

Ausencia de vigas

ISSN 2718- 8272
Año 4 - N°7 - Junio 2021



Universidad
Nacional
de Córdoba



FAUD
Facultad de Arquitectura,
Urbanismo y Diseño

TIDE

ausencia de vigas

estructuras

En este número:

Editorial

Silvina Prados

Autores

Carolina Ponssa
Gerónimo Caffaro
Yohana Cicaré

Colaboradores

Estudio Smart
Claudio Walter
Estudio Planta

Fotografía

Ramiro Sosa
Pablo Gerson
André Cavalheiro

Año 4 - N° 7 **Ausencia de vigas** - Junio 2021

ISSN N° 2718- 8272

Coordinación General

Silvina Prados

Diseño Gráfico y Edición

Yohana Cicaré

Comité de referato

Docentes TIDE-FAUD: **Silvina Prados** (Prof. Titular Estructuras 2B), **María del Carmen Fernández Saiz** (Prof. Titular Estructuras 4), **Raquel Fabre** (Prof. Titular Estructuras 1A), **Gabriela Culasso** (Prof. Titular Estructuras 1B), **Gustavo González** (Prof. Titular Estructuras 3B), **Carolina Ponssa** (Prof. Adjunta Estructuras 2B), **Gabriela Asis** (Prof. Titular Estructuras 2A), **Cecilia Nicasio** (Prof. Adjunta Arquitectura 6C y 6D- Asesora Estructuras)

Evaluadores Externos: **Daniel Quiroga** (Prof. Titular Facultad de Ingeniería-UNCuyo), **Horacio Saleme** (Prof. Titular FAU- UNT) **Sara Gonorazky** (Prof. Consulta FAUD-UNC) **Daniel Moisset de Espanés** (Prof. Emérito FAUD-UNC), **Isolda Simonetti** (Prof. EDIEST-FAUD-UNC)

Dirección de edición:

Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño.
Av. Vélez Sársfield 264. 5000. Córdoba. Te. +54 0351 4332091. Correo electrónico:
revistaestructuras@faud.unc.edu.ar

Las opiniones vertidas en los artículos son responsabilidad de los autores; por tanto, los puntos de vista expresados no necesariamente representan la opinión del Comité de referato de esta revista.

© Todos los derechos reservados. Todos los materiales publicados en **Estructuras** se encuentran protegidos por copyright y otras leyes de la propiedad intelectual y de los pactos internacionales.

No se permite la reproducción total o parcial de esta obra, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio (electrónico, mecánico, fotocopia, grabación u otros) sin autorización previa y por escrito de los titulares de **Estructuras**.

EDITORIAL

La ausencia de vigas en los entresijos resulta muy atractiva para la resolución de diferentes tipologías arquitectónicas. Viviendas, centros comerciales, cocheras, hospitales, museos, bibliotecas, etc., encuentran en esta resolución estructural una alternativa viable e innumerables ventajas como por ejemplo, plantas libres y adaptables, flexibilidad para la resolución de instalaciones, entresijos esbeltos aún con sobrecargas importantes, menores consumos de materiales y sobre todo una considerable rapidez constructiva. Si bien es posible el planteo de módulos con tramas rectangulares, la mayor eficiencia se logra con el planteo de tramas cuadradas que pueden llegar a luces de hasta los 12 metros para losas aliviadas o aún mayores cuando se combina con procesos constructivos como el postesado. El gran inconveniente de estos sistemas

de losas es, sin duda, la baja resistencia al punzonado de la placa. Entre los recursos de diseño disponibles para mejorar esta condición podemos optar por aumentar el espesor de la losa, aumentar el diámetro de las columnas o bien plantear el uso de ábacos y capiteles.

El trabajo que se presenta a continuación, elaborado por un equipo de docentes investigadores de nuestra facultad, se encuentra organizado de la siguiente manera: 1) una primera parte con generalidades del sistema, destacando sus ventajas y desventajas y las alternativas constructivas disponibles en nuestro medio; 2) tablas de diseño que facilitarán la tarea en la definición de espesores de losas y diámetros de columnas necesarios según el módulo adoptado; y 3) una impecable selección de obras construidas en nuestra región mostrando diferentes sistemas

constructivos que van desde la losa maciza a la losa aliviada con esferas. Creemos que este material resultará de gran utilidad para estudiantes, docentes y profesionales que estén incursionando en estos sistemas de entresijos, que si bien datan de principios de siglo, mantienen la misma vigencia e interés para los proyectistas en la actualidad.

Esp. Ing. Silvina Prados
Prof. Titular Estructuras 2B-FAUD – UNC

INDICE

indice

08

**AUSENCIA DE
VIGAS**

24

PREDIMENSIONADO



BL783



ANCON



AMELIA TELLES 315



centratapa

centratapa

ALFREDO PAYER:

Ingeniero Civil, egresado de la Universidad Nacional de Córdoba. Ha realizado cursos de especialización en diseño estructural sismo-resistente, siendo becado por la Universidad Autónoma de México para realizar el X Curso Internacional de Ingeniería Sísmica. Ha realizado varios trabajos técnicos sobre comportamiento sismo-resistente de la mampostería, tabiques, puentes y patología de las estructuras, los que han sido presentados en congresos y/o conferencias nacionales e internacionales y publicados en diversas revistas técnicas. Ha dictado cursos de actualización y conferencias sobre temas de su especialidad. Ha sido Profesor Titular de Diseño de las Estructuras de Hormigón Armado y Pretensado para la Carrera de Ingeniería Civil y de la asignatura Hormigón Armado Avanzado de la Maestría en Ciencias de la Ingeniería Mención Estructuras y Geotecnia, ambas de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba. Se desempeñó como Jefe de Trabajos Prácticos en la cátedra de Estructuras IV en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la U.N.C., entre los años 1979 y 1987. Actualmente dicta la materia Hormigón Armado Avanzado para la especialidad en Diseño de Estructuras (EDIEST) que se dicta en la Universidad Nacional de Córdoba. Desarrolla su actividad profesional en forma privada asociado con distintos profesionales, realizando diseño de edificios en altura, tanques, puentes y rehabilitación y refuerzo de estructuras.

ausencia de



VIGAS
vigas

ENTREPISOS SIN VIGAS: INTRODUCCIÓN

La arquitectura contemporánea se caracteriza por el diseño de espacios amplios, flexibles, diáfanos, que permiten adaptarse a diferentes usos o distintas envolventes sin que la estructura sea una limitación. Para este tipo de arquitectura, las losas que apoyan directamente sobre columnas (sin vigas a la vista) constituye la tipología estructural por excelencia. Prescindir de vigas que definan el espacio es una de las premisas más requeridas por los diseñadores.

Estas estructuras son conocidas también como entrepisos planos o directamente losas sin vigas. Generalmente se emplean para resolver grandes superficies planas: oficinas, estacionamientos, áreas comerciales y en los últimos tiempos comienza a replicarse en viviendas. Según como se resuelva la losa (maciza o alivianada) y como se resuelvan los apoyos (con o sin capitel), pueden cubrir sin mayores inconvenientes luces de hasta 12 metros.

A fin de conseguir mayores luces o menores espesores, se pueden incorporar procesos de postesado.

Tipos de entrepisos

ENTREPISOS DE HORMIGÓN ARMADO

TRADICIONAL

Constituido por losas y vigas. Losas macizas, alivianadas vistas (encofrados removibles) o con elementos internos (encofrados perdidos).

ENTREPISO SIN VIGAS

Constituido por losas que apoyan en columnas. Losas macizas, alivianadas vistas (encofrados removibles) o con elementos internos (encofrados perdidos).

ENTREPISO POSTESADO

Constituido por losas macizas o alivianadas que incorporan en su armadura, una serie de cables de acero que serán tensados una vez hormigonada la losa.

ENTREPISO PRE-TENSADOS

Constituidos por elementos prefabricados (losas huecas o alveolares, paneles pl, entre otros)

ENTREPISOS MIXTOS

Combinan acero y hormigón.

Los antecedentes de este tipo de losas se remontan a inicios del siglo XX en Rusia y EEUU. Durante esos años los métodos de cálculos manuales imponían estructuras muy regulares con una distribución uniforme de columnas en planta, diseñadas con capitales como elemento de transición para disminuir las tensiones en el encuentro con las columnas.

Gracias a la creación y difusión de diferentes *softwares* de cálculo que resuelven en un instante la gran cantidad de ecuaciones con múltiples incógnitas que este tipo de estructura plantea, el sistema de losas planas consiguió una rápida y amplia difusión en el medio. Como consecuencia de esto los proyectistas podemos hoy, incorporar en los trabajos formas irregulares, evaluar huecos, ponderar alternativas de apoyos, usar o no capiteles, entre otras alternativas.

En líneas generales, en la actualidad, los entrepisos sin vigas se analizan y resuelven numéricamente por el método de elementos finitos. Este consiste en modelar con un programa la estructura con la geometría, vínculos y cargas derivadas del proyecto y particionarla en una cantidad finita de elementos utilizando una malla muy pequeña (mientras más pequeña la malla, más preciso es

el resultado). El programa determina los esfuerzos, los desplazamientos y hasta la armadura requerida en cada punto de la malla.

Comparados con los entrepisos tradicionales (constituídos por losas y vigas), el sistema de losas planas genera mecanismos estructurales más flexibles ya que está conformado por losas de bajo espesor y poca rigidez. Por esto, al utilizarlos es fundamental controlar las deformaciones (instantáneas y sobre todo las a largo plazo) y garantizar la estabilidad del conjunto a partir de mecanismos alternativos a los pórticos.



Esquema de losas apoyadas en columnas sin vigas (superior: sistema sin ábacos; inferior: con ábacos)

“Un diseñador tiene que aspirar generalmente a lograr la solución óptima en el sentido de obtener el máximo beneficio con el mínimo empleo de material, dentro de los límites de resistencia, rigidez y estabilidad. El resultado será la eficiencia, combinada idealmente con la elegancia y la economía.”, “Tony Hunt’s structures notebook”. Hunt, Anthony. (Hunt, 2003 : 3).

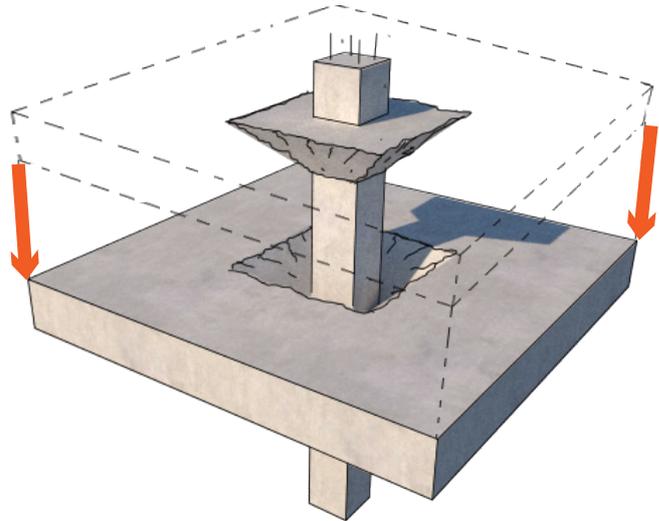
En las últimas décadas, el uso de losas planas sin capiteles se ha vuelto más común debido a la eficiencia y rapidez en su construcción. En contraste con la simpleza constructiva las tensiones de corte en el encuentro con las columnas aumenta complejizando los detalles de armado. Justamente, el tema a resolver proyectualmente en esta tipología estructural es el encuentro entre losa y columna. La falta de altura en el apoyo, puede producir fallas por punzonado. El punzonado es una falla que se produce por la concentración del esfuerzo de corte en el encuentro de la losa con la columna que tiende a perforar la losa (falla frágil o sin aviso). Para evitarlo, conceptualmente, se debe incrementar la capacidad resistente al corte de las losas. Algunas de las estrategias pueden ser:



Imagen de falla por punzonado obtenida de la web

- Aumentar unos centímetros la altura de toda la losa;
- Aumentar la altura de la losa solo en los apoyos, generando en las columnas capiteles o ábacos (estos últimos son más frecuentes en la práctica);
- Mejorar la calidad del hormigón;
- Aumentar la sección de las columnas de apoyo;
- Usar armadura a corte en el encuentro de la losa con la columna, estratégicamente orientada (barras dobladas, estribos,

perfiles de acero, pernos de corte sobre rieles, etc.).



Esquema de falla por punzonado en losas apoyadas en columnas

ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN EL SISTEMA DE ENTREPISOS SIN VIGA

Las variables básicas a considerar cuando diseñamos esta tipología estructural son:

1. Tipo de losa
2. Tipo de apoyo
3. Tipo de refuerzo

1. Tipo de losa

Los planos horizontales o entresijos se resuelven tanto con losas macizas como con alivianadas. Dentro de estas últimas encontramos diferentes formas de aligerar:

- Casetones vistos / losa casetonada: dan una importante impronta espacial. Requieren una planta modulada y un muy buen vibrado del hormigón en el momento de la ejecución. Comúnmente se usan moldes reutilizables de plásticos o de fibra de vidrio.



- Casetones perdidos / losa aligerada: Para reemplazar parte del volumen de hormigón y optimizar los tiempos en el armado y desencofrado de las losas, habitualmente se utilizan bloques de poliestireno expandido, también hay ejemplos con botellas descartables, cajones de madera, etc.

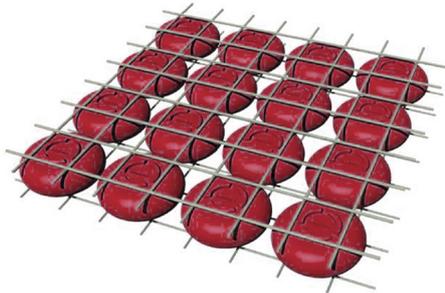


Losa alivianada con botellas

<http://tallerf.com.ar/construccion-de-losas-alivianadas-con-botellas/>

El sistema de losas alivianadas con esferas o discos plásticos entra en esta categoría. Comercialmente, en nuestro medio, son conocidos con el nombre de su marca comercial: Prenova o Bubbledeck. Estructuralmente se calculan como una losa maciza y sus ventajas se encuentran no solo en la disminución de peso, sino también en la velocidad constructiva y la posibilidad de lograr cielorraso y piso de

hormigón terminados. Las esferas o discos quedan contenidos entre dos mallas de acero, que pueden hormigonarse in situ o incorporar la capa inferior prefabricada (sistema pre losas) en función del tipo de apuntalamiento proyectado.



Sistema Prenova. Catálogo Prenova



Sistema Bubledeck. Catálogo Bubledeck

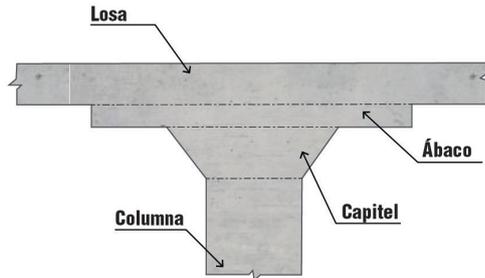
Comparando las alternativas de los diferentes sistemas podemos sintetizar el siguiente cuadro:

	LOSA MACIZA	LOSA ALIVIANADAS	
		LOSA ALIGERADA	LOSA CASETONADA
			
CONSUMO MATERIAL	Mayor consumo de hormigón. Mayor peso.	Optimización del consumo de material. Menor peso.	
EJECUCIÓN EN OBRA	Sencilla.	Compleja.	Presenta mayor complejidad por el armado de los nervios.
PASES O HUECOS	Mucha flexibilidad para plantear pases proyectados o imprevistos.	Se deben prever y resolver los pases en el proyecto.	
DEFORMACIONES	Mayor inercia. Buen comportamiento frente a deformaciones.	Menor inercia respecto de una losa maciza de igual altura. Aceptable comportamiento a las deformaciones.	
LUCES	Entre 5 y 8 metros de luz máxima. Es buena alternativa postesar la losa si se requiere aumentar las luces.	Se puede llegar hasta 12 metros de luz libre. Postesar losas alivianadas es más complejo en su ejecución (debido a la colocación de las vainas y anclajes)	

Cuadro comparativo de losas

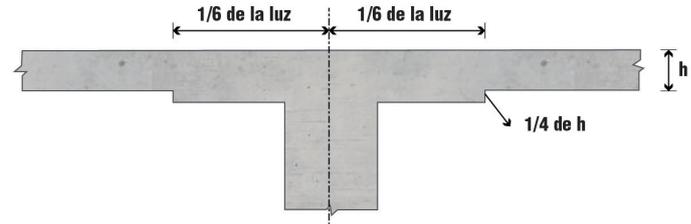
2. Tipo de apoyo:

Los apoyos pueden ser simples o reforzados con ábacos o capiteles. Las carga y el peso de la losa son resistidos por las columnas produciendo grandes tensiones de corte en la losa. Estas tensiones pueden aliviarse aumentando gradualmente el espesor de la placa según aumentan los esfuerzos de corte. Según la forma que tomen estos engrosamientos se denominan ábacos o capiteles. Conceptualmente estas transiciones permiten reducir el espesor de toda la losa y paralelamente disminuir la cantidad de armadura de corte en el encuentro losa-columna.



Esquema de ábaco y capitel

EL CAPITEL se caracteriza por ser un ensanchamiento superior de la columna, de forma troncocónica o tronco trapecoidal, en la zona de unión con la losa y solo se utiliza estructuralmente cuando hay un efecto de punzonado muy elevado.



Esquema de medidas reglamentarias del ábaco

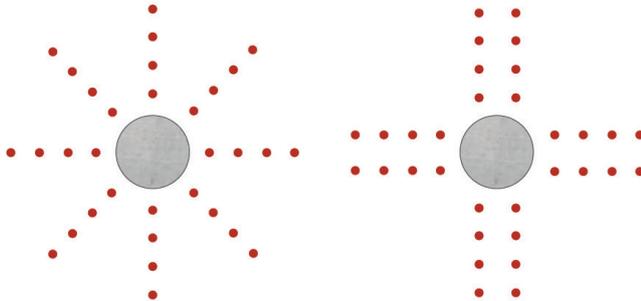
EL ÁBACO, según el reglamento CIRSOC 201, se define como *“aquella parte estructural de una losa plana, que presenta un mayor espesor en el área que rodea a una columna, capitel de columna, o ménsula corta, con el fin de reducir la intensidad de las tensiones”*¹ Constructivamente para formar el ábaco es necesario macizar el sector de la losa de manera concéntrica a la columna, a una distancia igual o mayor a 1/6 de la luz en cada dirección de la retícula entre columnas.

El ábaco deberá tener un sobre-espesor como mínimo de $\frac{1}{4}$ de la altura de la losa.

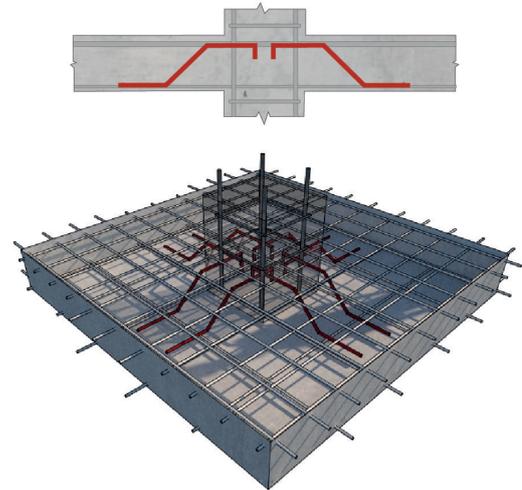
¹ Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón. CIRSOC 201 -2005. Capítulo 13.3.7

3. Tipo de refuerzo:

Para resolver el problema de punzonado, la opción predilecta es incorporar armadura al encuentro losa-columna, ya que, al no incrementar el volumen de hormigón, el peso del edificio no aumenta significativamente. Con esto se refuerzan específicamente las áreas con gran concentración de tensiones de corte manteniendo constante el espesor de la losa. Los refuerzos pueden ubicarse de manera radial o en cruz.



Esquema en planta de disposición de refuerzos a corte



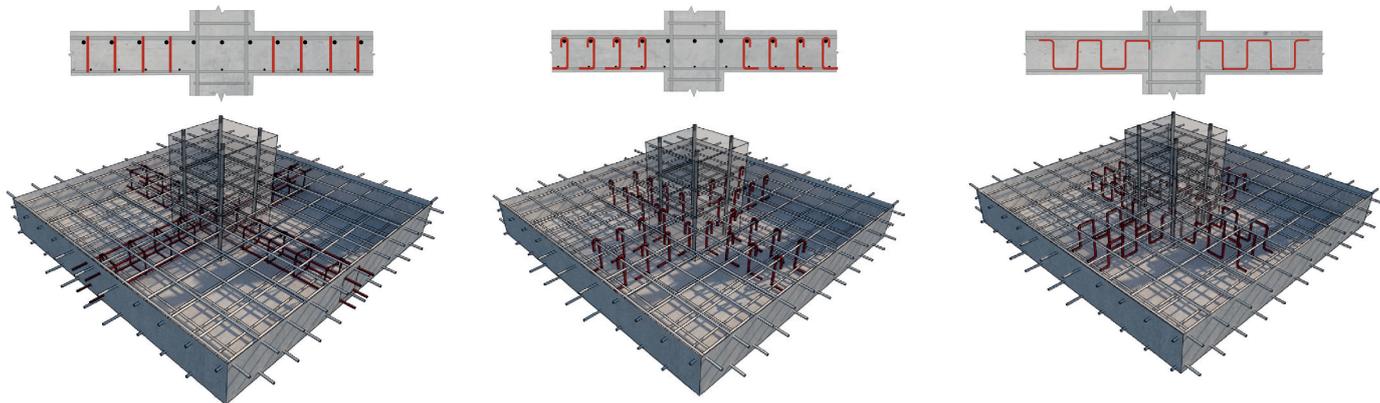
Esquema en corte y 3D de disposición de barras dobladas

Algunas de los recursos más frecuentes para reforzar los apoyos son:

a) **BARRAS DOBLADAS:** Se ubican en diferentes direcciones y son muy efectivas para transmitir los esfuerzos cortantes.

El uso de barras dobladas como refuerzo, en muchos casos, presenta interferencias significativas con el resto de las armaduras. Requiere consideraciones adicionales en el diseño de los detalles para asegurar un adecuado anclaje.

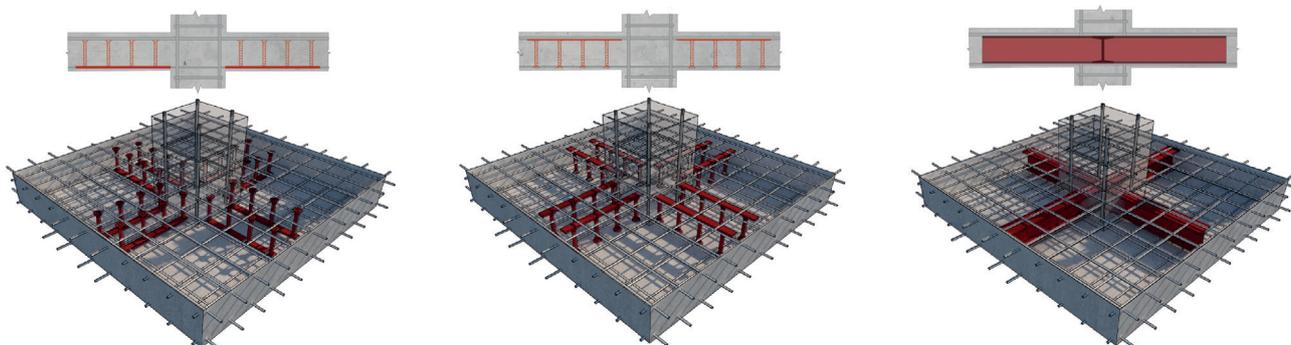
b) **ESTRIBOS:** Pueden ser estribos cerrados, abiertos de una rama, refuerzo continuo en forma de U como peines y también estribos inclinados.



Esquema en corte y 3D de disposición de estribos cerrados, abiertos y en forma de U como peines

c) **PERNOS DE CORTE SOBRE RIELES (STUDS RAILS):** Son conexiones de acero colocadas entre la losa y la columna. Tienen buen anclaje mecánico y al ser industrializados garantizan muy buena calidad.

d) **PERFILES DE ACERO:** Son refuerzos de alto costo, normalmente utilizados cuando existe la necesidad de dejar grandes huecos en el área cercana a la columna.



Esquema en corte y 3D de disposición de pernos de corte sobre rieles y perfiles de refuerzo

¿POR QUÉ USAR LOSAS SIN VIGAS?

Conocer las características de esta tipología estructural permite incorporarla desde el inicio del proyecto arquitectónico aprovechando sus ventajas y apuntalando con recursos de diseño las llamadas desventajas (aplicar este sistema como “solución” es complicado).

Entre las **ventajas** se puede mencionar:

- Posibilita plantas libres aumentando la flexibilidad en el uso de los espacios, por la libertad en la disposición de las columnas. Permite cambios o alternancia de usos;
- Permite una reducción del paquete estructural, debido a la ausencia de vigas. Disminuye la altura y reduce el peso propio del edificio. Genera una mayor altura útil o altura libre en cada nivel;
- Incorpora agilidad en la construcción: permite

ausencia de cielorraso, contrapiso, carpeta y hasta piso, puliendo el hormigón. Menor tiempo de ejecución de la estructura;

- Permite industrializar el proceso constructivo con el uso de encofrados planos reutilizables de fácil montaje y desmontaje (menos riesgos de accidentes laborales). No necesita incorporar cortes y armado de cajones para vigas;
- Proporciona buen aislante ignifugo y acústico, como toda losa de hormigón;
- Facilita y agiliza el planteo de instalaciones: conductos y cañerías suspendidas, piso técnico;
- Genera ambientes con menor volumen para acondicionar o aclimatar;
- Simplifica la documentación técnica: muy fácil interpretación de planos.

Como **desventajas**,

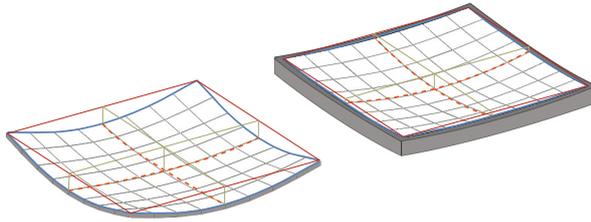
- Requiere utilizar una mayor cuantía de acero;
- Al ser un sistema muy flexible requiere una cuidadosa verificación de las deformaciones a largo plazo o por fluencia lenta por la incompatibilidad de las mismas con los cerramientos y tabiquería interna del edificio;
- Presenta importantes limitaciones al momento de ubicar huecos y pases en la losa. Para evitar inconvenientes deben localizarse las perforaciones en zonas centrales de los tramos y evitar el área cercana a las columnas;
- Los entresijos sin vigas, no materializan un sistema resistente ante acciones horizontales, por lo que debe plantearse una estructura que garantice la estabilidad de la obra, como pórticos perimetrales o tabiques entre otros;

- Eventualmente se necesita disponer ábacos o capiteles para mejorar el comportamiento frente al punzonado.

Son numerosas y muy tentadoras las ventajas desde el punto de vista proyectual. Sin embargo, es una opción poco frecuente en zonas de moderada o elevada sismicidad, donde se debe contrarrestar la excesiva flexibilidad de sus losas con la generación de mecanismos que rigidicen el sistema resistente a fuerzas horizontales, aumentando los costos y tiempos de edificación.

COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

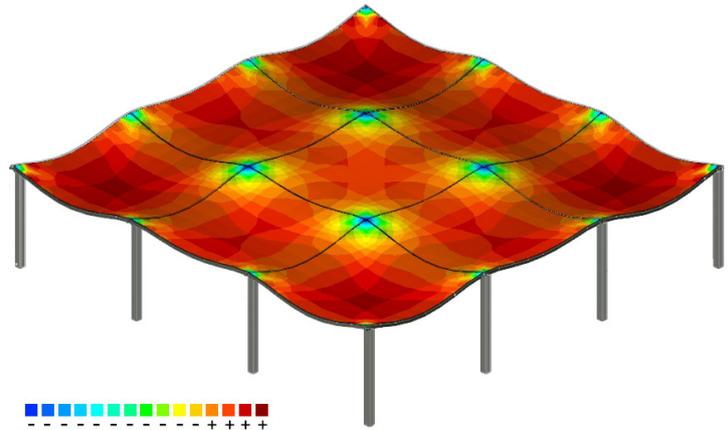
Frente a la acción de las cargas verticales, en una losa apoyada solo en 4 columnas, todos los puntos menos sus apoyos descienden. Incluidos los bordes que también se curvan.



Esquema de comparación de deformaciones en losas cuadradas armadas en dos direcciones (izquierda, losa sin viga de borde apoyada en cuatro puntos; derecha, losa con viga de borde apoyada en cuatro puntos)

Es sencillo detectar que, para iguales dimensiones de planta y sollicitación de carga, los descensos que se producen en las losas que apoyan solo sobre columnas son mayores a los que se producen en una losa que posee vigas de borde. En este punto es de especial consideración la interrelación entre la losa y sus apoyos: la deformación de la lámina se ve impedida por la rigidez de la columna que no le permite girar libremente y genera momentos flectores que, por practicidad en el análisis, se suponen actuando en 2 direcciones. El análisis de estos momentos flectores nos indica que:

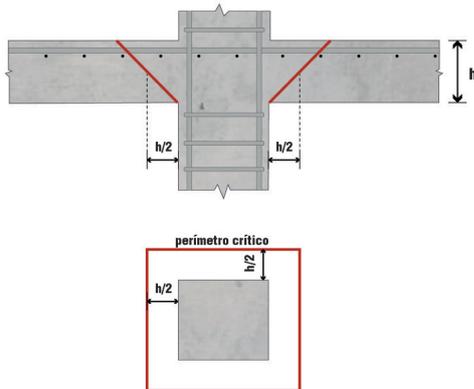
- La zona central, en la cara inferior, resulta traccionada en las dos direcciones
- En la proximidad a los apoyos, se generan tracciones en la cara superior en las dos direcciones
- La rigidez de los apoyos incide en la deformación de los encuentros entre losas apareciendo tracciones en su cara superior.



Esquema típico del diagrama de momento flector en un sistema de losas sin vigas

La definición del espesor de la losa es el punto más importante en esta tipología estructural, tanto para comprobar las deformaciones, como para definir la interacción con el apoyo. En este punto se debe verificar el estado límite último de punzonado, que surge del estudio de la rotura que se produce cuando la columna atraviesa la losa.

Del análisis de esta figura troncopiramidal o troncocónica, se define una superficie resistente de tensiones o simplificada un perímetro crítico que se establece a una distancia del borde de la columna igual a la mitad de la altura de la losa ($h/2$). Comparando los valores máximos de corte que resiste esta sección con los solicitados, podremos evaluar, de manera ágil y sencilla, las alternativas de diseño para el apoyo.



Ubicación de la sección crítica para verificar el punzonado

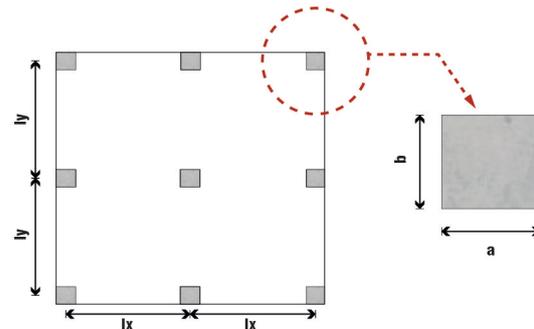
Pero en el proceso de diseño no solo ponderaremos, como proyectistas, la altura de la losa y el tipo de apoyo, sino también algunos requisitos que la normativa exige para este tipo de losas, como por ejemplo:

- Limitaciones mínimas del material a utilizar:
 - Hormigón, H-30;
 - Acero, ADN-420.
- Limitaciones referentes a la luz entre apoyos de losas: La proporción de las dimensiones en planta debe ser tal que la luz en una dirección no debe ser mayor a 2 veces la luz en la otra dirección ni menos a la mitad de la misma

$$\frac{1}{2} \times Lx \leq Ly \leq 2 \times Lx$$

análogamente

$$\frac{1}{2} \times Ly \leq Lx \leq 2 \times Ly$$



Esquema de denominación de las dimensiones de losa y columna en la sección de la columna

- Limitaciones referentes a las dimensiones de las columnas (donde a y b, son los lados de la columna en las direcciones x e y, respectivamente):

$$\frac{1}{2} \times a \leq b \leq 2 \times a$$

$$\frac{1}{2} \times b \leq a \leq 2 \times b$$

$$\frac{Lx}{20} \leq a \leq \frac{Lx}{5}$$

$$\frac{Ly}{20} \leq b \leq \frac{Ly}{5}$$

- Determinación de altura mínima de losas

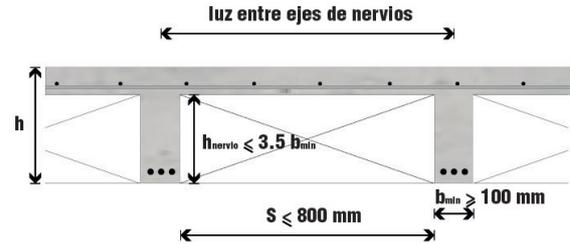
$$h \geq \frac{\text{Luz max}}{30} \geq 12\text{cm (sin ábaco)}$$

$$h \geq \frac{\text{Luz max}}{33} \geq 10\text{cm (con ábaco)}$$

$$h \geq \frac{\text{Luz max}}{30} \geq 16\text{cm (sin capitel)}$$

$$h \geq \frac{\text{Luz max}}{32} \geq 15\text{cm (con capitel)}$$

- Recomendaciones en la configuración de losa nervurada



Detalle de losa nervurada con recomendaciones de configuración

CRITERIOS DE DISEÑO PARA IMPLEMENTAR ENTREPIOS SIN VIGA

Como en toda obra de arquitectura, es fundamental el diseño de la estructura en conjunto con el diseño arquitectónico desde las primeras ideas del proyecto. Específicamente al trabajar con este sistema, es importante tener en cuenta los siguientes puntos:

1. Estabilidad: los entresijos sin vigas no permiten configurar sistemas resistentes a acciones horizontales (debido a la ausencia de vigas), por lo cual es fundamental buscar estrategias que garanticen la estabilidad del conjunto. Algunos mecanismos alternativos podrían ser:

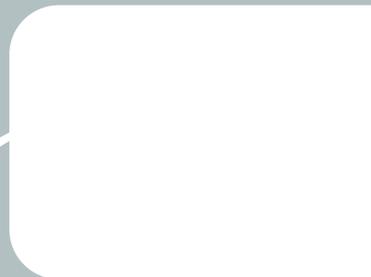
- Proyectar sistemas resistentes perimetrales conformados por pórticos o tabiques que garanticen la estabilidad del conjunto frente a fuerzas horizontales sin interferir con las ventajas constructivas propias del sistema de losas sin vigas;
- Diseñar una serie de tabiques interiores, resistentes a esfuerzos de flexión y corte, distribuidos en por lo menos dos de los ejes principales de la obra, que no sean concurrentes.

2. Deformación: Al ser las losas, planos muy de-

formables, la modulación de las columnas es importante. Un diseño eficiente puede disminuir el espesor de las losas (menos peso) y minimizar deformaciones. En este punto es recomendable aplicar los criterios de diseño para estructuras continuas. Algunas recomendaciones para disminuir las deformaciones:

- Utilizar tramos de mayor luz interiores y menor luz exteriores;
- Recurrir a voladizos en los tramos externos;
- Aumentar la rigidez de la losa en los apoyos;
- Utilizar vigas de borde.

T*ablas* **DE** *de*



PREDIMENSIONADO
predimensionado



TABLAS DE PREDIMENSIONADO

Con el objetivo de predimensionar losas que apoyan directamente sobre columnas durante la etapa de anteproyecto, se proponen una serie de tablas que permiten, de manera fácil y ágil, determinar la altura y configuración respetando los lineamientos de deformación y resistencia que plantea el Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón CIRSOC 201/05 .

Por razones prácticas se consideraran losas macizas las proyectadas hasta 18cm de espesor y para espesores de losas mayores se adoptara una configuración de losas alivianadas o nervuradas (cabe remarcar que una losa nervurada de 25cm de espesor, pesa aproximadamente lo mismo que una losa maciza de 11cm de espesor).

Tabla N° 1 – Valores típicos de pesos propios de losas, sobrecargas permanentes y reglamentarias y sus combinaciones asumidas para la elaboración de las tablas

	luz de losa [m]	espesor de losa		espesor adoptado(*) [cm]	peso propio [kg/m ²]	q ₀ Viviendas [kg/m ²]	q ₀ ofic./co merc./esc. [kg/m ²]
		sin abaco [cm]	con abaco [cm]				
losas macizas	3,5	12,0	10,6	16	400,0	1112,0	1432,0
	4,0	13,3	12,1				
	4,5	15,0	13,6				
	5,0	16,7	15,2	18	450,0	1172,0	1492,0
5,5	18,3	16,7					
losas alivianadas	6,0	20,0	18,2	20	232,1	910,6	1230,6
	6,5	21,7	19,7	25	267,9	953,4	1273,4
	7,0	23,3	21,2				
	7,5	25,0	22,7				
	8,0	26,7	24,2	30	303,6	996,3	1316,3
	8,5	28,3	25,8				
	9,0	30,0	27,3				
	9,5	31,7	28,8	35	339,3	1039,1	1359,1
	10,0	33,3	30,3				
	11,0	36,7	33,3	40	375,0	1082,0	1402,0
	12,0	40,0	36,4				
	13,0	43,3	39,4	45	458,3	1182,0	1502,0
	14,0	46,7	42,4	50	525,7	1262,8	1582,8
	15,0	50,0	45,5				
16,0	53,3	48,5					

(*) Aplicando un criterio conservador para realizar el predimensionado

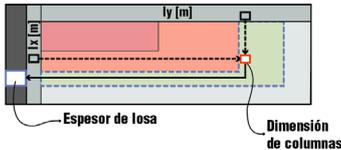
Sobrecarga permanente de contrapiso y solados	260	[kg/m ²]
Sobrecarga reglamentaria en vivienda	200	[kg/m ²]
Sobrecarga reglamentaria en oficina/comercio/escuela	400	[kg/m ²]

“Un edificio debe comenzar con lo incommensurable, luego someterse a medios mensurables, cuando se halla en la etapa de diseño, y al final debe ser nuevamente incommensurable.” Louis Kahn

PREDIMENSIONADO DE LOSA Y DIMENSIONES DE COLUMNAS EN FUNCIÓN DE LA LUZ ENTRE APOYOS

Tabla N° II – Dimensiones mínimas de columnas y espesores de losa en función de las luces a cubrir

Para utilizar las tablas se debe conocer la distancia entre columnas en las direcciones x e y, luego se ingresa con estos valores según la fila y columna correspondiente, obteniendo en su intersección las dimensiones mínimas de la columna requerida. Finalmente desplazándonos hacia la izquierda dentro de la zona de color correspondiente a la intersección de luces, podemos observar en la primera columna la altura de losa recomendada.



	h altura de losa [cm]	luz en x [m]							
			3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
losa maciza	16	3,5	20,20	20,20	20,23	20,25	20,28	20,30	20,33
		4,0	20,20	20,20	20,23	20,25	20,28	20,30	20,33
		4,5	23,20	23,20	23,23	23,25	23,28	23,30	23,33
	18	5,0	25,20	25,20	25,23	25,25	25,28	25,30	25,33
		5,5	28,20	28,20	28,23	28,25	28,28	28,30	28,33
		6,0	30,20	30,20	30,23	30,25	30,28	30,30	30,33
losa alivianada	25	6,5	33,20	33,20	33,23	33,25	33,28	33,30	33,33
		7,0	35,20	35,20	35,23	35,25	35,28	35,30	35,33
		7,5	-	38,20	38,23	38,25	38,28	38,30	38,33
	30	8,0	-	40,20	40,23	40,25	40,28	40,30	40,33
		8,5	-	-	43,23	43,25	43,28	43,30	43,33
		9,0	-	-	45,23	45,25	45,28	45,30	45,33
	35	9,5	-	-	-	48,25	48,28	48,30	48,33
		10,0	-	-	-	50,25	50,28	50,30	50,33
		11,0	-	-	-	-	55,28	55,30	55,33
	40	12,0	-	-	-	-	-	60,30	60,33
		13,0	-	-	-	-	-	-	65,33
		14,0	-	-	-	-	-	-	-
50	15,0	-	-	-	-	-	-	-	
	16,0	-	-	-	-	-	-	-	

luz en y [m]												
7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0
dimensión mínima de columnas [cm,cm]												
20,35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20,35	20,38	20,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23,35	23,38	23,40	23,43	23,45	-	-	-	-	-	-	-	-
25,35	25,38	25,40	25,43	25,45	25,48	25,50	-	-	-	-	-	-
28,35	28,38	28,40	28,43	28,45	28,48	28,50	28,55	-	-	-	-	-
30,35	30,38	30,40	30,43	30,45	30,48	30,50	30,55	30,60	-	-	-	-
33,35	33,38	33,40	33,43	33,45	33,48	33,50	33,55	33,60	33,65	-	-	-
35,35	35,38	35,40	35,43	35,45	35,48	35,50	35,55	35,60	35,65	35,70	-	-
38,35	38,38	38,40	38,43	38,45	38,48	38,50	38,55	38,60	38,65	38,70	38,75	-
40,35	40,38	40,40	40,43	40,45	40,48	40,50	40,55	40,60	40,65	40,70	40,75	40,80
43,35	43,38	43,40	43,43	43,45	43,48	43,50	43,55	43,60	43,65	43,70	43,75	43,80
45,35	45,38	45,40	45,43	45,45	45,48	45,50	45,55	45,60	45,65	45,70	45,75	45,80
48,35	48,38	48,40	48,43	48,45	48,48	48,50	48,55	48,60	48,65	48,70	48,75	48,80
50,35	50,38	50,40	50,43	50,45	50,48	50,50	50,55	50,60	50,65	50,70	50,75	50,80
55,35	55,38	55,40	55,43	55,45	55,48	55,50	55,55	55,60	55,65	55,70	55,75	55,80
60,35	60,38	60,40	60,43	60,45	60,48	60,50	60,55	60,60	60,65	60,70	60,75	60,80
65,35	65,38	65,40	65,43	65,45	65,48	65,50	65,55	65,60	65,65	65,70	65,75	65,80
70,35	70,38	70,40	70,43	70,45	70,48	70,50	70,55	70,60	70,65	70,70	70,75	70,80
-	75,38	75,40	75,43	75,45	75,48	75,50	75,55	75,60	75,65	75,70	75,75	75,80
-	-	80,40	80,43	80,45	80,48	80,50	80,55	80,60	80,65	80,70	80,75	80,80

VALOR LIMITE DEL ESFUERZO DE CORTE V_{LM} PARA HORMIGON H-30.

Tabla N° III – Valor límite para el esfuerzo de corte, V_{lim} [t], para hormigón H-30 en el perímetro crítico

	d	h	luz en x	dim. Min. de columnas	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	
					[cm]	[cm]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
					0,20	0,20	0,23	0,25	0,28	0,30	0,33	
losa maciza	12	16	3,5	0,20	42,1	42,1	43,7	56,0	57,9	71,9	108,7	
			4,0	0,20	42,1	42,1	43,7	56,0	57,9	71,9	108,7	
			4,5	0,23	43,7	43,7	45,4	57,9	59,8	74,1	111,6	
	14	18	5,0	0,25	56,0	56,0	57,9	59,8	161,0	76,2	114,4	
			5,5	0,28	57,9	57,9	59,8	61,7	63,6	78,4	117,3	
			6,0	0,30	71,9	71,9	74,1	76,2	78,4	80,6	120,2	
losa alivianada	21	25	6,5	0,33	108,7	108,7	111,6	114,4	117,3	120,2	123,1	
			7,0	0,35	111,6	111,6	114,4	117,3	120,2	123,1	125,9	
			7,5	0,38	-	114,4	117,3	120,2	123,1	125,9	128,8	
	26	30	8,0	0,40	-	159,5	163,1	166,6	170,2	173,7	177,3	
			8,5	0,43	-	-	166,6	170,2	173,7	177,3	180,9	
			9,0	0,45	-	-	170,2	173,7	177,3	180,9	184,4	
	31	35	9,5	0,48	-	-	-	228,4	232,6	236,9	241,1	
			10,0	0,50	-	-	-	232,6	236,9	241,1	245,4	
	36	40	11,0	0,55	-	-	-	-	304,6	309,6	314,5	
			12,0	0,60	-	-	-	-	-	319,4	324,4	
	41	45	13,0	0,65	-	-	-	-	-	-	403,1	
	46	50	14,0	0,70	-	-	-	-	-	-	-	
			15,0	0,75	-	-	-	-	-	-	-	
	51	55	16,0	0,80	-	-	-	-	-	-	-	

Profundizando un poco más en el predimensionado de este tipo de losas, es importante determinar el valor límite de esfuerzo de corte que resiste en el perímetro crítico (el cual esta en función de las dimensiones de la columna, el espesor de la losa y el tipo de hormigón) y compararlo con el valor que lo solicita.

Con la misma lógica de la tabla anterior (considerando un recubrimiento de cálculo de 4cm y una calidad de hormigón de 30MPa), de la intersección de las dimensiones entre columnas en cada dirección, obtenemos el valores límites del esfuerzo de corte, expresados en toneladas:

luz en y [m]												
7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0
dimensión mínima de columnas [m]												
0,35	0,38	0,40	0,43	0,45	0,48	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80
valor límite del esfuerzo de corte, V_{lim} [t]												
111,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
111,6	114,4	159,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
114,4	117,3	163,1	166,6	170,2	-	-	-	-	-	-	-	-
117,3	120,2	166,6	170,2	173,7	228,4	232,6	-	-	-	-	-	-
120,2	123,1	170,2	173,7	177,3	232,6	236,9	304,6	-	-	-	-	-
123,1	125,9	173,7	177,3	180,9	236,9	241,1	309,6	319,4	-	-	-	-
125,9	128,8	177,3	180,9	184,4	241,1	245,4	314,5	324,4	403,1	-	-	-
128,8	131,7	180,9	184,4	188,0	245,4	249,6	319,4	329,3	408,7	496,3	-	-
131,7	134,6	184,4	188,0	191,5	249,6	253,8	324,4	334,2	414,3	502,6	515,2	-
180,9	184,4	188,0	191,5	195,1	253,8	258,1	329,3	339,1	419,9	508,9	521,5	620,1
184,4	188,0	191,5	195,1	198,7	258,1	262,3	334,2	344,1	425,6	515,2	527,8	627,1
188,0	191,5	195,1	198,7	202,2	262,3	266,6	339,1	349,0	431,2	521,5	534,1	634,1
245,4	249,6	253,8	258,1	262,3	266,6	270,8	344,1	353,9	436,8	527,8	540,4	641,1
249,6	253,8	258,1	262,3	266,6	270,8	275,1	349,0	358,9	442,4	534,1	546,7	648,1
319,4	324,4	329,3	334,2	339,1	344,1	349,0	358,9	368,7	453,6	546,7	559,3	662,0
329,3	334,2	339,1	344,1	349,0	353,9	358,9	368,7	378,6	464,9	559,3	571,9	676,0
408,7	414,3	419,9	425,6	431,2	436,8	442,4	453,6	464,9	476,1	571,9	584,5	690,0
496,3	502,6	508,9	515,2	521,5	527,8	534,1	546,7	559,3	571,9	584,5	597,1	703,9
-	515,2	521,5	527,8	534,1	540,4	546,7	559,3	571,9	584,5	597,1	609,7	717,9
-	-	620,1	627,1	634,1	641,1	648,1	662,0	676,0	690,0	703,9	717,9	731,9

VALOR NOMINAL DEL ESFUERZO DE CORTE PARA H-30 EN VIVIENDA (200kg/m²)

Tabla N° IV.a – Valor nominal del esfuerzo de corte, V_u/ϕ [t] para edificios de viviendas, en el perímetro crítico y para hormigón H-30.

	q_u vivienda	d	h	luz en x	dim. Min. de columnas	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5					
						[kg/m ²]	[cm]	[cm]	[m]	[m]	0,20	0,20	0,23	0,25	0,28	0,30	0,33
losa maciza	1112,0	12,5	16	3,5	0,20	18,10	20,70	23,29	27,27	30,00	25,42	28,84					
				4,0	0,20	20,70	23,66	26,62	31,18	34,29	29,07	32,97					
				4,5	0,23	23,29	26,62	29,95	35,07	38,58	32,70	37,09					
	1172,0	14,5	18	5,0	0,25	27,27	31,18	35,07	38,97	42,87	36,33	41,21					
				5,5	0,28	30,00	34,29	38,58	42,87	47,15	39,96	45,33					
losa alivianada	910,6	16,5	20	6,0	0,30	25,42	29,07	32,70	36,33	39,96	43,60	49,45					
	953,4	21,5	25	6,5	0,33	28,84	32,97	37,09	41,21	45,33	49,45	53,58					
				7,0	0,35	31,06	35,51	39,94	44,38	48,82	53,26	57,70					
				7,5	0,38	-	38,04	42,80	47,55	52,31	57,06	61,82					
	996,3	26,5	30	8,0	0,40	-	42,40	47,70	53,00	58,30	63,60	68,90					
				8,5	0,43	-	-	50,68	56,32	61,95	67,58	73,21					
				9,0	0,45	-	-	53,66	59,63	65,59	71,55	77,52					
	1039,1	31,5	35	9,5	0,48	-	-	-	65,65	72,21	78,78	85,34					
				10,0	0,50	-	-	-	69,10	76,01	82,92	89,83					
	1082,0	36,5	40	11,0	0,55	-	-	-	-	87,06	94,98	102,89					
				12,0	0,60	-	-	-	-	-	103,61	112,25					
	1182,0	41,5	45	13,0	0,65	-	-	-	-	-	-	132,84					
	1262,8	46,5	50	14,0	0,70	-	-	-	-	-	-	-	-				
				15,0	0,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
	1382,0	51,5	55	16,0	0,80	-	-	-	-	-	-	-					

Para determinar de manera simple el valor de esfuerzo de corte que solicita al perímetro crítico, y sabiendo que este valor depende de las cargas a resistir, se proponen dos tablas:

• Sobrecarga en viviendas (200kg/m²)

• Sobrecarga en oficinas, comercios o escuelas (400kg/m²)

El valor encontrado en la intersección de las distancias entre columnas, es el valor nominal de esfuerzo de corte expresado en toneladas.

luz en y [m]												
7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0
dimensión mínima de columnas [m]												
0,35	0,38	0,40	0,43	0,45	0,48	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80
valor nominal del esfuerzo de corte Vu/Ø[t] (en viviendas)												
31,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35,51	38,04	42,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
39,94	42,80	47,70	50,68	53,66	-	-	-	-	-	-	-	-
44,38	47,55	53,00	56,32	59,63	65,65	69,10	-	-	-	-	-	-
48,82	52,31	58,30	61,95	65,59	72,21	76,01	87,06	-	-	-	-	-
53,26	57,06	63,60	67,58	71,55	78,78	82,92	94,98	103,61	-	-	-	-
57,70	61,82	68,90	73,21	77,52	85,34	89,83	102,89	112,25	132,84	-	-	-
62,13	66,57	74,20	78,84	83,48	91,91	96,74	110,81	120,88	143,06	164,60	-	-
66,57	71,33	79,50	84,47	89,44	98,47	103,65	118,72	129,52	153,28	176,35	188,95	-
74,20	79,50	84,80	90,10	95,40	105,04	110,56	126,64	138,15	163,49	188,11	201,55	235,27
78,84	84,47	90,10	95,74	101,37	111,60	117,48	134,55	146,78	173,71	199,87	214,14	249,98
83,48	89,44	95,40	101,37	107,33	118,17	124,39	142,47	155,42	183,93	211,62	226,74	264,68
91,91	98,47	105,04	111,60	118,17	124,73	131,30	150,38	164,05	194,15	223,38	239,34	279,39
96,74	103,65	110,56	117,48	124,39	131,30	138,21	158,30	172,69	204,37	235,14	251,93	294,09
110,81	118,72	126,64	134,55	142,47	150,38	158,30	174,13	189,96	224,80	258,65	277,13	323,50
120,88	129,52	138,15	146,78	155,42	164,05	172,69	189,96	207,22	245,24	282,16	302,32	352,91
143,06	153,28	163,49	173,71	183,93	194,15	204,37	224,80	245,24	265,68	305,68	327,51	382,32
164,60	176,35	188,11	199,87	211,62	223,38	235,14	258,65	282,16	305,68	329,19	352,71	411,73
-	188,95	201,55	214,14	226,74	239,34	251,93	277,13	302,32	327,51	352,71	377,90	441,13
-	-	235,27	249,98	264,68	279,39	294,09	323,50	352,91	382,32	411,73	441,13	470,54

VALOR NOMINAL DEL ESFUERZO DE CORTE PARA H-30 Y PARA CARGA DE COMERCIO (400kg/m²).

Tabla N° IV.b – Valor nominal del esfuerzo de corte, V_u/ϕ [t] para edificios de oficinas, comercios y escuelas, en el perímetro crítico y para hormigón H-30

	q_u of/com/esc	d	h	luz en x	dim. Min. de columnas	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5					
						[kg/m²]	[cm]	[cm]	[m]	[m]	0,20	0,20	0,23	0,25	0,28	0,30	0,33
losa maciza	1432,0	12,5	16	3,5	0,20	23,31	26,65	29,99	34,71	38,19	34,36	38,52					
				4,0	0,20	26,65	30,47	34,28	39,69	43,66	39,28	44,04					
				4,5	0,23	29,99	34,28	38,57	44,65	49,11	44,19	49,54					
	1492,0	14,5	18	5,0	0,25	34,71	39,69	44,65	49,61	54,57	49,10	55,04					
				5,5	0,28	38,19	43,66	49,11	54,57	60,03	54,01	60,55					
				6,0	0,30	34,36	39,28	44,19	49,10	54,01	58,92	66,05					
losa alivianada	1230,6	16,5	20	6,5	0,33	38,52	44,04	49,54	55,04	60,55	66,05	71,56					
				7,0	0,35	41,48	47,42	53,35	59,28	65,21	71,13	77,06					
				7,5	0,38	-	50,81	57,16	63,51	69,86	76,21	82,57					
	1316,3	26,5	30	8,0	0,40	-	56,02	63,02	70,03	77,03	84,03	91,03					
				8,5	0,43	-	-	66,96	74,40	81,84	89,28	96,72					
				9,0	0,45	-	-	70,90	78,78	86,66	94,54	102,41					
	1359,1	31,5	35	9,5	0,48	-	-	-	85,86	94,45	103,04	111,62					
				10,0	0,50	-	-	-	90,38	99,42	108,46	117,50					
	1402,0	36,5	40	11,0	0,55	-	-	-	-	112,81	123,07	133,32					
				12,0	0,60	-	-	-	-	-	134,26	145,44					
	1502,0	41,5	45	13,0	0,65	-	-	-	-	-	-	168,80					
	1582,8	46,5	50	14,0	0,70	-	-	-	-	-	-	-	-				
15,0				0,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
1702,0	51,5	55	16,0	0,80	-	-	-	-	-	-	-						

luz en y [m]												
7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0
dimensión mínima de columnas [m]												
0,35	0,38	0,40	0,43	0,45	0,48	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80
valor nominal del esfuerzo de corte $V_u/\phi[t]$ (en oficinas/comercios/escuelas)												
41,48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
47,42	50,81	56,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
53,35	57,16	63,02	66,96	70,90	-	-	-	-	-	-	-	-
59,28	63,51	70,03	74,40	78,78	85,86	90,38	-	-	-	-	-	-
65,21	69,86	77,03	81,84	86,66	94,45	99,42	112,81	-	-	-	-	-
71,13	76,21	84,03	89,28	94,54	103,04	108,46	123,07	134,26	-	-	-	-
77,06	82,57	91,03	96,72	102,41	111,62	117,50	133,32	145,44	168,80	-	-	-
82,99	88,92	98,04	104,16	110,29	120,21	126,54	143,58	156,63	181,79	206,31	-	-
88,92	95,27	105,04	111,60	118,17	128,80	135,57	153,83	167,82	194,77	221,04	236,83	-
98,04	105,04	112,04	119,04	126,05	137,38	144,61	164,09	179,01	207,76	235,78	252,62	289,75
104,16	111,60	119,04	126,49	133,93	145,97	153,65	174,35	190,20	220,74	250,51	268,41	307,86
110,29	118,17	126,05	133,93	141,80	154,55	162,69	184,60	201,38	233,73	265,25	284,20	325,97
120,21	128,80	137,38	145,97	154,55	163,14	171,73	194,86	212,57	246,71	279,99	299,98	344,08
126,54	135,57	144,61	153,65	162,69	171,73	180,77	205,11	223,76	259,70	294,72	315,77	362,19
143,58	153,83	164,09	174,35	184,60	194,86	205,11	225,62	246,14	285,67	324,19	347,35	398,40
156,63	167,82	179,01	190,20	201,38	212,57	223,76	246,14	268,51	311,63	353,67	378,93	434,62
181,79	194,77	207,76	220,74	233,73	246,71	259,70	285,67	311,63	337,60	383,14	410,50	470,84
206,31	221,04	235,78	250,51	265,25	279,99	294,72	324,19	353,67	383,14	412,61	442,08	507,06
-	236,83	252,62	268,41	284,20	299,98	315,77	347,35	378,93	410,50	442,08	473,66	543,28
-	-	289,75	307,86	325,97	344,08	362,19	398,40	434,62	470,84	507,06	543,28	579,50

lesa maciza

BL783

FICHA TÉCNICA:

Arquitectos: Claudio Walter Arquitectos Asociados

Estructura: Geotecnia y Cimientos S.A., Ing. Marco A. Boidi

Ubicación: Rafaela, Santa Fe, Argentina

Área: 852 m²

Año: 2013

Fotografía: Ramiro Sosa





De la arquitectura:

Rafaela es una de las más pujantes ciudades de Santa Fe. En plena cuenca lechera, se distingue por una sostenida producción cultural, económica y hasta tecnológica.

Este edificio se ubica a pocas cuadras del centro, sobre uno de los bulevares de la ciudad. Urbanamente es un espacio amplio donde predominan casas bajas, jacarandás y lapachos rosados que dan identidad al corredor.

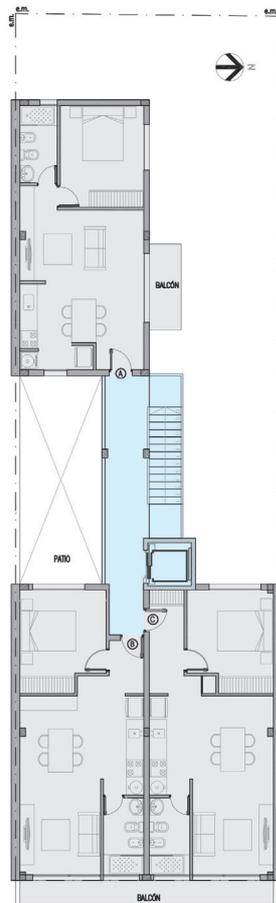
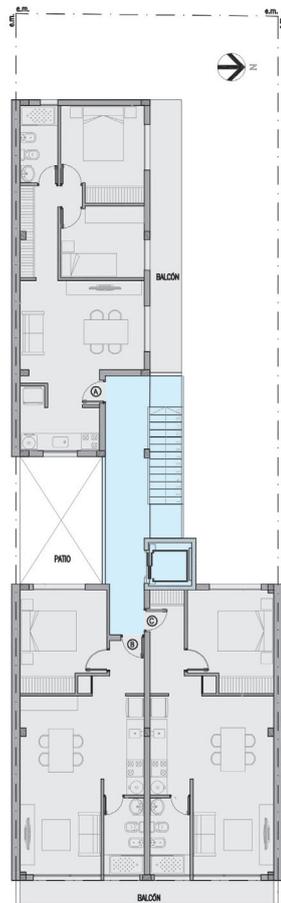
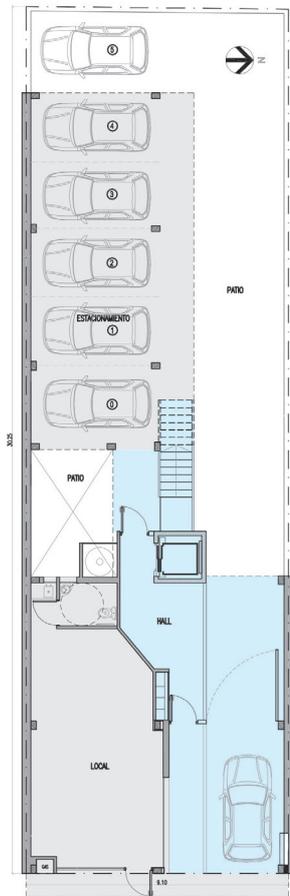
Es un edificio de 5 niveles, con líneas simples y puras, donde el uso de materiales nobles a la vista le confiere una imagen moderna: acero inoxidable en los parasoles verticales, hormigón visto en entresijos y grandes aberturas de vidrio. Las medianeras, de alta exposición en este entorno bajo, fueron tratadas como fachadas con rajadas de vidrio fijo y buñas de aluminio que generan una trama irregular.





El ingreso de peatones y autos, más un pequeño local comercial resuelven la planta baja con una interesante transparencia y fluidez espacial. El esquema circulatorio central, estructura el conjunto en dos bloques independientes vinculados por una pasarela que funciona como ventana urbana en cada nivel del edificio, cerradas al sur (viento y lluvia) y francamente abiertas al norte.





Plantas de arquitectura, PB, 1° piso y 2° a 4°

Las unidades de los bloques son departamentos de 50m². Están planteadas 3 unidades por nivel divididas por tabiques de yeso que permiten flexibilidad al momento de requerir otros usos. Esto, sumado a que no existen vigas que “definan” espacios, enfatizan la idea moderna de esqueleto de hormigón que contiene y se adapta a diferentes funciones en el tiempo.





De la estructura:

Cabe remarcar que Rafaela según la normativa vigente en nuestro país (INPRES-CIRSOC 103) se encuentra en zona sísmica cero, esto implica, que las acciones horizontales a considerar serán muy reducidas.

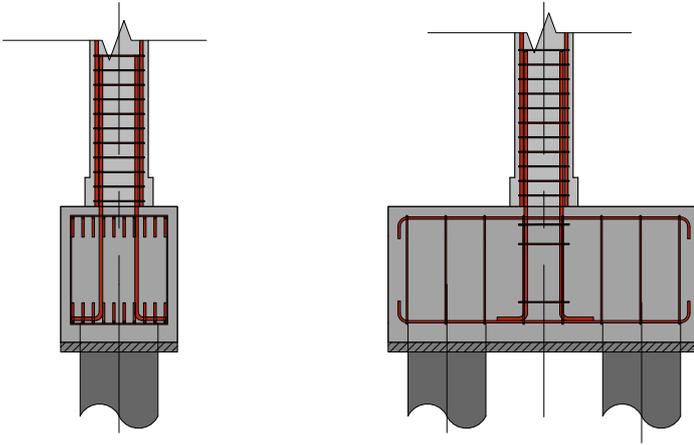
La estructura es resuelta íntegramente en hormigón armado, y se encuentra organizada en 3 volúmenes: dos bloques de viviendas de 5 niveles de altura que se vinculan por uno de menor dimensión

donde se alojan las circulaciones.

La estabilidad del edificio es garantizada por la combinación de una serie de recursos: columnas rectangulares de 20x30cm y 20x40cm alineadas y estratégicamente orientadas en cada dirección, un par de pórticos centrales, con vigas colgadas de 20x50cm y la caja de circulación vertical.

Las losas, tanto del bloque delantero como el trasero, son macizas, de 17cm de espesor y apoyan





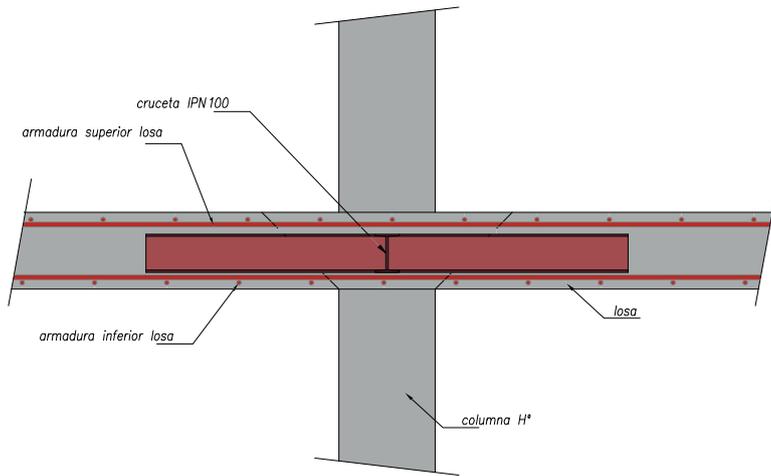
Detalle de cabezal y pilotes de fundación

directamente sobre columnas que forman una grilla ortogonal de 5m en una dirección y 4,50m en la otra.

Según el tipo de suelo y el tipo de edificio las fundaciones se resolvieron profundas mediante pilotes o grupos de pilotes de hormigón armado y cabezales de vinculación.

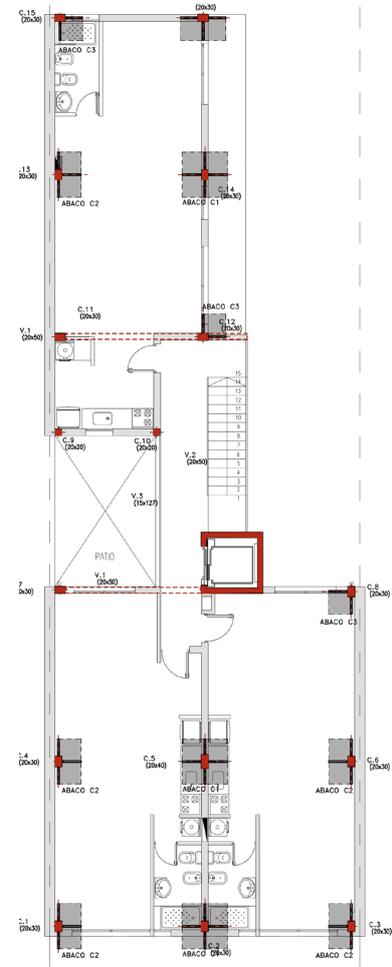
Comentan los autores que la premura de tiempo y el presupuesto acotado fueron las premisas que marcaron la decisión de trabajar con entresijos sin vigas ya que se ponderó la agilidad y practicidad en la construcción, la posibilidad de utilizar pisos y cielorrasos de





Detalle de refuerzo de columna con IPN 100

hormigón visto, además de las aberturas de piso a techo, entre otros factores. Condicionados por el diseño de las unidades de viviendas, las perforaciones de la losa para pases de instalaciones, quedaron en las líneas entre columnas. Por esta razón, y descartando el uso de ábacos o capiteles, se optó por reforzar la mayoría de las columnas con perfiles de acero IPN de 10cm de altura.



Planta de estructuras con zonas de refuerzos

Con el fin de mostrar la practicidad y acierto del predimensionado con las tablas expuestas anteriormente, se procede a realizar la verificación de las dimensiones de los elementos estructurales utilizados en la obra.

Predimensionado

Entrando a la tabla con la luz de la losa más comprometida ($L_x = 4,50\text{m}$, $L_y = 5\text{m}$) obtenemos que con una losa de 18cm es suficiente. En el proyecto se utilizó una losa de 17cm por lo que no verifica, pero se encuentra dentro de un rango aceptable como medida orientativa para predimensionado, en el cual no se realiza un análisis estructural exhaustivo.

Se obtiene además que las columnas necesitan tener dimensiones de $23 \times 25\text{cm}$ por lo tanto verifica ya que en el proyecto original se utilizaron columnas de $20 \times 30\text{cm}$ y $20 \times 40\text{cm}$.

Tabla N° II – Dimensiones mínimas de columnas y espesores de losa en función de las luces a cubrir

	h altura de losa [cm]	luz en x [m]	Luz [m]				
			3,5	4,0	4,5	5,0	5,5
losa maciza	16	3,5	20,20	20,20	20,23	20,25	20,28
		4,0	20,20	20,20	20,23	20,25	20,28
		4,5	23,20	23,20	23,23	23,25	23,28
		5,0	25,20	25,20	25,23	25,25	25,28
	18	28,20	28,20	28,23	28,25	28,28	

A continuación verificamos el corte máximo resistente en el perímetro crítico. De la tabla III obtenemos que el valor límite es 57,9t

Tabla N° III – Valor límite para el esfuerzo de corte, V_{lim} [t] para hormigón H-30

	d [cm]	h [cm]	luz en x [m]	dim. Min. de columnas [m]	Luz [m]				
					3,5	4,0	4,5	5,0	5,5
losa maciza	12	16	3,5	0,20	42,1	42,1	43,7	56,0	57,9
			4,0	0,20	42,1	42,1	43,7	56,0	57,9
			4,5	0,23	43,7	43,7	45,4	57,9	59,8
			5,0	0,25	56,0	56,0	57,9	59,8	161,0
	14	18	5,5	0,28	57,9	57,9	59,8	61,7	63,6

Tabla N° IV.a – Valor nominal del esfuerzo de corte, V_u/ϕ [t] para edificios de viviendas

El valor nominal del esfuerzo de corte es:
 p/ edificios de vivienda (Tabla IVa)
 $q_u = 1172 \text{ kg/m}^2$
 $V_u/\phi = 35,07 \text{ t}$

p/ edificios de oficina (Tabla IVb)
 $q_u = 1492 \text{ kg/m}^2$
 $V_u/\phi = 44,65 \text{ t}$

	q_u vivienda	d	h	luz en x	dim. Min. de columnas	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5					
						[kg/m ²]	[cm]	[cm]	[m]	[m]	0,20	0,20	0,23	0,25	0,28
						[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
losa maciza	1112,0	12,5	16	3,5	0,20	18,10	20,70	23,29	27,27	30,00					
				4,0	0,20	20,70	23,66	26,62	31,18	34,29					
losa maciza	1172,0	14,5	18	4,5	0,22	22,22	25,62	29,05	35,07	38,58					
				5,0	0,25	27,27	31,18	35,07	38,97	42,87					
losa maciza	1172,0	14,5	18	5,5	0,28	30,00	34,29	38,58	42,87	47,15					

Por lo que se concluye:

Considerando uso de viviendas:
 $57,90 \text{ t} > 35,07 \text{ t}$ VERIFICA

Considerando uso de oficinas:
 $57,90 \text{ t} > 44,65 \text{ t}$ VERIFICA

Tabla N° IV.b – Valor nominal del esfuerzo de corte, V_u/ϕ [t] para edificios de oficinas, comercios y escuelas

	q_u of/com/esc	d	h	luz en x	dim. Min. de columnas	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5					
						[kg/m ²]	[cm]	[cm]	[m]	[m]	0,20	0,20	0,23	0,25	0,28
						[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
losa maciza	1432,0	12,5	16	3,5	0,20	23,31	26,65	29,99	34,71	38,19					
				4,0	0,20	26,65	30,47	34,28	39,69	43,66					
losa maciza	1492,0	14,5	18	4,5	0,22	29,33	34,28	38,57	44,65	49,11					
				5,0	0,25	34,71	39,69	44,65	49,61	54,57					
losa maciza	1492,0	14,5	18	5,5	0,28	38,19	43,66	49,11	54,57	60,03					

Resumiendo, las secciones predimensionadas para este edificio fueron:

Losa maciza de 18cm (verifica punzonado)
 Columnas de 23x25cm

Las dimensiones finales de estos elementos, luego de un preciso modelado de la estructura del edificio son:

Losa maciza de 17cm
 Columnas de 20x30cm y 20x40cm

Con esto verificamos que los valores predimensionados son válidos como dimensiones orientativas para el anteproyecto que luego se reajustan en el análisis y cálculo estructural durante la etapa de proyecto ejecutivo.

leso alivianada

LANCOW

FICHA TÉCNICA:

Arquitectos: Estudio Planta: Ana Rascovsky, Billy Gutraich,
Irene Joselevich

Asesor estructural: Ing. Fainstein, PRENOVA: Arq. Ricardo Levinton

Ubicación: Buenos Aires, Argentina

Área: 1500 m²

Año: 2014

Fotografía: Pablo Gerson

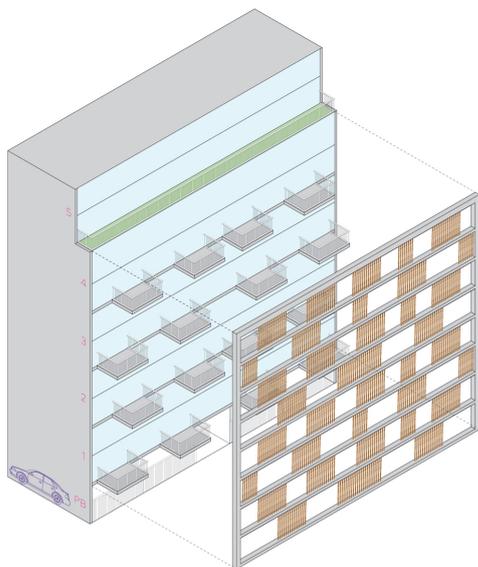




Implantación

De la arquitectura:

Ubicado en el barrio de Palermo, en un entorno atípico donde se crea un “espontáneo” corredor verde por dentro de la traza urbana, generado por el espacio de las vías del ferrocarril y dos terrenos del parque Naciones que no se edificarán en el futuro.



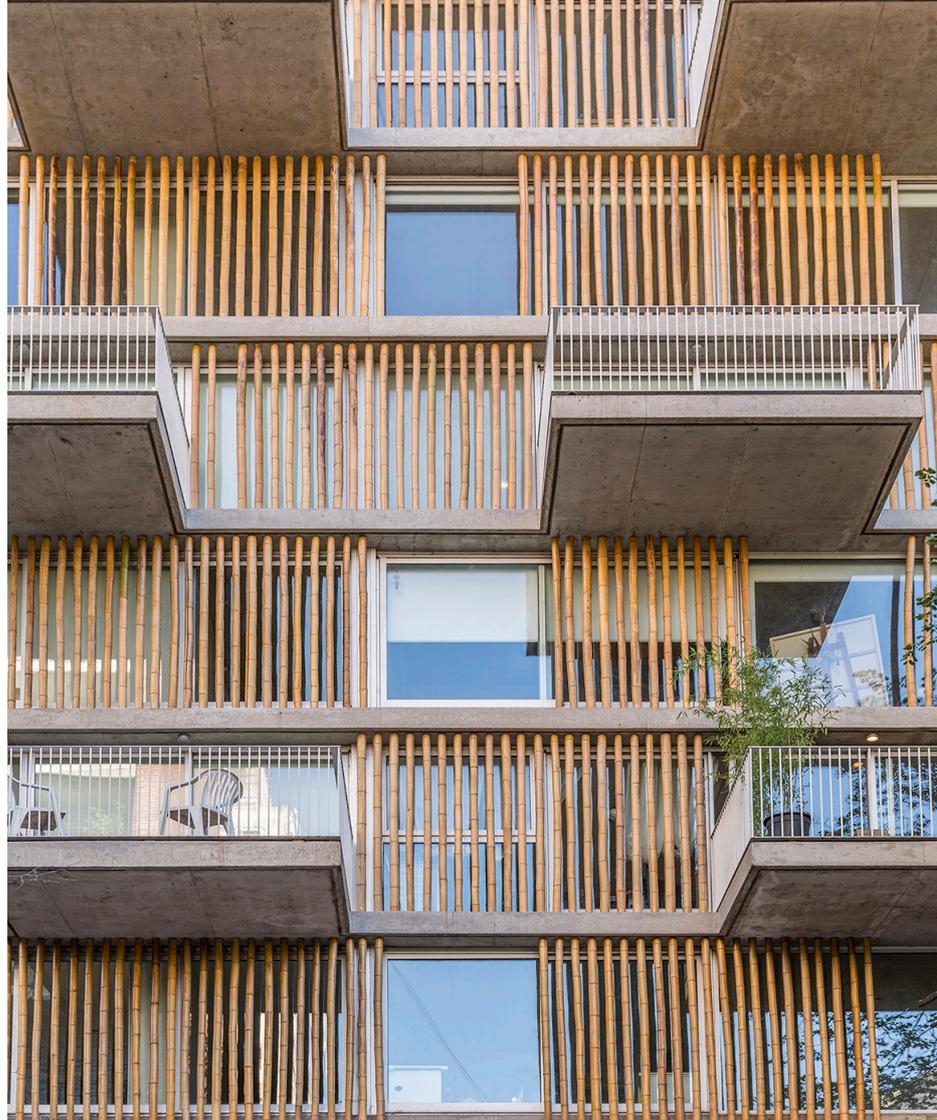
Isométrica despiezada

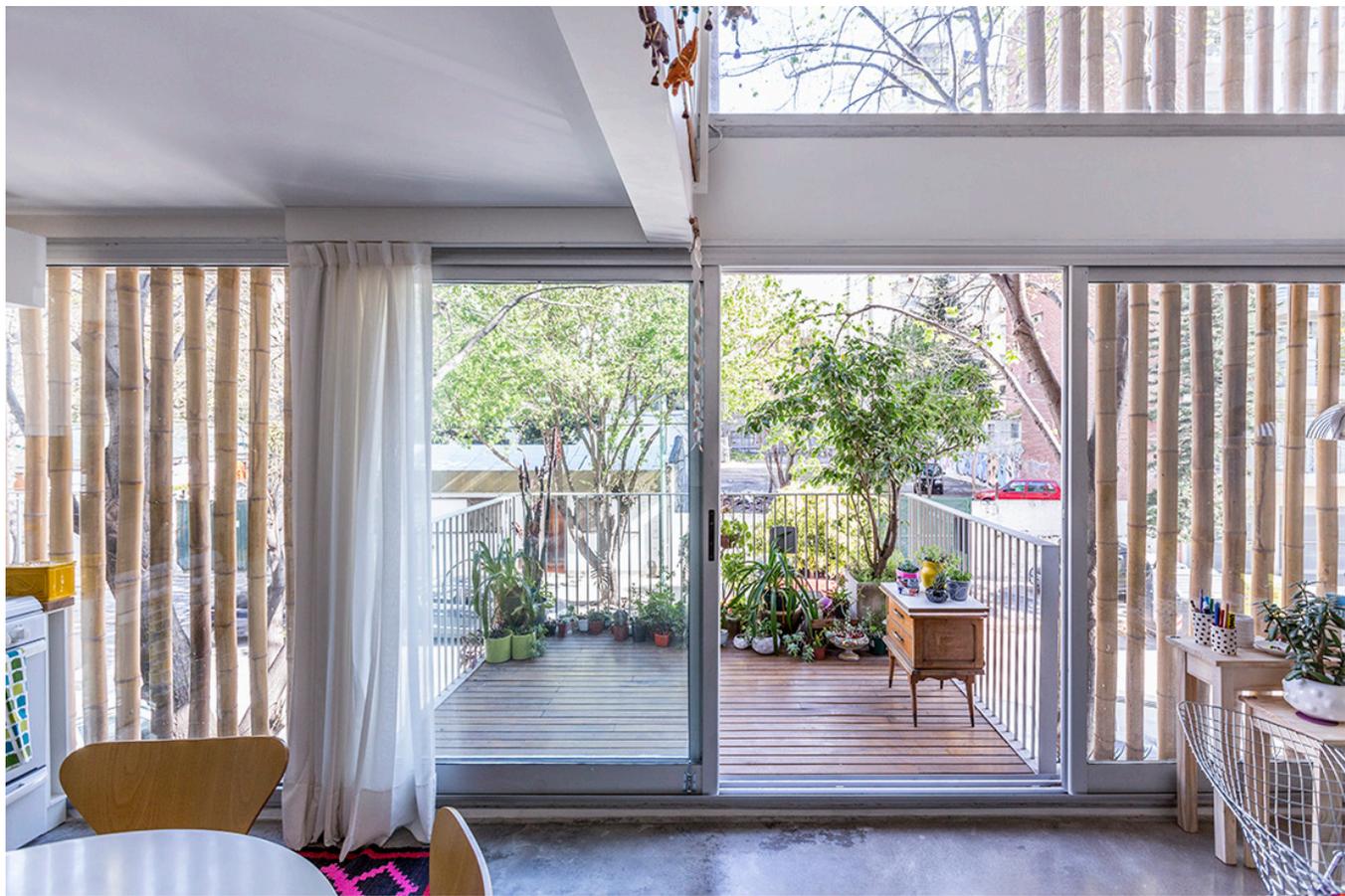
El lote también es peculiar (8,66x25m) ya que el lado mayor es el paralelo a la calle. Por esta razón el edificio se define como una pantalla con una única fachada trabajada en dos planos: uno vidriado, que permite una gran entrada de luz y otro de cañas de bambú, que funciona como un filtro regulando el clima, la intimidad y la

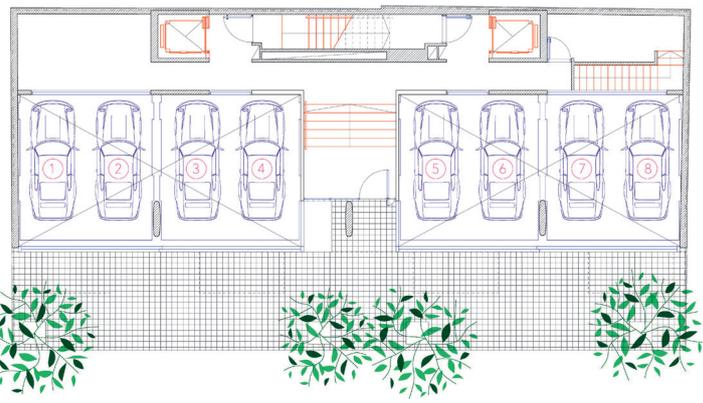


Corte transversal

seguridad. Ambos planos conforman una zona de transición (*buffer*) que cualifica el espacio interior con sus sombras. Además, el edificio propone una serie de amplios y desalineados balcones terraza. El interés por esta relación interior-exterior completamente abierta, pero a su vez medida por capas, forma parte de una búsqueda característica de los autores.







Planta baja y nivel 1

El volumen del edificio se ajusta a la normativa del tejido. El FOT (Factor de Ocupación del Terreno) admite hacer cuatro plantas, pero con una altura total permitida mayor. Razón por la cual los diseñadores optaron por realizar plantas de doble altura, con niveles intermedios, dando un total de 19 departamentos.

Funcionalmente se organiza con una pastilla de circulación enfrentada a la fachada, que da acceso en los diferentes niveles a distintas tipologías de viviendas y en el último nivel a una terraza verde con pileta. El edificio se resuelve con pocos materiales. El cielorraso es de hormigón visto y los pisos son en hormigón pulido. Las carpinterías son de aluminio natural, así como las barandas de los balcones. A su vez, la caña de bambú es un material económico, ecológico y de menor mantenimiento que la madera.

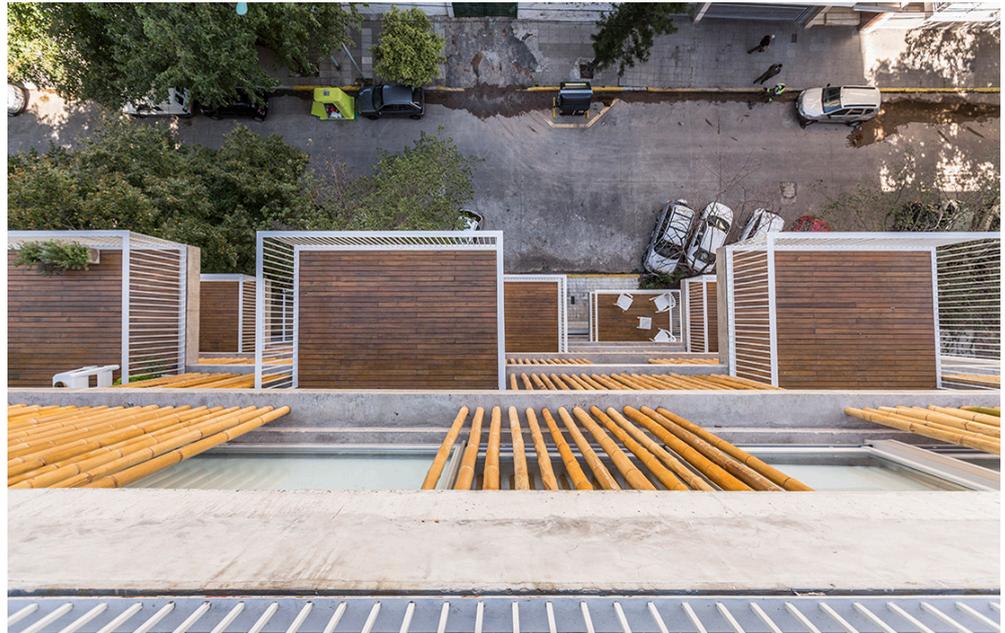


De la estructura:

Es importante destacar que este edificio esta ubicado en una de las zonas con menor actividad sísmica del país.

La estructura de este edificio se resuelve en hormigón armado, a partir de un módulo de separación de columnas de 7x5,5m y voladizos de 1,8m aproximadamente.

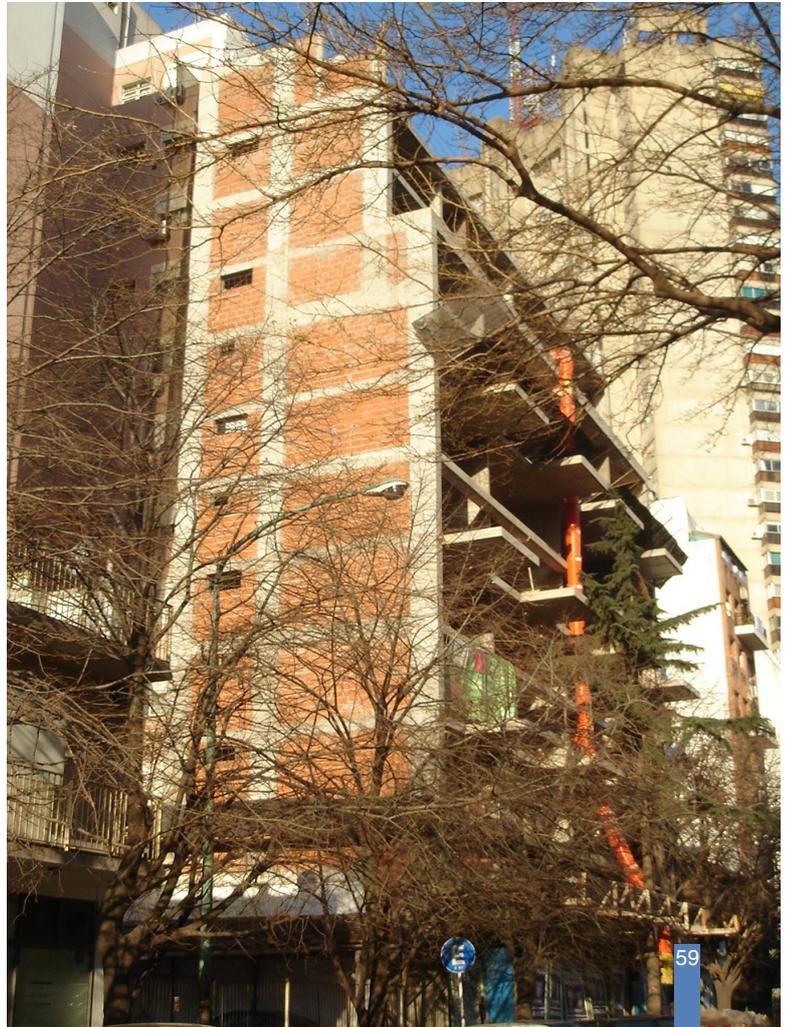
La estabilidad del edificio está garantizada por los pórticos de las medianeras: dos pequeños en las fachadas más cortas y dos más largos que se encuentran en la parte trasera: medianera y núcleo de circulación.

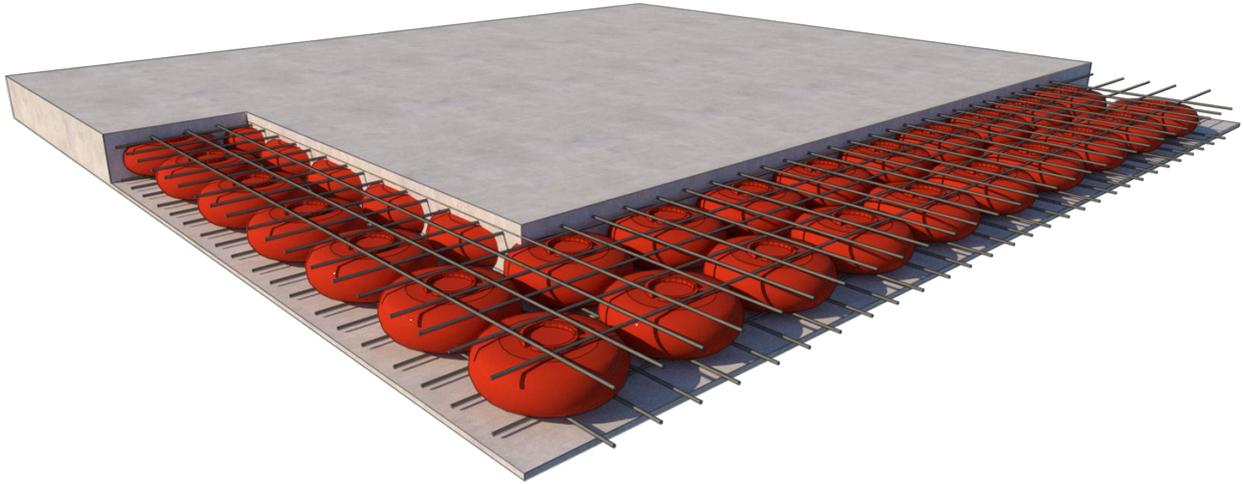




El volumen tiene 8 niveles en los que incluye un subsuelo y una terraza, en la cual se plantea una pileta longitudinal de uso común.

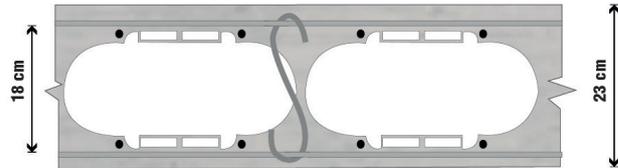
En los últimos niveles, para cumplir con el perfil municipal requerido, el edificio se retrae generando una viga de transición que recibe las cargas de 3 niveles de columna e incluyendo el peso de la pileta.





Axonométrica de losa alivianada con discos

Las planos horizontales se resolvieron con el sistema Prenova de losas sin vigas. En este caso la losa tiene 23cm de espesor y esta alivianada con discos plásticos de 18cm de altura.



Detalle de losa alivianada con discos

Predimensionado

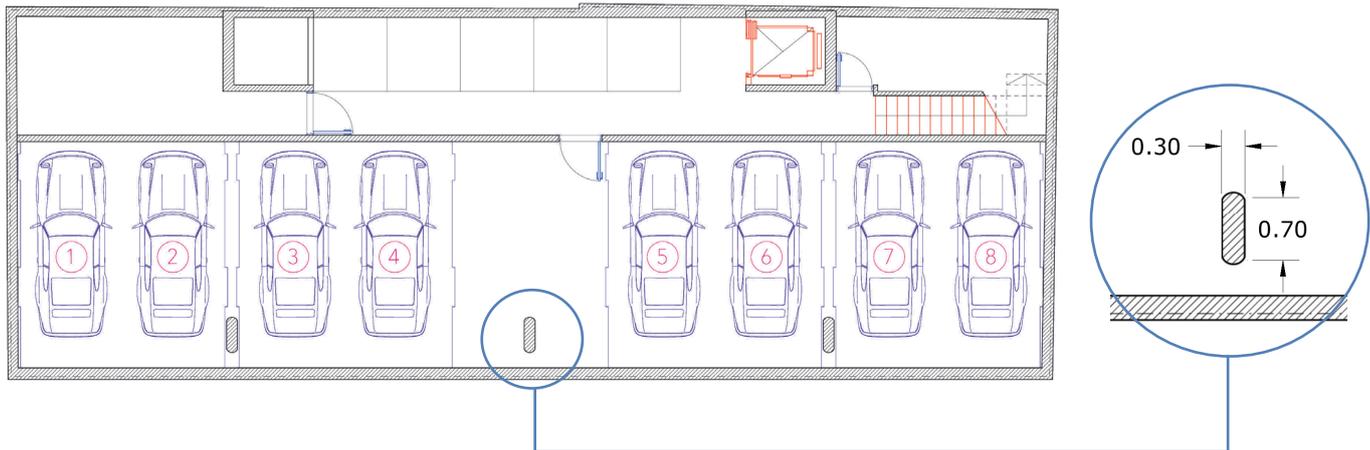
Estas losas se predimensionan y calculan de manera similar a las losas macizas.

En este caso uno de los condicionantes para determinar la altura de la losa, es el voladizo de 1,80m de longitud.

La altura admisible de un voladizo es $L/10$, por lo que se debería adoptar de altura de losa para el voladizo de este edificio 18cm, en

este caso se utilizaron losas de 23cm, por lo que verifica con el espesor construido.

Utilizando las tablas de predimensionado, para una dimension de losa ($L_y = 5m$, $L_x = 7m$) obtenemos un espesor de losa de 25cm, compatible con la ejecutada, y columnas de 25x35cm.



Planta de subsuelo con zoom en columna

Observamos que en el subsuelo, la columnas de la parte delantera del edificio tienen una sección de 30x70cm.

Si estimamos la carga máxima que resiste esa columna:

$$A_g = \frac{Pu}{1500}$$

$$0,30m \times 0,70m \times 1500 = 315t$$

Tabla N° II – Dimensiones mínimas de columnas y espesores de losa en función de las luces a cubrir

	h altura de losa [cm]	luz en x [m]	Luzes a cubrir [m]							
			3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
losa maciza	16	3,5	20,20	20,20	20,23	20,25	20,28	20,30	20,33	20,35
		4,0	20,20	20,20	20,23	20,25	20,28	20,30	20,33	20,35
		4,5	23,20	23,20	23,23	23,25	23,28	23,30	23,33	23,35
	18	5,0	23,20	23,20	23,23	23,25	23,28	23,30	23,33	25,35
		5,5	28,20	28,20	28,23	28,25	28,28	28,30	28,33	28,35
		20	30,20	30,20	30,23	30,25	30,28	30,30	30,33	30,35
25	6,5	33,20	33,20	33,23	33,25	33,28	33,30	33,33	33,35	
	7,0	35,20	35,20	35,23	35,25	35,28	35,30	35,33	35,35	
	7,5	-	38,20	38,23	38,25	38,28	38,30	38,33	38,35	

De la tabla IV obtenemos que la carga máxima estimada por nivel para las columnas es de 44,38tn y por lo tanto la cantidad de niveles que resiste la columna del subsuelo es:

$$\frac{315t}{44,38t} = 7,1 \text{ niveles}$$

Tabla N° IV.a – Valor nominal del esfuerzo de corte, V_u/ϕ [t] para edificios de viviendas

	q_0 vivienda [kg/m ²]	d [cm]	h [cm]	luz en x [m]	dim. Min. de columnas [m]	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
						0,20	0,20	0,23	0,25	0,28	0,30	0,33	0,35
						losa maciza	1112,0	12,5	16	3,5	0,20	18,10	20,70
4,0	0,20	20,70	23,66	26,62	31,18					34,29	29,07	32,97	35,51
4,5	0,23	23,29	26,62	29,95	35,07					38,58	32,70	37,09	39,94
1172,0	14,5	18	5,0	0,25	27,27		31,18	35,07	38,87	42,87	36,33	41,21	44,38
			5,5	0,28	30,00		34,29	38,58	42,87	47,15	39,96	45,33	48,82
			6,0	0,30	25,42		29,07	32,70	36,33	39,96	43,60	49,45	53,26
910,6	16,5	20	6,5	0,33	28,84	32,97	37,09	41,21	45,33	49,45	53,58	57,70	
			7,0	0,35	31,06	35,51	39,94	44,38	48,82	53,26	57,70	62,13	
			7,5	0,38	-	38,04	42,80	47,55	52,31	57,06	61,82	66,57	
953,4	21,5	25	7,5	0,38	-	38,04	42,80	47,55	52,31	57,06	61,82	66,57	

Por lo tanto se concluye que con la sección de 30x70cm se pueden construir hasta 7 niveles. En este sector del edificio se puede observar que hay 6 niveles construidos por lo tanto la sección de la columna adoptada verifica.

lesca castenada

AMÉLIA

FICHA TÉCNICA:

Arquitectos: Estudio Smart

Proyecto Estructural: Stumm- Calculo Estructural

Año: 2010

Superficie: 1190m²

Ubicación: Porto Alegre, Brasil

Planeamiento y construcción: Engecarlo

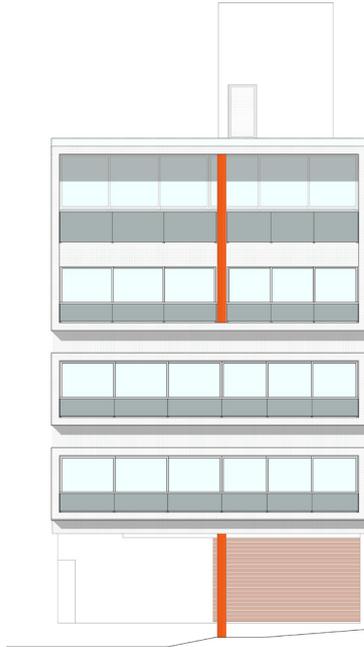
Fotografía: André Cavalheiro



De la arquitectura:

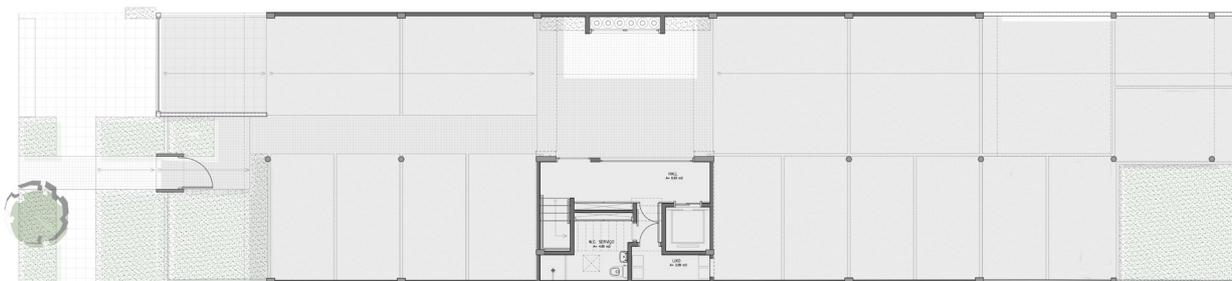
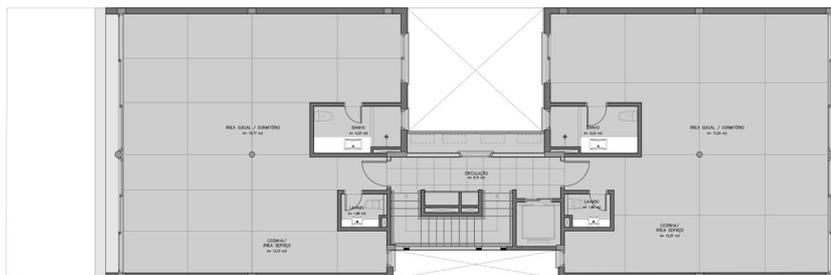
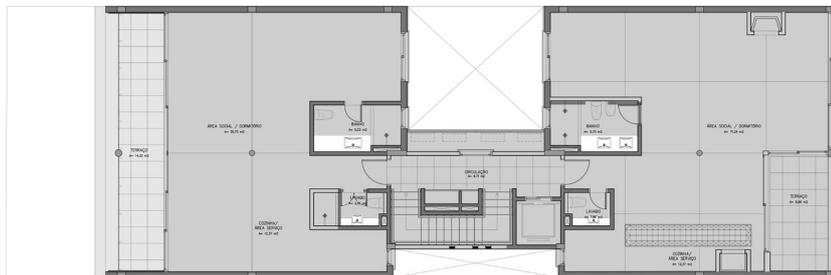
El edificio se encuentra localizado en el barrio cosmopolita Petropolis, cercano al centro de la ciudad de Porto Alegre.

Los arquitectos plantean una arquitectura de líneas neutras, sólidas y atemporales, que permitan el dialogo con el entorno y a la vez rindan homenaje a la arquitectura de los años 50 y 60 de la ciudad.

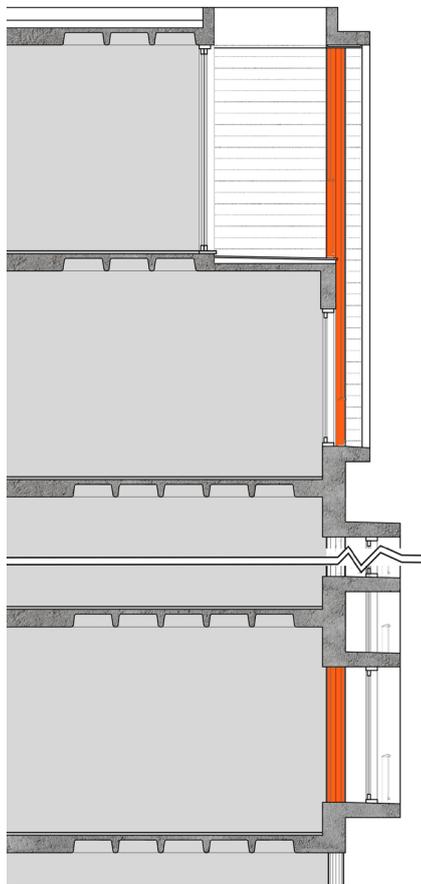


Fachada frontal





Plantas de arquitectura: PB, planta tipo y planta del último nivel



Es un volumen puro, moderno, que “flota” sobre columnas. Posee 4 niveles con ventanas corridas y culmina en una terraza verde accesible, con visuales a la ciudad. Cada uno de estos niveles se destaca en fachada, por un juego de entrantes y salientes, dándole a la misma tridimensionalidad a través de las luces y sombras que este dentado permite.





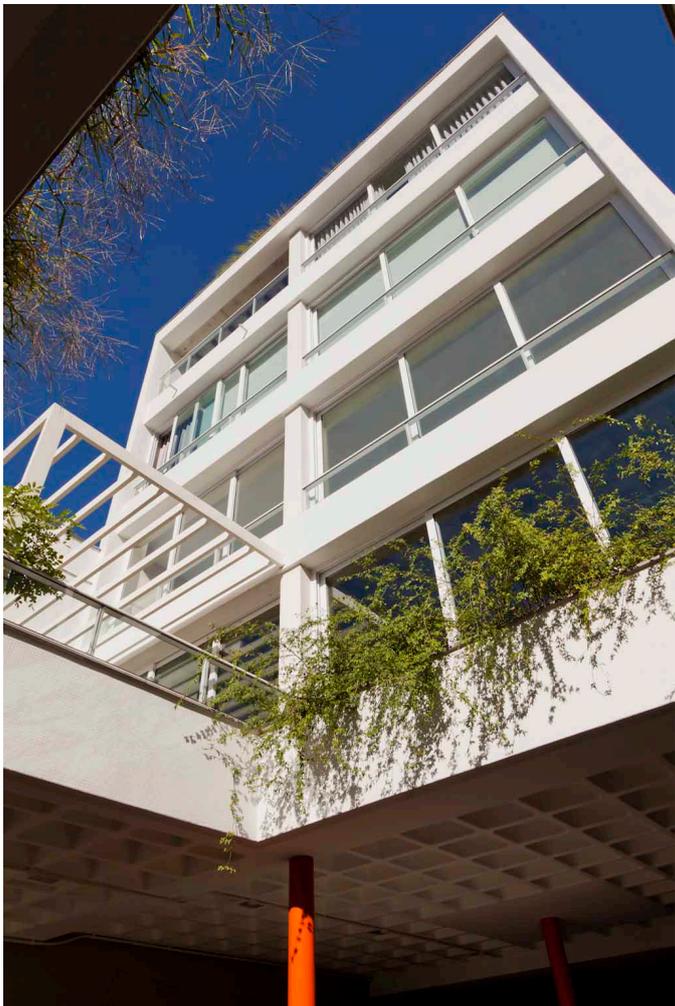
Hay un sabor de victoria
y encanto en el hecho de
ser sencillo. No es preciso
mucho para ser mucho”
Lina Bo Bardi



El edificio explora el diálogo entre la vida privada y urbana, respetando la escala humana y la individualidad de cada habitante. Justamente en este proyecto el estudio inaugura el concepto de planta libre, y propone unidades preparadas para ser configuradas de acuerdo con las necesidades de espacio y estilo de vida de cada habitante. Funcionalmente el edificio plantea la planta baja libre, estacionamiento + ingreso, y un eje de circulación vertical que estructura el conjunto en dos bloques simétricos e independientes.

Cada bloque se divide en dos unidades por nivel de aproximadamente 120m² cada una. Son unidades vacías, libres, con grandes ventanales (9,4m de largo) que diluyen los límites con el espacio exterior. La ausencia de vigas colgadas, permitió la gran libertad funcional que se planteó como premisa. La losa casetonada vista junto al piso de hormigón pulido le dan una impronta moderna y una importante expresión al espacio.



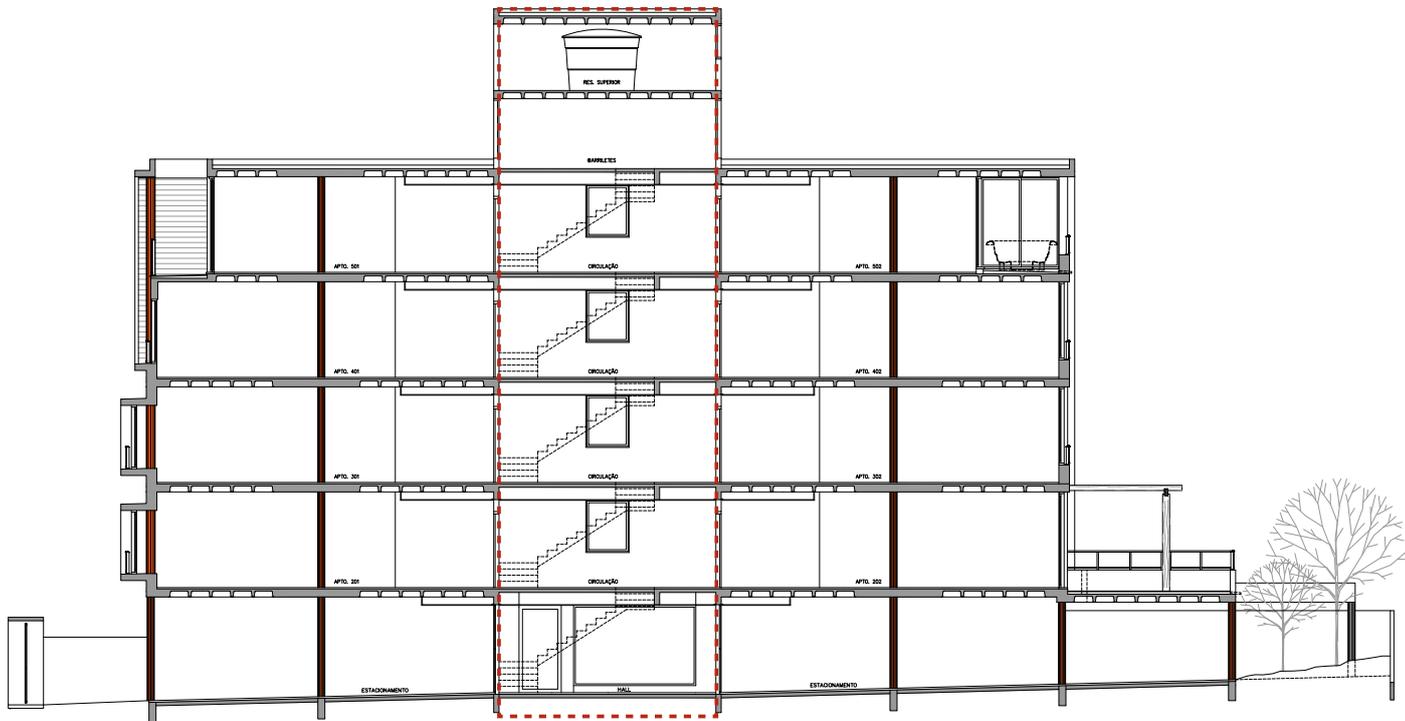
**De la estructura:**

Es importante destacar que en Porto Alegre prácticamente el riesgo sísmico es reducido o bajo.

La estructura independiente de este edificio también está resuelta en hormigón armado y organizada en dos bloques vinculados por la circulación central.

Son 5 niveles que se ordenan a partir de una cuadrícula de columnas, cuya distancia entre ellas varía entre los 4,30m y 5,00m.





Corte longitudinal

El equilibrio del edificio a fuerzas horizontales, prácticamente simétrico, se logra a partir de pórticos perimetrales y algunos estratégicamente ubicados en la zona central.

En la búsqueda de plantas libres, los diseñadores optaron para los bloques principales, por losas casetonadas de 20cm de espesor, que apoyan directamente sobre columnas, con el macizado de la placa en la zona de los apoyos.



Predimensionado

Analizando la losa típica de 5x5m, verificamos en la TABLA II, que las dimensiones mínimas requeridas para la losa son:

-Losa maciza de 18cm

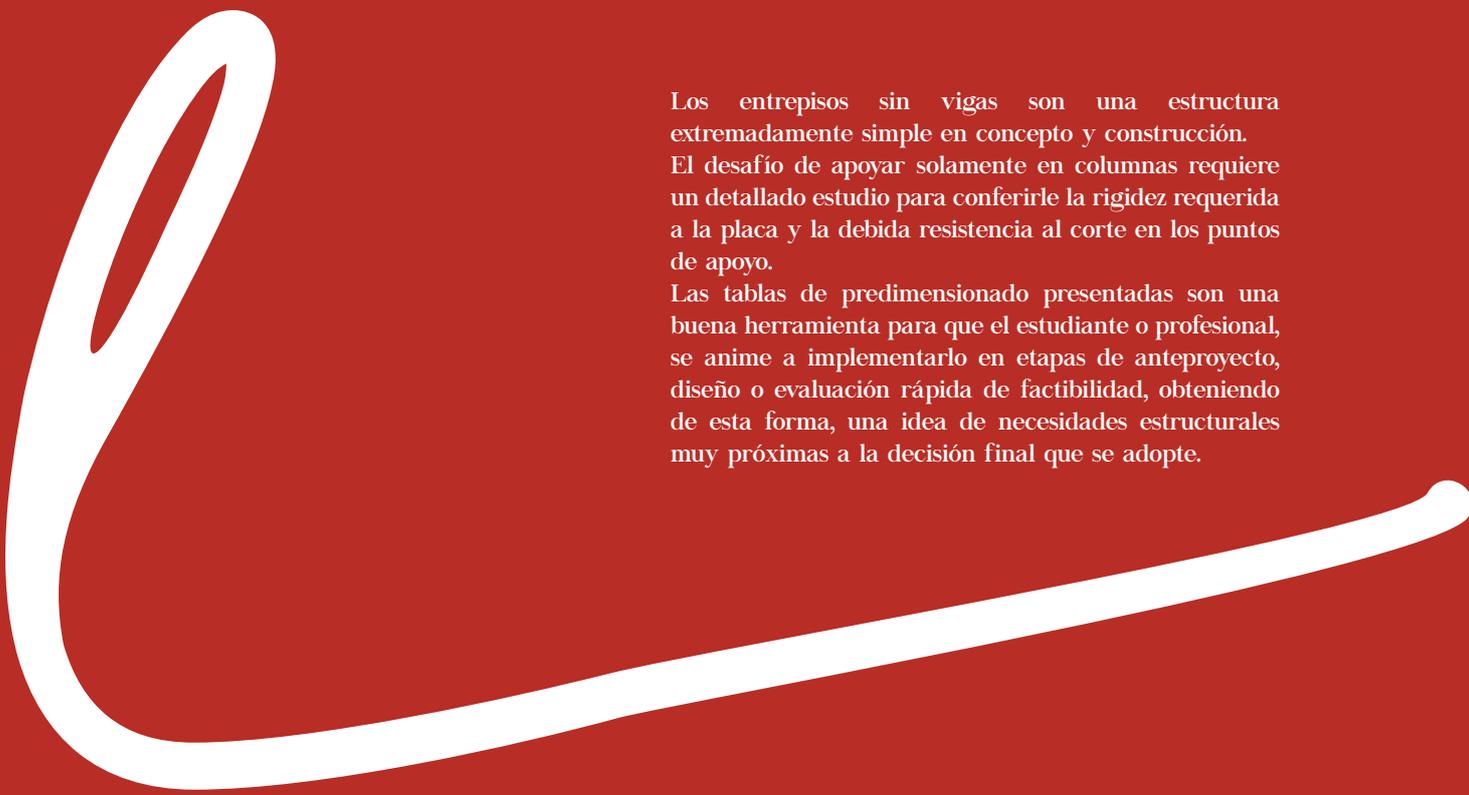
-Columnas de 25x25cm (para columnas circulares, en el predimensionado, se adopta la dimensión más grande como diámetro de la columna).

En la obra se optó por losa alivianada de 20cm, con un peso propio estimado de 232,10kg/m², como puede observarse en la TABLA I. Una losa maciza de 18cm de espesor pesa en cambio, 450kg/m², prácticamente el doble de la alivianada, por lo cual la elección de los proyectistas es mucho más eficiente.

Las columnas adoptadas finalmente fueron rectangulares de 20x30cm y circulares de 25cm y 30cm de diámetro verificando lo obtenido con las tablas.

Tabla N° II – Dimensiones mínimas de columnas y espesores de losa en función de las luces a cubrir

	h altura de losa [cm]	luz en x [m]	Luz [m]				
			3,5	4,0	4,5	5,0	5,5
losa maciza	16	3,5	20,20	20,20	20,23	20,25	20,28
		4,0	20,20	20,20	20,23	20,25	20,28
		4,5	23,20	23,20	23,23	23,25	23,28
	18	5,0	25,20	25,20	25,23	25,25	25,28
		5,5	28,20	28,20	28,23	28,25	28,28



Los entresijos sin vigas son una estructura extremadamente simple en concepto y construcción.

El desafío de apoyar solamente en columnas requiere un detallado estudio para conferirle la rigidez requerida a la placa y la debida resistencia al corte en los puntos de apoyo.

Las tablas de predimensionado presentadas son una buena herramienta para que el estudiante o profesional, se anime a implementarlo en etapas de anteproyecto, diseño o evaluación rápida de factibilidad, obteniendo de esta forma, una idea de necesidades estructurales muy próximas a la decisión final que se adopte.



“

Trabajo en equipo

El Diseño Estructural de una construcción es una tarea que se debe realizar desde el inicio en conjunto con el proyectista de la obra.

Se recomienda pensar desde el comienzo en posibles soluciones estructurales que armonicen con el diseño arquitectónico. Estas alternativas se irán modificando teniendo en cuenta los condicionantes que se presentan en toda construcción a consecuencia de: tipo de suelo, instalaciones, códigos de edificación, necesidades funcionales, etc.

Este trabajo en equipo intercambiando ideas en las distintas etapas de avance del proyecto nos permitirá definir: estructuras de fundación, sistemas constructivos, tipologías estructurales, etc., que redundarán en la optimización del proyecto.

De acuerdo a lo dicho precedentemente se evidencia que el antiguo mito de la rivalidad entre el diseñador de la obra y el de la estructura no existe y sólo puede aparecer como consecuencia de una incorrecta manera de trabajo, o debido a la ignorancia.

Los profesionales tenemos la suerte de trabajar en algo creativo que nos llena de satisfacciones, a disfrutarlo “trabajando en equipo”, y creando vínculos de amistad que disfrutaremos durante toda nuestra vida.

Alfredo Payer

”

estructuras