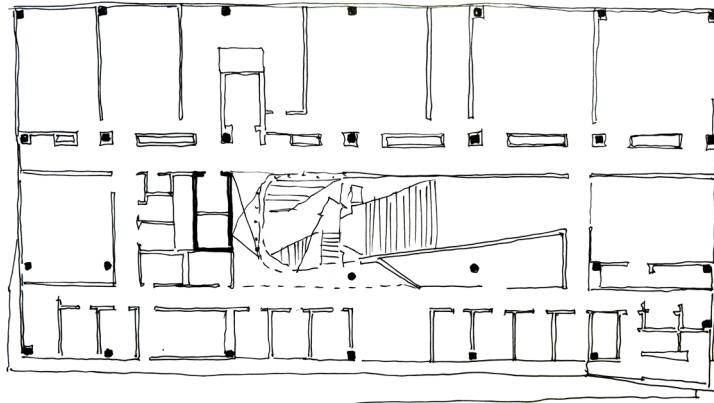


Figura 24. Esquema de la planta.

En la sección se observan las vigas y losas muy regulares, se aprecia la integración espacial al centro, dejando un atrio interno que destaca por sus ángulos oblicuos.

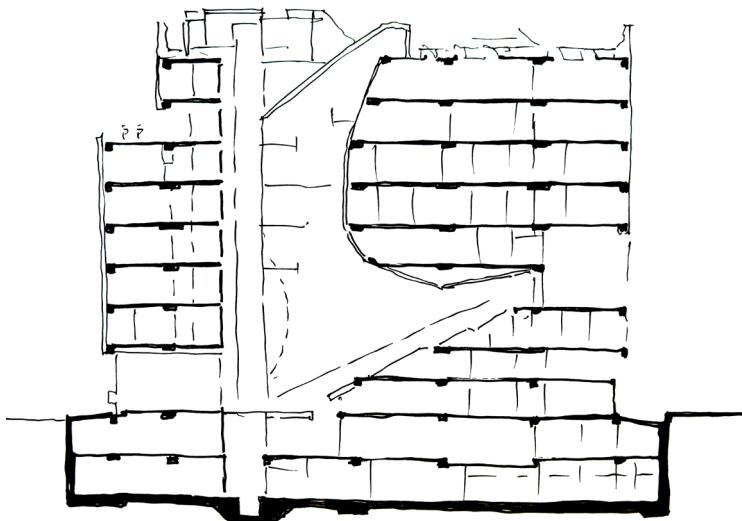


Figura 25. En la sección se observan las vigas y losas muy regulares, se aprecia la integración espacial al centro, dejando un atrio interno que destaca por sus ángulos oblicuos.

Con una estructura ortogonal y simétrica, se muestra el atrio central con una geometría más libre.

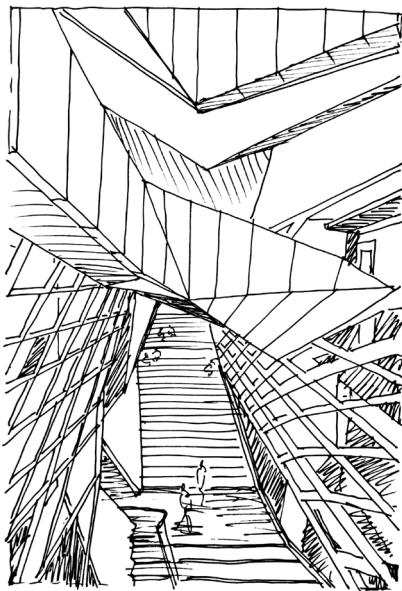


Figura 26. Con una estructura ortogonal y simétrica, se muestra el atrio central con una geometría más libre.

La fachada es una envolvente, tipo muro cortina, de aluminio y vidrio que destaca la plasticidad propia de la firma.

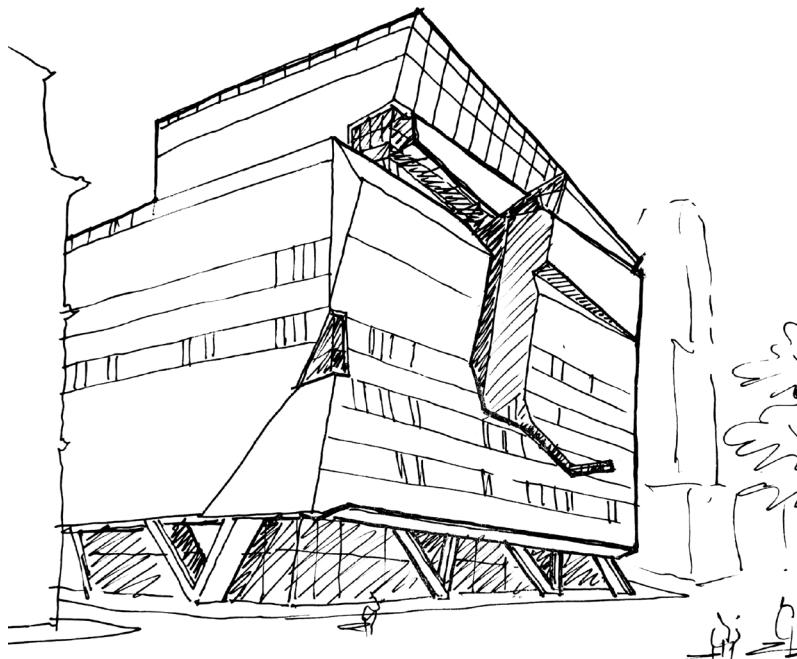


Figura 27. La fachada es una envolvente, tipo muro cortina, de aluminio y vidrio que destaca la plasticidad propia de la firma.

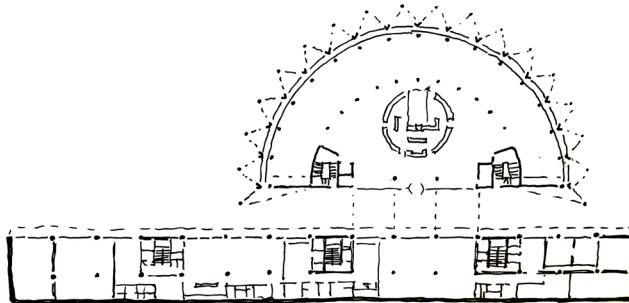
Biblioteca Municipal Dortmund

Mario Botta

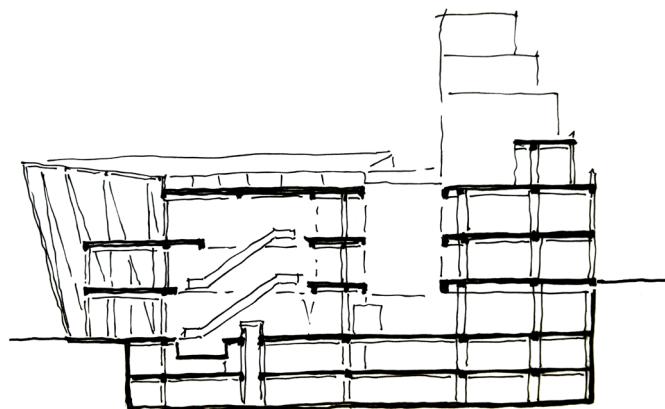
Alemania 1995-98

"Caracterizada por un volumen central rectangular y escalonado de cuya fachada emerge una gran forma semicircular"

El bloque lineal muestra un sistema de vigas y columnas ortogonales de concreto armado, mientras que las salas de lectura y ocio se desarolla en un sistema radial de acero.⁸



En la sección se aprecia la versatilidad espacial que permite un sistema modular estructural. Un doble atrio aloja las circulaciones verticales. Se lee a la perfección la axialidad del sistema de columnas, vigas y losas.



⁸ Jodidio Philip, Mario Botta, Editorial Taschen, Italia, 2003

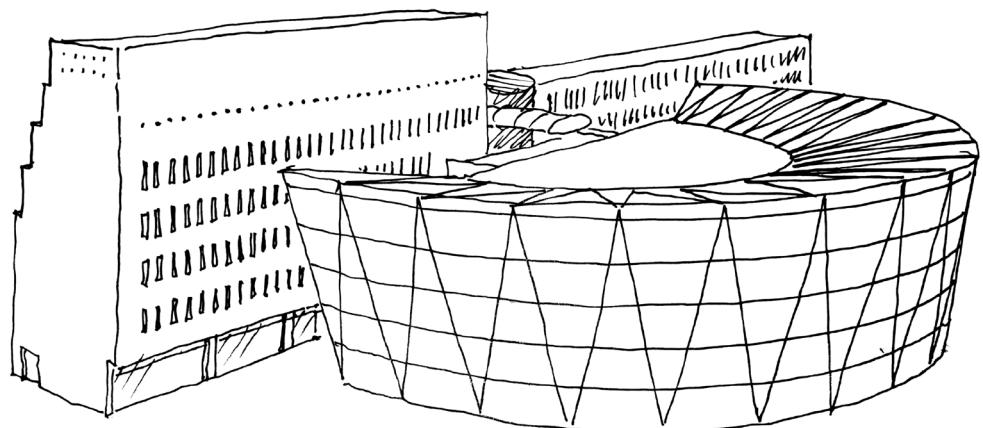


Figura 30. La fachada muestra una combinación de la masividad en el elemento ortogonal del fondo, que se destaca por las pequeñas y ordenadas aberturas; y hacia el frente de la calle emerge un cono invertido de vidrio, estructurado por riostras metálicas en forma de V.

Carré d'art

Norman Foster

Nîmes, Francia 1984-1993

Es una biblioteca multimedia y al mismo tiempo un museo contemporáneo, con una estructura regular de concreto armado, con una geometría ortogonal perfecta.

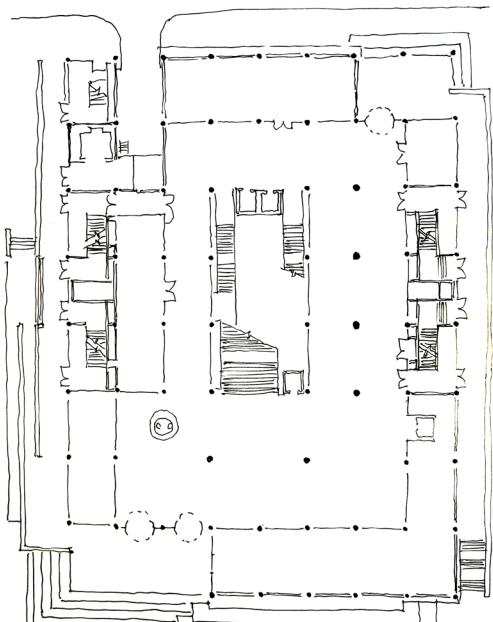


Figura 31. Esquema de planta.

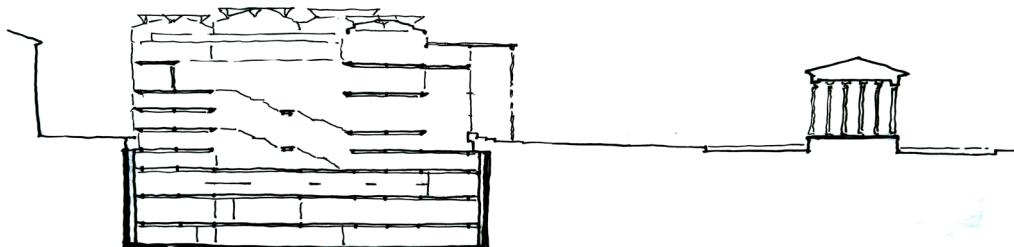


Figura 32. La idea de enterrar el edificio, fue para respetar la escala de los edificios circundantes.

Se trata de un edificio de 9 plantas, ubicando en los niveles superiores las galerías de arte, para aprovechar la luz natural; archivo y cinema en las plantas inferiores, ya que no necesitan iluminación natural.⁹ La idea de enterrar el edificio, fue para respetar la escala de los edificios circundantes.

⁹ Prestel, Foster catalogo 2001, Prestel Verlag, Alemania 2001

En la fachada colindante con el exterior, Foster diseñó un atrio que se abre hacia el espacio público, con pilares esbeltos y cubierta muy ligera. Destacando la modulación precisa de la envolvente de vidrio.

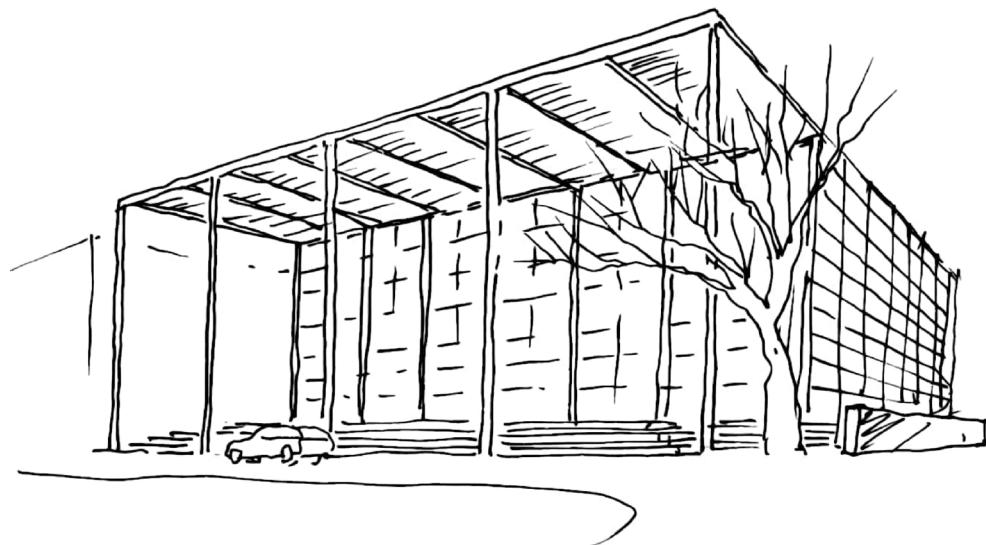


Figura 33. En la fachada colindante con el exterior, Foster diseñó un atrio que se abre hacia el espacio público, con pilares esbeltos y cubierta muy ligera. Destacando la modulación precisa de la envolvente de vidrio.

"En el corazón de la planta hay un atrio con cubierta de vidrio, con una escalera en cascada, que hace referencia al patio vernáculo de la región"¹⁰

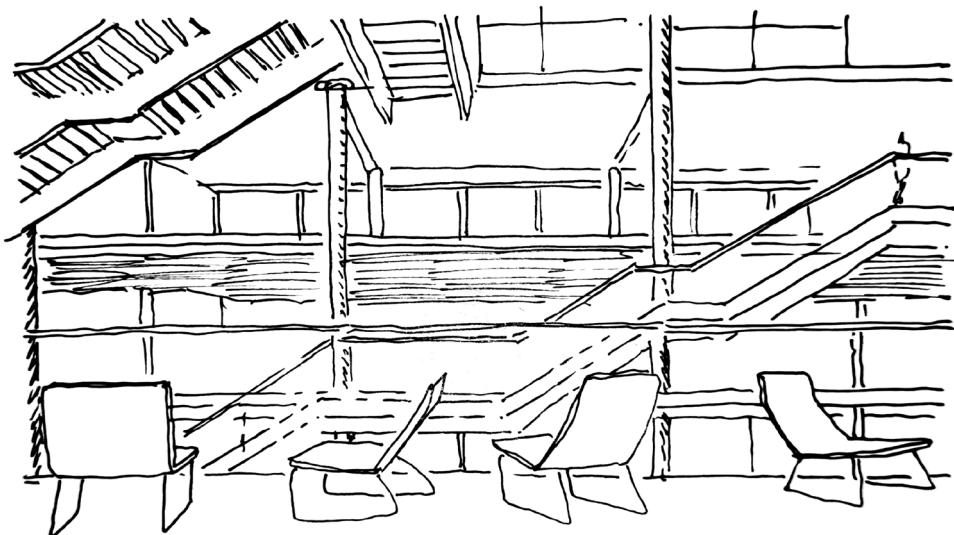


Figura 34. Los módulos de escaleras flotan alrededor del atrio.

¹⁰ Metalocus.es

Museo Rufino Tamayo

Teodoro Gonzalez de León

en sociedad con Abraham Zabludovsky

colaborador Francisco López

Mexico, D.F. 1981

El partido arquitectónico denota la regularidad de los ejes perimetrales y ortogonales, se combina con las vigas en diagonal. Se destaca el basamento natural ajardinado.

Predomina un sistema de losas reticulares de concreto expuesto en la mayor parte de las salas de exposición; mientras que el atrio está construido por vigas de concreto martelínado, que se diseñaron en gradación y alternando sólidos y vacíos para obtener la luz cenital.

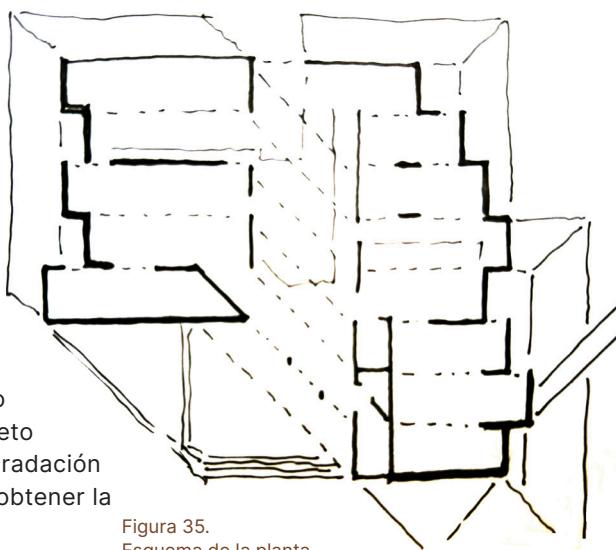


Figura 35.
Esquema de la planta.

En la sección se destaca la jerarquía espacial, ya que la cubierta se desarrolla con bloques escalonados, son lucernarios cenitales, que se ocultan de los exteriores.

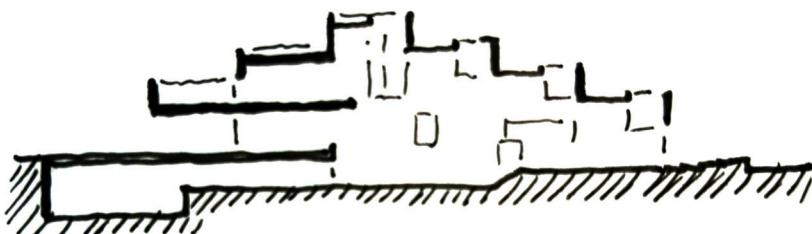


Figura 36. En la sección se destaca la jerarquía espacial, ya que la cubierta se desarrolla con bloques escalonados, son lucernarios cenitales, que se ocultan de los exteriores

Los muros también son construidos en concreto rústico, lo que le da una lectura de unidad a todo el proyecto.

"surge así, una clara tendencia a la horizontalidad... de aspecto masivo.

...han sabido responder a las necesidades primordiales del entorno y de la cultura... utilizan ciertos elementos de reminiscencia prehispánica como el talud,... ajardinado"¹¹

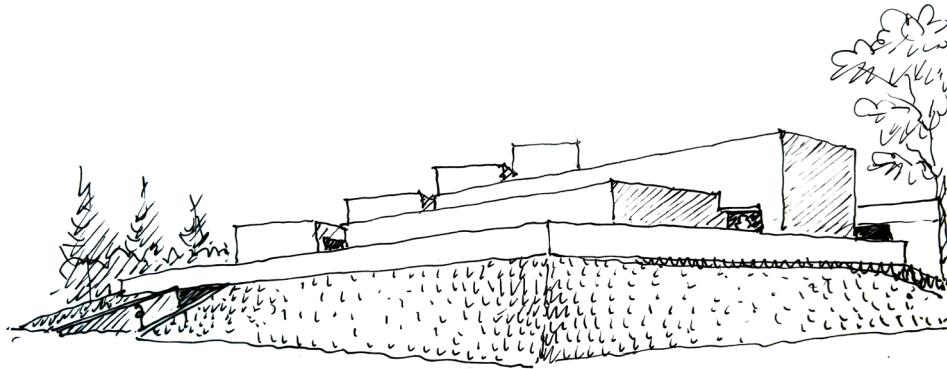


Figura 37. Los muros también son construidos en concreto rústico, lo que le da una lectura de unidad a todo el proyecto.

La luz es un tema vital para la arquitectura de Teodoro Gonzales, la cual se destaca aún más, con la textura rústica del concreto.

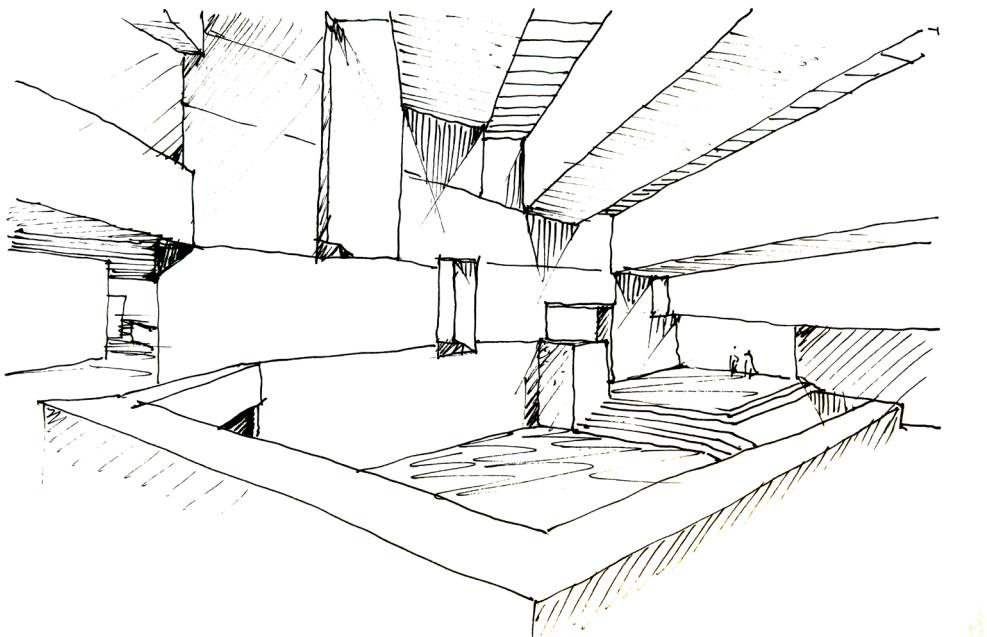


Figura 38. La luz es un tema vital para la arquitectura de Teodoro Gonzales, la cual se destaca aún más, con la textura rústica del concreto.

¹¹ TEODORO GONZALEZ DE LEON, La voluntad del creador. Colección SomoSur, Impreso en Colombia por ESCALA LTDA. 1994

Criterios para predimensionamiento estructural

Área tributaria: es el espacio promedio de la losa destinada para que sea cargada por las vigas.

AT = área tributaria

a = lado de la columna cuadrada

h = peralte de la viga

b = ancho de la viga

t = espesor de la losa

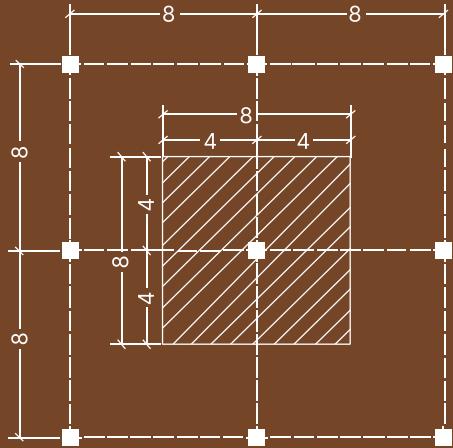
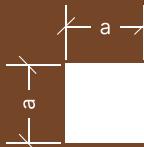


Figura 39. Planta de columna y área tributaria.

Predimensionamiento de Columna

Para establecer un predimensionamiento arquitectónico de una columna se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$a \text{ Máximo} = 0.0015 \times AT \times \# \text{ de niveles}$$

$$a \text{ Mínimo} = 0.0010 \times AT \times \# \text{ de niveles}$$

Para una modulación de 8.00×8.00 M. y un edificio de 8 niveles sería:

$$A \text{ Máximo} = 0.0015 \times 64 \times 8 = 0.88$$

$$A \text{ Mínimo} = 0.0010 \times 64 \times 8 = 0.71$$

Se toma la media y se redondea

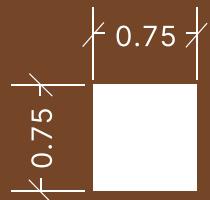


Figura 40. Dibujo en planta de resultado de la columna.

Predimensionamiento de Viga

h = peralte de la viga

b = ancho de la viga

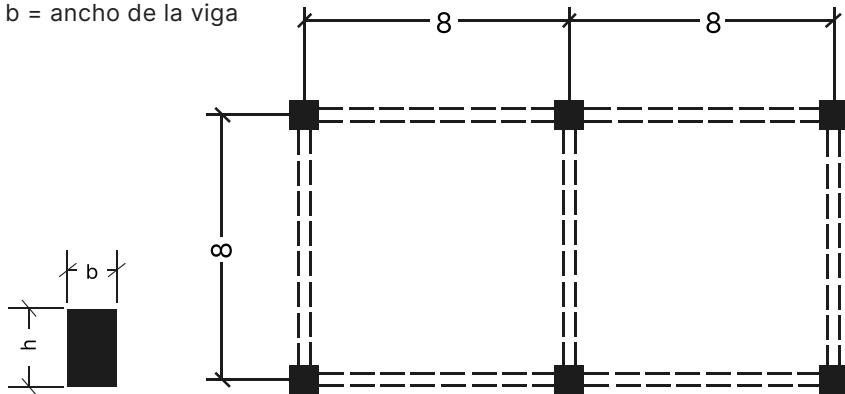


Figura 41. Sección de viga y módulo estructural en planta.

Para establecer un predimensionamiento arquitectónico de una viga se pueden utilizar las siguientes fórmulas:

$$h = \text{distancia entre columnas} / 12$$

$$b = 0.5 \times h$$

Para una modulación de 8.00×8.00 M. sería:

$$h = 8 / 12$$

$$b = 0.5 \times 0.67$$

$$h = 0.67$$

$$b = 0.33$$

Se redondean las dimensiones y la viga será de:

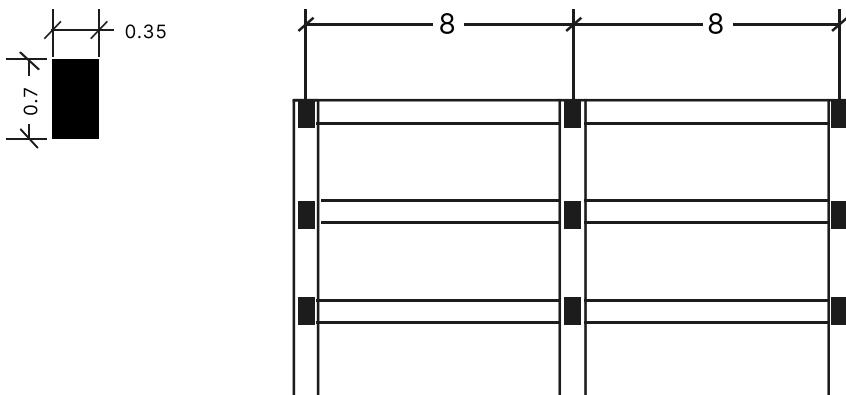


Figura 42. Medidas de la viga y sección de la modulación.

Predimensionamiento de Losa

t = espesor de la losa

m = luz interior

n = luz interior

t =

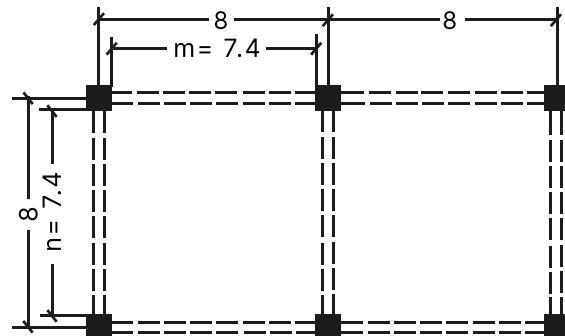


Figura 43. Espesor de la losa y planta de modulación estructural.

Para establecer un predimensionamiento arquitectónico de una losa se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$t = 2(m + n) / 180$$

Para una modulación de 7.40×7.40 M. sería:

$$t = 2 (7.40 + 7.40) / 180$$

$$t = 0.164 \text{ M}$$

Se redondea la dimensión:

0.17 =

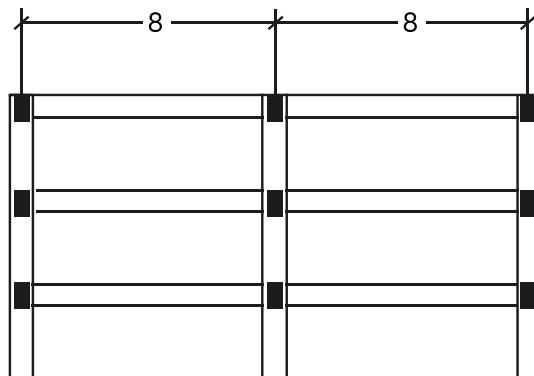


Figura 44. Resultado del espesor de la losa y sección estructural.

NOTA: Se puede reducir el espesor de la losa, ver Sistema de Vigas Secundarias.

La **LOSA** puede ir en cualquier lugar del peralte de la viga.

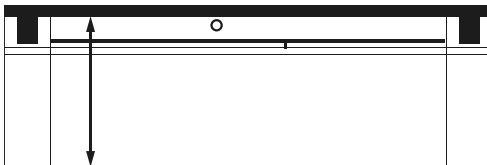


Figura 45. Losa se ubica en la parte superior de la losa. Se puede aprovechar toda la altura o colocar cielo falso. Para pasar las instalaciones se pueden perforar algunos agujeros en las vigas, pero de preferencia se deben pasar debajo de ellas.

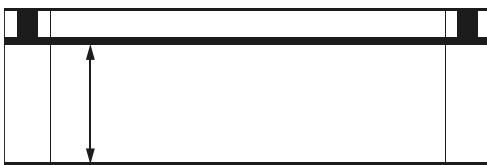


Figura 46. Losa se ubica en la parte inferior de la losa. Observar que se tiene una altura menor. Se puede utilizar el relleno para instalaciones o jardinería. Se debe fundir base de concreto para piso.

Voladizos

La distancia recomendable es $1/3$ de la Luz, sin embargo, puede sobrepasar esta especificación, solo tomar en cuenta, que podría representar con costo mayor.

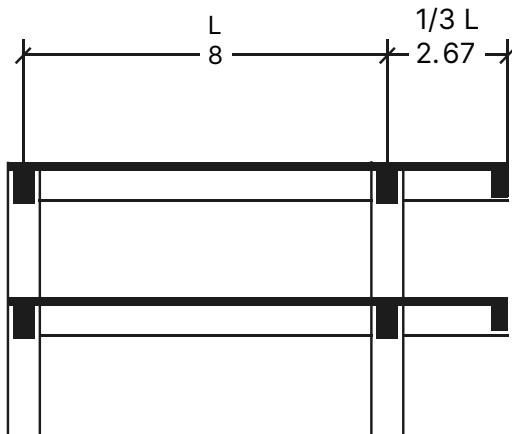


Figura 47. Sección con voladizo.

Losas y Vigas Principales y Secundarias

Este sistema funciona como el de losas en dos direcciones, con la variación de que se adicionan vigas secundarias.

Esto ayuda a reducir el espesor de las losas, ya que se reduce el área tributaria hacia las vigas.

Este sistema funciona como el de losas en dos direcciones, con la variación de que se adicionan Vigas Secundarias.

t = espesor de la losa

m = luz interior x

n = luz interior y

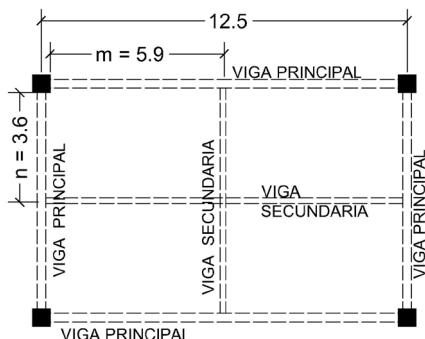


Figura 49. Planta con vigas secundarias en dos sentidos.

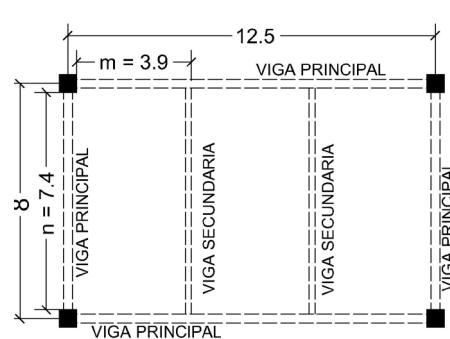


Figura 50. Planta con vigas secundarias en un sentido.

Ejemplos:

Para una modulación de 5.90×3.60 M. sería:

$$t = 2(5.90 + 3.60) / 180$$

$$t = 0.105$$

Para una modulación de 3.90×7.40 M. sería:

$$t = 2(3.90 + 7.40) / 180$$

$$t = 0.125$$

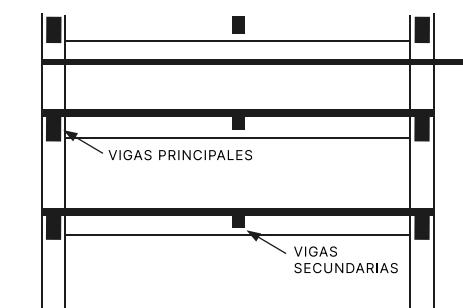


Figura 51. Sección con una viga secundaria.

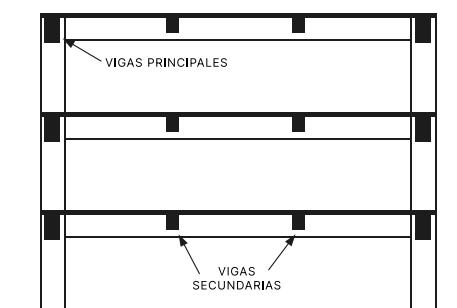


Figura 52. Sección con dos vigas secundarias.

Estacionamientos en sótanos

Las dimensiones estándar de los cajones de estacionamiento son:

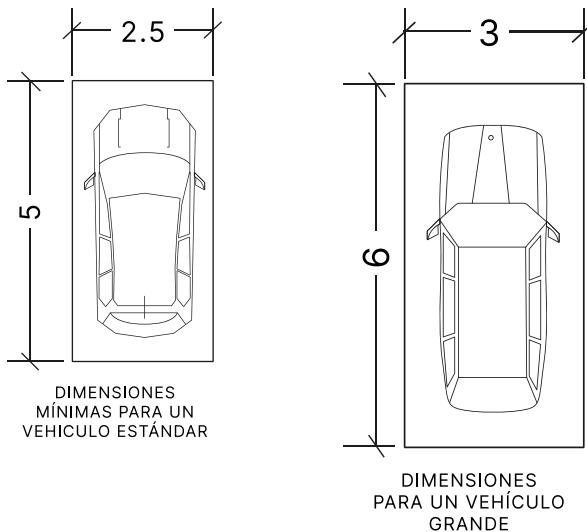


Figura 48. Planta con vigas secundarias.

1. La modulación debe considerar ancho de columnas, caja de vehículo, calles, radios de giro, etc.
2. Se debe aprovechar al máximo las calles del parqueo, es decir colocar vehículos a ambos lados.
3. Se recomienda retrasar las columnas desde la circulación para dejar radio de giro y visual.

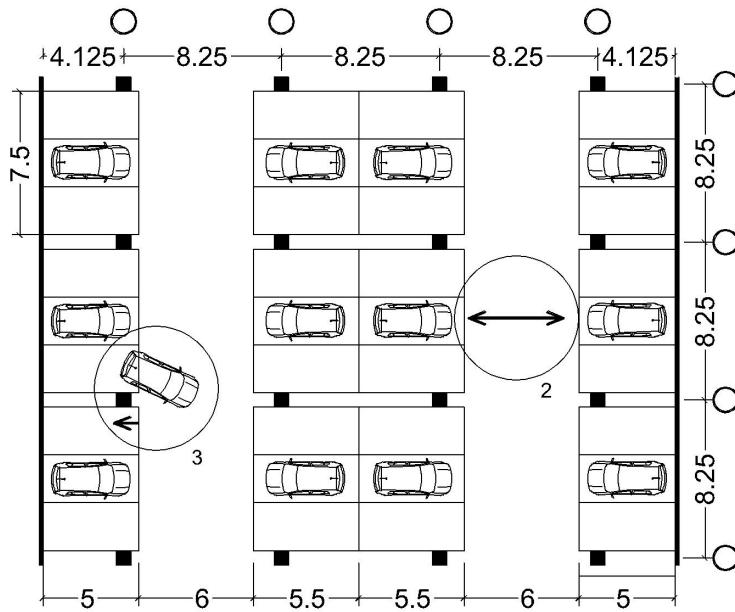
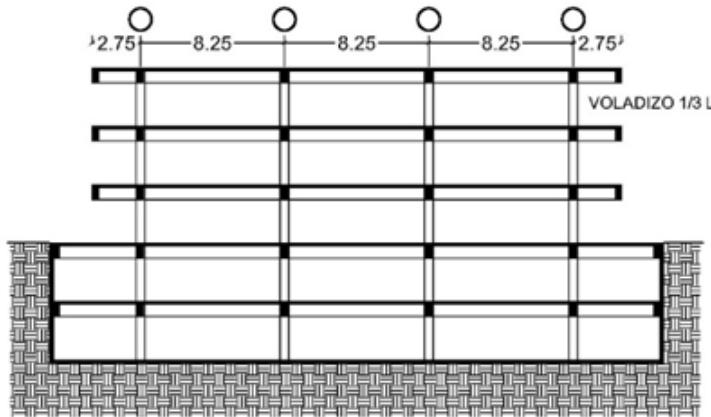


Figura 54. Planta de estacionamiento utilizando los criterios básicos.



Parqueo típico de sótano

Figura 54. Sección con modulación para vehículos.

Ejemplos de otras modulaciones

Tomar en cuenta que, en estos modelos, las columnas son de 0.75×0.75 .

Las dimensiones a ejes varían si el predimensionamiento solicita una columna más grande.

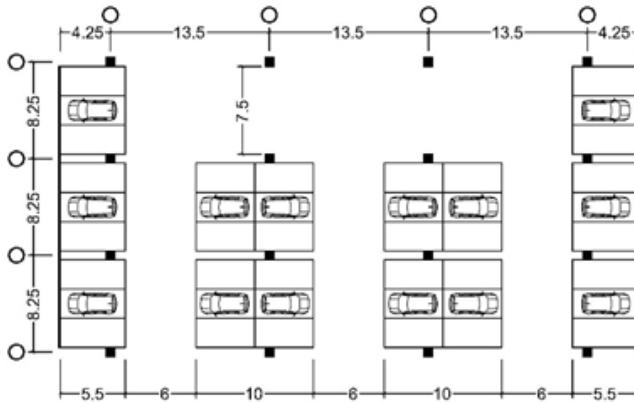
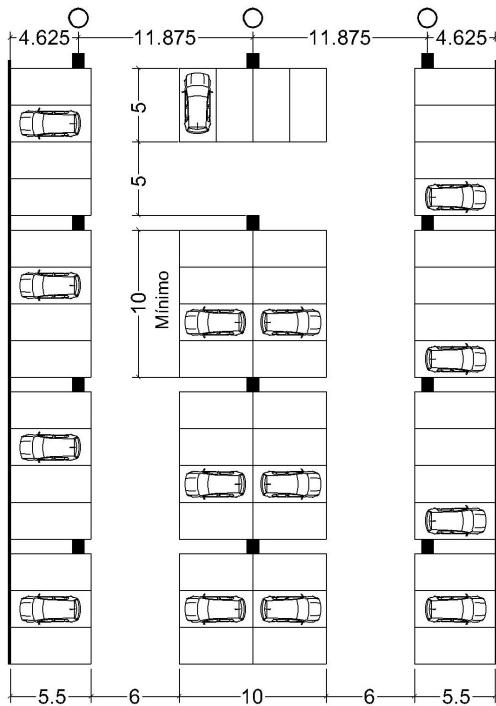


Figura 55. Planta con una luz mayor, se debe considerar el peralte de la viga para definir altura de piso a piso.



El ancho de calle mínimo puede modificarse a 5.00 metros

Figura 56. Planta utilizando 4 cajones entre columnas, medida mínima interior 10 metros.

Factor de Eficiencia

El diseño de estacionamientos en edificios, es un tema determinante, tiene una relación directa de costo-beneficio. Un buen diseñador buscará optimizar los recursos, y para eso deberá lograr ubicar la mayor cantidad de estacionamientos en un área determinada.

Por lo tanto, el Factor de eficiencia se determina dividiendo el área del estacionamiento, dentro de la cantidad de vehículos logrados.

Por eso es de suma importancia lo acotado anteriormente, en relación a utilizar ambos lados de la calle, tal como se muestra en el siguiente ejemplo:

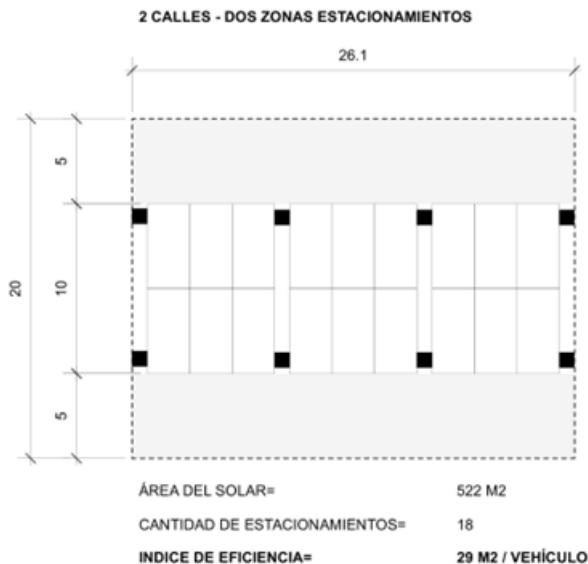


Figura 57. Planta que ilustra dos casos donde se calcula el factor de eficiencia y se demuestra el impacto que tiene en el aprovechamiento del espacio.



Figura 58. Es vital buscar alternativas para hacer más eficiente el diseño

Es vital buscar alternativas para hacer más eficiente el diseño

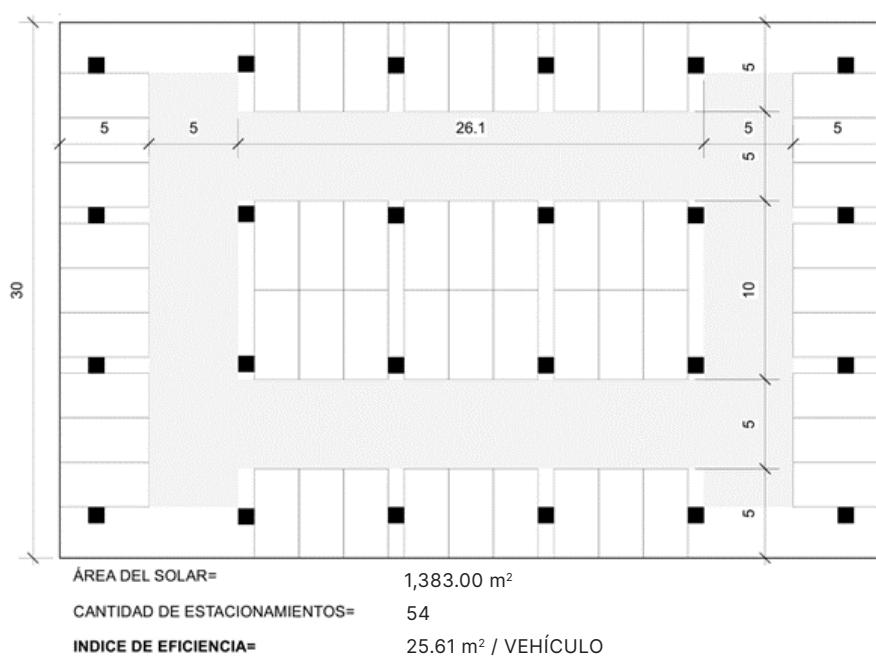
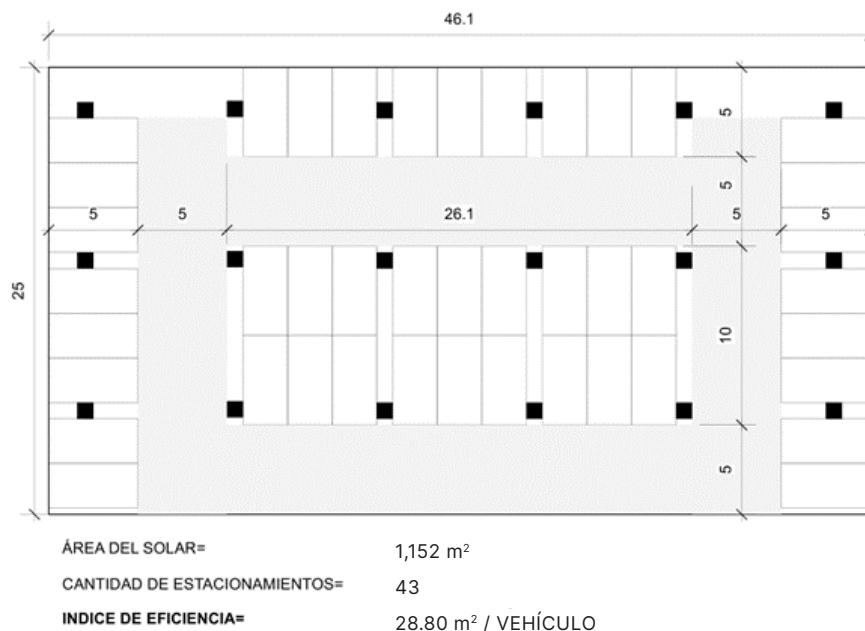


Figura 58. Planos que muestran distribuciones para hacer más eficiente el diseño de estacionamientos.

Muros de Retención

Los Muros de Contención de concreto reforzado en nuestro medio, pueden ser de dos tipos, están relacionados a la condición de las vecindades. Es importante su consideración de expertos, pues constituye una obligación proteger a las vecindades del proyecto.

Soil Nailing

Si existe autorización del vecino, se puede hacer un muro de concreto anclado al subsuelo.

El método Soil Nailing consiste en reforzar un talud, a medida que desciende la excavación, mediante la introducción de anclajes de refuerzo pasivos o activos, generalmente subhorizontales, que trabajan principalmente a tracción, pero también pueden tomar cargas de flexión y corte.¹²

Se complementa con un muro delgado de concreto reforzado, en el caso de sótanos para edificios, son placas verticales, que impiden el deslizamiento del suelo entre los puntos de anclaje.

Las barras se colocan en unos sondeos perforados previamente y que luego se rellenan con una lechada o mortero de inyección.¹³

Esquema conceptual:

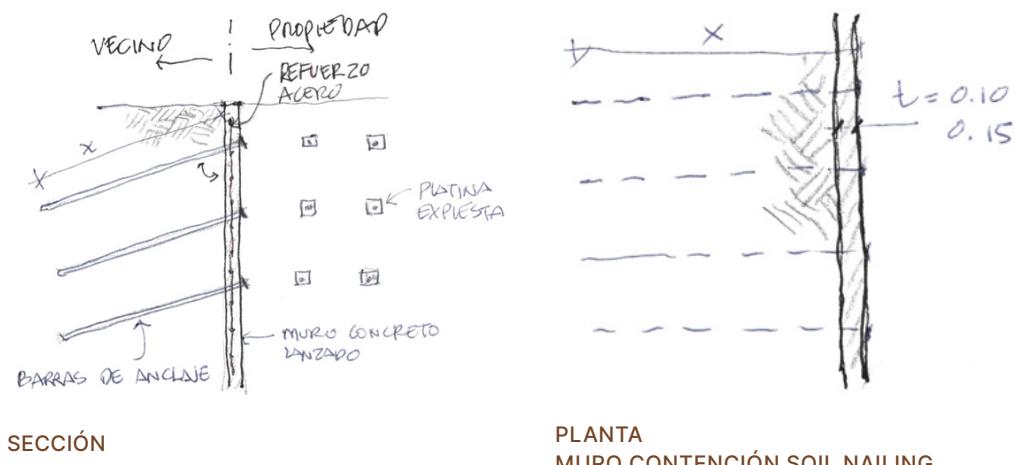


Figura 59. Esquema conceptual del muro de contención Soilnailing.

¹² Revista Constructivo; Año 23, edición 147, febrero marzo 2021, Perú

¹³ Revista Constructivo; Año 23, edición 147, febrero marzo 2021, Perú

Pilotes

Si no se tiene posibilidad de anclaje en subsuelo del vecino, una opción es colocar una serie de pilotes de concreto para soportar la carga lateral.

Usualmente son de sección circular, pueden ser construidos con concreto armado ordinario, o con concreto pretensado, incluso pueden ser metálicos.

Se hincan verticalmente sobre el terreno por medio de golpes de masas o martillo neumático; esto permite que penetre hasta llegar a suelo más resistente.

Lo usual es colocarlos consecutivamente, para lograr una barrera de soporte y protección a vecindades.

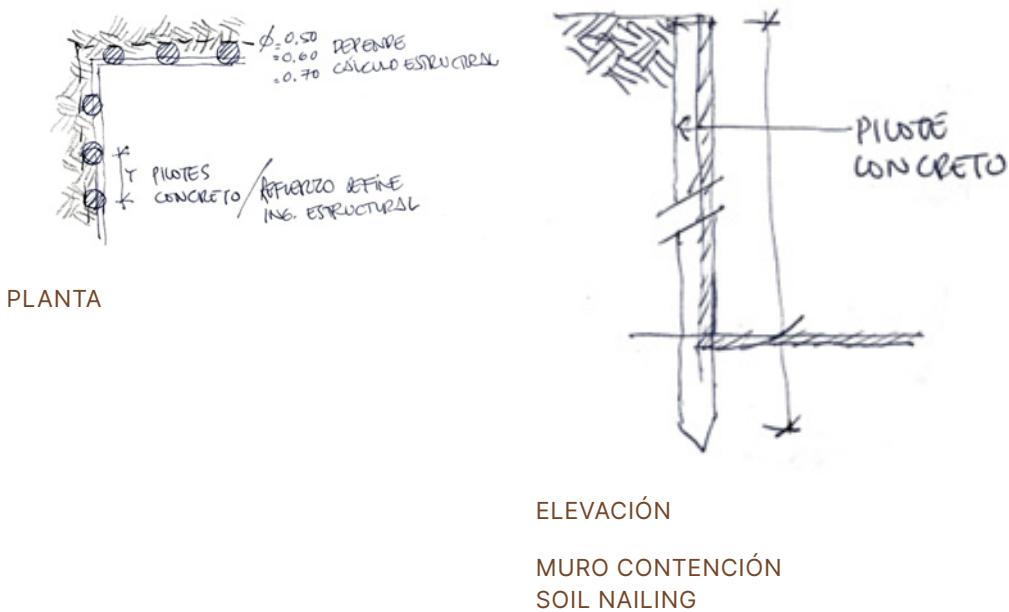


Figura 60. Esquema en planta y sección de pilotes.

Rampas

Planos inclinados que se utilizan para subir o bajar de un nivel a otro. Para vehículos, las pendientes pueden estar entre el 10 al 16%.

El ancho mínimo para 2 carriles es de 6.00 metros, el Plan de Ordenamiento Territorial de Guatemala acepta 5 metros.

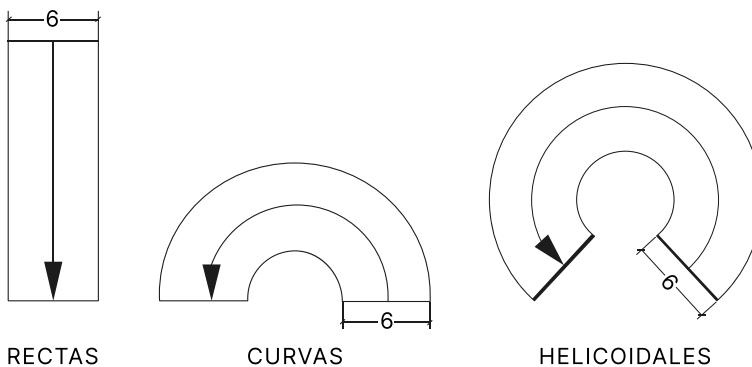


Figura 61. Diferentes formas para rampas.

P = Pendiente en %

H = Altura de piso a piso

L = Longitud de rampa

$$P = (H / L) \times 100$$

$$P = 3.00 / 21.50$$

$$P = 14\%$$

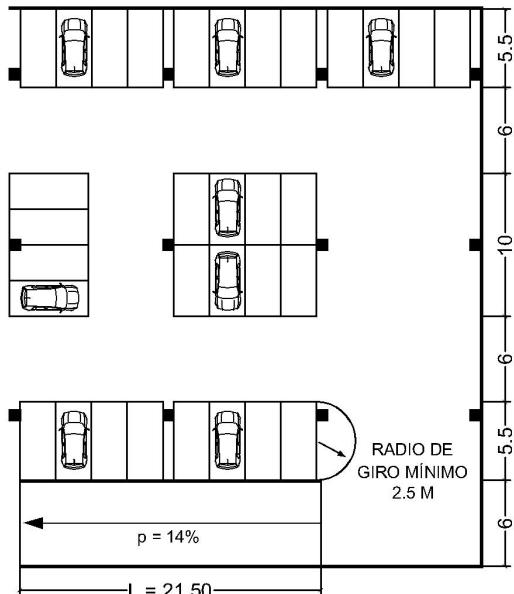
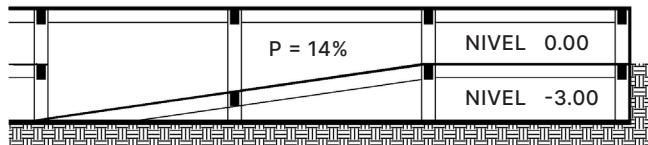


Figura 62. Planta y sección de cálculo de pendiente de rampa.



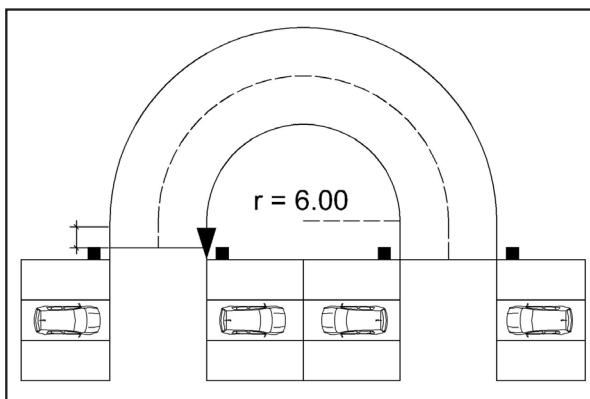
Si la altura es de 3.00 metros, de piso a piso, la longitud mínima de rampa debe ser 21.50 metros para obtener 14% de pendiente.

El máximo que acepta la Municipalidad de la ciudad de Guatemala es 16%.

Si la longitud es mayor, se reduce el porcentaje de pendiente (mejor).

Si la rampa es curva, para establecer la pendiente se debe medir la longitud en el radio interior.

Si la longitud de la curva interior no es suficiente, se deben agregar partes rectas.



Si la rampa es helicoidal, el radio mínimo interior es de 6.00 metros.

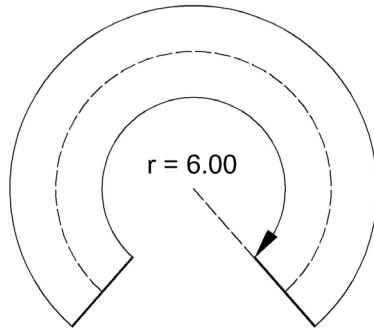


Figura 64. Planta de rampa helicoidal.

Revisar que el dibujo en planta sea correcto. Indicando líneas de corte, inicio y final de la rampa, sentido de las pendientes, porcentajes de pendiente, etc.

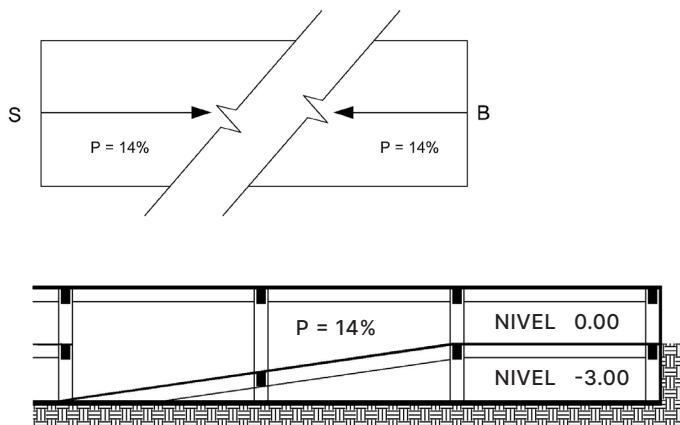


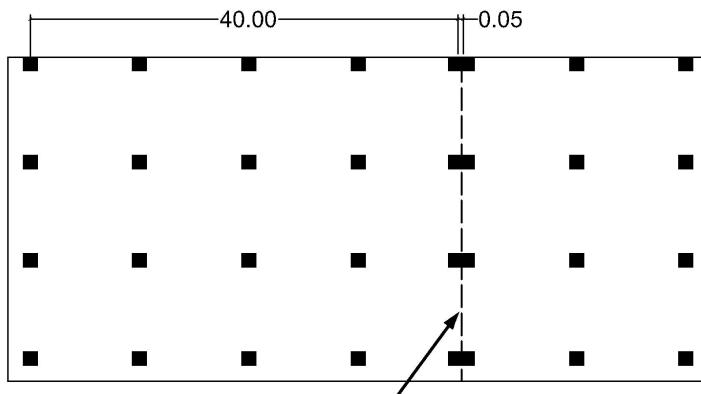
Figura 65. Planta y sección con datos de la rampa.

Juntas

JUNTAS DE DILATACIÓN

Se utilizan para evitar grietas por cambios de temperatura.

Si el edificio sobrepasa los 40 - 45 metros, se recomienda construir varios elementos y realizar una junta de dilatación.

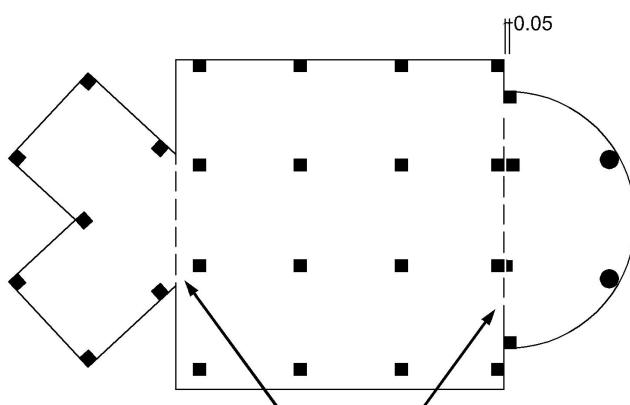


JUNTA DE DILATACIÓN

Figura 66. Planta que ejemplifica la junta de dilatación.

JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN

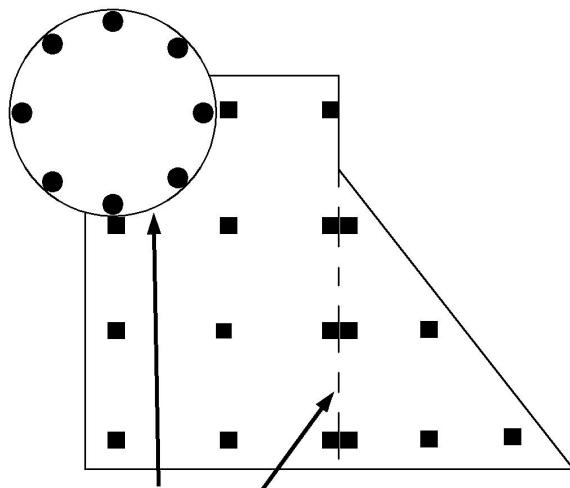
Se utilizan para evitar problemas de torsión en planta a la hora de un sismo.



JUNTA DE CONSTRUCCIÓN

Figura 67. Cuando los módulos estructurales son distintos, se recomienda utilizar juntas de construcción.

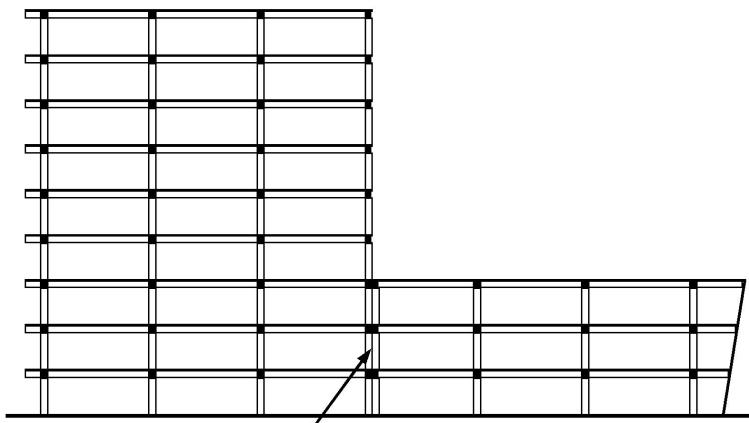
Se recomienda construir varios elementos, si existen grandes diferencias de forma en los elementos en planta.



JUNTA DE CONSTRUCCIÓN

Figura 68. Cuando existen grandes diferencias en formas, se recomienda utilizar juntas de construcción.

Se recomienda construir varios elementos, si existen grandes diferencias de forma en los elementos en planta.



JUNTA DE CONSTRUCCIÓN

Figura 69. Se recomienda construir con juntas de construcción, si existen grandes diferencias de altura en los elementos.

Otros sistemas estructurales

Losa Reticular

Vigas en serie en dos sentidos

VENTAJAS

- Reduce carga muerta
- Espesor Constante
- No hay vigas principales
- Se pueden reutilizar las formaletas

DESVENTAJAS

- Formaletas especiales

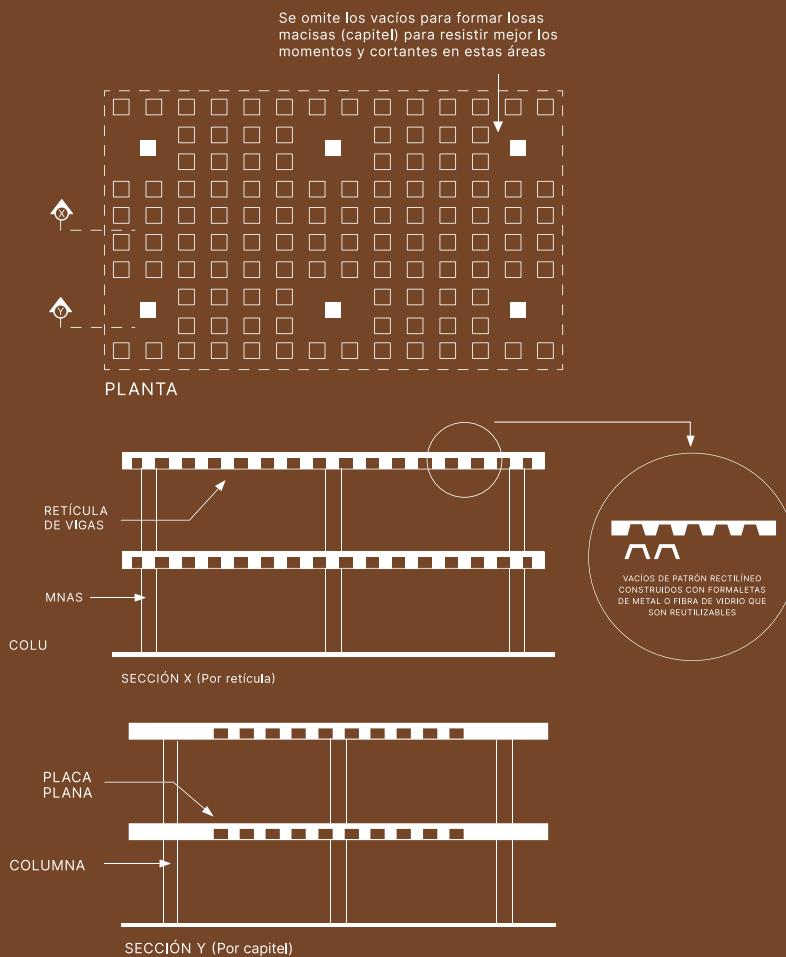


Figura 70. Planta, secciones y detalle de losa reticular.

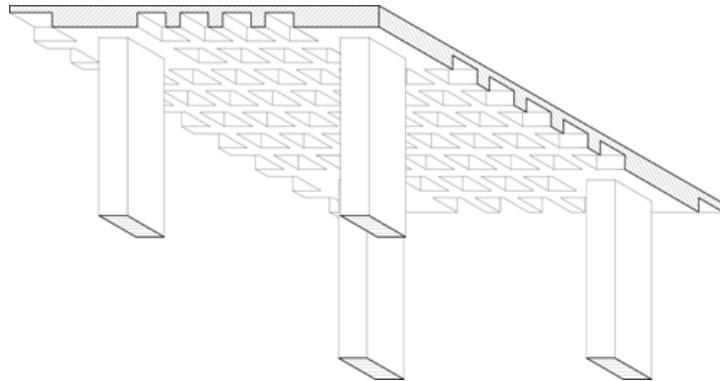


Figura 71. Isométrico de losa rejilla.

Placa (Losa) sin vigas

VENTAJAS

- Sistema sin vigas, espesor de placa constante

DESVENTAJAS

- Alto Costo
- Luces pequeñas
- Cargas no muy pesadas

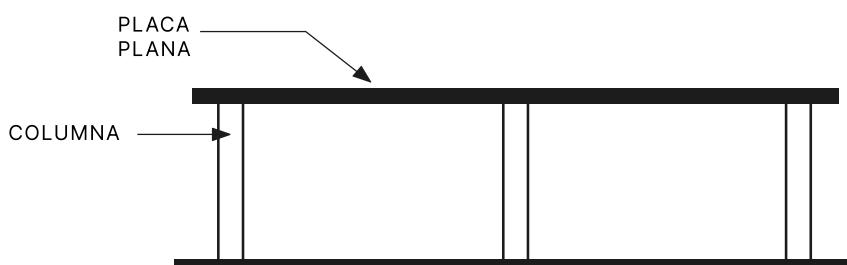
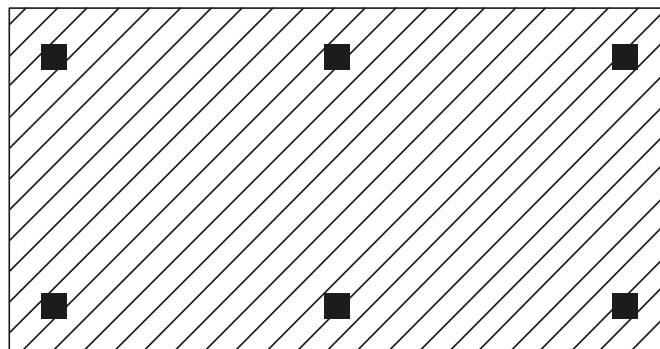


Figura 72. Planta y sección de placa sin vigas.

VARIACIÓN

Sistema sin vigas, espesor de placa constante, Columnas acampanadas (CAPITEL), para evitar falta de punzonamiento.

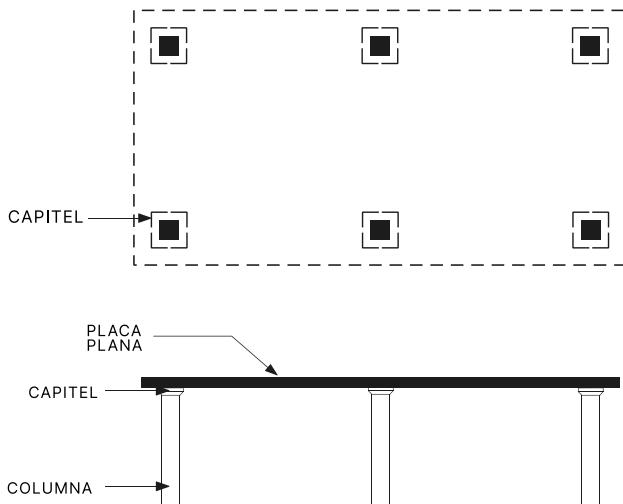


Figura 73. Planta y sección de placa sin vigas con capitel.

Cascarones

- Losa plegada compuesta de superficies planas
- Espesor delgado
- Diferentes formas
- Sólo para cubiertas

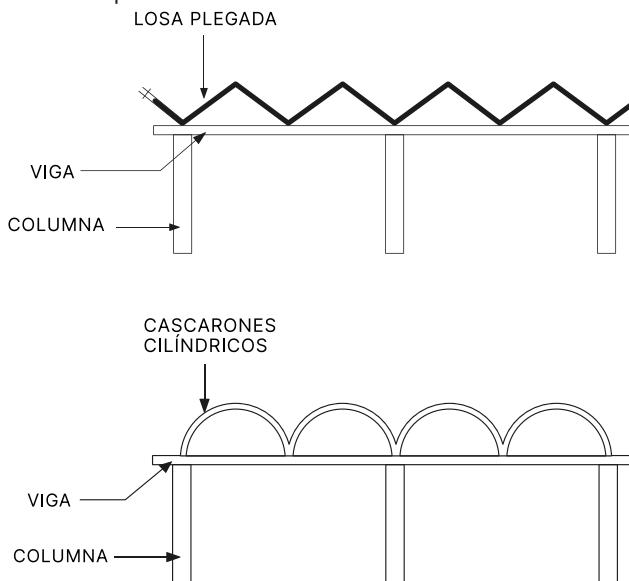


Figura 74. Secciones de losas tipo cascarones.

PARÁBOLAS O HIPÉRBOLAS

- Losas generadas por dos sistemas de líneas rectas.
- Doble Curvatura generada con formaletas de madera.

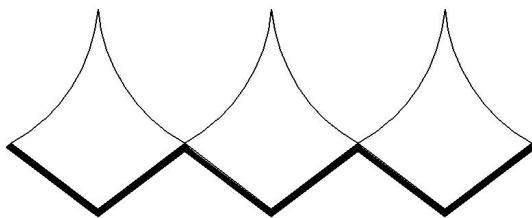


Figura 75. Sección de losa con doble curvatura.

Prefabricados

Este sistema consiste en fabricar con anticipación a la construcción, los elementos estructurales de un proyecto.

VENTAJAS

- Ahorro en el tiempo de construcción
- Reducción de los costos de mano de obra

DESVENTAJAS

- Diseño limitado de piezas estructurales, para garantizar reducción de costos.
- Debe prestarse especial atención a la exactitud de anclaje de piezas.

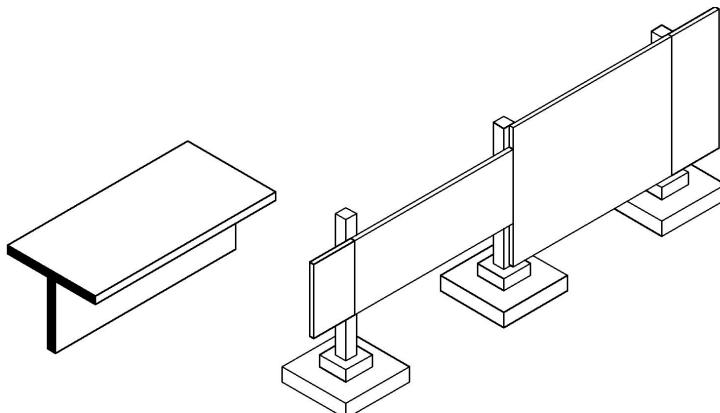


Figura 76. Isométrico de piezas prefabricadas de concreto.

Estructuras de acero

Este sistema es utilizado en nuestro medio para cubrir luces grandes, salones, bodegas, gimnasios, etc.

Está compuesto por elementos de acero, como columnas, vigas y cubiertas livianas.

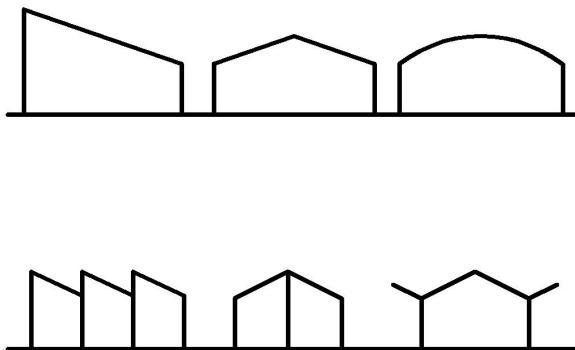


Figura 77. Diagramas en sección de estructuras de acero.

Los perfiles más utilizados son:



COLUMNAS Y VIGAS

COSTANERAS

Figura 78. Diagrama de los perfiles más utilizados en estructuras de acero.

MODULACIÓN

La modulación más utilizada es la ortogonal, es decir, a 90°.

Para estructuras regulares se recomienda que uno de los lados mantenga módulos de 6.00 metros, mientras que en el otro sentido puede ser cualquier distancia.

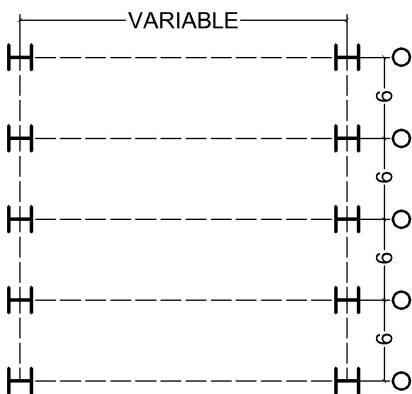


Figura 79. Planta de modulación, lado corto 6 metros que corresponde a las medidas estándar de las piezas de acero.

Se debe realizar un cálculo especial para definir las dimensiones y las secciones apropiadas.

Las cubiertas más utilizadas son livianas, como por ejemplo, las láminas.

Con este sistema se pueden desarrollar estructuras y envolventes de cualquier forma.

O se puede combinar con el sistema de marcos de concreto.

Se puede utilizar también para estructuras de edificios altos.

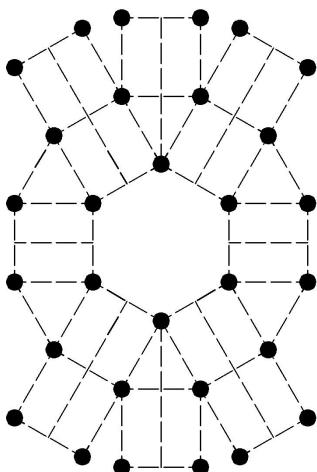


Figura 80. En estructuras de acero se pueden utilizar varias formas de módulos.

Marcos de estructura metálica

Para cubiertas de luces medianas de un nivel

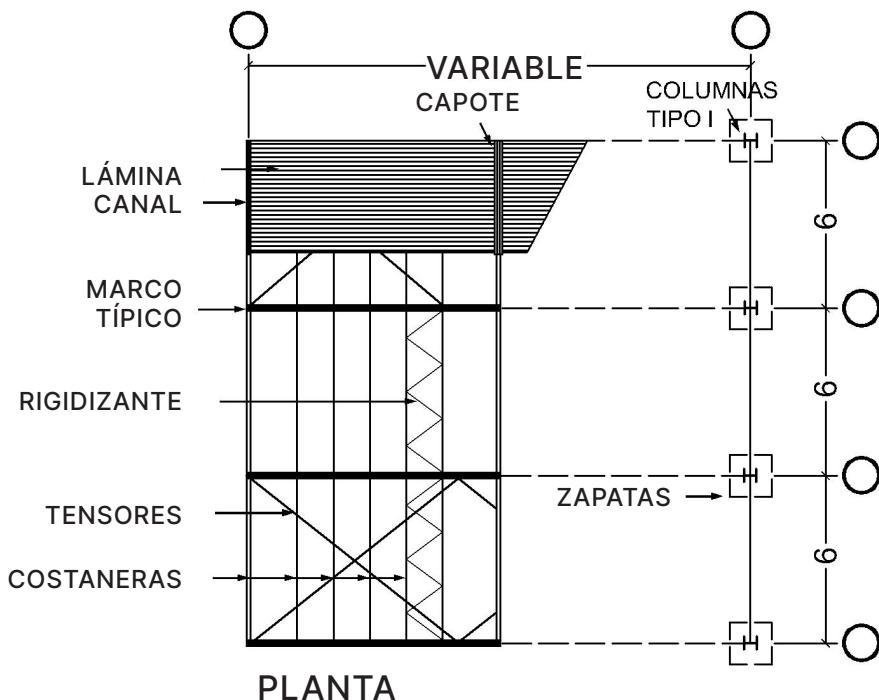


Figura 81. Planta estructura metálica con los elementos básicos.

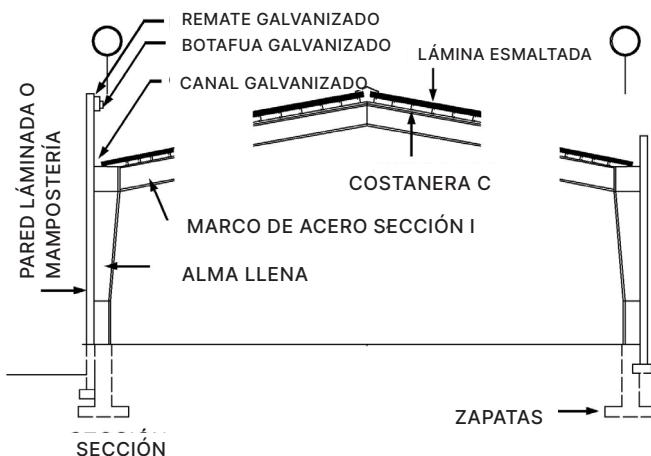
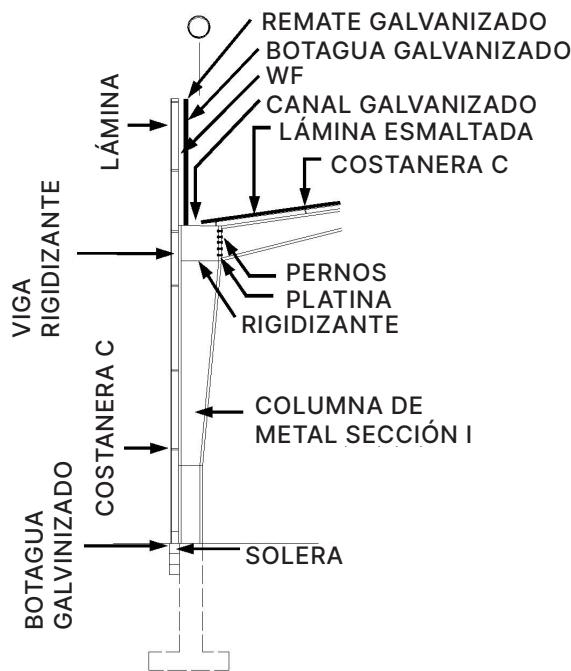
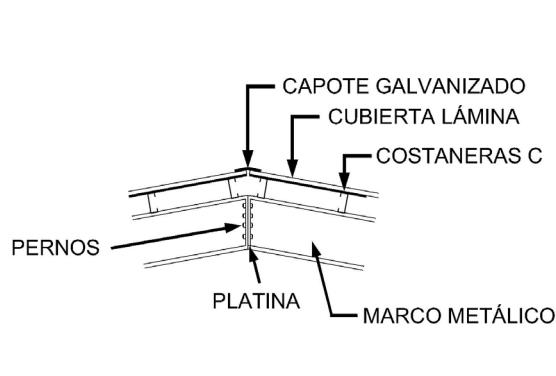


Figura 82. Sección de estructura metálica con los elementos básicos.

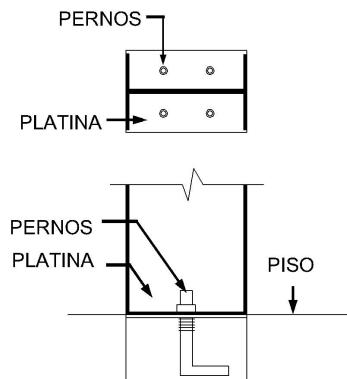


DETALLE TÍPICO MARCO

Figura 83. Sección de marco típico y sus elementos.



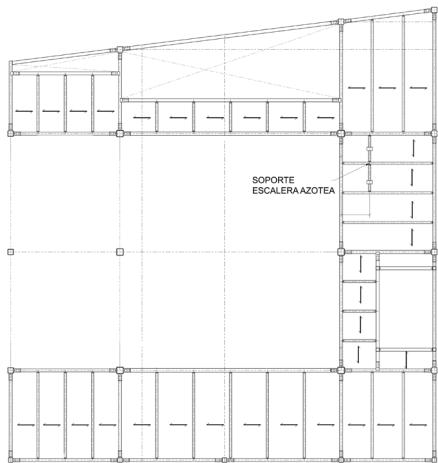
DETALLE CUMBRERA



DETALLE ANCLAJE DE COLUMNA

Figura 84. Detalle de anclaje de columna al tronco de columna, y del capote en techo de dos aguas.

O para edificios de varios niveles, nótense la modulación de columnas, vigas y viguetas.



PLANTA ESTRUCTURAL

Figura 85. Planta de proyecto de oficinas con estructura de acero.

VISTA 3D GENERAL

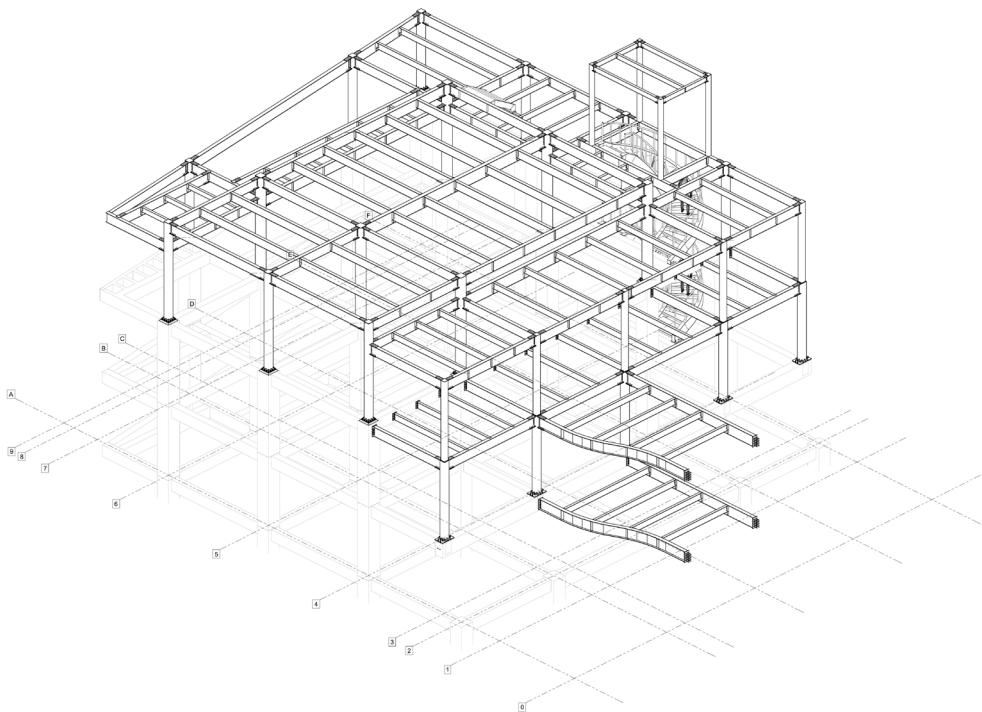
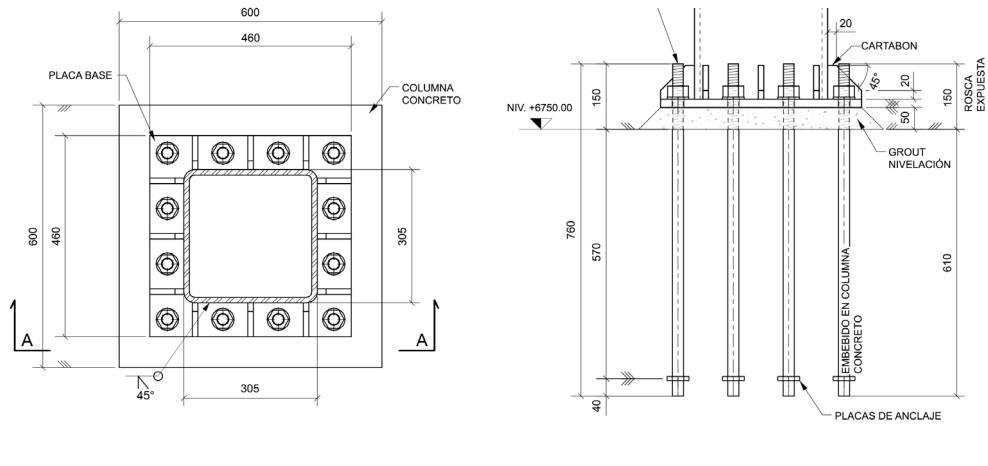


Figura 86. Isométrico de proyecto de oficinas con estructura de acero.

Al utilizar estructuras de acero, un factor importante es el diseño de los detalles de anclajes y uniones de los distintos elementos estructurales, sobre todo si se pretende dejarlos expuestos.

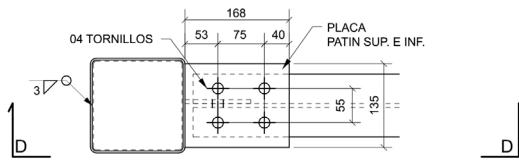
Pueden ser parte integral de la arquitectura. Los siguientes detalles fueron calculados y dibujados por el Ing. Diego Avellan.



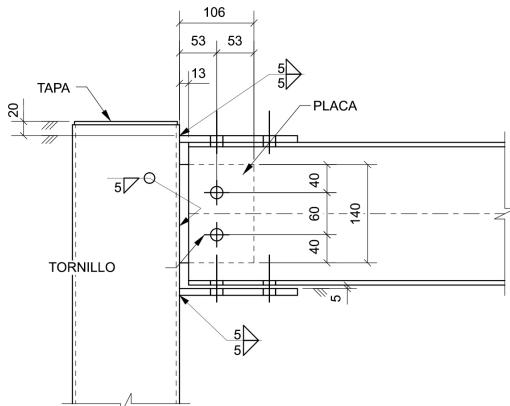
ANCLAJE

SECCIÓN A-A

Figura 87. Detalle de anclaje de Columna a cimentación.



UNIÓN A MOMENTO



SECCIÓN D-D

Figura 87. Detalle de unión column-viga.

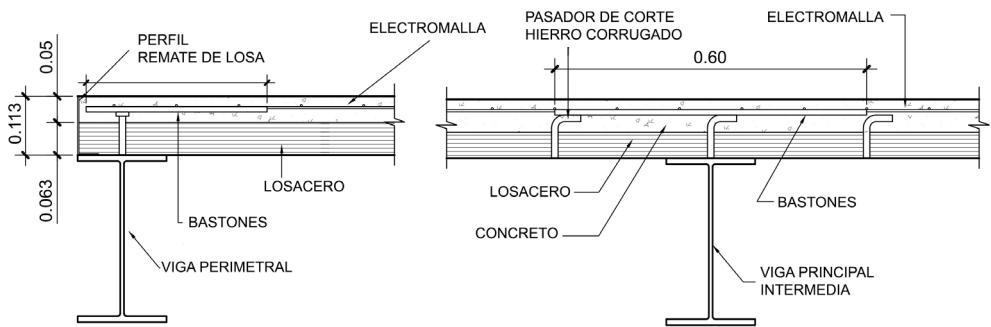


Figura 88. Detalle de losa acero.

Joist y Estereoestructuras

El JOIST es una estructura tridimensional definida por piezas metálicas lineales que forman módulos triangulares para mejorar su rigidez.

Se utiliza para sustituir a las costaneras C o Doble C, para cubrir luces más grandes.

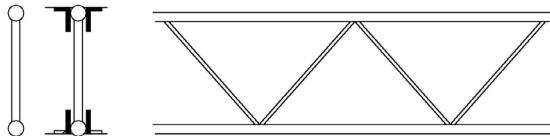


Figura 89. Sección y elevación de joist.

Este concepto abarca las vigas y tijeras trianguladas.

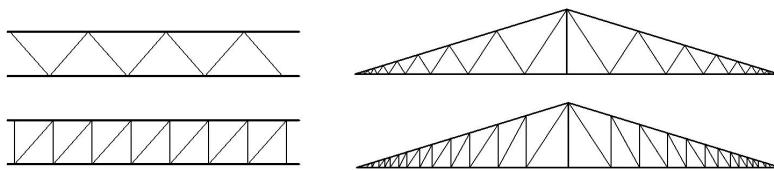


Figura 90. Elevaciones de los joist y tijeras mas utilizadas.

La ESTEREOESTRUCTURA está formada por una sucesión de módulos triangulares tridimensionales.

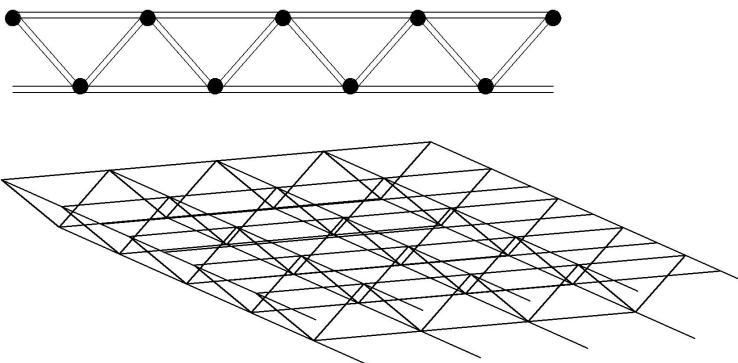


Figura 91. Elevación e isométrico de una estereoestructura.

Dentro de este concepto se pueden mencionar las geodésicas.

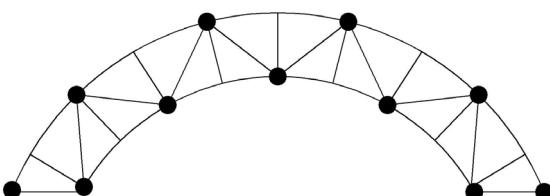


Figura 92. Dentro de este concepto se pueden mencionar las geodésicas.

Ejemplo de proyecto, techo con estructura metálica de elementos livianos

Patio Grupo de Mujeres Mayas

Santa María Cauqué, 2022

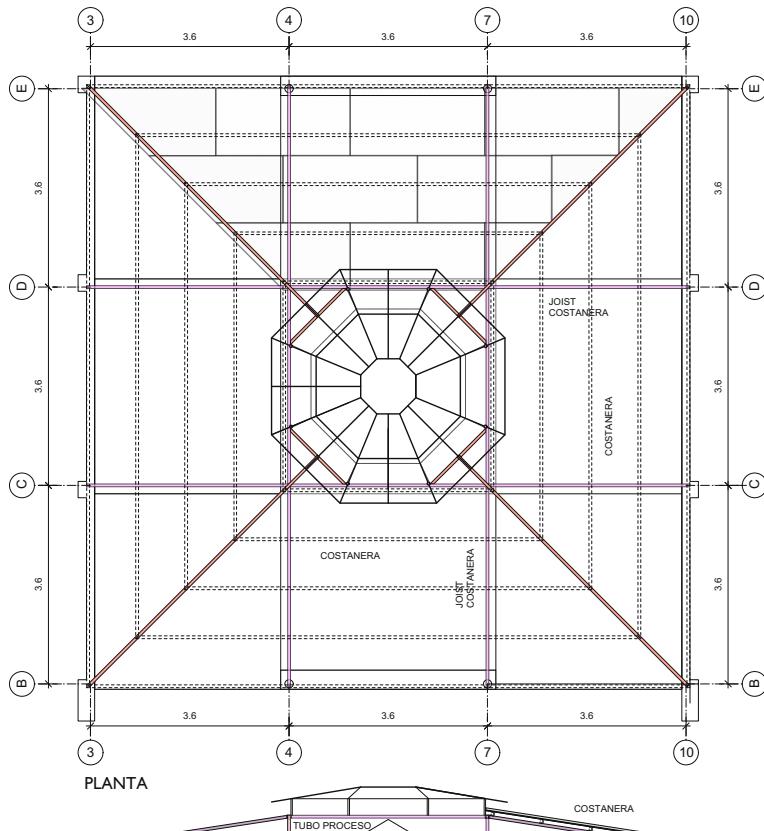


Figura 93. Planta y sección de cubierta metálica.



Figura 94. Vista central de cubierta metálica en patio.



Figura 95. Vista lateral de cubierta metálica en patio.



Figura 96. Vista exterior de cubierta metálica en patio.

Proyectos

Construidos o en ejecución

Villa Positano

Apartamentos Zona 13 Ciudad de Guatemala, 2016.

Las dimensiones este solar, 15×25 metros obligaron a diseñar el estacionamiento a nivel de calle, y al principio se contempló una estructura con marcos de acero.

Al final, para optimizar la inversión, se optó por el sistema de muros de baja ductilidad, con un refuerzo de vigas en el primer entrespiso. Los balcones y los cajones que rodean las ventanas, fue un resultado de controlar el soleamiento vespertino de la fachada sur. La cubierta es aprovechada como terraza-jardín.

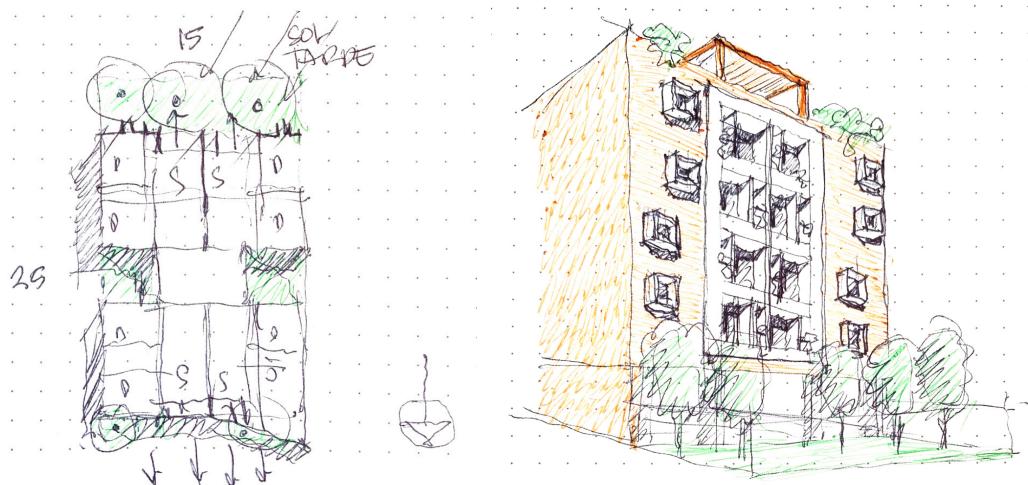


Figura 97. Bocetos conceptuales de planta y volumen.



Figura 98. Plantas arquitectónicas que ilustran la estructura sin columnas, ya que se adoptó el sistema de muros de concreto con baja ductilidad, de sección constante.

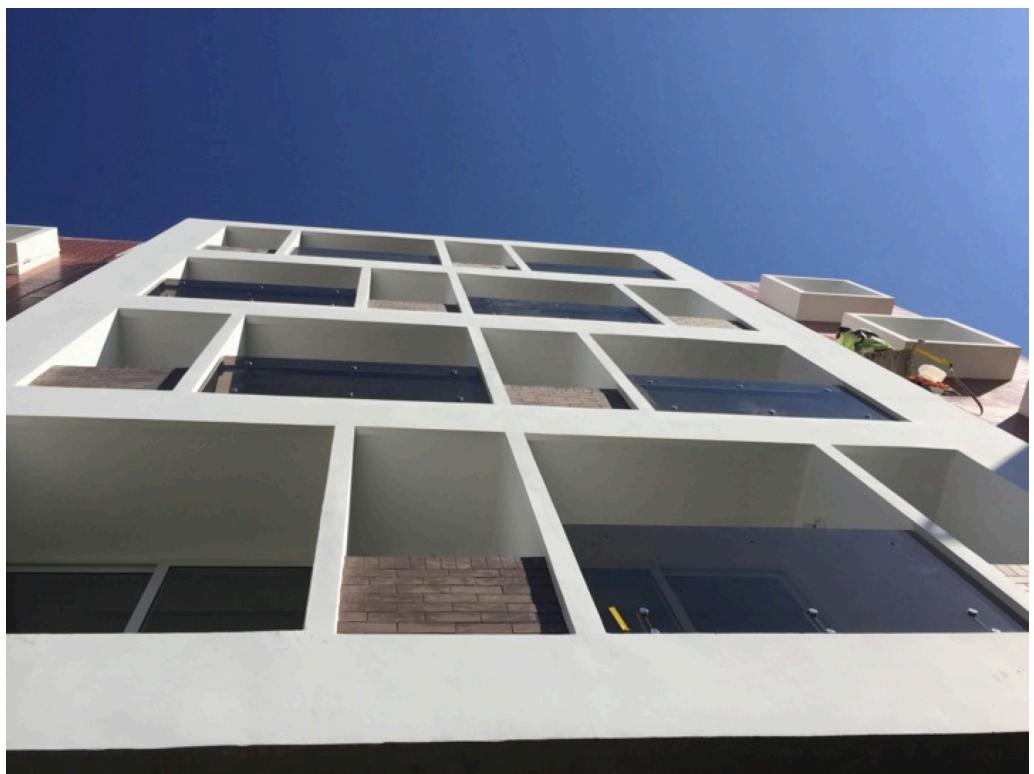


Figura 99. Vista de la fachada sur, los balcones fueron trabajados como parteluces que controlan la incidencia solar.

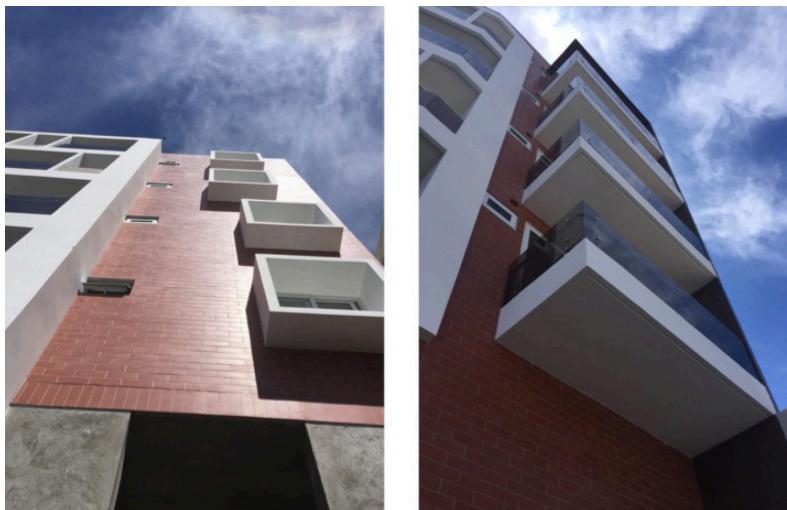


Figura 100. Vistas de los cubos de concreto blanqueado, en fachada sur, que protegen el soleamiento de los dormitorios y de los balcones en fachada norte.



Figura 101. Terraza jardín con un sector techado con una estructura de acero.

Casa Acueducto

Edificio de Apartamentos, Zona 10 Ciudad de Guatemala, 2017.

Desarrollador Idea Central

La colindancia del solar con un vestigio arqueológico hacia el sur, hace necesario un retiro de 15 metros de área libre, por lo que se hace indispensable aprovechar al máximo el área rentable (uso de suelo para venta), y reducir la circulación al mínimo.



Figura 102. El edificio se proyecta hacia el norte, para dejar el retiro requerido.

En una huella típica de 640.00 m² por nivel, la circulación vertical y ductos centrales, se logra en un área de 45.00 m², lo que equivale a 7 %; es decir, se comercializa un 93 %.

Nótese la ubicación de ductos (color amarillo), dentro de cada módulo estructural.

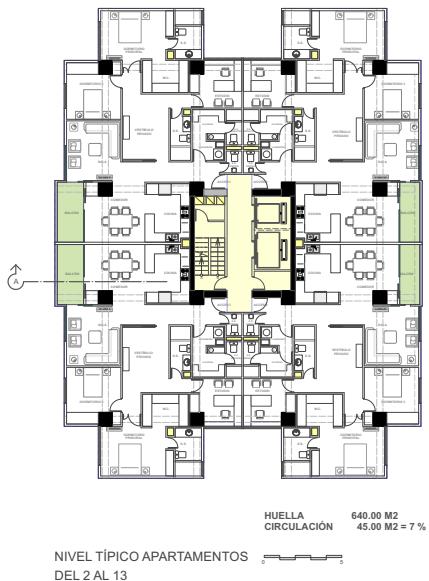


Figura 103. Planta arquitectónica típica, que indica la optimización del porcentaje de la circulación. Nótese la ubicación de ductos, en color amarillo, dentro de cada módulo estructural.

Otro aspecto importante fue ubicar los ductos de instalaciones dentro de un módulo estructural, es decir, entre las vigas principales. Pues eso reduce la altura necesaria de piso a cielo; además permite concentrar las tuberías en zonas de servicio, evitando así el uso de cielo falso suspendido en todos los espacios, espacios sociales y algunos dormitorios con alturas de 3 metros; otorgando una sensación de mayor jerarquía espacial.

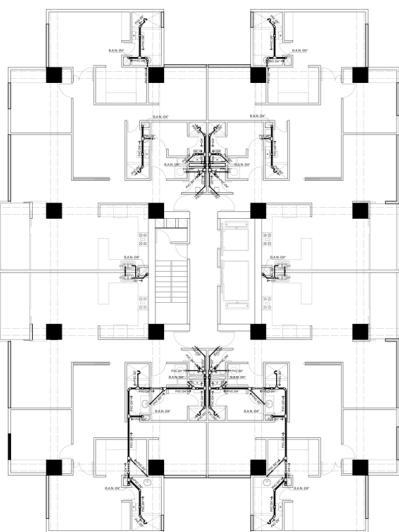


Figura 104. Planta que destaca la concentración de la instalación de red de drenaje sanitario, lo que ayuda a mantener una menor altura de piso a piso.

Las amenidades se ubican una parte en primer nivel aprovechando el generoso jardín, mientras la piscina se ubica en parte de la terraza, mostrándose como un mirador hacia el sur de la ciudad.



Figura 105. En la terraza se ubican dos apartamentos al norte y hacia el sur se ubica la piscina mirador.



Figura 106. Vista de la piscina en la terraza.



Figura 107. Espacios para descanso en la terraza.

El estacionamiento se diseña con medio niveles para aprovechar mejor el espacio disponible.

El proceso constructivo se inicia con la protección de vecindades, en este proyecto se realizó con pilotes perimetrales. Zapatas como cimiento y un sistema modular de vigas y columnas de concreto reforzado.

La huella del sótano es de 990.00 m² Los espacios para vehículos 27, por lo que el Índice de eficiencia es 36.7 m² / vehículo.

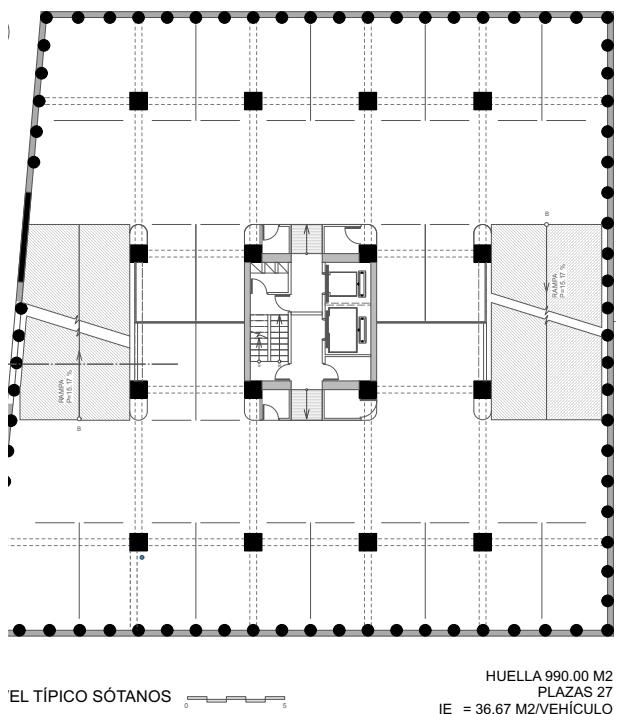


Figura 107. La huella del sótano es de 990 metros cuadrados y se lograron 27 espacios para vehículos, por lo que el índice de eficiencia es 36.7 metros cuadrados por vehículo.

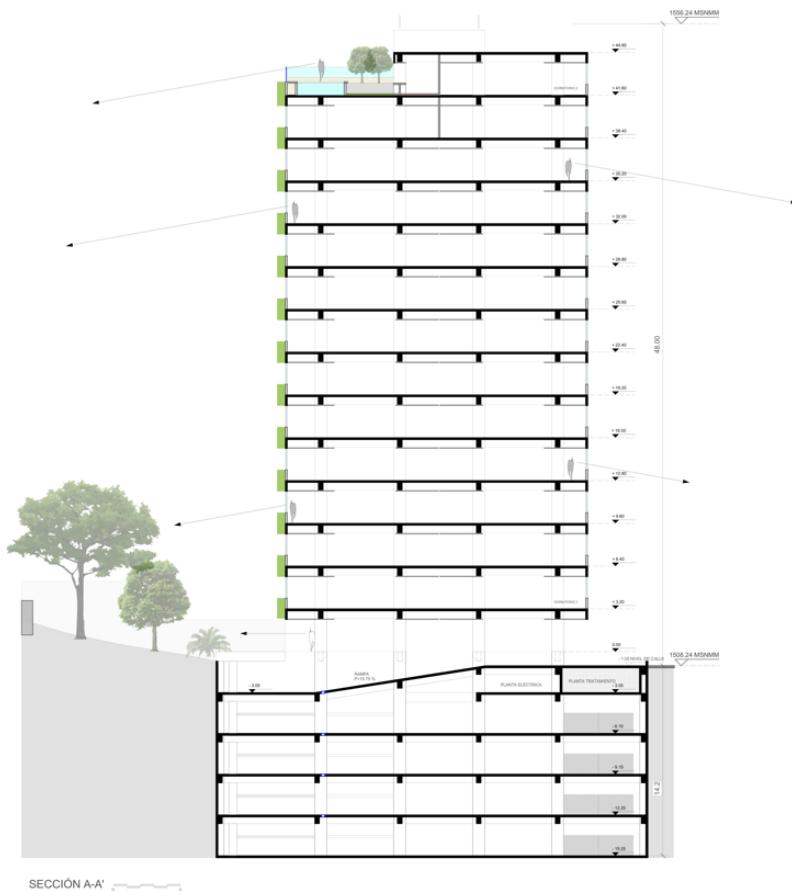


Figura 108. En la sección se destaca la estructura portante y se muestra el jardín al sur la piscina en terraza.

En las siguientes fotografías se puede observar claramente el sistema de marcos (esqueleto interno) de concreto reforzado. Columnas, vigas principales y vigas secundarias para los voladizos.

Complementadas por las losas, también de concreto reforzado.

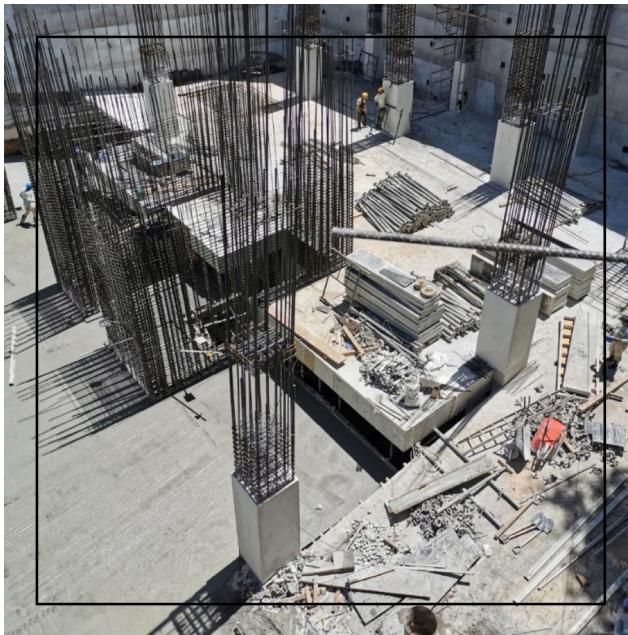


Figura 109. Se puede observar claramente el sistema de marcos de concreto reforzado (esqueleto interno).



Figura 110. Estructura portante, columnas, vigas principales, vigas secundarias para los voladizos y losas de concreto.

Las envolventes, los muros de cerramiento con mampostería reforzada, en este caso ladrillo tubular de barro; los balcones con block, las ventanas de aluminio, todas ancladas a la estructura principal.

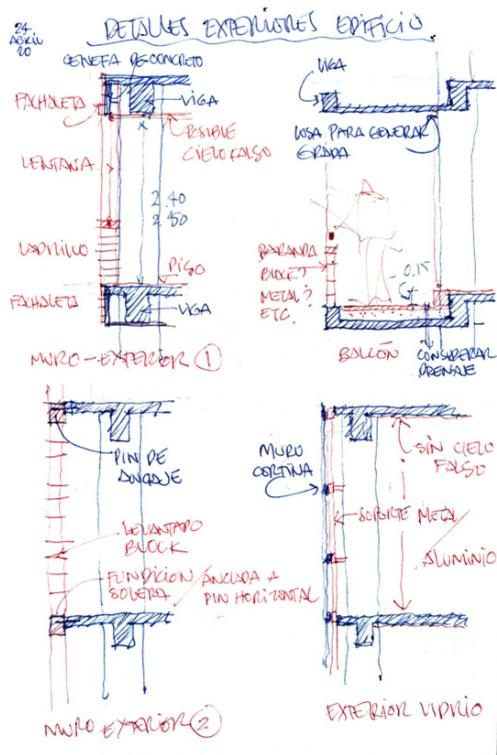


Figura 111. Bocetos de estructura secundaria, cerramientos con ladrillo, block y vidrio.



Figura 112. Estructura secundaria, cerramientos con ladrillo y block.

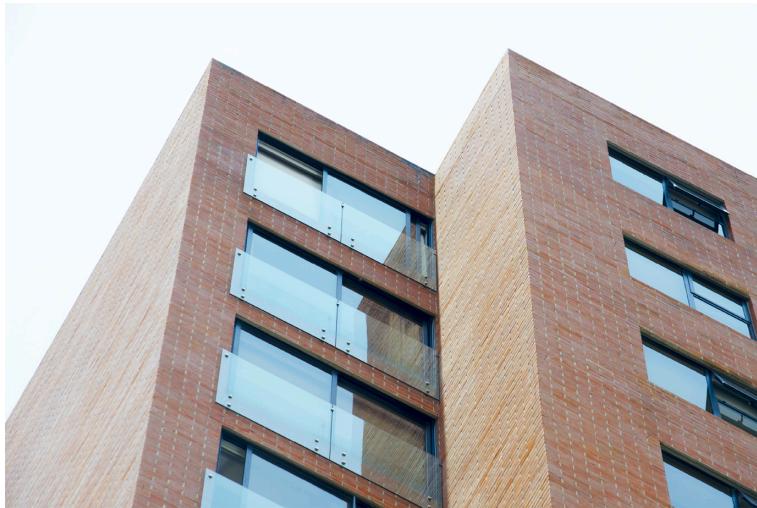


Figura 111. Bocetos de estructura secundaria, cerramientos con ladrillo, block y vidrio.



Figura 114. Vista del edificio.

Brunelo

Edificio de Apartamentos, Zona 10 Ciudad de Guatemala, 2021.

Desarrollador Idea Central

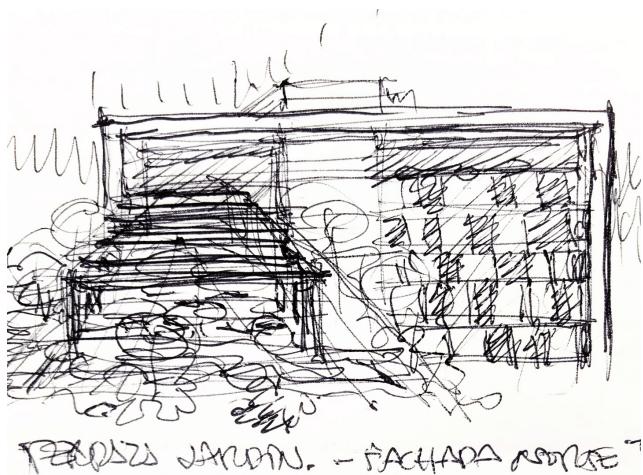


Figura 115. Boceto conceptual del edificio.

El partido de diseño se generó por la condicionante inicial de un solar en forma de L. El acceso vehicular se contempla en la calle secundaria, de menor tráfico y en el primer nivel se deja un área comercial y parte de las amenidades.

La forma original del terreno, dio la pauta para el desarrollo de la modulación estructural de los sótanos.

El ingeniero estructural definió la necesidad de algunos muros de corte, pero se adaptaron sin afectar el funcionamiento.

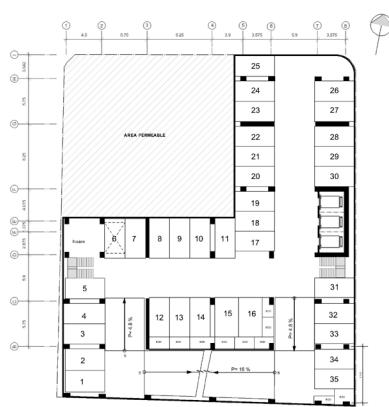
Se optimizó la circulación para proveer a todos los apartamentos de iluminación y ventilación natural.



PLANTA NIVEL 1



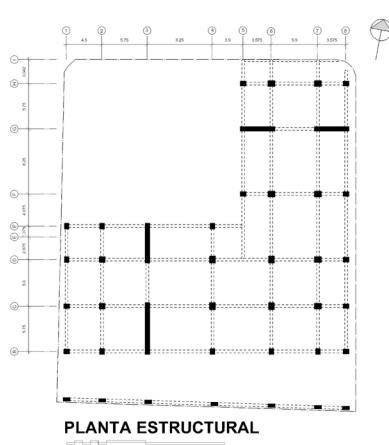
PLANTA NIVEL 17



PLANTA SÓTANOS



PLANTA NIVEL 3 AL 16



PLANTA ESTRUCTURAL



PLANTA 2 NIVEL

Figura 116. Plantas Arquitectónicas y planta de modulación estructural que muestra la combinación de columnas, vigas y muros de corte.

El primer nivel tiene 4.125 M. de altura, mientras que el resto 3.30 M. En la terraza, se ubicaron el gimnasio, spa y piscina.

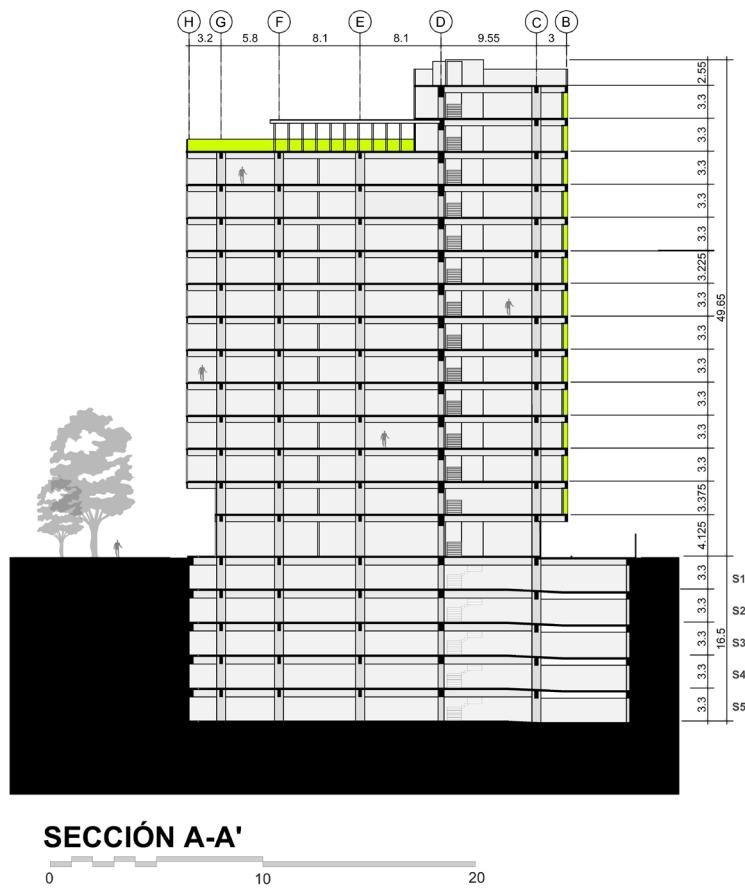


Figura 117. Sección del edificio.

La envolvente responde a la integración histórica de las zonas aledañas, donde se encuentras edificaciones lineales de concreto y ladrillo.

La envolvente responde a la integración histórica de las zonas aledañas, donde se encuentras edificaciones lineales de concreto y ladrillo.

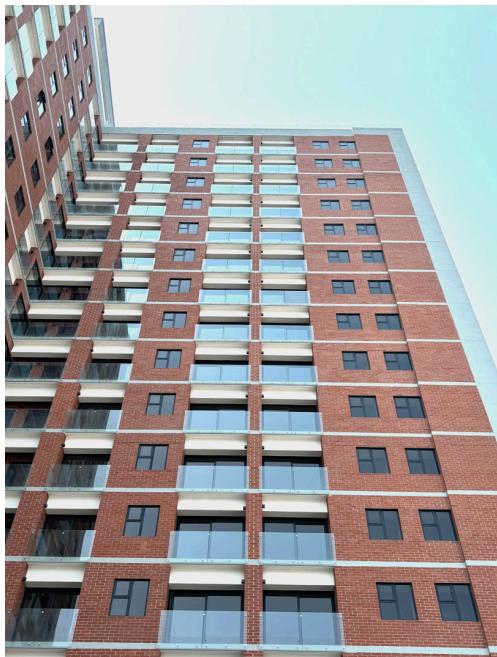


Figura 118 y 119. Vistas de las zonas de ladrillo y vidrio en fachadas.



Figura 120. La envolvente responde a la integración histórica de las zonas aledañas, donde se encuentras edificaciones lineales de concreto y ladrillo.

Amalfi

Edificio de Apartamentos, Zona 14 Ciudad de Guatemala, 2021.

Desarrollador Idea Central

El diseño se origina de la búsqueda de la optimización del aprovechamiento del terreno.

La eficiencia del estacionamiento, conjugado con el criterio estructural, dio como resultado un sistema de 9 módulos ortogonales y un núcleo central con muros de carga.

Las columnas perimetrales se utilizan solamente en los sótanos.

En un área de 832 m² se logran 23 estacionamientos en medios niveles, lo que da como resultado un Índice de Eficiencia de 36.17 m²/vehículo. Las rampas tiene una pendiente de 15 %.

Para mejorar la rentabilidad, se deja en el módulo central la circulación vertical, ascensores y gradas, así como ductos, bodega y baño de servicio.



NIVEL 2



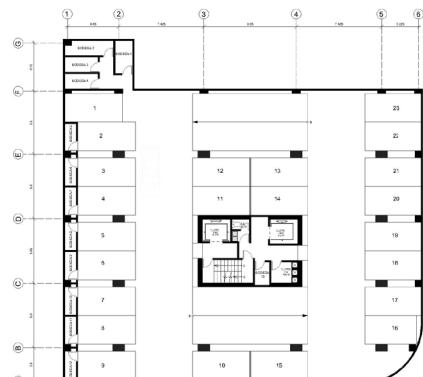
PLANTA DE CONJUNTO



PLANTA BAJA



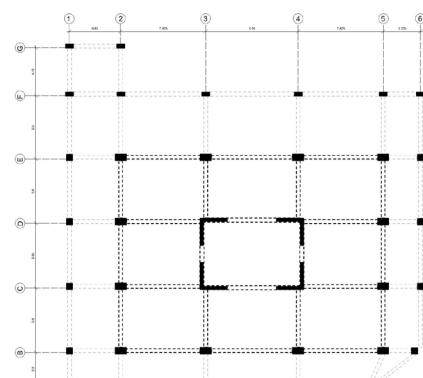
NIVEL 17



SÓTANO



NIVEL 16



PLANTA ESTRUCTURAL



NIVEL 3 - 15

Figura 121. Planta Arquitectónicas y modulación estructural con columnas y muro de corte al centro.



Figura 122. En el acceso de contempla un motor-lobby y una cubierta en voladizo para los ingresos peatonales y vehiculares. Las amenidades se reparten entre el primer nivel, donde se ubica recepción, salas de espera, oficina de administración, salas de negocios y baños.



Figura 123. El gimnasio se ubicó en la terraza, para destacar las visuales.



Figura 124. Se complementan con la terraza ajardinada, donde se aloja la piscinas, pérgola y baños entre naturaleza y espectaculares visuales.

La sección muestra la simetría del sistema estructural, con el centro reforzado con los muros de corte.

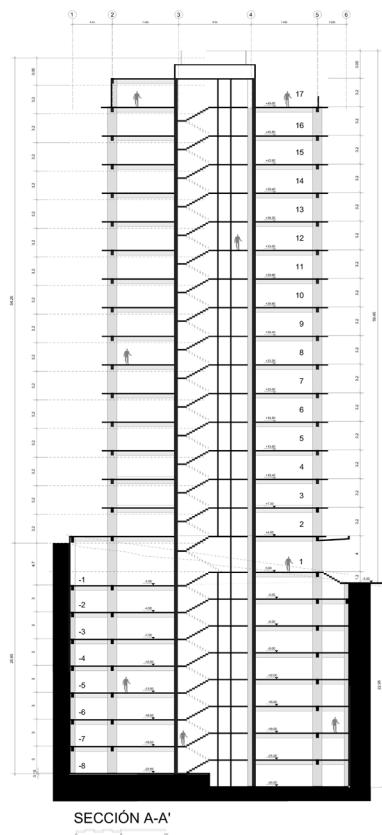


Figura 125. La sección muestra la simetría del sistema estructural, con el centro reforzado con los muros de corte.

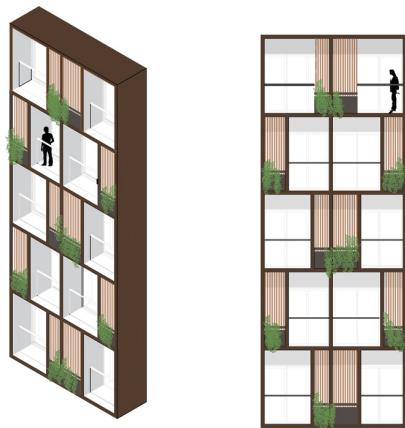


Figura 126. Diseño de balcones, con elementos que protegen la incidencia solar y permiten la interacción con la naturaleza.

El volumen se diseña destacando los espacios interiores-exterior, con uno detalles lineales para controlar la incidencia solar; se complementa con espacios para alojar la naturaleza.



Figura 127 y 128. El volumen se diseña destacando los espacios interiores-exterior, con uno detalles lineales para controlar la incidencia solar, se busca un lenguaje que permanezca en el tiempo con poco mantenimiento.

Casa Ignacio

Edificio de Apartamentos, Zona 10 Ciudad de Guatemala, 2021.

Desarrollador Idea Central

El requerimiento fue diseñar un edificio en un pequeño solar, 20 metros de frente por 32 de fondo, la estrategia fue desarrollar la torre corrida hacia uno de sus lados, con un fachada ciega; de esa cuenta, se pudo ampliar la distancia de tres de sus caras para generar suficiente espacio para terrazas, así como buena iluminación y ventilación.

Otra condicionante fue la limitación de profundidad para sótanos en sub-suelo, que se redujo a 1 nivel de 3 metros de altura. Esto obligó a ubicar estacionamientos en los dos primeros niveles sobre calle.

En el tercer nivel se diseñaron apartamentos con terrazas amplias; y también las amenidades, que incluyen biblioteca, salón social, pérgolas, exteriores ajardinados y piscina.

El pent house, se destinó para una terraza ajardinada.



Figura 129. Plantas arquitectónicas.

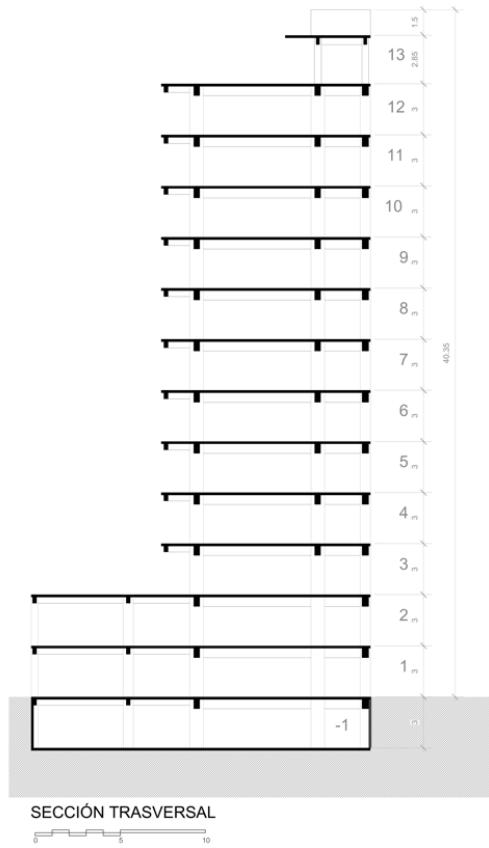


Figura 130. La sección muestra el corrimiento de la torre hacia un lado, para dejar mayor espacio de iluminación y ventilación.



Figura 131. Vista del edificio.

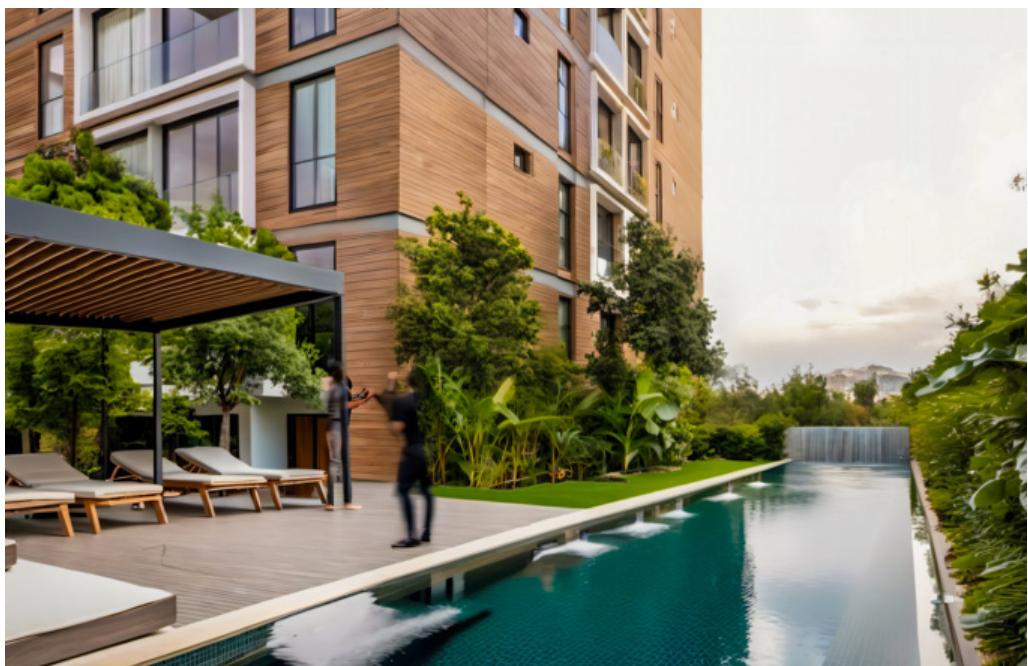


Figura 132. Vista del tercer nivel, donde se ubican las amenidades del proyecto.

Torelo

Edificio de Apartamentos, Zona 14 Ciudad de Guatemala, 2022.

Una arquitectura de concreto expuesto y vidrio garantizan una imagen elegante y que no pasará de moda.

Desde su concepción se visualiza como un edificio verde, balcones amplios, un diseño aterrazado para garantizar vida a la naturaleza.



Figura 133. Boceto conceptual del edificio.

El diseño de estacionamientos con medios niveles garantiza la eficiencia, manteniendo un espacio generoso de área permeable.

Una estructura de nueve módulos ortogonales, con el centro con muros de corte muestran la versatilidad que se puede obtener con la regularidad.

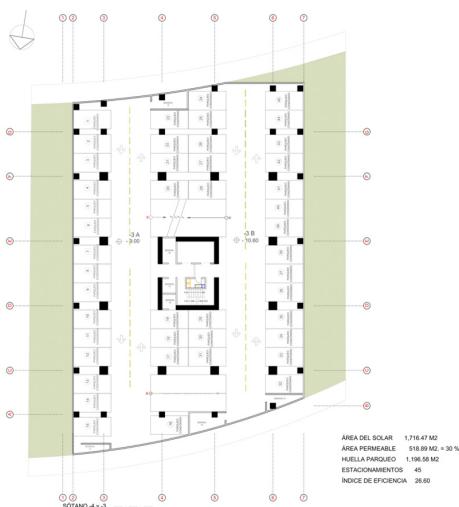


Figura 134. Planta típica de los sótanos.



Figura 135. Apartamentos de 110 y 220 metros cuadrados, con amplios balcones para actividades interior-exterior; con todos los servicios esenciales y amenidades como piscina, pérgola, gimnasio, salón de eventos y parqueos para condóminos y visitantes.

La huella típica tiene 736.25 m² y la circulación 73.5 m², es decir, que el área rentable es del 90%.

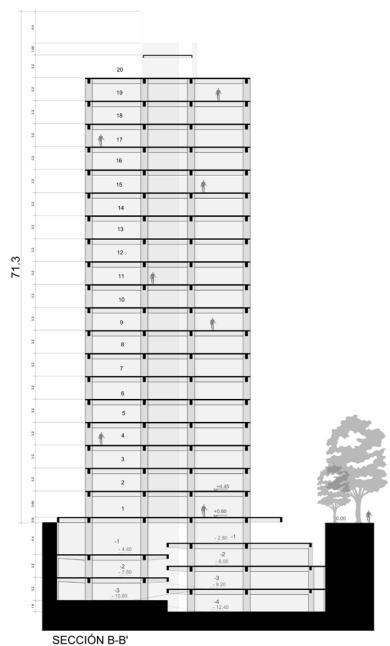


Figura 136. Un edificio aterrazado de 17 niveles lleno de naturaleza.



Figura 137. Vista del edificio.

Anteproyectos

Proceres

Edificio de Oficinas zona 10, ciudad de Guatemala, 2010

El solar se ubica en un boulevard con mucho tráfico vehicular, por lo que se plantea desarrollar una serie de límites sólidos tipo pantallas para evitar la contaminación auditiva.

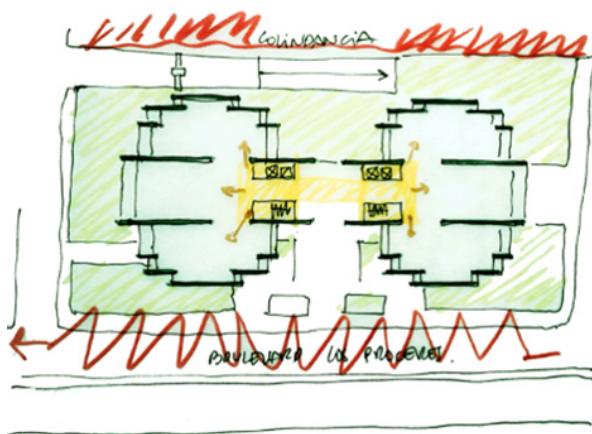


Figura 138. Boceto conceptual

La envolvente se concibe como una serie de “cajas” superpuestas, que van intersectándose entre ellas, dejando las caras sólidas hacia el boulevard, como estrategia contextual; ya que hacia el norte existe una colindancia y hacia el sur, tendría incidencia solar directa. Las caras vacías de las cajas, orientadas hacia el este-oeste, tendrían transparencia para ingreso de iluminación y ventilación.

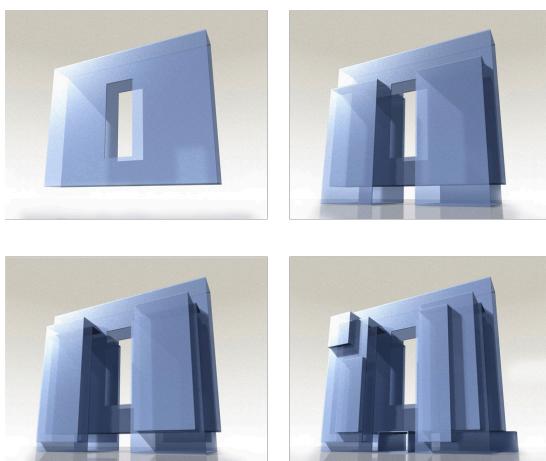


Figura 139. Evolución formal manteniendo las estrategias contextuales.

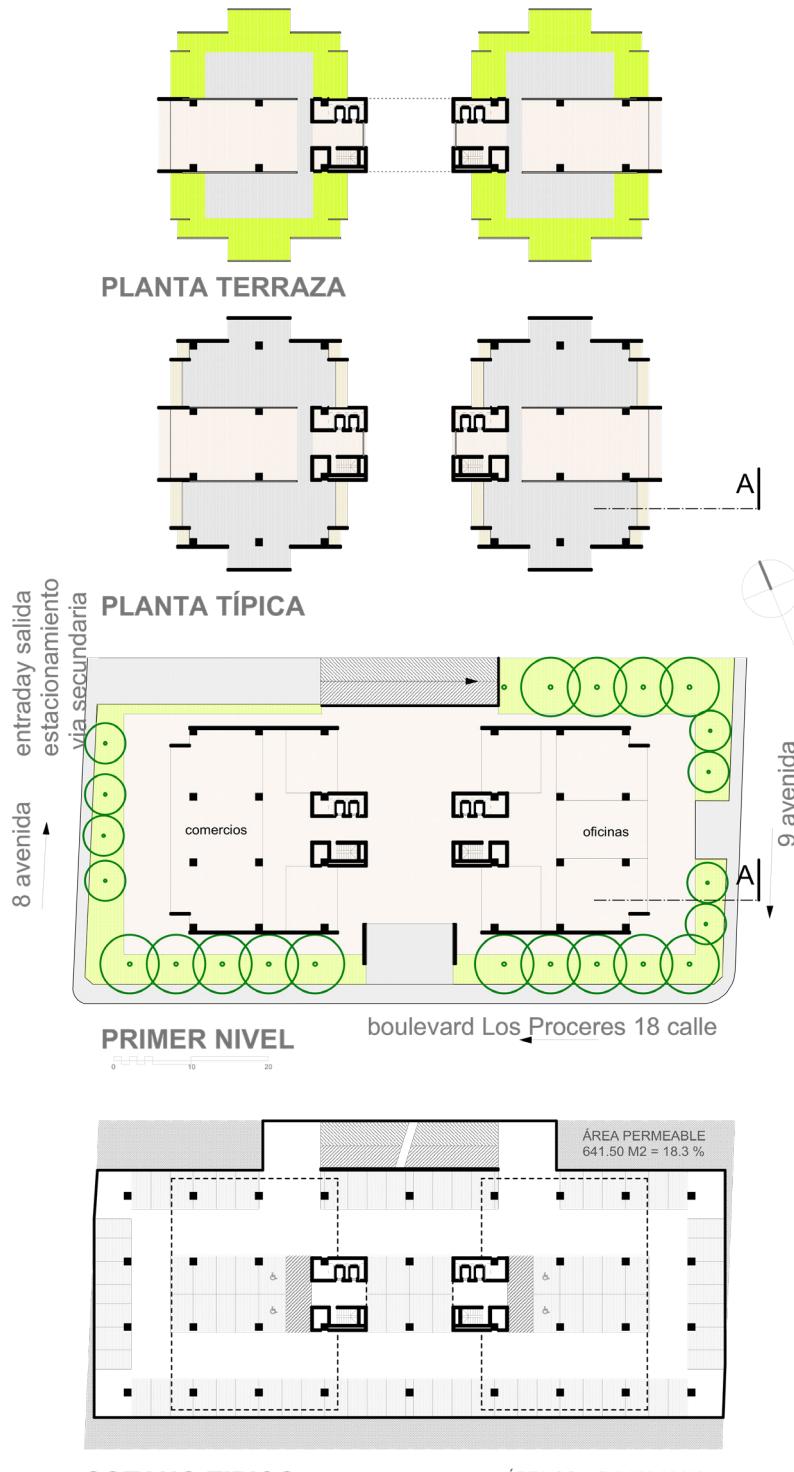


Figura 140. Plantas arquitectónicas

El sistema estructural es marcos de concreto.

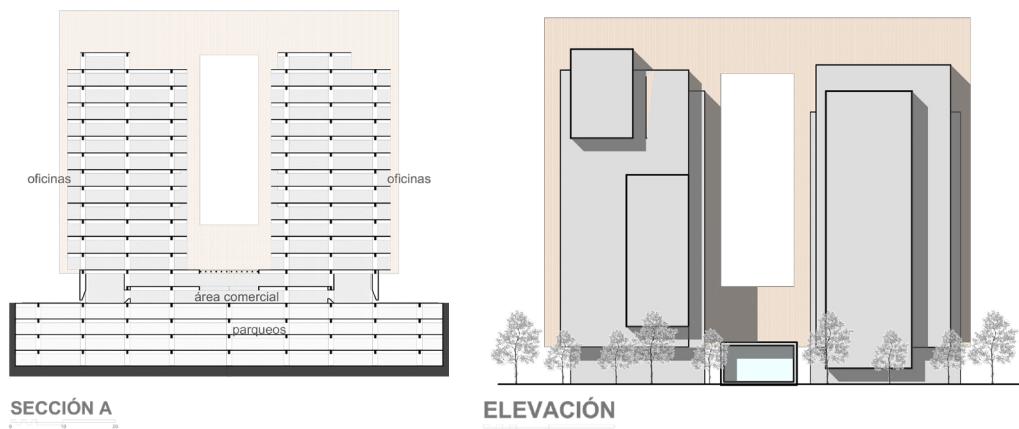


Figura 141. El sistema estructural portante es el de marcos de concreto, columnas, vigas y losas.



Figura 142. La materialidad propuesta es concreto expuesto combinado con paneles de acero corten.

Clinicas Médicas

Edificio en ciudad de Quetzaltenango, 2013

Se planificó un edificio de dos sótanos y cinco niveles, con un sistema de marcos de acero en virtud de las limitaciones del solar.

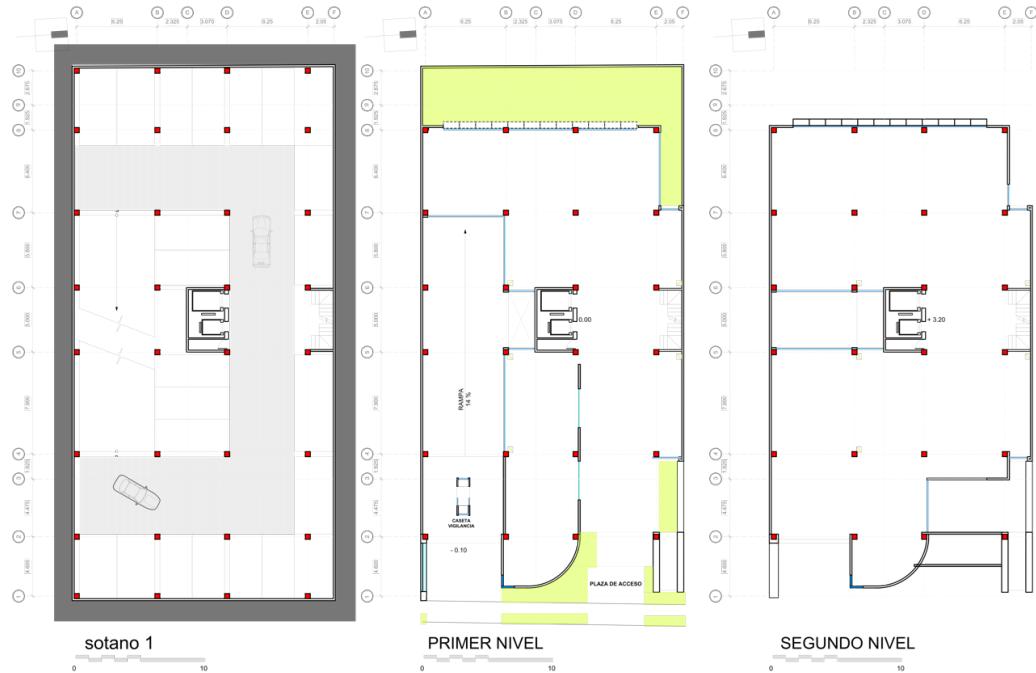


Figura 143. Plantas arquitectónicas.

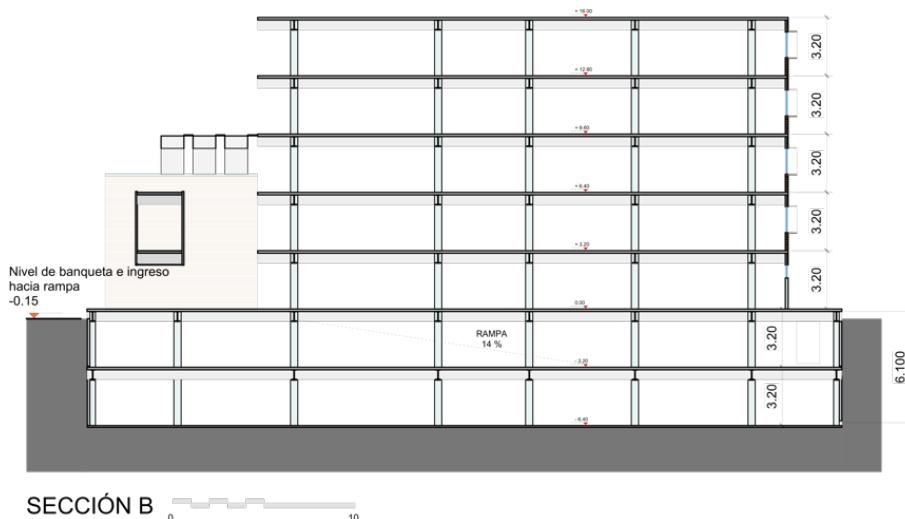


Figura 144. Sección que muestra los perfiles de acero.

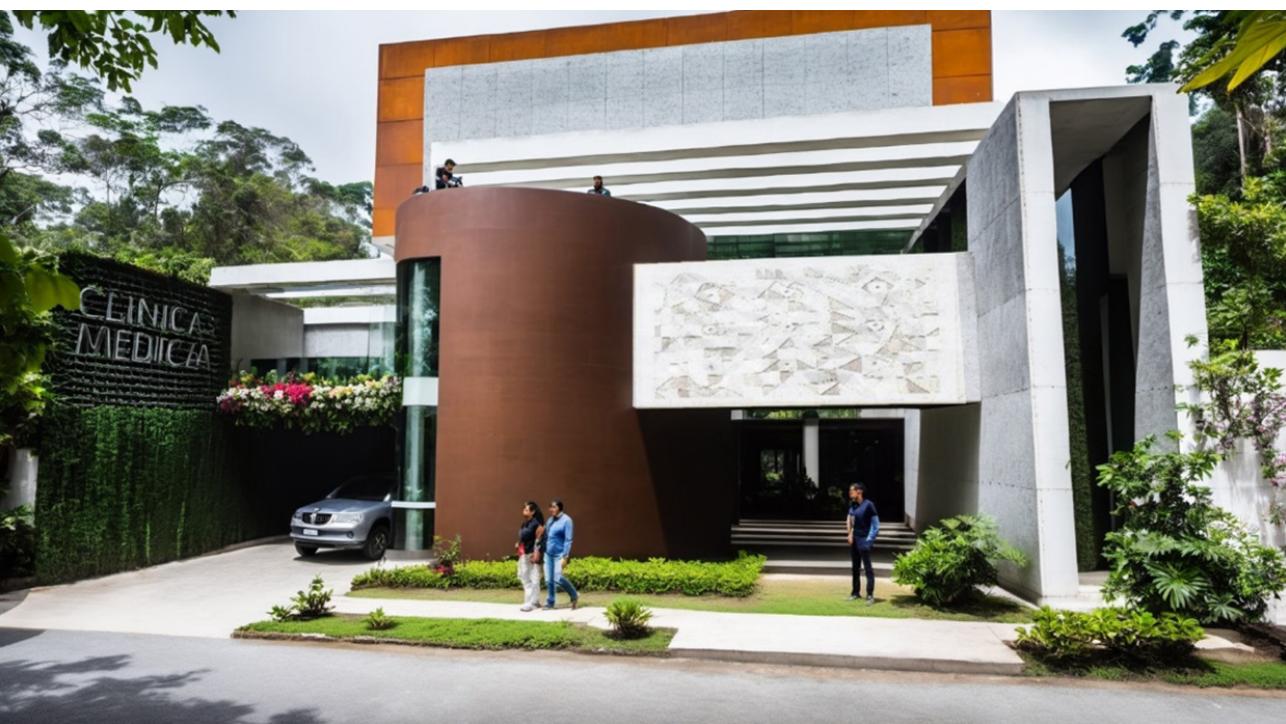


Figura 145. La relación urbana permite que se integre con una plaza, enmarcada por un mural en concreto.

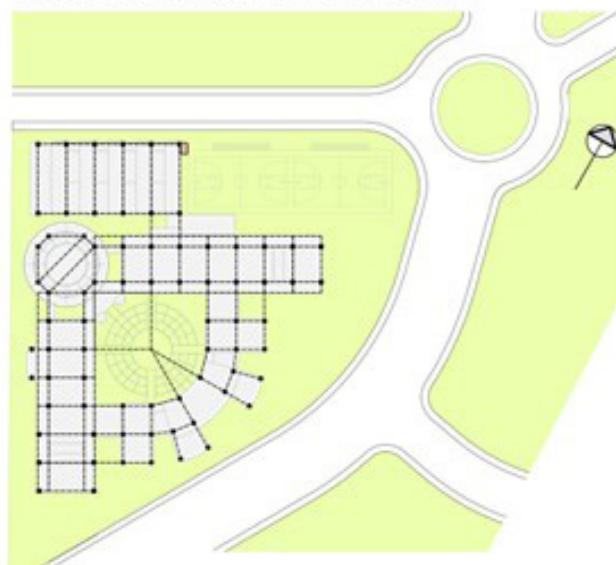
Municipalidad de Villa Nueva

Mención de honor, 2012



GEOMETRÍA

EL ATRIO CENTRAL Y LA TOPOGRAFÍA DAN ORIGEN A DOS EJES ORTOGONALES, EL PATIO CENTRAL, Y LAS CURVAS REQUIEREN UNA INTERVENCIÓN RADIAL DE LOS BLOQUES HACIA LA CALLE DEL SUR-ESTE, EN DONDE LAS VISUALES SON OBSERVADAS DESDE CUALQUIER ÁNGULO DEL INTERIOR



MODULACIÓN ESTRUCTURAL

ESTRUCTURA DE CONCRETO Y ACERO
CON UNA GEOMETRÍA REGULAR QUE GARANTIZA
LA ESTANDARIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS,
QUE SE TRADUCE EN LA RECUCIÓN DE COSTOS

Figura 146. Premisas de diseño.

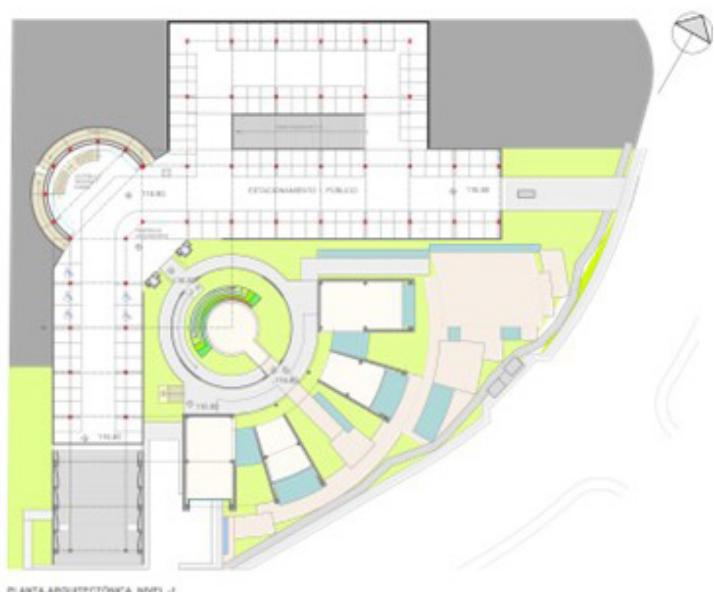
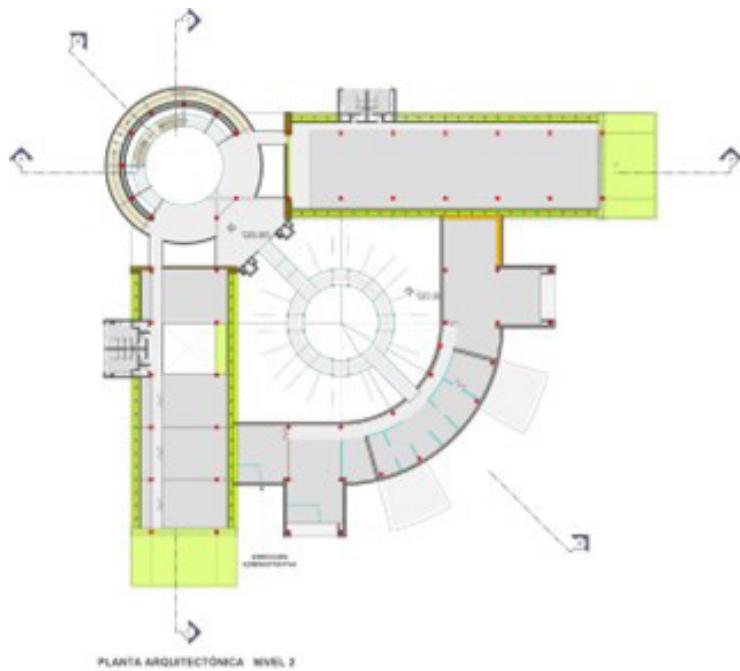


Figura 147. La combinación geométrica ortogonal y radial, permite priorizar a la Naturaleza, promueve la armonía entre funciones y paisaje.

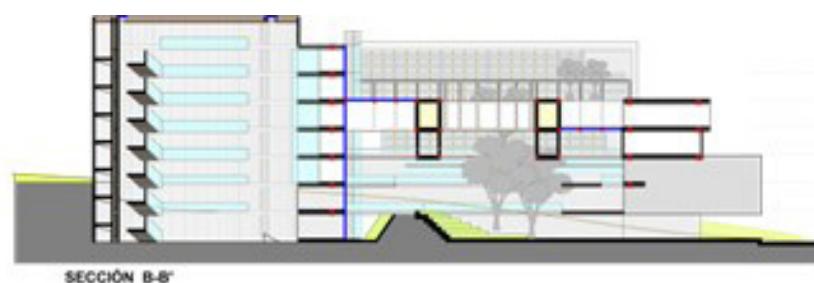


Figura 148. El atrio es un cilindro con iluminación cenital, que sirve de interconector entre los diferentes requerimientos funcionales



Figura 149. Vista de las cajas de concreto que flotan alrededor del atrio cilíndrico.

Colegio de Profesionales

Ciudad de Guatemala, 2020

Las plantas arquitectónicas muestran la integración de la naturaleza, generando una atmósfera muy particular.

Todas las oficinas cuentan con terrazas verdes.



Figura 150. El sótano es ortogonal porque busca la eficiencia funcional; el resto de las plantas, se libera dejando aperturas hacia el interior y el exterior para permitir las terrazas ajardinadas.



Figura 151. Los diferentes pisos, flotan unos entre otros, permitiendo una circulación cruzada de aire. Además, las terrazas verdes se conectan hacia el paisaje lleno de árboles del contexto.



Figura 152. Vista del edificio donde se destacan las amplias terrazas verdes.

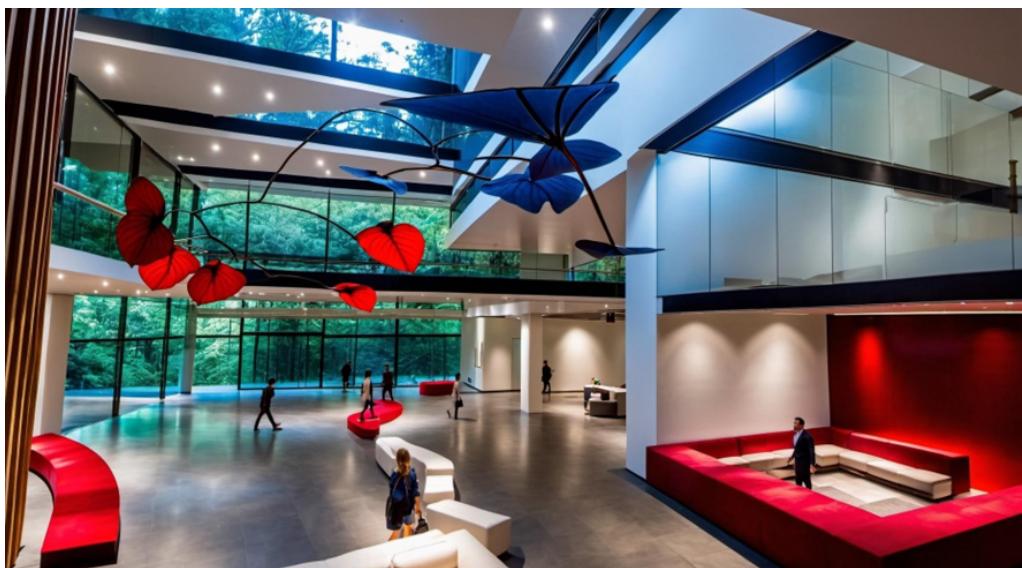


Figura 153. Vista del vestíbulo donde se ilustran las aperturas laterales y cenitales hacia la naturaleza.

Rentabilidad de proyectos

Diseñar un edificio es un ejercicio financiero, se debe garantizar que el proyecto sea rentable para los clientes desarrolladores.

Este ejemplo pretende ilustrar de una manera sencilla, cómo proponer una solución tomando como base únicamente un solar, para evaluar su potencial para construir un edificio de apartamentos en la ciudad de Guatemala, CA.

DEFINIR EL PROGRAMA

Para definir un programa arquitectónico preliminar sobre el solar analizado, resolviendo los requerimientos del Plan de Ordenamiento Territorial local (POT); se toma como base el índice de edificabilidad (*ie*) de la zona donde se ubica el potencial proyecto.

Este solar tiene un área de **1,520.00 m²** en total; y se ubica en una zona G4, por lo que inicialmente se establece la mayor cantidad de metros cuadrados a edificar.

El *ie* normal es de 4; es decir, se puede construir 4 veces el área del terreno $1520 \times 4 = 6,080 \text{ M}^2$ Sin embargo, el POT permite elevar el *ie* hasta 6, utilizando incentivos específicos.

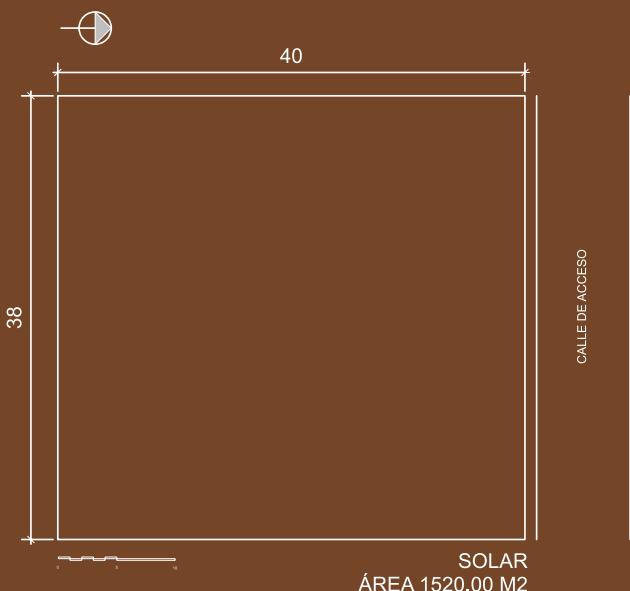


Figura 154. Plano del solar elegido

El *ie* normal es de 4; es decir, se puede construir 4 veces el área del terreno $1520 \times 4 = 6,080 \text{ m}^2$. Sin embargo, el POT permite elevar el *ie* hasta 6, utilizando incentivos específicos.

En este punto es esencial, utilizar el índice de edificabilidad ampliado, ya que se pueden construir y por ende, vender más metros cuadrados en el mismo solar. Es decir que se optimiza la relación metros cuadrados vendibles sobre área del solar.

ie ampliado $1520 \times 6 = 9,120$ metros cuadrados potenciales.

Es importante acotar que, estos metros cuadrados se contemplan del nivel de calle hacia arriba, en el *ie*, no se contemplan los sótanos.

Luego se propone una huella sobre el solar, procurando dejar siempre que se pueda, un área permeable.

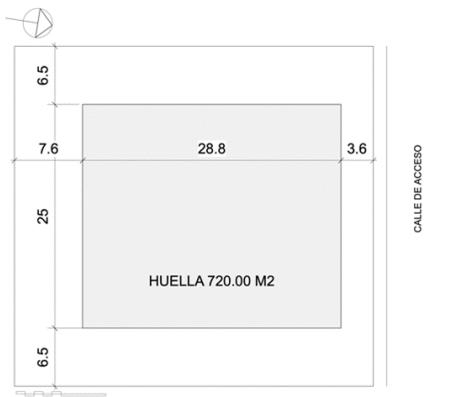


Figura 155. Huella dejando área permeable.

Esto va de la mano de la cantidad de niveles, para completar los 9,120 metros cuadrados potenciales que se definieron anteriormente.

En el tema de altura, se debe revisar lo máximo permitido, en este caso Aeronaútica civil y POT definen un máximo de 48 metros de altura sobre el nivel de calle. Previamente se ha establecido con el predimensionamiento de la estructura, que se puede utilizar una altura de piso a piso de 3.20 metros; esto nuevamente para maximizar el número de pisos a construir.

Se procede a definir las áreas preliminares de los apartamentos por nivel sobre la huella, cuidando reducir al máximo el área para circulación; en este caso buscamos lograr un 10%.

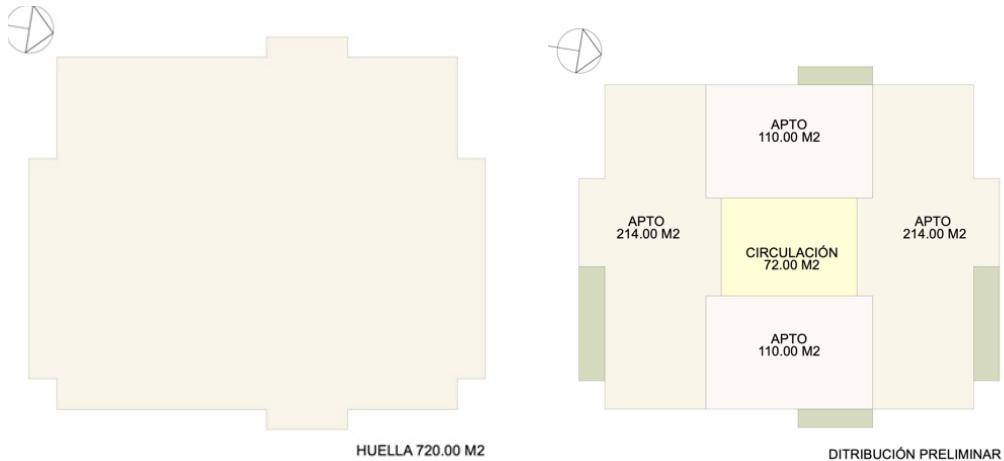


Figura 156. Huella y zonificación preliminar de los apartamentos

Con esos datos, se puede ilustrar un primer cuadro general con todo el potencial del proyecto: Se trata de un edificio de apartamentos de 13 niveles, con una altura de 47.3 metros.

Total de 9,120 metros cuadrados de construcción sobre nivel de calle, 936 metros cuadrados de circulación, que representan aproximadamente el 10%, es decir que se podrá vender en 90% de lo construido.

Serían 48 apartamentos con un área total rentable ,vendible o uso suelo primario, de 7,776.00 metros cuadrados.

Área m ²	ie	m ² Potenciales	
1,520.00	4	6080	m ²
	6	9120	m ²

Área x Nivel	Circulación	Rentable	Aptos
480.00	72.00	434.00	
720.00	72.00	648.00	
720.00	72.00	648.00	
720.00	72.00	648.00	
720.00	72.00	648.00	
720.00	72.00	648.00	
720.00	72.00	648.00	
720.00	72.00	648.00	
720.00	72.00	648.00	
720.00	72.00	648.00	
720.00	72.00	648.00	
720.00	72.00	214.00	
			SOCIAL
			APTOPS
		7,342.00	
			SOCIAL / REC
9,120.00	936.00	7,776.00	48

Figura 157. Sección y datos del programa, que determinan cantidad de metros cuadrados.

El nivel 1 tendrá menos área rentable, para ubicar recepción y amenidades del proyecto. La terraza tendrá 3 apartamentos y terraza jardín para condóminos.

A continuación se definen la cantidad de estacionamientos requeridos:

"En unidades habitacionales con una superficie individual mayor a 75 metros cuadrados se requiere 1 plaza de aparcamiento por cada 100 o fracción del área total de uso del suelo primario"¹⁴

Como tenemos 7,776 metros cuadrados de uso suelo primario, se divide dentro de 100 y resultan $77.76 = 78$ parqueos para las unidades habitacionales.

Para visitantes "en proyectos con una superficie mayor a 4,500 metros cuadrados, se requiere 1 plaza de aparcamiento por cada 800 o fracción del área total de uso del suelo primario"¹⁵

Por lo tanto $7,776/800 = 9.72 = 10$ estacionamientos

Parqueos para personas con discapacidad, del total de parqueos 88 es el 2 % = $1.76 = 2$

Total de estacionamientos requeridos por el POT = 90 unidades
Sin embargo por tema de mercado, se establece:

48 apartamentos x 2 vehículos por cada uno, hacen un total de 96 + 10 para visitantes y 2 para personas con discapacidad, hacen un total de 108 estacionamientos.

Para este caso, en el diseño preliminar, se obtienen 114 unidades en 4 sótanos, por lo que se podrán vender 6 estacionamientos a propietarios interesados

¹⁴ Guía de aplicación DDE, Plan de Ordenamiento Territorial de la ciudad de Guatemala. Pag 14

¹⁵ Guía de aplicación DDE, Plan de Ordenamiento Territorial de la ciudad de Guatemala. Pag 15

Sótano	-1	1000	22	
Sótano	-2	1000	30	
Sótano	-3	1000	30	
Sótano	-4	1000	32	
Total de sótanos		4,000.00	Total de parqueos	114
Total a construir		13,120.00		

Sumando el total a construir del nivel de calle hacia arriba, 9,120 M² mas los metros cuadrados de sótanos 4,000 M², nos dan un total de **13,120 m² a construir en el edificio.**

Con estos datos, se prepara un cuadro preliminar de inversión, para revisar la Rentabilidad.

Se realizan dos cuadros, en la parte superior la Inversión y en la inferior las Ventas, para obtener el monto de la **UTILIDAD POTENCIAL**.

PROYECTO: EDIFICIO DE APARTAMENTOS
 UBICACIÓN: ZONA 10, CIUDAD DE GUATEMALA
 FECHA: 1 DE JUNIO DE 2024

FASE		ESTIMACIÓN DE INVERSIÓN			
RENGLÓN		ÁREA	U	C.U. US \$	MONTO US \$
TERRENO	1520 m ² =	2,175.35	V2	800	1,740,278.40
TOPOGRAFÍA		1.00		1000	1,000.00
DISEÑO		13,120.00	m ²	2.00	26,240.00
PLANIFICACIÓN		13,120.00	m ²		-
	ARQUITECTURA	13,120.00	m ²	2.00	26,240.00
	ESTRUCTURAS	13,120.00	m ²	2.00	26,240.00
	HIDRAULICA Y SANITARIA		m ²	1.50	19,680.00
	ELECTRICIDAD Y ESPECIALIDADES		m ²	1.50	19,680.00
ESTUDIO DE MERCADO					-
LICENCIAS	MUNICIPALIDAD DCT			12	157,440.00
	EMPAGUA			5	65,600.00
	IMPACTO VIAL			10	131,200.00
	MARIN			3000	3,000.00
	CONRED			600	600.00
	MINISTERIO SALUD				-
	AERONAUTICA			155	155.00
	ESTUDIO GEOTÉCNICO			2000	2,000.00
GESTIÓN				1	13,120.00
COMISIÓN DE VENTAS			1850	5%	431,568.00
GASTOS LEGALES				10000	10,000.00
EJECUCIÓN	MOVIMIENTO DE TIERRAS		m ³	8	96,000.00
	PROTECCIÓN VECINDADES		m ²	200	360,000.00
	OBRA GRIS-ACABADOS -INSTALACIONES		m ²	600	7,872,000.00
	SUPERVISIÓN		m ²	5.00	65,600.00
US \$				11,067,641.00	

FASE		VENTA			
APARTAMENTOS		7,776.00	M2	1850	14,385,600.00
PARQUEOS		6.00	U	18750	112,500.00
					14,498,1000.00

Cuadro 2. Rentabilidad.

Se estima venta del metro cuadrado de construcción en US \$ 1,850.00

Ya teniendo garantía de que la Rentabilidad está garantizada y supera el 30% mínimo e este tipo de inversiones, se puede proceder a negociar los honorarios con el cliente, y presentar el **Anteproyecto**.

Sótano típico con 30 estacionamientos, área permeable mayor al 10 % para aplicar a ese incentivo. 1000 m² y 30 estacionamientos, con un Índice de Eficiencia de 33.33 m²/ vehículo.

Primer nivel se ubica recepción, salas de espera, salas de negocios, gimnasio, salón social con terrazas, areas verdes y piscina. Además 1 apartamento de 114 m².

Nivel típico con 4 apartamentos por nivel, con unas variaciones en las terrazas verdes.

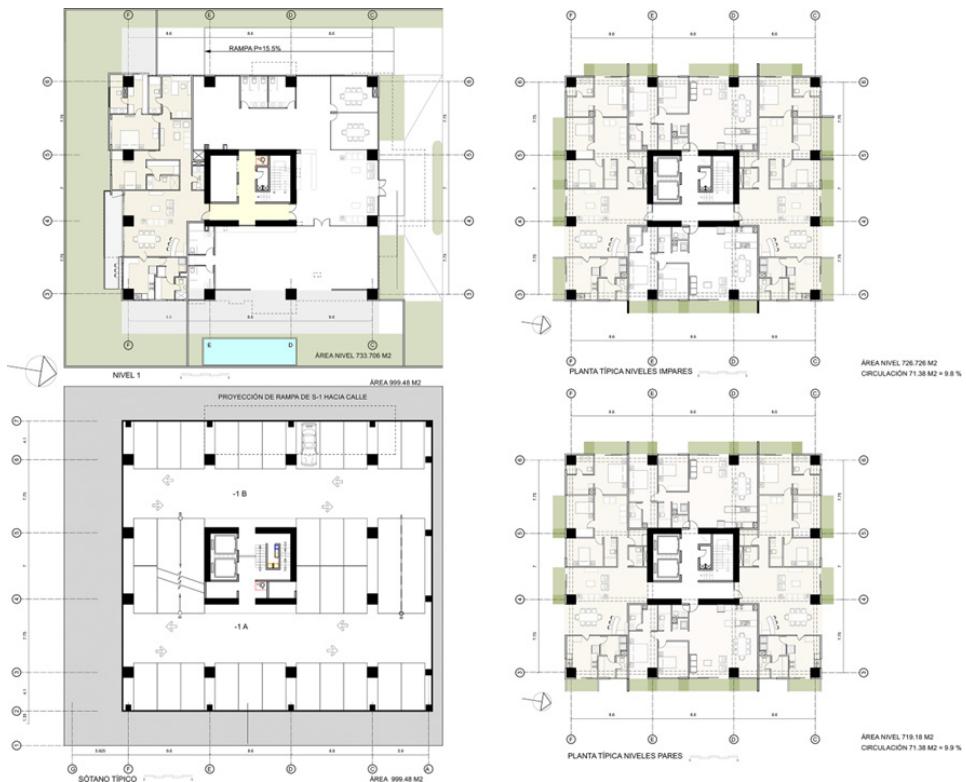


Figura 158. Plantas arquitectónicas.



Figura 159. Vista del edificio.

Bibliografía

Asencio, Francisco. *New Architecture, eleven, Obra Reciente*, Barcelona:, Editorial Arco, 1967.

Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (AGIES). NSE 7.4, Diseño de mampostería reforzada, Normas de Seguridad Estructural para Guatemala. Guatemala: AGIES, 2018.

_____. NSE 7.9, *Diseño de edificaciones de concreto reforzado con muros de ductibilidad baja, Normas de Seguridad Estructural para Guatemala*. Guatemala: AGIES, 2018.

Barbat, Alex H, Juan Carlos Vielma y Sergio Oller. *Confinamiento y ductilidad de los edificios de hormigón armado*. Madrid: IPAC, A.I.E., 2012.

Foster Norman, *Foster Catalogue 2001*. Londres: Prestel, 2001.

González de León, Teodoro. Teodoro González de León, La voluntad del creador . Colombia: SomoSur, 1994.

Gwathmey-Siegel, *Buildings and Projects, 1992 – 2002*. Nueva York: Rizzoli, 2003.

Hernández, Vicente Martín. Génesis del Sentimiento del Espacio Arquitectónico. Mexico: UNAM,1985.

Higueras, Fernando, *Fernando Higueras*. Edición de Lola Botia. Madrid: Xarat ediciones, 1987.

Jodidio, Philip. *Mario Botta*. Suiza: Taschen, 2003.

Nilson, Arthur H. *Diseño de Estructuras de Concreto*. Santa Fe de Bogotá: McGraw Hill, 1999.

Perello, Antonia María. *Las Claves de la Arquitectura*. Barcelona: Editorial Planeta, 1999.

Revista Constructivo. *Revista Constructivo Año 23, edición 147*. Perú: RC, 2021.

ENTREVISTAS

Mazariegos, Vicente. *Datos para predimensionar elementos estructurales*. Entrevista realizada por Miguel Alvarez. Guatemala: marzo, 20,1990.

PROYECTOS

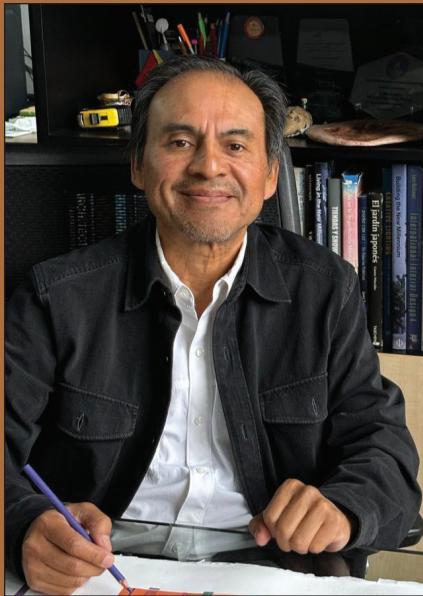
malvarezarquitectos.com

ENTREVISTAS

Mazariegos, Vicente. *Datos para predimensionar elementos estructurales*. Entrevista realizada por Miguel Alvarez. Guatemala: marzo, 20,1990.

PROYECTOS

malvarezarquitectos.com



Miguel Alvarez Medrano

Arquitecto, artista y catedrático universitario
de Diseño Arquitectónico y Teoría de la Arquitectura.

Formado en la Universidad de San Carlos
y en la Universidad del Istmo de Guatemala,
así como en la Universidad de Navarra, España.
Ganador de la Primera Bienal de Arquitectura
Centroamericana 2022, comparte en *Materializar las ideas* una reflexión profunda sobre el papel esencial
de la estructura edificatoria en la concepción
arquitectónica.

La obra invita a descubrir cómo garantizar
la factibilidad de los proyectos, integrando
pensamiento, técnica y creatividad. A través de
bocetos, planos y fotografías, Alvarez Medrano
presenta proyectos que revelan el apasionante
proceso de transformar una idea en arquitectura
tangible.

Un libro imprescindible, perfecto para que todo
arquitecto y estudiante de arquitectura lo tenga
en su librera.

ISBN: 978-9929-620-58-2

